

## **ЗЕМЛЯРОБСТВА І РАСЛІНаВОДСТВА**

УДК 631.58:631.445.12

*П. И. НИКОНЧИК*

### **НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ СИСТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕМЛИ: НАУКА И ПРАКТИКА**

*Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию*

*(Поступила в редакцию 08.02.2012)*

В сельскохозяйственном производстве Беларуси проблема повышения эффективности использования земельных ресурсов имеет первостепенное значение. Ежегодно отчуждаемые под жилищное и промышленное строительство, водоемы, дороги и другие объекты сельскохозяйственных угодий не компенсируются вновь освоенными и включенными в использование землями. В республике площадь пашни на одного жителя за последние три десятилетия сократилась с 0,73 до 0,47 га [1]. В ближайшей перспективе существенного увеличения площадей сельскохозяйственных угодий, в том числе пашни, не ожидается, значит получение планируемых объемов продукции земледелия и животноводства может быть достигнуто главным образом за счет рационального и эффективного использования каждого гектара земли.

Сельскохозяйственные организации Беларуси достигли немалых успехов в повышении продуктивности сельскохозяйственных угодий: в 2005–2010 гг. каждый гектар пашни обеспечил по 40–42 ц/га к. ед., однако это менее половины возможного. Имеются значительные резервы дальнейшего наращивания производства сельскохозяйственной продукции.

Известно, что свыше 90% урожая формируется за счет фотосинтетической деятельности растений, поэтому все агрономические приемы в конечном счете направлены на создание более благоприятных условий для улучшения фотосинтеза. В силу же своих биологических особенностей различные растения обладают неодинаковой способностью к аккумуляции солнечной энергии, следовательно, важным условием повышения степени использования фотосинтетически активной радиации является правильный подбор культур, обладающих в конкретных условиях наивысшей способностью к накоплению биомассы урожая определенного качества. В связи с тем, что почвы Беларуси очень пестры по своим природным свойствам (типу почвообразования, гранулометрическому составу, степени увлажнения) и степени окультуренности, важно подбирать культуры с учетом свойств почв, степени их окультуренности, уровня применяемых удобрений и в целом уровня интенсификации

В республике за последние полтора десятилетия проведена большая работа по специализации и концентрации сельскохозяйственного производства: созданы многие узкоспециализированные хозяйства по производству молока и мяса. Это требует новых подходов к использованию земли, разработки и внедрения специализированных севооборотов в соответствии с направленностью развития хозяйств, так как ранее севообороты разрабатывались применительно к многоотраслевым хозяйствам.

Более высокие требования предъявляются к формированию структуры посевных площадей, которая должна обеспечивать не только наивысшую производительность пашни и быть ресурсоэкономной, но и способствовать сохранению хорошего фитосанитарного состояния, агрохимических, физических и биологических свойств почвы в условиях высокой концентрации однотипных культур в севооборотах.

В специализированных севооборотах, насыщенных однотипными культурами, может обостриться фитосанитарная обстановка из-за усиления засоренности посевов, распространения болезней и вредителей, накопления токсических веществ за счет корневых выделений [2, 3]. Это потребует дополнительных химических мер защиты растений, что усугубит экологическую ситуацию. В специализированном земледелии многократно возрастает роль предшественника и рационального размещения культур в севооборотах как биологического средства борьбы с болезнями, вредителями и сорняками, позволяющего снизить уровень применения химических мер. В этом случае севооборот выступает как средство экологизации и биологизации земледелия, поэтому требуется разработка мер по преодолению несовместимости культур как предшественников.

Ранее все исследования по севооборотам проводились на одном, как правило, навозно-минеральном фоне удобрений. В настоящее время они проводятся как комплексные, где рассматриваются различные типы и виды севооборотов в сочетании с различными системами удобрений и способами защиты растений, причем они разрабатываются как ресурсосберегающие.

Известно, что многие сельскохозяйственные культуры достигают уборочной фазы задолго до окончания периода с положительными температурами 5–10°. С другой стороны, многие из них весной высеваются спустя значительное время после начала вегетационного периода, поэтому при получении одного урожая в год вегетационный период используется далеко не полностью. Значительная часть второй половины лета, равно как и ранневесеннего допосевного периода, также бесполезно утрачивается для сельскохозяйственного производства. В условиях Беларуси при существующей структуре посевных площадей и получении одного урожая в год фотосинтетическая активная радиация, сумма температур и атмосферные осадки используются только на 75–78%.

Одним из способов более полного использования агроклиматических ресурсов является применение промежуточных посевов, позволяющих получать два-три урожая в год с одной площади и использовать вегетационный период с ранней весны до поздней осени [4]. Широкое применение промежуточных посевов возможно на основе всестороннего агроэкономического обоснования – необходимы знания по сравнительной оценке, подбору и использованию культур в севооборотах, влиянию растений на плодородие почвы, изучению их эффективности.

Подбор культур и оптимизация структуры посевных площадей в севооборотах, особенно при их специализации, должен осуществляться не только в расчете на получение максимального количества продукции и экономического эффекта на данный момент, но и с учетом агрономических требований о влиянии их на плодородие почвы с тем, чтобы не только не допустить снижения содержания органического вещества и элементов питания в почве, но и создать условия для их положительного баланса [5].

