

ЗЕМЛЯРОБСТВА І РАСЛІНАВОДСТВА
AGRICULTURE AND PLANT CULTIVATION

УДК 631.582(476)

Поступила в редакцию 17.10.2017
Received 17.10.2017

Ф. И. Привалов, А. Ч. Скируха

Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по земледелию, Жодино, Беларусь

**СТАЦИОНАРНОМУ ОПЫТУ ПО СЕВООБОРОТАМ 40 ЛЕТ: ОСНОВОПОЛАГАЮЩИЕ
РАЗРАБОТКИ ДЛЯ ЗЕМЛЕДЕЛЬЧЕСКОЙ НАУКИ И ПРАКТИКИ БЕЛАРУСИ**

Аннотация: Длительные стационарные опыты являются необходимой информационной базой для ведения земледелия на научной основе. Результаты исследований, полученные в таких опытах, имеют важное значение не только для решения текущих вопросов в земледельческой практике, но и для разработки стратегических глобальных направлений совершенствования систем земледелия и в целом аграрного производства. В стационарных опытах представляется возможным проследить за динамикой производительной способности земли, воспроизводства плодородия почвы, включающего изменения агрохимических, физических и биологических свойств, фитосанитарного состояния посевов и почвы при различных уровнях применяемых средств интенсификации и технологий. Это позволяет на разных этапах давать обоснованные рекомендации для ведения земледелия в хозяйствах с разным уровнем производства, причём в разные по погодным условиям годы. Одновременно полученная информация в таких опытах может служить основанием для прогнозирования и моделирования наиболее эффективных технологий и систем земледелия в перспективе. Этого нельзя в полной мере и при высокой достоверности достигнуть в краткосрочных опытах. В статье изложены результаты 40-летнего стационарного опыта на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве по изучению различных типов и видов севооборотов для хозяйств разной специализации при различных системах и уровнях удобрений. Изучено более 20 схем полевых и кормовых севооборотов, бессменных посевов зерновых, зернобобовых и кормовых культур. В результате длительных полевых опытов обоснована возможность специализации севооборотов в условиях интенсификации земледелия, разработаны интенсивные севообороты для хозяйств, специализирующихся на производстве молока, говядины и свинины. Дана оценка культур как предшественников в севооборотах с обоснованием размещения зерновых, зернобобовых, многолетних трав и пропашных культур в различных видах севооборотов. Изучено влияние разных типов и видов севооборотов на почвенное плодородие. Научно обосновано применение промежуточных культур и разработаны схемы севооборотов с промежуточными культурами.

Ключевые слова: опыт, севообороты, земледелие, почва, специализация, продуктивность, предшественник, культура, структура, плодородие почвы

Для цитирования: Привалов, Ф. И. Стационарному опыту по севооборотам 40 лет: основополагающие разработки для земледельческой науки и практики Беларуси / Ф. И. Привалов, А. Ч. Скируха // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2018. – Т. 56, № 1. – С. 38–50.

F. I. Privalov, A. Ch. Skirukha

The Research and Practical Center for Arable Farming of the National Academy of Sciences of Belarus, Zhodino, Belarus

**40 YEARS OF STATIONARY CROP ROTATION EXPERIMENT: FUNDAMENTAL DEVELOPMENT RESULTS
FOR AGRICULTURAL SCIENCE AND PRACTICE**

Abstract: Long-term stationary experiments are the necessary information base for the conducting of science oriented arable farming. The research results obtained in such experiments are of great importance not only for solving current issues in agricultural practice, but also for developing strategic global directions for improving agricultural systems and agricultural production in whole. In stationary experiments, it is possible to trace the dynamics of land capacity, soil fertility recovery, including changes of agrochemical, physical and biological properties, the phytosanitary state of crops and soil at different levels

of intensification and technology used. This makes it possible to give justified recommendations for farming in enterprises with different levels of production at different stages and in different years with different weather conditions. In the meantime, the information obtained in such experiments can serve as a basis for forecasting and modeling of the most effective technologies and systems of arable farming in future. This can not be fully achieved and achieved with high significance in short-term experiments. The article presents the results of 40-year stationary experiment on the study of different types and kinds of crop rotations for agricultural enterprises of different specializations using different fertilizing systems and levels. Over 20 schemes of field and fodder crop rotations, permanent crops of cereals, legumes and fodder crops have been studied. As a result of long-term field experiments, the possibility of adjusting crop rotations under conditions of farming intensification has been substantiated, intensive crop rotations have been developed for farms specializing in production of milk, beef and pork. The evaluation of crops as predecessors in crop rotations with substantiation for cereals, legumes, perennial grasses and tilled crops in various types of crop rotations is given. The effect of different types and kinds of crop rotations on soil fertility was studied. Application of intermediate crops has been scientifically substantiated and schemes of crop rotations with intermediate crops have been developed.

Keywords: experiment, crop rotation, farming, soil, specialization, productivity, predecessor, crop, structure, soil fertility

For citation: Privalov F. I. Skirukha A. Ch. 40 years of stationary crop rotation experiment: fundamental development results for agricultural science and practice in Belarus. *Vesti Natsyyanal'ny akademii navyuk Belarusi. Seryya agrarnykh navyuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series*, 2018, vol. 56, no 1, pp. 38–50. (in Russian)

Введение. Длительные стационарные опыты являются необходимой информационной базой для ведения земледелия на научной основе. Результаты исследований, полученные в таких опытах, имеют важное значение не только для решения текущих вопросов в земледельческой практике, но и для разработки стратегических глобальных направлений совершенствования систем земледелия и в целом аграрного производства. В стационарных опытах представляется возможным проследить за динамикой производительной способности земли, воспроизводства плодородия почвы, включающего изменения агрохимических, физических и биологических свойств, фитосанитарного состояния посевов и почвы при различных уровнях применяемых средств интенсификации и технологий. Это позволяет на разных этапах давать обоснованные рекомендации для ведения земледелия в хозяйствах с разным уровнем производства, причем в разные по погодным условиям годы. Одновременно полученная информация в таких опытах может служить основанием для прогнозирования и моделирования наиболее эффективных технологий и систем земледелия в перспективе. Этого нельзя в полной мере и при высокой достоверности достигнуть в краткосрочных опытах.

В связи с возросшим значением длительных стационарных опытов создана международная сеть, в которую вошли наиболее ценные длительные опыты различных стран мира. Среди наиболее известных длительных полевых стационаров выделяются опыты в Ротамстеде (Англия, заложены в 1843–1856 гг.); Гриньоне (Франция, 1875 г.); Иллинойсе (США, 1876 г.); Галле (Германия, 1878 г.); Аскове (Дания, 1894 г.); Московской сельскохозяйственной академии им. К. А. Тимирязева (Россия, 1912 г.) [1]. Согласно международной классификации, длительными стационарными опытами считаются опыты продолжительностью не менее 20 лет. Стационары более 50 лет называют сверхдлительными, или классическими [1–4].