Цель исследований – разработка научных основ интенсивных систем использования земли для специализированного земледелия на основе совершенствования почвенно-экологических севооборотов, структуры посевных площадей и их рационального сочетания с системами удобрений и защиты растений.

**Объекты и методы исследований.** Исследования проводили в 1960–2011 гг. в комплексных длительных стационарных опытах на экспериментальной базе «Жодино» Научно-практического центра НАН Беларуси по земледелию. В 2010 г. исполнилось 50 лет от года начала закладки опытов. Объектами исследований являлись: зерновые, зернобо-бовые и кормовые культуры в основных посевах; озимые, подсевные, поукосные и пожнивные культуры в промежуточных посевах; различные виды севооборотов, структура посевных площадей.

Почва опытного участка дерново-подзолистая, среднеподзоленная, развивающаяся на легком песчанисто-пылеватом суглинке, подстилаемом с глубины 50–70 см моренным суглинком.

Всего изучали 20 схем севооборотов для хозяйств разной специализации в разной степени насыщенных различными зерновыми и кормовыми культурами, а также промежуточными культурами с использованием на корм и зеленое удобрение. Насыщение зерновыми составляет от 33 до 75%, многолетними травами – от 12 до 100%, пропашными – от 12 до 100%, промежуточными – от 12 до 37%. По видам изучаемые севообороты относятся к зернотравянопропашным (полный плодосмен), зернотравяным, зернопропашным, зерновым, травянопропашным, пропашным. По продолжительности ротации: 2 севооборота – 9-польные, 9–8-польные, 1 – 6-польный, 2 –

5-польные, 4 – 4-польные, 1 – 3-польный, 1 – 2-польный. В опыте по изучению продуктивности севооборотов в зависимости от структуры посевов (опыт I) применяли следующие дозы минеральных удобрений: под зерновые –  $N_{80}P_{60}K_{100}$ , 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 –  $N_{180}P_{90}K_{150}$ . Доза навоза составляла 11 т на 1 га пашни.

В отдельном комплексном опыте (опыт II) зернотравянопропашной, зернотравяной, травянопропашной, зернопропашной, зерновой (67% зерновых) и пропашной севообороты изучали при различных системах и уровнях удобрений: 1) навоз солоmistый 11 т/га пашни + NPK, 2) навоз бесподстилочный + NPK, 3) двойная доза бесподстилочного навоза + NPK, 4) NPK. Все системы удобрений были уравновешены по основным элементам питания. В зерновом севообороте на протяжении 33 лет изучали использование соломы в качестве органического удобрения. Запашку проводили в чистом виде, а также в сочетании с крестоцветными пожнивными культурами при использовании на корм и зеленое удобрение.

В качестве промежуточных культур в севооборотах изучали следующие: озимую рожь на зеленую массу, после уборки которой в поукосных посевах возделывали однолетние бобовые культуры; подсевной однолетний райграс под люпин и горохо-овсяную смесь; пожнивные крестоцветные культуры (редька масличная, горчица белая, рапс озимый). Пожнивные культуры изучали с использованием на корм и зеленое удобрение в чистом виде и в сочетании с соломой.

**Результаты и их обсуждение.** В результате 50-летних исследований в стационарных опытах выполнено ряд основополагающих разработок, имеющих важное научное и практическое значение для земледелия Беларуси. К основным из них можно отнести следующие.

**1. Возможность специализации севооборотов в условиях интенсификации земледелия. Интенсивные ресурсосберегающие севообороты для хозяйств, специализирующихся на производстве молока, говядины, свинины.** Классический севооборот предусматривает чередование трех групп культур: зерновых, бобовых, пропашных.

Данные, приведенные в табл. 1, показывают, что именно в таком севообороте (сев. 9б) обеспечена наиболее высокая продуктивность используемой земли (87,9 ц/га к. ед.) и самая высокая урожайность зерновых (46,8 ц/га). Чередование культур в этом севообороте следующее: 1 – озимая рожь на зеленую массу + горохо-овес на зеленую массу поукосно, 2 – озимые, 3 – клевер, 4 – ячмень + пожнивные, 5 – картофель, 6 – ячмень, 7 – клевер, 8 – озимые. В данном севообороте клевер возделывали в двух полях при одногодичном использовании. При двухгодичном использовании клевера в смеси с тимофеевкой и таком же удельном весе трав (сев. 1а) продуктивность севооборота несколько снижается (83,8 ц/га к. ед.). Ниже также урожайность зерновых и сбор зерна с 1 га пашни за счет некоторого ухудшения состава предшественников.

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 специализированные зернотравяные севообороты, включающие зерновые культуры, многолетние и однолетние бобовые травы (сев. 6, 6а) по продуктивности практически не уступали зернотравянопропашным севооборотам, включающим зерновые, многолетние и однолетние травы и пропашные культуры (сев. 1а, 1б, 9а, 9б). Выход кормовых единиц с 1 га севооборотной площади в среднем за 30 лет составил 83,0–85,1 и 81,2–87,9 ц/га, а сбор переваримого протеина – 8,33–8,67 и 7,67–8,44 ц соответственно. Не снизился и выход зерна с 1 га пашни (24,3–24,4 и 23,3–23,4 ц). Замена пропашной культуры (картофеля, кукурузы) клевером практически не снизила продуктивность севооборота и повысила его экономическую эффективность. Следует сказать, что зернотравяные 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 зернотравяном севообороте чередование культур было следующим: 1 – озимая рожь на зеленую массу + горохо-овес поукосно + редька масличная поукосно, 2 – ячмень, 3 – клевер + тимофеевка 1-го г. п., 4 – клевер + тимофеевка 2-го г. п., 5 – ячмень, 6 – овес, 7 – озимая рожь, 8 – клевер, 9 – озимая пшеница. В севообороте, где клеверо-злаковая смесь использовали четыре года (с 3-го года травостой злаковый), продуктивность пашни была ниже (79,4 ц/га к. ед.), хотя доза минерального азота здесь

Т а б л и ц а 1. Продуктивность севооборотов в зависимости от структуры посевов, 1980–2010 гг. (опыт I)

№ севооборота	Структура посевов, %					Доза минерального азота, кг/га	Сбор. ц					
	зерновые	однолетние травы	многолетние травы		пропашные		промежуточные	с 1 га пашни			с 1 га посева	
			% в севообороте	видовой состав и продолжительность использования				к. ед.	переваримого протеина	зерна		зерна
1	50,0	12,5	25,0	КТ <sub>2</sub>	12,5	12,5	85	81,2	7,26	22,5	44,8	105,0
1а	50,0	12,5	25,0	КТ <sub>2</sub>	12,5	25,0	95	83,8	8,06	22,5	44,8	105,0
9	50,0	12,5	25,0	Кл <sub>1</sub> ... Кл <sub>1</sub>	12,5	–	60	82,6	6,84	23,2	46,4	117,0
9а	50,0	12,5	25,0	Кл <sub>1</sub> ... Кл <sub>1</sub>	12,5	12,5	70	85,3	7,64	23,3	46,6	117,0
9б	50,0	12,5	25,0	Кл <sub>1</sub> ... Кл <sub>1</sub>	12,5	25,0	80	87,9	8,44	23,4	46,8	117,0
6	55,0	11,1	33,3	Кл <sub>1</sub> ... КТ <sub>2</sub>	–	11,1	80	83,0	8,33	24,3	43,8	108,0
6а	55,0	11,1	33,3	Кл <sub>1</sub> ... КТ <sub>2</sub>	–	22,2	89	85,1	8,67	24,4	43,9	108,0
7	37,5	12,5	50,0	КЗ <sub>4</sub>	–	–	102	76,9	7,33	15,9	42,5	90,7
7а	37,5	12,5	50,0	КЗ <sub>4</sub>	–	12,5	112	79,4	7,82	16,0	42,7	90,7
8	37,5	12,5	50,0	Л <sub>4</sub>	–	–	35	79,3	9,35	17,5	46,7	109,0
12	62,5	12,5	12,5	Кл <sub>1</sub>	12,5	12,5	80	77,9	6,04	27,7	44,3	125,0
12а	62,5	12,5	12,5	Кл <sub>1</sub>	12,5	25,0	90	80,4	6,68	27,9	44,6	125,0
14	67,0	11,1	11,1	Кл <sub>1</sub>	11,1	11,1	87	77,8	6,09	30,0	44,2	124,0
14а	67,0	11,1	11,1	Кл <sub>1</sub>	11,1	22,2	95	80,0	6,64	30,1	44,5	124,0
13	75,0	–	25,0	Кл <sub>1</sub> ... Кл <sub>1</sub>	–	12,5	70	75,6	6,70	31,3	41,8	123,0
13а	75,0	–	25,0	Кл <sub>1</sub> ... Кл <sub>1</sub>	–	25,0	80	78,1	7,15	31,7	42,3	123,0
2	50,0	–	–	–	50,0	12,5	100	80,1	4,96	22,4	44,8	–

П р и м е ч а н и е. КТ<sub>2</sub> – клевер + тимофеевка 2 лет пользования, Кл<sub>1</sub> – клевер одногодичного пользования, КЗ<sub>4</sub> – клевер + злаки 4 лет пользования, Л<sub>4</sub> – люцерна 4 лет пользования.

была намного выше (100 кг/га). Зернотравяные севообороты с оптимизированной структурой трав на бобовой и бобово-злаковой основе могут применяться в хозяйствах, которые специализируются на откорме крупного рогатого скота, а также в других хозяйствах в системе контурно-экологических севооборотов на полях, где не возделываются пропашные культуры.

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

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

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

III) 1 – однолетние бобово-злаковые травы с подсевом клевера, 2 – клевер, 3 – озимые на зеленую 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% (сев. 14, 14а). При повышенном удельном весе озимой ржи и овса в структуре зерновых на отдельных, более удаленных полях с чередованием культур во времени возможно насыщение до 75%, например: 1 – озимая рожь, 2 – клевер, 3 – озимая пшеница + пожнивные, 4 – овес, 5 – озимая рожь, 6 – клевер, 7 – ячмень + пожнивные, 8 – овес (сев. 13, 13а). 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. Зернопропашной севооборот без многолетних трав (сев. 2) по общей, особенно протеиновой продуктивности, уступал зернотравянопропашным севооборотам с многолетними травами на бобовой и бобово-злаковой основе (сев. 9а, 9б).