В Научно-практическом центре Национальной академии наук Беларуси по земледелию исследования по изучению севооборотов проводятся с 1964 г. Стационарный опыт по изучению различных типов и видов специализированных севооборотов для хозяйств разной специализации заложен в 1978 г., в полную схему вошел в 1980 г. Почва опытного участка дерново-подзолистая, среднеподзоленная, развивающаяся на лёгком песчанисто-пылеватом суглинке, подстиломом с глубины 50–70 см мореным суглинком.

Всего исследуется более 20 схем 2–9-польных севооборотов, а также бессменные посевы зерновых, зернобобовых и кормовых культур. По типам изучаемые севообороты относятся к полевым и кормовым. Предназначены для хозяйств, специализирующихся на производстве молока, говядины, свинины и мяса птицы. По видам включают: зернотравяно-пропашные (полный плодосмен), зерно-травяные, зерно-пропашные, зерновые, травяно-пропашные, пропашные. В исследуемых севооборотах удельный вес основных культур составляет: зерновых – 33, 37, 50, 55, 62, 75 %; многолетних трав – 12, 20, 25, 33, 50, 75, 100 %; однолетних трав – 12, 25, 33, 40 %; пропашных – 12, 33, 40, 50, 100 %; промежуточных культур – 12, 16, 25, 37 %. Применяются следующие дозы минеральных удобрений: под зерновые – $N_{80}P_{60}K_{90}$; пропашные – $N_{120}P_{90}K_{150}$; клевер –

$P_{90}K_{150}$; клевер + злаки 2-го г.п. – $N_{90}P_{90}K_{150}$; злаковые травы – $N_{180}P_{90}K_{150}$. Под каждую культуру применяется регламентированная технология возделывания.

Цель работы – разработать обоснованные рекомендации для ведения земледелия в хозяйствах с разным уровнем производства с целью прогнозирования и моделирования наиболее эффективных технологий и систем земледелия в перспективе.

В результате 40-летних исследований в стационарном опыте выполнен ряд основополагающих разработок, имеющих важное научное и практическое значение для земледелия Беларуси. К основным из них можно отнести следующие.

1. Доказано, что увеличение уровня удобрений, повышение степени окультуренности почвы и применение полной химической защиты растений не снижает роли севооборота в повышении урожайности сельскохозяйственных культур, продуктивности пашни и воспроизводства плодородия почвы. В отдельном стационарном опыте на разнокультурных почвах (содержание гумуса – 2,36 и 3,26 %, P_2O_5 – 140 и 260 мг, K_2O – 130 и 280 мг на 1 кг почвы) на хорошо окультуренной почве, которая предварительно 15 лет удобрялась повышенными дозами навоза при возрастающих дозах минеральных удобрений (I фон – $N_{80}P_{60}K_{100}$, II – фон – $N_{120}P_{90}K_{150}$), урожайность ячменя при размещении по клеверу и картофелю составила 56,9 и 57,1 ц/га, а по озимой пшенице – только 28,9 ц/га (табл. 1). Основная причина такого резкого снижения урожая по плохому предшественнику – болезни. И на хорошо окультуренной почве по плохому предшественнику степень поражения растений корневыми гнилями составила 54 %, в то время как по хорошим предшественникам она была только 5–6 % [5]. Следует отметить, что во все годы исследований по плохим предшественникам на хорошо окультуренной почве корневых гнилей было больше, чем на менее окультуренной почве. Окультуренная почва является более благоприятной средой для развития патогенов. В варианте опыта, где в зерновом севообороте колосовые высевались в течение двух-трех лет подряд, с применением полной химической защиты удалось повысить урожайность зерновых от 42,3 до 47,4 ц/га, в то время как в оптимальном плодосменном севообороте, где зерновые размещались по хорошим предшественникам, такая же урожайность (47,6 ц/га) получена без химических средств защиты. Одновременно использование химической защиты в плодосменном севообороте дало возможность довести урожайность до 53,7 ц/га (табл. 2). Запыреенность полей в плохом севообороте доходила до 20–30 стеблей на 1 м². В хорошем севообороте пырей полностью отсутствовал даже без применения специальных противопырейных гербицидов. Значительно меньше в этом севообороте была засоренность и однолетними сорняками: без химзащиты – 245 и 128 шт/м², с химзащитой – 116 и 51 шт/м² соответственно [5–7].

Помимо распространения болезней и усиления засоренности посевов необходимость оптимального севооборота обусловлена и усилением фитотоксичности почвы при нарушении севооборотных норм. В первую очередь она вызывается накоплением в почве физиологически активных фитотоксичных веществ в виде фенольных соединений, органических кислот, альдегидов, спиртов и др. Источник образования токсичных веществ – корневые выделения растений, послеуборочные растительные остатки и продукты жизнедеятельности микроорганизмов. Больше

Т а б л и ц а 1. Зависимость урожайности ячменя от предшественника, окультуренности почвы и удобрений

Table 1. Dependence of barley yield on its forecrop, soil cultivation and fertilizers

Предшественник	Доза удобрений, кг/га д.в.			Почва среднеокультуренная		Почва хорошо окультуренная	
				урожайность, ц/га	степень поражения корневыми гнилями, %	урожайность, ц/га	степень поражения корневыми гнилями, %
	N	P	K				
Клевер	80	60	100	50,4	8	56,9	5
Картофель	80	60	100	50,3	9	57,1	5
Картофель	120	90	150	51,8	9	57,9	6
Озимая рожь	80	60	100	39,2	19	44,2	27
Озимая рожь	120	90	150	39,1	21	44,0	24
Озимая пшеница	80	60	100	34,7	36	28,9	54

Т а б л и ц а 2. Влияние севооборота и химической защиты растений на урожайность зерновых

Table 2. Effect of crop rotation and plant chemical protection on cereals yield

Прием интенсификации	Зерновой севооборот (75 % зерновых)		Плососменный севооборот (50 % зерновых)		Прибавка от предшественника, ц/га
	урожайность, ц/га	± к контролю	урожайность, ц/га	± к контролю	
Традиционная технология без химзащиты	42,3	–	47,6	–	+6,2
Традиционная технология + гербициды	44,3	2,0	52,2	3,7	+7,9
Традиционная технология + гербициды + фунгициды + инсектициды	47,4	5,1	53,7	5,2	+6,3

они накапливаются и более вредоносны, когда в структуре посевов преобладают сходные по биологическим особенностям культуры, например, при возделывании зерновых по зерновым. Это приводит к изменению соотношения групп микроорганизмов и появлению фитотоксических форм, которые поставляют в почву вредные для культурных растений вещества. Фитотоксины вызывают нарушение обмена веществ в растениях, включая азотный, влияют на интенсивность дыхания и фитосинтетическую активность.

При возделывании разнообразных по биологии культур с чередованием их в севообороте накопление токсичных веществ отсутствует, и фитотоксичности почвы не наблюдается. Других способов, кроме научно обоснованного севооборота, исключающих появление этого вредоносного явления, к настоящему времени не разработано. Поэтому и в настоящее время, как и ранее, плодосмен правомерно относить к закону земледелия.

2. Обоснована возможность специализации севооборотов в условиях интенсификации земледелия. Разработаны интенсивные ресурсосберегающие севообороты для хозяйств, специализирующихся на производстве молока, говядины и свинины. Классический севооборот предусматривает чередование трех групп культур: зерновых, бобовых, пропашных. Полученные данные показывают, что именно в таком севообороте обеспечена наиболее высокая продуктивность используемой земли (92,5 ц/га к. ед.) и самая высокая урожайность зерновых (54,9 ц/га). Чередование культур в этом севообороте следующее: 1 – озимая рожь на зеленую массу + горох-овёс на зеленую массу поукосно; 2 – озимые; 3 – клевер; 4 – ячмень + пожнивные; 5 – картофель; 6 – ячмень; 7 – клевер; 8 – озимые. В данном севообороте клевер возделывается в двух полях при одногодичном использовании. При двухгодичном использовании клевера в смеси с тимофеевкой и таком же удельном весе трав продуктивность севооборота несколько снижается (86,0 ц/га к. ед.). Ниже также урожайность зерновых и сбор зерна с 1 га пашни за счет некоторого ухудшения состава предшественников (табл. 3).

Специализация земледелия требует сокращения набора культур и сужения их чередования. Исследования показали, что в условиях достаточного применения удобрений, средств защиты растений и соблюдения технологии возделывания культур это возможно. В данном стационарном опыте специализированный зерно-травяной севооборот, включающий зерновые культуры, многолетние и однолетние бобовые травы, по продуктивности практически не уступал зерно-травяно-пропашным севооборотам, включающим зерновые, многолетние и однолетние травы и пропашные культуры. Выход кормовых единиц с 1 га севооборотной площади в среднем за 40 лет составил 89,3 и 86,0–92,5 ц/га, а сбор переваримого протеина – 9,10 и 8,26–8,81 ц соответственно. Не снизился и выход зерна с 1 га пашни (27,4 и 25,2–27,5 ц). Замена пропашной культуры (картофеля, кукурузы) клевером практически не снизила продуктивности севооборота и повысила его экономическую эффективность. Следует сказать, что зерно-травяные севообороты обеспечивают наибольшую эффективность в том случае, когда травосеяние ведется на бобовой (клевер, люцерна) и бобово-злаковой основе с использованием клевера один год и клеверо-злаковой смеси не более двух лет. В зерно-травяном севообороте чередование культур было следующим: 1 – озимая рожь на зеленую массу + горохо-овёс поукосно + редька масличная поукосно; 2 – ячмень; 3 – клевер + тимофеевка 1-го г.п.; 4 – клевер + тимофеевка 2-го г.п.; 5 – ячмень;

Т а б л и ц а 3. Продуктивность севооборотов в зависимости от структуры посевов

T a b l e 3. Productivity of crop rotations depending on the crops structure

№ сево-оборота	Структура посевов, %							Доза минерального азота, кг/га	Сбор, ц			
	зерновые	однолет-ные травы	многолетние травы			пропаш-ные	промежу-точные		с 1 га пашни			зерна с 1 га посева зерно-вых, ц
			% в сево-обороте	видовой состав*	продол-жительность использования, лет				к. ед.	перевари-мого протеина	зерна	
9	50	12,5	25	Кл	1...1	12,5	25	68	92,5	8,81	27,5	54,9
1	50	12,5	25	КТ	2	12,5	25	79	86,0	8,26	25,2	51,3
6	55	11	33	КТ...Кл	2...1	–	22	57	89,3	9,10	27,4	50,3
7	37,5	12,5	50	КЗ	4	–	12,5	100	83,3	8,16	17,3	46,2
12	62,5	12,5	12,5	Кл	1	12,5	25	83	84,6	7,02	33,2	52,1
8	67	11	11	Кл	1	11	22	83	84,2	6,99	34,4	51,6
13	75	–	25	Кл	1...1	–	25	60	82,1	7,47	37,4	49,8

* Кл – клевер; КТ – клевер + тимофеевка; КЗ – клевер + злаки.

6 – овёс; 7 – озимая рожь; 8 – клевер; 9 – озимая пшеница. В севообороте, где клеверо-злаковая смесь использовалась четыре года (с 3-го года травостой злаковый), продуктивность пашни была ниже (83,3 ц/га к. ед.), хотя доза минерального азота здесь была намного выше (100 кг/га). Зерно-травяные севообороты с оптимизированной структурой трав на бобовой и бобово-злаковой основе могут применяться в хозяйствах, специализирующихся на откорме крупного рогатого скота, а также в других хозяйствах в системе контурно-экологических севооборотов на полях, где не возделываются пропашные культуры [8–10].

В хозяйствах с животноводческими комплексами по производству молока при большой площади сельскохозяйственных земель, расчлененности территории и удалённости полей целесообразно вводить прифермские кормовые севообороты для возделывания малотранспортабельных кормовых культур (силосных, корнеплодов, зелёных кормов для летнего использования). В таких севооборотах кормовые культуры могут занимать до 60–80 % и зернофуражные 20–40 %. Кормовые севообороты могут вводиться и без зерновых культур. Примеры кормовых севооборотов:

I севооборот: 1 – однолетние бобовые травы + подсевные или поукосные культуры; 2 – ячмень с подсевом клевера; 3 – клевер; 4 – кукуруза; 5 – корнеплоды; 6 – яровые зерновые (кормовых культур – 66,6 %, зерновых – 33,4 %);

II севооборот: 1 – однолетние бобовые травы + подсевные или поукосные культуры; 2 – ячмень с подсевом клевера; 3 – клевер; 4 – кукуруза; 5 – корнеплоды; 6 – люцерна (выводное поле) (кормовых – 83,3 %, зерновых – 16,7 %);

III севооборот: 1 – однолетние бобово-злаковые травы с подсевом клевера; 2 – клевер; 3 – озимые на зелёную массу + однолетние травы поукосно + крестоцветные поукосно; 4 – кукуруза; 5 – корнеплоды (кормовых культур – 100 %). Недостающее количество зерна, получаемого в прифермских севооборотах, производится в полевых севооборотах.