**2. Комплексное влияние различных типов и видов севооборотов и систем удобрений на продуктивность пашни.** В настоящее время в связи с резким уменьшением использования торфа заготовки и применение органических удобрений сократились с 80 млн т (1980–1990 гг.) до 40 млн т (2000–2010 гг.), а в пересчете на подстилочный навоз – с 60 до 30 млн т, или с 12 до 6 т на 1 га пашни, поэтому на больших площадях земледелие ведется на безнавозной системе. Навоз в большей части хозяйств вносится на близлежащих и менее удаленных полях. В условиях республики наряду с подстилочным содержанием скота широкое распространение получило бесподстилочное содержание. В связи с этим заготавливается и применяется как подстилочный, так и бесподстилочный (полужидкий, жидкий) навоз. При таких условиях возникает необходимость вести изучение севооборотов при различных системах и уровнях удобрений. В Институте земледелия и селекции НАН Беларуси (ныне Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию) в 1977 г. заложен комплексный опыт по изучению различных типов и видов севооборотов при различных системах и уровнях удобрений с применением минеральной и навозно-минеральной систем на основе подстилочного и бесподстилочного навоза (опыт II). С другой стороны, не малый интерес в этом опыте представляет и оценка различных систем удобрений в различных видах севооборотов при различном составе и соотношении культур. Все системы удобрений уравновешены по основным элементам питания (NPK).



Результаты исследований показали (табл. 2), что в данном комплексном опыте при всех системах удобрений наибольший выход кормовых единиц с 1 га пашни обеспечили травопольный, пропашной и травянопропашной севообороты.

Т а б л и ц а 2. Продуктивность севооборотов в зависимости от структуры посевов и систем удобрений, 1977–1994 гг. (опыт II)

Структура посевов, %					Система удобрений	Сбор с 1 га пашни, ц			Зерна с 1 га посева зерновых, ц
зерновые	кормовые	в том числе				к. ед.	переваримого протеина	зерна	
		однолетние травы	многолетние травы	пропашные					
<i>Травопольный</i>									
–	100	11,1	88,9	–	NPK	81,1	8,37	–	–
					H <sub>с</sub> + NPK	90,1	9,30	–	–
					H <sub>бп</sub> + NPK	88,6	9,12	–	–
					2H <sub>бп</sub> + NPK	94,2	9,60	–	–
<i>Пропашной</i>									
–	100	–	–	100	NPK	85,8	5,83	–	–
					H <sub>с</sub> + NPK	91,4	5,83	–	–
					H <sub>бп</sub> + NPK	91,5	6,19	–	–
					2H <sub>бп</sub> + NPK	96,8	6,55	–	–
<i>Травянопропашной</i>									
–	100	16,7	50	33,3	NPK	84,7	7,94	–	–
					H <sub>с</sub> + NPK	89,0	8,46	–	–
					H <sub>бп</sub> + NPK	88,6	8,44	–	–
					2H <sub>бп</sub> + NPK	92,9	8,85	–	–
<i>Зернотравянопропашной</i>									
50	50	–	25	25	NPK	78,5	6,30	21,4	42,8
					H <sub>с</sub> + NPK	84,1	6,74	22,1	44,2
					H <sub>бп</sub> + NPK	83,2	6,71	21,9	43,8
					2H <sub>бп</sub> + NPK	86,1	6,93	22,9	45,8
<i>Зернотравяной</i>									
50	50	–	50	–	NPK	76,4	6,87	21,4	42,8
					H <sub>с</sub> + NPK	81,8	7,11	22,1	44,3
					H <sub>бп</sub> + NPK	80,2	6,96	22,1	44,2
					2H <sub>бп</sub> + NPK	83,5	7,34	22,5	45,0
<i>Зернопропашной</i>									
50	50	–	–	50	NPK	70,4	4,24	21,5	43,0
					H <sub>с</sub> + NPK	74,8	4,52	21,9	43,8
					H <sub>бп</sub> + NPK	74,8	4,53	21,6	43,2
					2H <sub>бп</sub> + NPK	76,8	5,19	21,9	43,8
<i>Зерновой</i>									
67	25	–	12,5	12,5	NPK	65,7	5,00	27,6	39,1
					H <sub>с</sub> + NPK	68,1	5,17	28,4	40,1
					H <sub>бп</sub> + NPK	67,5	5,16	28,4	40,1

П р и м е ч а н и е. H<sub>с</sub> – навоз солоmistый, H<sub>бп</sub> – навоз бесподстилочный, 2H<sub>бп</sub> – двойная доза бесподстилочного навоза.

В травопольном и травянопропашном севооборотах наибольшим был и сбор переваримого протеина. Мало уступал по общей продуктивности названным севооборотам и универсальный зернотравянопропашной севооборот с 50% зерновых и 50% кормовых культур. В этом севообороте наряду с кормовой продукцией в виде зеленой массы обеспечен также достаточно высокий выход зерна, составивший с 1 га пашни 21,4–22,9 ц при урожайности со всей зерновой площади 42,8–45,8 ц/га.