В свиноводческих хозяйствах вводятся севообороты, насыщенные зерновыми культурами. Зерновыми колосовыми при разнообразной их структуре севообороты возможно насыщать без существенного снижения урожая до 67 %. При повышенном удельном весе озимой ржи и овса в структуре зерновых на отдельных, более удалённых полях с чередованием культур во времени возможно насыщение до 75 %, например: 1 – озимая рожь; 2 – клевер; 3 – озимая пшеница + пожнивные; 4 – овёс; 5 – озимая рожь; 6 – клевер; 7 – ячмень; 8 – овёс. Если в севообороте возделываются только пшеница, тритикале и ячмень, то зерновых колосовых в севообороте должно быть не более 50 %. При высоком удельном весе зерновых в севооборот следует включать зернобобовые культуры, целесообразно также возделывать пожнивные культуры, смягчающие отрицательное влияние при размещении зерновых по зерновым.

Учитывая большую значимость бобовых трав в земледелии республики и их роль в севооборотах, в проводимом стационарном опыте изучали возможную концентрацию клевера в севообороте и период возврата (количество лет) на прежнее поле.

Данные опыта показали, что удельный вес клевера при одногодичном использовании не должен превышать 25 % (2 поля в 8-польном севообороте). На прежнее место его следует возвращать не раньше, чем через три года. При более частом возврате он сильно поражается раком и резко снижает урожай. При возврате через год, в четвёртой ротации севооборота, снижение составило 60 % [11]. Аналогичные данные получены и по зернобобовым культурам, возделываемым в севооборотах. При возврате гороха на прежнее место через три года урожайность составила 32,8 ц/га зерна, через 2 года – 22,2 ц/га и через год – 5,6 ц/га. Урожайность люпина узколистого при возврате через три года получена по 33,6 ц/га, через два – 28,5 и через год – 20,7 ц/га. Причина такого резкого снижения урожая – поражение растений грибными болезнями [12].

3. В изучаемых севооборотах дана оценка кормовых и зерновых культур по продуктивности, экономической и энергетической эффективности. Полученные данные свидетельствуют о больших различиях в общей и протеиновой продуктивности между культурами. По выходу кормовых единиц эти различия составляют 3 раза и более и по количеству переваримого протеина – 4 раза. Это свидетельствует о том, что правильный подбор культур и научно обоснованная структура посевных площадей в конкретных условиях является важным резервом повышения продуктивности земледелия.

Т а б л и ц а 4. Продуктивность кормовых и зерновых культур

T a b l e 4. Productivity of fodder and grain crops

Культура	Доза минерального азота, кг/га	Урожайность, ц/га	Кормовые единицы, ц/га	Переваримый протеин, ц/га
Клевер	–	627	125	16,30
Клевер + тимофеевка 1-го г.п.	–	576	115	13,80
Клевер + тимофеевка 2-го г.п.	90	518	104	10,90
Клевер + злаки 3-го г.п.	180	432	86,4	9,10
Клевер + злаки 4-го г.п.	180	393	78,6	7,90
Злаки	180	365	73,0	7,30
Галега восточная	–	514	103	14,90
Люцерна + клевер 1–4-го г.п.	–	558	112	17,20
Горох-овес на з/м	40	307	43,0	6,14
Озимая рожь на з/м + горох-овес поукосно + редька масличная поукосно	180	918	119	15,00
Озимая рожь на з/м + люпин узк. поукосно + редька масличная поукосно	140	865	112	14,20
Озимая рожь на з/м + горох-овес + райграс однолетний	180	808	109	13,30
Кукуруза	120	520	120	6,84
Корнеплоды	120	756	106	6,80
Картофель	120	340	112	3,06
Озимая рожь	80	56,8	67,6	4,20
Озимая пшеница	80	59,0	69,6	5,31
Озимое тритикале	80	56,3	68,1	5,52
Яровая пшеница	80	52,7	61,7	4,17
Ячмень	80	51,9	63,8	4,15
Овес	80	47,5	48,5	4,09
Колосовые в среднем	80	54,0	63,2	4,57
Люпин узколистый	–	39,1	43,0	10,9

Принято считать интенсивными пропашные культуры. Это подтвердилось в наших опытах. Однако, как показывают данные, в условиях оптимальных технологий выращивания и правильном подборе видового состава культур и многолетние травы являются высокоинтенсивными культурами.

Основными кормовыми культурами на пахотных землях республики являются многолетние травы и кукуруза, поэтому правомерно сравнить эффективность возделывания именно этих культур. Клевер при одногодичном использовании в севообороте без затрат азотных удобрений на фоне $P_{90}K_{150}$ обеспечивал более высокую продуктивность, чем кукуруза, под которую вносилось по 45 т/га навоза + $N_{120}P_{90}K_{150}$. За счет клевера при урожае зелёной массы 627 ц/га получено по 125 ц/га к. ед. и 16,3 ц/га переваримого протеина (табл. 4). По кукурузе эти данные составляют 520, 115 и 6,84 ц/га соответственно. Во втором году пользования клеверо-тимофеечная смесь, под которую дополнительно к фосфорно-калийным удобрениям вносились и азотные (N_{90}), уступала клеверу одногодичного пользования по выходу кормовых единиц на 17 % и переваримого протеина – на 33 %, хотя уровень продуктивности был достаточно высоким (104 ц/га к. ед.). С третьего года пользования и при дозе минерального азота 180 кг/га клеверо-злаковая смесь значительно снижала урожайность. В 3-м и 4-м годах выход кормовых единиц по сравнению с клевером одногодичного пользования был ниже на 31–37 % и переваримого протеина – в 1,7–2,0 раза. Ещё ниже была продуктивность злаковых трав в чистом виде. И при дозе N_{180} по общей продуктивности злаки уступали клеверу более чем на 40 %, а без азотных удобрений – более чем в 7 раз. Клевер хорошо использует почвенное плодородие. Даже в севообороте без удобрений (под все культуры не применялись удобрения) в среднем за ротацию 8-польного севооборота урожай зелёной массы составил по 398 ц/га, выход кормовых единиц – 79,6 и переваримого протеина – 10,3 ц/га [13, 14].

В группе многолетних трав на известкованной легкосуглинистой почве высокопродуктивной культурой оказалась люцерна. При посеве в смеси с клевером и четырёхлетнем использовании по выходу кормовых единиц она мало уступала клеверу одногодичного пользования и значительно превосходила злаковые травы, под которые вносили по 180 кг/га минерального азота. Люцерна в смеси с клевером обеспечила самый высокий сбор переваримого протеина (17,2 ц/га) [15].