Специализированный зернотравяной севооборот, где многолетние травы возделывались в виде сочетания клевера однолетнего пользования и на разрыве в двух полях клеверо-тимофеечной смеси двухлетнего пользования с общим удельным весом в севообороте 33%, не уступал по продуктивности зернотравянопропашным севооборотам и был экономически более эффективным.

Зернотравяной севооборот с оптимизированной структурой многолетних трав в комплексном опыте при всех изучаемых системах удобрений превосходил по общей и протеиновой продуктивности зернопропашной севооборот. Замена кукурузы и корнеплодов многолетними травами в виде клевера и клевера с тимофеевкой двухлетнего пользования не привела к снижению продуктивности севооборота.

Зерновой севооборот с 75% зерновых колосовых по выходу кормовых единиц уступал другим видам изучаемых севооборотов с 50% зерновых и без их возделывания, причем на фоне разных систем удобрений различия в продуктивности были не одинаковыми. Так, по сравнению с традиционным зернотравянопропашным севооборотом несколько большие различия в продуктивности были на фоне навозно-минеральных систем и меньшие при минеральной системе удобрений. Сбор кормовых единиц с 1 га пашни в вариантах с навозно-минеральной системой с подстилочным и бесподстилочным навозом был ниже на 16,0 и 15,7 ц к. ед., или на 19,0 и 18,2%, а на фоне одних минеральных удобрений – на 12,8 ц, или на 16,3%. Аналогичная закономерность наблюдалась и при сравнении с зернотравяным и зернопропашным севооборотами. На фоне NPK в зерновом севообороте сбор кормовых единиц был ниже на 6,8 и 4,7 ц, или на 9,4 и 6,7%, в то время как на фоне «навоз солоmistый + NPK» – на 8,7 и 6,7 ц соответственно, или на 11,3 и 9,0%. Такая закономерность продуктивности различных видов севооборотов при различных системах удобрений имеет определенное хозяйственно-экономическое значение при организации системы севооборотов в каждом отдельном хозяйстве. Введение зерновых севооборотов на более отдаленных полях, где в меньших количествах вносятся органические удобрения, меньше отразится на снижении общей продуктивности пашни.

Научный и практический интерес представляет оценка различных систем удобрений в различных типах и видах севооборотов. Следует отметить прежде всего то, что во всех изучаемых видах севооборотов с разной структурой посевов навозно-минеральная система удобрений имела преимущество перед минеральной системой, несмотря на то что они были уравновешены по основным элементам питания. Наибольшее ее преимущество отмечено в травопольном севообороте, где выход кормовых единиц в системе с солоmistым навозом имел превышение на 11,1% (90,1 и 81,1 ц/га к. ед. соответственно). В пропашном, травянопропашном, зернотравянопропашном, зернотравяном и зернопропашном севооборотах сбор кормовых единиц в системе «навоз солоmistый + NPK» составил 105,1–107,1% к севооборотам с минеральной системой удобрений (74,8–91,4 и 70,4–85,8 ц/га к. ед. соответственно). Наименьшее преимущество отмечено в зерновом севообороте (103,4%). Меньшую отзывчивость зернового севооборота на навозно-минеральную систему удобрений в значительной мере можно объяснить не только общей структурой севооборота, но и структурой самих зерновых культур. В структуре зерновых преобладали озимая рожь, ячмень и овес, меньший удельный вес занимала пшеница.

Навозно-минеральная система с бесподстилочным навозом по влиянию на продуктивность севооборотов была близка к системе с солоmistым навозом. Во всех изучаемых севооборотах сбор кормовых единиц с 1 га пашни составлял 98,0–100% от системы удобрений с солоmistым навозом. Наибольшая продуктивность пашни во всех севооборотах обеспечена при двойной дозе бесподстилочного навоза.

**3. Оценка культур как предшественников в севооборотах. Размещение зерновых, зернобобовых, многолетних бобовых трав и пропашных культур в различных видах севооборотов.** В современном сельском хозяйстве возникает вопрос о роли севооборота в условиях повышения интенсификации земледелия. В таких условиях роль различных факторов, благотворно влияющих на урожай, изменяется.

С увеличением уровня удобрений ослабевают химические причины снижения урожая по неблагоприятным предшественникам, однако усиливается действие биологических факторов. Это подтверждают данные наших опытов. Так, повышение степени окультуренности почвы, увеличение уровня удобрений и применение полной химической защиты не снижает роли севооборота и рационального размещения культур как биологического фактора повышения урожая (табл. 3). Ячмень, размещаемый после озимой пшеницы в севообороте с 75% зерновых и на более окультуренной почве (гумус – 3,26%, подвижные фосфор и калий – 250–300 мг/кг) в большей степени поражен корневыми гнилями и больше снижал урожай по сравнению с размещением по клеверу и картофелю, чем на менее окультуренной почве (гумус – 2,36%, подвижные фосфор и калий – 130–150 мг/кг).