Основу производства растениеводческой продукции на пахотных землях составляют зерновые культуры и многолетние травы. От этих двух групп культур зависит состояние кормовой базы и системы земледелия в целом. В структуре животноводческой продукции наибольший удельный вес занимает продукция скотоводства – молоко и мясо говядины. Здесь используется более 80 % всех видов кормов. По рекомендациям специалистов-животноводов, в годовой структуре кормов для молочных коров и при откорме молодняка крупного рогатого скота травяные корма должны занимать 60–70 %. Зоотехнические требования по структуре кормов согласуются с направлением интенсификации земледелия, так как возделывание многолетних трав в севооборотах способствует повышению производительности земли и повышению плодородия почвы. Это отвечает также природным, почвенно-климатическим условиям республики. Обязательной составной частью структуры кормов для крупного рогатого скота является включение концентрированных кормов на основе зернофуража как более энергетического корма. По зоотехническим данным, при недостаточном удельном весе концентратов в рационах КРС имеет место перерасход используемых кормов на единицу животноводческой продукции. Соотношение травяных кормов и зернофуража должно определяться не только зоотехническими требованиями, но и почвенно-климатическими и экономическими условиями, возможностями земледелия, продуктивностью и экономической эффективностью возделываемых культур.

В этой связи представляет интерес сравнение многолетних трав с зерновыми культурами. Выход кормовых единиц за счёт клевера и клеверо-злаковых смесей 1–2 лет пользования был примерно в два раза выше, чем за счёт зерновых колосовых культур при учёте основной продукции (114,5 и 63,2 ц/га к. ед. соответственно), а переваримого протеина – более чем в 3 раза. Эти данные свидетельствуют о том, что из возможностей земледелия рационы крупного рогатого

скота должны строиться в направлении минимализации удельного веса зерна и, по возможности, в зоотехнически допустимых пределах замены его кормами из трав, прежде всего бобовых [14, 16, 17].

4. Дана оценка культур как предшественников в севооборотах. Обоснованно размещение зерновых, зернобобовых, многолетних бобовых трав и пропашных культур в различных видах севооборотов. На основе выполненных исследований и обобщения данных других опытов, проведенных в республике, установлены оптимальные предшественники и место размещения основных полевых культур в севооборотах разной специализации, определены параметры относительной урожайности в процентах по отношению к оптимальному предшественнику, принятому за 100 %, при размещении культур по принципу «все по всем». По данным разработанной оценочной шкалы можно судить, на сколько снизится урожайность, выраженная в процентах, по отношению к оптимальному предшественнику при размещении каждой культуры по неблагоприятному предшественнику. Шкала оценки предшественников удобна для агронома при составлении плана размещения культур на предстоящий и последующие годы. Одновременно предложена классификация предшественников под каждую культуру с делением их на хорошие, возможные и недопустимые. По каждой культуре определен также допустимый период (количество лет) возврата на прежнее поле.

Определен уровень урожайности зерновых и кормовых культур в зависимости от предшественника в севообороте. Установлено, что при размещении по неблагоприятному предшественнику и при оптимальном удобрении и применении средств защиты растений урожайность пшеницы снижается до 40 %, ячменя и тритикале – до 30 %, озимой ржи – до 15 % и овса – до 10 %. И это только при разовом наложении. Выявлено, что бобовые культуры ещё более чувствительны к севообороту, чем зерновые колосовые. Здесь особое значение имеет уровень концентрации в севообороте и период возврата (количество лет) на прежнее поле. Например, клевер при возврате через год, по сравнению с возвратом через 7 лет в первой ротации 8-польного севооборота, снизил урожайность на 17 %, во второй – на 20 %, в третьей – на 41 % и в четвёртой – на 60 %. В последние годы он практически не дает урожая. Всходы погибают уже под покровной культурой от поражения болезнями (рак клевера). Аналогичная ситуация наблюдалась и с зернобобовыми культурами. Урожайность гороха при возврате через два года по сравнению с вариантом через три года снизилась на 32 % и через год – в 6 раз. У люпина узколистого снижение составило 15 и 40 % соответственно. В отдельные годы при возврате через год горох и люпин практически не давали урожая из-за поражения болезнями [12].

По результатам проводимого опыта и по данным других опытов определены максимально возможные допустимые концентрации посевов сельскохозяйственных культур в севооборотах. Зерновыми колосовыми при разнообразной их структуре возможно насыщать севообороты до 67 %, если в севообороте возделываются только пшеница, тритикале и ячмень, но не более чем 50 %; гороха и вики возможно иметь 20–25 %; люпина – 16–20 %; рапса – 25 %; льна – 20–25 %; кормовой свеклы – 20–25 %; картофеля – 20–25 %; клевера – 20–25 %; клеверо-злаковой смеси – 40 %; люцерно-злаковой смеси – 40–50 %. Более подробно результаты исследований в данном стационарном опыте изложены в работах [18–21].

5. Разработана структура посевных площадей для хозяйств, специализирующихся на производстве молока, говядины, свинины, и усовершенствована структура посевов для сельскохозяйственных организаций в целом по республике. На основе данных стационарных опытов по продуктивности и экономической эффективности культур и севооборотов, анализа земледелия и кормовой базы многих хозяйств в различных почвенно-климатических зонах выполнены разработки по усовершенствованию структуры посевных площадей для хозяйств разной специализации, также постоянно оказывается помощь специалистам и руководящим работникам республики в оптимизации структуры посевов для сельскохозяйственных организаций.

Наибольшее значение при расчете структуры посевов имеет удельный вес зерновых культур. Этот показатель в большой мере зависит от размера площадей луговых угодий в хозяйстве. При среднереспубликанском уровне (30 % в структуре сельхозугодий) зерновые культуры на

пахотных землях должны составлять: в хозяйствах по откорму крупного рогатого скота – 51–53 %, в хозяйствах по производству молока – 48–50 %. С увеличением удельного веса сенокосов и пастбищ и, следовательно, уменьшением пахотных земель в общей площади сельхозугодий удельный вес зерновых на пашне будет возрастать, а кормовых культур, соответственно, уменьшаться. Так, в хозяйствах по производству молока при 20 % сенокосов и пастбищ зерновых на пахотных землях должно быть 43 %, а при 50 % лугов – 56 %. В хозяйствах, специализирующихся на производстве свинины, размер посевных площадей зерновых культур будет определяться возможностью размещения их в севооборотах. Как было показано выше, при разнообразной структуре самих зерновых в севооборотах колосовых возможно иметь до 67 %. В свиноводческих хозяйствах специализация на производстве свинины, как правило, сочетается с производством продукции скотоводства, в основном с производством молока. Это обусловлено природными условиями республики. Наличие луговых угодий и многолетних трав на пашне обуславливает использование травяных кормов именно в этой отрасли животноводства.

Совершенствование структуры посевных площадей и системы севооборотов в масштабах республики позволит:

- а) за счет оптимизации концентрации в севооборотах и размещения зерновых колосовых по благоприятным предшественникам дополнительно получить 450–500 тыс. т зерна;
- б) за счет дополнительного расширения площади зернобобовых дополнительно получить около 130 тыс. т сырого белка и сократить закупку (импорт) белкового сырья на 370 тыс. т;
- в) за счет совершенствования структуры и режима использования многолетних трав в севооборотах, переводя их на бобовую и бобово-злаковую основу, дополнительно получить 4,5–5,0 млн т зеленой массы, что при заготовке кормов позволит произвести до 1 млн т молока [14, 21–23].

6. Дана агроэкономическая оценка и обосновано применение промежуточных культур в севооборотах. Разработаны севообороты с промежуточными культурами. Определен набор культур для озимых, подсевных, поукосных и пожнивных посевов в полевых и кормовых севооборотах с размещением их в занятом пару, зерно-пропашных и зерновых звеньях. Изучена их продуктивность, экономическая эффективность, влияние на плодородие почвы, фитосанитарное состояние посевов и продуктивность севооборотов при использовании на корм и зеленое удобрение [24].

В стационарном опыте исследовано 12 схем 8-польных полевых и кормовых севооборотов, в разной степени насыщенных различными промежуточными культурами. Установлено, что включение в севообороты промежуточных культур до 25 и 37,5 % от площади пашни повышает общую продуктивность пахотной земли по выходу кормовых единиц на 14–15 % и сбору переваримого протеина на 20–25 %. Использование агроклиматических ресурсов (осадков, тепла, солнечной радиации) повышается от 75–79 до 87–88 %. Если в севообороте без промежуточных культур неиспользуемые климатические ресурсы составили 21–25 %, то в севообороте с промежуточными культурами только 12–13 %.

Промежуточные культуры в севообороте целесообразнее использовать на кормовые цели, чем на зеленое удобрение. Прибавка урожая в последствии не компенсирует полностью потерь корма в виде запаханной зеленой массы. Как исключение, использование их на зеленое удобрение может иметь место в хозяйствах, где имеется большая потребность именно в зерне (например, в свиноводческих хозяйствах), а травяными кормами в хозяйстве полная обеспеченность за счет луговых угодий и кормовых культур на пашне. Возможно допустить их использование на зеленое удобрение и на отдаленных полях, когда транспортировка зеленой массы становится высокочувствительной [24–26].

Установлено, что применение промежуточных посевов с использованием на кормовые цели оказывает положительное влияние на содержание гумуса в почве за счет дополнительного поступления органического вещества в виде корневых и пожнивных остатков. Запашка пожнивных крестоцветных культур и подсеивной сераделлы на зеленое удобрение повышала биологическую активность почвы, но не оказывала положительного влияния на содержание гумуса в почве. Наоборот, в вариантах с зеленым удобрением имело место некоторое снижение его содержания

ввиду неблагоприятного соотношения для гумусообразования углерода к азоту. Молодая зеленая масса с узким соотношением C:N (с малым содержанием углерода) полностью разлагается до минеральных веществ, исключая процесс накопления гумуса.

7. Изучено влияние различных типов и видов севооборотов на плодородие почвы. Исследовано действие их на баланс органического вещества, биологический круговорот основных элементов питания, баланс азота, фосфора, калия, физические свойства и биологическую активность почвы. При установлении роли растений в плодородии почвы определена общая биомасса растений (наземная + корни), отчуждаемая с урожаем и поступающая в почву в виде корневых и пожнивных остатков, а также запасы основных элементов питания, содержащихся в этих частях биомассы, и доля возврата их в почву при возделывании основных полевых культур: зерновых, зернобобовых, однолетних и многолетних трав, пропашных – всего более чем для 30 культур. Эти же определения выполнены и в различных видах севооборотов: зерно-травяно-пропашном, зерно-травяном, зерно-пропашном, зерновом, пропашном, изучаемых при различных системах и уровнях удобрений на почвах разной степени окультуренности (средне- и хорошо окультуренной). Такие же исследования проведены и при изучении промежуточных культур (озимая рожь на зеленый корм, подсевная сераделла, подсевной многолетний горький и кормовой люпин, пожнивные крестоцветные культуры – редька масличная, горчица белая, рапс озимый), а также севооборотов, в разной степени насыщенных различными промежуточными культурами с использованием их на корм и зеленое удобрение, с отчуждением и без отчуждения соломы колосовых культур [24–28]. Полученные результаты являются предметом отдельной публикации.

Заключение. Таким образом, в условиях постоянного изменения агрономических основ ведения сельского хозяйства, наращивания использования средств интенсификации, повышения уровня плодородия почвы, появления новых сортов, постоянно меняющихся погодных условий и глобального изменения климата, а также в связи с изменениями экономических условий хозяйствования, включая ценовую политику, длительные стационарные опыты являются необходимой информационной базой для ведения земледелия на научной основе, прогнозирования и постоянного совершенствования систем земледелия применительно к новым условиям.

Список использованных источников

1. *Вострухин, Н. П.* Земледелие и свекловодство: стационарные полевые опыты 1957–2006 гг. / Н. П. Вострухин ; Нац. акад. наук Беларуси, Опыт. науч. ст. по сахар. свекле. – Минск : Беларуская навука, 2009. – 543 с.
2. *Доспехов, Б. А.* Некоторые итоги стационарного полевого опыта Тимирязевской академии за 60 лет / Б. А. Доспехов // Изв. Тимирязев. с.-х. акад. – 1972. – Вып. 6. – С. 28–47.
3. *Сафонов, А. Ф.* Урожай озимой ржи и плодородие дерново-подзолистой почвы при длительном применении удобрений и известкования в бессменных посевах и севообороте / А. Ф. Сафонов, А. А. Алферов, М. А. Золотарев // Изв. Тимирязев. с.-х. акад. – 2000. – Вып. 4. – С. 21–34.
4. *Лошаков, В. Г.* Итоги исследований по севооборотам / В. Г. Лошаков // Изв. Тимирязев. с.-х. акад. – 2002. – Вып. 1. – С. 68–91.
5. *Никончик, П. И.* Проблемы экологизации земледелия Беларуси / П. И. Никончик // Вест. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2008. – № 4. – С. 38–43.
6. *Никончик, П. И.* Научные основы систем использования земли: наука и практика / П. И. Никончик // Вест. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2012. – № 2. – С. 36–48.
7. *Никончик, П. И.* Научные основы севооборотов в земледелии Беларуси: основные итоги научных исследований / П. И. Никончик, А. А. Усеня, А. Ч. Скируха // Земледелие и селекция в Беларуси : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию. – Минск, 2013. – Вып. 49. – С. 4–28.
8. *Скируха, А. Ч.* Продуктивность и агроэкономическая эффективность зернотравянопропашных и специализированных зернотравяных севооборотов на дерново-подзолистых почвах Республики Беларусь : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.01 / А. Ч. Скируха ; Науч.-исслед. ин-т земледелия и кормов. – Жодино, 2000. – 18 с.
9. *Усеня, А. А.* Агроэкономическая и энергетическая оценка различных типов и видов севооборотов / А. А. Усеня, А. Ч. Скируха // Вест. Акад. аграр. навук Рэсп. Беларусь. – 2000. – № 3. – С. 10–12.
10. *Никончик, П. И.* Продуктивность специализированных зернотравяных севооборотов в зависимости от продолжительности использования и сроков перезалужения многолетних трав / П. И. Никончик // Земледелие и селекция в Беларуси : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию. – Жодино, 2008. – Вып. 44. – С. 3–11.
11. Оптимизация режима использования клевера лугового как фактор повышения продуктивности травостоя в специализированных севооборотах / А. Ч. Скируха [и др.] // Земледелие и защита растений. – 2014. – № 3. – С. 14–17.