Т а б л и ц а 3. Урожайность ячменя в зависимости от предшественника, окультуренности почвы и удобрений

Предшественник	Удобрения			Почва среднеокультуренная		Почва хорошо окультуренная	
	N	P	K	урожайность, ц/га	степень поражения корневыми гнилями, %	урожайность, ц/га	степень поражения корневыми гнилями, %
Клевер	80	80	120	50,4	8	58,2	5
Картофель	80	80	120	50,3	9	58,2	5
Картофель	120	120	180	51,8	9	59,2	6
Озимая рожь	80	80	120	39,2	19	42,2	27
Озимая рожь	120	120	180	39,1	21	42,0	24
Озимая пшеница	80	80	120	34,7	36	28,9	54

Различные зерновые культуры предъявляют неодинаковые требования к предшественникам (табл. 4), наиболее чувствительны к ним пшеница, тритикале, ячмень, менее чувствительны озимая рожь и овес. По результатам наших исследований при размещении по неблагоприятным предшественникам озимая пшеница снижала урожай до 40%, тритикале – до 30, ячмень – до 25, озимая рожь – до 18 и овес – до 9%.

В специализированных севооборотах, насыщаемых зерновыми культурами свыше 50%, неизбежны посевы зерновых по зерновым. Результаты наших и других научных исследований свидетельствуют, что по биологическим причинам не все зерновые злаковые культуры совместимы одна с другой. Озимая рожь совместима с ячменем и овсом. Ячмень не совместим с озимой рожью, пшеницей, ячменем, тритикале и совместим с овсом. Пшеница совместима только с овсом и не совместима со всеми другими зерновыми злаками. Овес совместим со всеми зерновыми культурами. Таким образом, в условиях специализации севооборотов чередование совместимых зерновых культур в пределах одной группы также следует рассматривать как возможный плодосмен. В специализированных зерновых севооборотах наиболее распространены зерновые звенья с посевом зерновых два года подряд. Типичными звеньями будут: пропашные – зерновые – зерновые; бобовые – зерновые – зерновые. Например: картофель – ячмень – озимая рожь; клевер – ячмень – озимая рожь. При высокой агротехнике и обеспечении мер борьбы с сорняками, болезнями и вредителями возможны посевы зерновых злаков три года подряд, но в таком случае в зерновое звено обязательно нужно включать овес. Примеры таких звеньев:

- 1) клевер – ячмень – озимая рожь – овес;
- 2) клевер – ячмень – овес – озимая рожь;
- 3) клевер – озимая пшеница – овес – ячмень.

Подобные звенья могут быть с пропашной культурой.

Исследования, проводимые в стационарном опыте, выявили высокую отзывчивость бобовых культур (клевер, горох, люпин) на уровень концентрации их в севообороте и интервал возврата на прежнее поле: их реакция на эти режимы была более сильной, чем зерновых колосовых. Если колосовые культуры при бессистемном использовании в севообороте снижали урожай, то исследуемые бобовые культуры не только резко снижали его, но в отдельные годы полностью погибали из-за поражения болезнями. Результаты исследований представлены в табл. 5.



Т а б л и ц а 4. Влияние предшественников на урожайность зерновых культур, 1980–2011 гг.

Озимая рожь			Озимая тритикале			Озимая пшеница			Ячмень			Овес		
Предшественник	Урожайность		Предшественник	Урожайность		Предшественник	Урожайность		Предшественник	Урожайность		Предшественник	Урожайность	
	ц/га	%		ц/га	%		ц/га	%		ц/га	%		ц/га	%
Клевер	53,1	100	Люпин на зеленую массу	56,1	100	Клевер	58,7	100	Картофель	53,1	100	Клевер	45,2	100
Клевер + тимофеевка 2-го г. п.	52,0	98	Клевер	56,0	100	Люпин кормовой на зеленую массу	58,5	100	Клевер	53,0	100	Люпин	44,3	98
Многолетние злаковые травы	49,4	93	Горох	52,2	93	Однолетние бобово-злаковые травы	56,1	96	Люпин			Озимая рожь		
Люпин на силос	52,9	100	Клевер + тимофеевка 2-го г. п.	48,3	86	Горох на зерно	56,8	97	Яровой рапс	49,4	93	Озимая тритикале	43,4	96
Однолетние бобово-злаковые травы	51,1	96	Овес	48,7	87	Овес	50,5	86	Однолетние травы 2–3-го укоса	48,9	92	Ячмень	42,9	95
Горох	52,0	98	Ячмень	41,6	74	Многолетние злаковые травы	45,7	78	Овес	41,9	79	Овес	41,1	91
Овес	50,4	95	Озимая рожь	41,4	74	Озимая рожь	38,5	66	Гречиха	48,9	92	Овес бессменно	38	84
Гречиха	49,4	93	Озимая пшеница	39,5	70	Ячмень	36,3	62	Многолетние злаковые травы	35,0	66			
Ячмень по пропашным и клеверу	50,4	95	Озимая тритикале бессменно	31,9	57	Озимая пшеница	35,2	60	Озимая рожь	36,1	68			
Ячмень по зерновым колосовым	46,2	87			Озимая пшеница бессменно	27,0	46	Озимая пшеница	39,8	75				
Озимая тритикале	46,2	87						Ячмень	29,9	56				
Озимая рожь	43,5	82						бессменно						

Т а б л и ц а 5. Урожайность зернобобовых культур в зависимости от периода возврата на прежнее место, 2004–2011 гг.

Удельный вес в севообороте, %	Период возврата на прежнее место, лет	Горох		Люпин узколистный	
		урожайность, ц/га	степень поражения корневыми гниями, %	урожайность, ц/га	степень поражения корневыми гниями, %
25	3	30,0	25,1	34,9	18,1
33	2	21,1	31,3	28,6	20,5
50	1	7,4	45,2	21,0	30,3
100	0	2,5	68,4	8,0	51,4

Приведенные данные показывают, что при сокращении периода возврата на прежнее место в севообороте с трех лет до одного года урожайность гороха снизилась на 22,6 ц/га, или в 4 раза, а люпина узколистного – на 13,9 ц/га, или в 1,7 раза, а развитие фузариозной корневой гнили (*Fusarium sp.*) повышалось в 1,8 и 1,7 раза соответственно. Еще большее снижение урожайности и увеличение степени поражения растений корневыми гниями имело место в бессменных посевах.

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, принятой за 100%, по отношению к оптимальному предшественнику, при размещении культур по принципу «все по всем». 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.

По результатам проводимого опыта и данных 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, то не более чем до 50%, гороха и вики возможно иметь 20–25%, люпина – 16–20, льна – 20–25, кормовой свеклы – 20–25, картофеля – 20–25, клевера – 20–25, клеверо-злаковой смеси – 40, люцерны, люцерно-злаковой смеси – 40–50%

**4. Структура посевных площадей для хозяйств, специализирующихся на производстве молока, говядины, свинины, и усовершенствованная структура посевов для сельскохозяйственных организаций в целом по республике.** На основе данных стационарных опытов по продуктивности и экономической эффективности культур и севооборотов и анализа земледелия и кормовой базы многих хозяйств в различных почвенно-климатических зонах выполнены разработки по усовершенствованию структуры посевных площадей для хозяйств разной специализации и 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 большей мере зависит от размера площадей в хозяйстве луговых угодий. При среднереспубликанском уровне (35–40% в структуре сельскохозяйственных угодий) зерновые культуры на пахотных землях должны составлять: в хозяйствах по откорму крупного рогатого скота – 52–55%, в хозяйствах по производству молока – 49–51%. С увеличением удельного веса сенокосов и пастбищ и, соответственно, уменьшении пахотных земель в общей площади сельскохозяйственных угодий 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 диктует использование травяных кормов именно в этой отрасли животноводства.

В кормовой группе важно рациональное сочетание площадей многолетних трав и кукурузы. Исходя из биологических особенностей культуры, почвенно-климатических и экономических условий в ближайшей перспективе ежегодную площадь кукурузы на силос по республике целесообразно иметь на уровне 550 тыс. га (11% в структуре посевов) на силос и 200–300 тыс. га (4–6%) на зерно. Многолетние травы должны занимать не менее 850 тыс. га (17% в структуре посевов). Уменьшение площади кукурузы обусловлено ее низкой урожайностью в условиях производства, большей затратностью возделывания и более высокой себестоимостью получаемой кормовой продукции, удорожающей производимую продукцию животноводства.

Большим недостатком современной структуры посевов является все еще малый удельный вес бобовых видов и большой злаковых в структуре многолетних трав. В 2008–2010 гг. бобовые составляли 33,2%, бобово-злаковые – 36,7% и злаки – 30,1%. Оптимальная структура предлагается следующая: бобовых – 61%, бобово-злаковых – 31%, злаковых – 8% (семенники). Усовершенствованная структура позволит повысить продуктивность травяного поля, увеличить урожайность зерновых за счет улучшения предшественников, а также решить проблему дефицита белка в хозяйствах по производству молока и говядины. Для оптимизации содержания белка в концентрированных кормах, особенно для свиноводства и птицеводства, предлагается увеличить площадь зернобобовых культур от 154,2 до 350 тыс. га.

Для реализации программы «Масло растительное» и увеличения белкового корма за счет шротов намечается расширение площади рапса от 336,7 тыс. га в 2010 г. до 420 тыс. га в 2015 г. Во исполнение программы «Лен» в ближайшие годы предлагается сохранение площади льна – 60 тыс. га. До наращивания мощностей сахароперерабатывающих заводов площади сахарной свеклы в предстоящие годы планируется оставить на уровне 100–105 тыс. га.

В связи с отсутствием рынков сбыта площадь под картофелем в ближайшие годы не целесообразно иметь в сельскохозяйственных организациях более 60 тыс. га, однако в перспективе возможно расширение посадок до 90 тыс. га.

Для более рационального использования пахотных земель и агроклиматических ресурсов в 2015 г. целесообразно возделывать промежуточные культуры на площади 300 тыс. га, а в более отдаленной перспективе довести их до 500 тыс. га.

Совершенствование структуры посевных площадей и системы севооборотов позволит:

1) за счет оптимизации концентрации в севооборотах и размещения зерновых колосовых по благоприятным предшественникам дополнительно получить 450–500 тыс. т зерна, что в денежном выражении эквивалентно 112–125 млрд руб.;

2) за счет дополнительного расширения площади зернобобовых дополнительно получить около 130 тыс. т сырого белка и сократить закупку (импорт) белкового сырья на 370 тыс. т, сэкономив 125–130 млрд руб.;

3) 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 дополнительно произвести 800 тыс. т молока.