12. Скируха, А. Ч. Влияние концентрации и периода возврата зернобобовых в севообороте на их урожайность и развитие фузариозных корневых гнилей / А. Ч. Скируха, Л. Н. Грибанов // Земледелие и селекция в Беларуси : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию. – Жодино, 2010. – Вып. 46. – С. 16–20.
13. Никончик, П. И. Сравнительная продуктивность многолетних трав и кукурузы по результатам исследований в опытах и фактической урожайности в производстве / П. И. Никончик // Земляробства і ахова раслін. – 2008. – № 6. – С. 12–15.
14. Скируха, А. Ч. Рациональный подбор культур в системе севооборотов как резерв увеличения производства кормов и растительного белка / А. Ч. Скируха // Земледелие и защита растений. – 2017. – № 1. – С. 12–15.
15. Усеня, А. А. Агрэоэкономічныя асновы выкарыстання многалеціх трав у спецыялізаваных севаоборотах на дерново-подзолистых почвах Республики Беларусь : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.01 / А. А. Усеня ; Беларус. науч.-исслед. ин-т земледелия и кормов. – Жодино, 1997. – 19 с.
16. Никончик, П. И. Анализ и пути увеличения производства зерна в Беларуси / П. И. Никончик // Земляробства і ахова раслін. – 2009. – № 5. – С. 24–27.
17. Роль предшественника в формировании урожайности колосовых в севооборотах с высокой концентрацией зерновых культур / Л. Н. Грибанов [и др.] // Земледелие и селекция в Беларуси : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию. – Минск, 2015. – Вып. 51. – С. 13–18.
18. Никончик, П. И. Агрэоэкономічныя асновы сістэм выкарыстання зямлі / П. И. Никончик ; Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию. – Минск : Беларус. наука, 2007. – 532 с.
19. Земледелие : учебник / П. И. Никончик [и др.] ; под ред. П. И. Никончика, В. Н. Прокоповича. – Минск : ИВЦ Минфина, 2014. – 584 с.
20. Привалов, Ф. И. История земледельческой науки Беларуси / Ф. И. Привалов, В. Н. Шлапунов, С. И. Гриб // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2014. – № 2. – С. 5–17.
21. Адаптыўныя сістэмы земледзелля ў Беларусі / М-во сел. хоз-ва і прадолвольства Респ. Беларусь, Акад. аграр. навук Респ. Беларусь ; под общ. ред. А. А. Попкова. – Минск : [б. и.], 2001. – 308 с.
22. Скируха, А. Ч. Севооборот и рациональная структура посевных площадей как резервы эффективного использования земли / А. Ч. Скируха // Земледелие и защита растений. – 2016. – № 3. – С. 24–25.
23. Никончик, П. И. Почвенно-экологические возможности производства и экспорта продукции сельского хозяйства при различных уровнях ведения земледелия и животноводства в сельскохозяйственных организациях Беларуси / П. И. Никончик // Земляробства і ахова раслін. – 2010. – № 5. – С. 5–10.
24. Никончик, П. И. Промежуточные культуры в севооборотах как средство улучшения использования климатических ресурсов и повышения устойчивости земледелия / П. И. Никончик // Земляробства і ахова раслін. – 2010. – № 2. – С. 9–11.
25. Скируха, А. Ч. Влияние использования пожнивных посевов и заделки соломы на продуктивность кормовых культур и изменение содержания гумуса в различных видах севооборотов / А. Ч. Скируха, А. А. Усеня, С. И. Тупик // Земледелие и селекция в Беларуси : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию. – Жодино, 2011. – Вып. 47. – С. 18–23.
26. Скируха, А. Ч. Комплексное влияние систем удобрений, использования соломы и пожнивных культур на изменение содержания гумуса в почве зернового севооборота в условиях Беларуси / А. Ч. Скируха // Зерновое хоз-во России. – 2013. – № 2. – С. 47–51.
27. Никончик, П. И. Баланс органического вещества в почве в севооборотах разной специализации / П. И. Никончик // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2007. – № 2. – С. 39–46.
28. Скируха, А. Ч. Корневые и пожнивные остатки полевых культур в севообороте как резерв повышения содержания основных элементов минерального питания в почве / А. Ч. Скируха, Л. Н. Грибанов, А. А. Усеня // Земледелие и селекция в Беларуси : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию. – Минск, 2017. – Вып. 53. – С. 13–19.

References

1. Vostrukhin N. P. *Agriculture and beet growing: stationary field experiments for 1957–2006*. Minsk, Belaruskaya navuka Publ., 2009. 543 p. (in Russian).
2. Dospekhov B. A. Some results of stationary field experiment of Timiryazev Academy for 60 years. *Izvestiya Timiryazevskoi sel'skokhozyaistvennoi akademii* [Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy], 1972, no. 6, pp. 28–47 (in Russian).
3. Safonov A. F., Alferov A. A., Zolotarev M. A. Winter rye yield and fertility of sod-podzolic soil with long-term application of fertilizers and liming in permanent crops and crop rotation. *Izvestiya Timiryazevskoi sel'skokhozyaistvennoi akademii* [Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy], 2000, no. 4, pp. 21–34 (in Russian).
4. Loshakov V. G. Results of investigations of crop rotations. *Izvestiya Timiryazevskoi sel'skokhozyaistvennoi akademii* [Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy], 2002, no. 1, pp. 68–91 (in Russian).
5. Nikonchik P. I. Problems on ecologizing agriculture in Belarus. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series*, 2008, no. 4, pp. 38–43 (in Russian).