**5. Агроэкономическая оценка и применение промежуточных культур в севооборотах. Севообороты с промежуточными культурами.** Определен набор культур для озимых, подсеваемых, поукосных и пожнивных посевов в полевых и кормовых севооборотах с размещением их в занятом пару, зернопропашных 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. 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 высокозатратной.

**6. Влияние различных типов и видов севооборотов на плодородие почвы.** Исследовано действие 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 у 30 культурах. Эти же определения выполнены и в различных видах севооборотов: зернотравянопропашном, зерно-травяном, зернопропашном, 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 на корм и зеленое удобрение. Полученные результаты являются предметом отдельной публикации.

## Выводы

1. Роль севооборота не снижается и в условиях интенсификации земледелия. При специализации сельскохозяйственного производства возрастает его биологическая роль как фитосанитарного средства борьбы с сорной растительностью, болезнями сельскохозяйственных культур и предупреждения накопления фитотоксичных веществ в почве. Велико значение севооборота в ресурсосбережении, экономии затрат минеральных удобрений, в особенности азотных, средств защиты растений, а также в воспроизводстве плодородия почвы, прежде всего в оптимизации баланса органического вещества.

2. Применение удобрений в оптимальных дозах, средств защиты растений и оптимизация технологий возделывания культур создают возможность для специализации севооборотов, насыщения их ведущими культурами. Разработанные специализированные зернотравяные севообороты, включающие две хозяйственно-биологические группы культур – зерновые и многолетние травы на бобовой и бобово-злаковой основе, не уступают по продуктивности традиционным зернотравянопропашным севооборотам с чередованием культур трех хозяйственно-биологических групп. Выход кормовых единиц с 1 га пашни составил 89,3 и 86,0–92,5 ц и переваримого протеина – 9,1 и 8,26–8,81 ц соответственно.

3. В севооборотах с удельным весом многолетних трав не более 25% (два поля в 8-польном севообороте) наиболее эффективно возделывать клевер при одногодичном использовании. Клеверо-злаковые смеси обеспечивают наибольшую продуктивность при использовании не более двух лет. При удельном весе многолетних трав 33% целесообразно иметь два поля клеверо-злаковой смеси и на разрыве (через 3 года) поле клевера. Это лучше, чем использовать клеверо-злаковую смесь три года подряд, так как после двух лет в травостое остаются одни злаки, которые снижают урожайность трав и продуктивность севооборота. Ухудшается также качество травяного пласта как предшественника зерновых.

4. Значение предшественника в севообороте остается высоким и в условиях полного применения удобрений и средств защиты растений. Установлено, что при размещении по неблагопри-

ятному предшественнику урожайность пшеницы снижается до 40%, тритикале – до 30, ячменя – до 25, озимой ржи – до 18 и овса до – 9%. Выявлена роль оптимизации концентрации и периода возврата на прежнее поле в севообороте бобовых культур (люпина, гороха). Урожайность гороха при возврате через год по сравнению с вариантом возврата через три года снижалась в 6 раз, люпина – на 40%. Минимально допустимый период возврата у названных культур составляет 3 года. По всем изучаемым зерновым и кормовым культурам определены оптимальные предшественники, место размещения в севообороте, допустимый уровень концентрации в севообороте и период возврата на прежнее поле.

5. Возделывание промежуточных культур в севообороте (25 и 37% от площади пашни) в виде озимой ржи на зеленую массу и пожнивных крестоцветных (редька масличная, горчица белая) повышает продуктивность севооборота по выходу кормовых единиц на 14–16% и переваримого протеина – на 20–25%, при этом степень использования агроклиматических ресурсов повышается от 75–79 до 86–88%. Промежуточные культуры в севообороте целесообразнее использовать на кормовые цели, чем на зеленое удобрение. Прибавка урожая в последствии от зеленого удобрения не компенсирует полностью потерь корма в виде запаханной зеленой массы. Как исключение, использование на зеленое удобрение может иметь место в хозяйствах, где имеется большая потребность именно в зерне, например, в хозяйствах со свиноводческими комплексами, а также на отдаленных полях ввиду затратности транспортных расходов на доставку зеленой массы.

### Литература

1. Сельское хозяйство Республики Беларусь: стат. сборник. – Минск: Национальный статистический комитет Респ. Беларусь, 2009. – С. 55–90.
2. Воробьев, С. А. Севообороты интенсивного земледелия / С. А. Воробьев. – М.: Колос, 1979. – 368 с.
3. Вострухин, Н. П. Земледелие и свекловодство. Стационарные полевые опыты 1957–2006 гг. / Н. П. Вострухин. – Минск: Беларус. навука, 2009. – 543 с.
4. Прокопов, П. Е. Агротехнические основы севооборотов / П. Е. Прокопов. – Минск: Ураджай, 1967. – 278 с.
5. Земледелие: учебник для вузов / Г. И. Баздырев [и др.]. – М., 2000. – С. 43–83.

*P. I. NIKONCHIK*

### SCIENTIFIC BASES OF LAND USE SYSTEMS: SCIENCE AND PRACTICE

#### Summary

The article demonstrates the results of 50-year research in long-term stationary experiments on sod-podzol light loamy soil on the study of land use systems on the basis of the improvement of various types and kinds of crop rotations, cropping patterns and their combination with fertilizer systems.