6. Nikonchik P. I. Scientific bases of land use systems: science and practice. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series*, 2012, no. 2, pp. 36–48 (in Russian).
7. Nikonchik P. I., Usenya A. A., Skirukha A. Ch. Scientific bases of crop rotation in agriculture in Belarus: main results of scientific research. *Zemledelie i selektsiya v Belarusi: sbornik nauchnykh trudov* [Agriculture and Plant Breeding in Belarus: a collection of scientific papers]. Minsk, 2013, no. 49, pp. 4–28 (in Russian).
8. Skirukha A. Ch. *Productivity and agro-economic efficiency of grain-grass-tilled and specialized grain-grass crop rotations on sod-podzolic soils of the Republic of Belarus*. Abstract of doctoral thesis in agriculture. Zhodino, 2000. 18 p. (in Russian).
9. Usenya A. A., Skirukha A. Ch. Agro-economic and energy assessment of different kinds and types of crop rotations. *Vestsi Akademii agrarnykh navuk Respubliki Belarus'* [Proceedings of the Academy Agrarian Sciences of the Republic of Belarus], 2000, no. 3, pp. 10–12 (in Russian).
10. Nikonchik P. I. Productivity of specialized grain-grass crop rotations depending on the duration of use and the period of perennial grasses reseeding. *Zemledelie i selektsiya v Belarusi: sbornik nauchnykh trudov* [Agriculture and Plant Breeding in Belarus: a collection of scientific papers]. Minsk, 2008, no. 44, pp. 3–11 (in Russian).
11. Skirukha A. Ch., Usenya A. A., Griбанov L. N., Shashko Yu. K., Tupik S. I., Byk E. S., Sikorskii A. V. Optimization of red clover use as a factor of increasing grass stand productivity in specialized crop rotations. *Zemledelie i zashchita rastenii = Agriculture and Plant Protection*, 2014, no. 3, pp. 14–17 (in Russian).
12. Skirukha A. Ch., Griбанov L. N. Influence of concentration and the period of return of leguminous crops in crop rotation on their yield and the development of fusarium root rot. *Zemledelie i selektsiya v Belarusi: sbornik nauchnykh trudov* [Agriculture and Plant Breeding in Belarus: a collection of scientific papers]. Zhodino, 2010, no. 46, pp. 16–20 (in Russian).
13. Nikonchik P. I. Comparative productivity of perennial grasses and maize according to the results of the research in experiments and actual yield in production. *Zemlyarobstva i akhova raslin* [Agriculture and Plant Protection], 2008, no. 6, pp. 12–15 (in Russian).
14. Skirukha A. Ch. Rational selection of crops in the crop rotation system as a reserve for increasing the production of feed and protein. *Zemledelie i zashchita rastenii = Agriculture and Plant Protection*, 2017, no. 1, pp. 12–15 (in Russian).
15. Usenya A. A. *Agro-economic bases of using perennial grasses in specialized crop rotations on sod-podzolic soils of the Republic of Belarus*. Abstract of doctoral thesis in agriculture. Zhodino, 1997. 19 p. (in Russian).
16. Nikonchik P. I. Analysis and ways to increase grain production in Belarus. *Zemlyarobstva i akhova raslin* [Agriculture and Plant Protection], 2009, no. 5, pp. 24–27 (in Russian).
17. Griбанov L. N., Skirukha A. Ch., Byk E. S., Likhtarovich V. F. The role of a precursor in the formation of spicules yield in crop rotations with a high concentration of cereals. *Zemledelie i selektsiya v Belarusi: sbornik nauchnykh trudov* [Agriculture and Plant Breeding in Belarus: a collection of scientific papers]. Minsk, 2015, no. 51, pp. 13–18 (in Russian).
18. Nikonchik P. I. *Agro-economic bases of land use systems*. Minsk, Belorusskaya nauka Publ., 2007. 532 p. (in Russian).
19. Nikonchik P. I., Prokopovich V. N., Ermolenkov V. V., Duduk A. A., Nebyshinets S. S., Martinchik N. V., Skirukha A. Ch. *Agriculture*. Minsk, IVTs Minfina Publ., 2014. 584 p. (in Russian).
20. Privalov F. I., Shlapunov V. N., Grib S. I. History of agricultural science in Belarus. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series*, 2014, no. 2, pp. 5–17 (in Russian).
21. Popkov A. A. (ed.) *Adaptive farming systems in Belarus*. Minsk, 2001. 308 p. (in Russian).
22. Skirukha A. Ch. Crop rotation and rational structure of arable lands as reserves for efficient land use. *Zemledelie i zashchita rastenii = Agriculture and Plant Protection*, 2016, no. 3, pp. 24–25 (in Russian).
23. Nikonchik P. I. Soil-ecological opportunities for production and export of agricultural products at various levels of farming and livestock at agricultural organizations of Belarus. *Zemlyarobstva i akhova raslin* [Agriculture and Plant Protection], 2010, no. 5, pp. 5–10 (in Russian).
24. Nikonchik P. I. Intermediate crops in crop rotations as means to improve the use of climate resources and improve sustainability of farming. *Zemlyarobstva i akhova raslin* [Agriculture and Plant Protection], 2010, no. 2, pp. 9–11 (in Russian).
25. Skirukha A. Ch., Usenya A. A., Tupik S. I. Influence of the use of afterharvest sowing and straw plowback on fodder crops yield and humus content change in various types of crop rotations. *Zemledelie i selektsiya v Belarusi: sbornik nauchnykh trudov* [Agriculture and Plant Breeding in Belarus: a collection of scientific papers]. Zhodino, 2011, no. 47, pp. 18–23 (in Russian).
26. Skirukha A. Ch. Complex influence of fertilizer systems, use of straw and stubble crops on humus content change in soil of grain crop rotation in Belarus. *Zernovoe khozyaistvo Rossii* [Grain economy of Russia], 2013, no. 2, pp. 47–51 (in Russian).
27. Nikonchik P. I. Organic substance balance in the soil in different-type crop rotations. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series*, 2007, no. 2, pp. 39–46 (in Russian).
28. Skirukha A. Ch., Griбанov L. N., Usenya A. A. Root and plant residues in crop rotation as a reserve for increasing the content of basic elements of mineral nutrition in soil. *Zemledelie i selektsiya v Belarusi: sbornik nauchnykh trudov* [Agriculture and Plant Breeding in Belarus: a collection of scientific papers]. Minsk, 2017, no. 53, pp. 13–19 (in Russian).

Информация об авторах

Привалов Федор Иванович – член-корреспондент, доктор с.-х. наук, профессор, генеральный директор, Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по земледелию (ул. Тимирязева, 1, 222160 Жодино, Минская обл., Республика Беларусь). E-mail: npz@tut.by

Скируха Анатолий Чеславович – кандидат с.-х. наук, зав. лабораторией севооборотов, Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по земледелию (ул. Тимирязева, 1, 222160 Жодино, Минская обл., Республика Беларусь). E-mail: sevooborot@tut.by

Information about authors

Privalov Fedor I. – Corresponding Member, D. Sc. (Agricultural), Professor. The Research and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Arable Faming (1 Timiryazev Str., Zhodino, Minsk Region 222160, Republic of Belarus). E-mail: npz@tut.by

Skirukha Anatoli Ch. – Ph.D. (Agricultural). The Research and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Arable Faming (1 Timiryazev Str., Zhodino, Minsk Region 222160, Republic of Belarus). E-mail: sevooborot@tut.by

Национальная академия наук Беларуси