

УДК 631.58:631.582:633.15(470.31)

БИОЛОГИЗАЦИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ КАК ФАКТОР ОПТИМИЗАЦИИ КОРМОВЫХ СЕВООБОРОТОВ С КУКУРУЗОЙ В НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЕ

© 2020 г. Л. Д. Фролова¹, М. Н. Новиков^{1,*}

¹ *Всероссийский научно-исследовательский институт органических удобрений – филиал Верхневолжского ФАНЦ
601390 п. Вяткино, Судогодский р-н, Владимирской обл., Россия*

**E-mail: novik.mih@yandex.ru*

Поступила в редакцию 15.01.2019 г.

После доработки 07.05.2019 г.

Принята к публикации 10.12.2019 г.

На дерново-подзолистых супесчаных почвах Мещерской низменности в кормовых севооборотах с кукурузой (1 – бессменная кукуруза, 2 – однолетние травы с подсевом донника–донник–кукуруза, 3 – однолетний люпин–кукуруза) изучали эффективность бобовых культур как биологического фактора в оптимизации формирования продуктивности кукурузы и севооборотов. Донник и люпин возделывали на корм. Во всех севооборотах под кукурузу вносили минеральные удобрения (нитрофоску) по следующей схеме: 1 – контроль без удобрений, 2 – (NPK)30, 3 – (NPK)60, 4 – (NPK)90, 5 – (NPK)120. Бобовые предшественники оказали положительное влияние на плодородие пахотного слоя почвы. В среднем в вариантах с удобрениями по сравнению с кукурузой масса корней донника была больше в 1.7 раза, люпина – в 3 раза, содержание в ней общего азота (кг/га) больше в 2.2–1.9 раза соответственно. Минеральные удобрения в севообороте с бессменным посевом кукурузы способствовали подкислению почвы, бобовые предшественники кукурузы сглаживали этот негатив, кроме того под их влиянием до 30% возросло содержание в почве усвояемых форм фосфора и калия. Оказывая положительное влияние на плодородие почв, бобовые предшественники способствовали росту зеленой массы кукурузы. На их фоне без удобрений урожайность кукурузы возросла на 56 и 57 ц/га (на 17%). Максимальная урожайность бессменной кукурузы достигла 633 ц/га при использовании (NPK)120. Такая же урожайность получена при возделывании кукурузы на фоне (NPK)60 в севообороте с люпином и донником. Таким образом, бобовые культуры, как важнейший элемент биологизации земледелия, позволили сократить применение минеральных удобрений в кормовых севооборотах с кукурузой в 2 раза. В среднем в вариантах с удобрениями по сравнению с бессменной кукурузой в севооборотах с донником и люпином выход протеина возрос на 17 и 24%, обеспеченность одной кормовой единицы протеином (г) – на 16 и 19%. В биологизированных севооборотах только за счет экономии минеральных удобрений доход составил ≈6 тыс. руб./га, за счет повышения белковости кормов – 16 тыс. руб./га.

Ключевые слова: кормовые севообороты, предшественники, кукуруза, донник, люпин, дозы минеральных удобрений, плодородие почвы, урожайность, качество кормов.

DOI: 10.31857/S0002188120040055

ВВЕДЕНИЕ

Среди из самых острых проблем последних лет в земледелии Нечерноземной зоны является недостаточное внесение удобрений и, как следствие, формирование большей части урожая за счет элементов питания почвы, что приводит к уменьшению ее плодородия. В сложившихся хозяйственно-экономических условиях одним из реально возможных, экономически выгодных, экологически релевантных направлений развития аграрного сектора страны является биологизация земледелия, в системе которой ведущее место за-

нимают бобовые кормовые культуры, обладающие высокими средоулучшающими свойствами и кормопродукционным потенциалом [1].

В настоящей работе было предусмотрено изучение приемов эффективного использования бобовых культур для увеличения продуктивности и качества зеленой массы кукурузы в кормовых севооборотах. Кукуруза является одной из основных кормовых культур во многих регионах страны [2]. Особую ценность она представляет как высокоурожайное кормовое растение разнотронного использования. Для снижения затрат на

Таблица 1. Схема севооборотов и их расположения на опытном поле

Вариант, №	Севооборот 1	Вариант, №	Севооборот 2			Вариант, №	Севооборот 3	
	поле, №		поле, №				поле, №	
	1		1	2	3		1	2
	культура		культура				культура	
	бессменная кукуруза		однолетние травы	донник	кукуруза		люпин	кукуруза
1	Без удобрений	1	Без удобрений	Без удобрений	Без удобрений	1	Без удобрений	Без удобрений
2	(NPK)30	2	—	—	(NPK)30	2	—	(NPK)30
3	(NPK)60	3	—	—	(NPK)60	3	—	(NPK)60
4	(NPK)90	4	—	—	(NPK)90	4	—	(NPK)90
5	(NPK)120	5	—	—	(NPK)120	5	—	(NPK)120

возделывание кукурузы и получения высококачественных, сбалансированных по белку и другим компонентам кормов, возникла необходимость проведения исследования по использованию биологического азота и других элементов питания бобовых культур (люпина и донника) для питания растений кукурузы и улучшения кормов на ее основе. Цель работы — разработка биологических приемов оптимизации использования кормовых севооборотов с кукурузой в Нечерноземной зоне, получение качественных кормов, ограничение применения минеральных удобрений.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучение эффективности использования донника и люпина в севооборотах с кукурузой проводили в полевом опыте, заложенном в 2014 году на опытном поле ФГБНУ ВНИИОУ в 3-х севооборотах по следующей схеме (табл. 1).

В севооборотах возделывали наиболее адаптированные к местным условиям сорта растений: кукурузу сорта Катерина, донник сорта Мещерский 99, люпин белый сорта Дега, овес сорта Астор.

Почва под опытом — дерново-подзолистая супесчаная, сформированная на древнеаллювиальных отложениях Мещерской низменности, характеризуется слабокислой реакцией почвенной среды (pH_{KCl} 6,3, H_t — 0,94 мг-экв/100 г почвы), низким содержанием гумуса — 1,2%, средним — усвояемых форм подвижного фосфора и обменного калия (соответственно 118 и 103 мг/кг почвы). Площадь опытной делянки — 56 м², учетной — 42 м², повторность во времени — двукратная, в пространстве — трехкратная. В пространстве севооборота были развернуты всеми культурами,

что позволяло более объективно оценивать проведенные наблюдения и исследования.

Агротехника возделывания культур в опыте — общепринятая для условий Владимирской обл. [3]. Во время вегетации изученных культур проводили фенологические наблюдения и биометрические учеты [4], урожайность кукурузы учитывали в фазе восковой спелости, донника 2-го года жизни — в фазе бутонизации, люпина и однолетних трав (овса с люпином) — в фазе блестящего боба люпина по методике [4]. Одновременно определяли содержание корне-познивных остатков изученных растений в пахотном слое почвы по Станкову [5], накопление биологического азота надземной и корневой массой бобовых предшественников кукурузы — по [6]. Также определяли в течение вегетации поражение растений болезнями и вредителями [7, 8].

Научные исследования агрохимического плана выполняли в соответствии с «Методическими указаниями по проведению исследований в опытах с удобрениями» и по соответствующим ГОСТам [9–14], достоверность результатов исследования рассчитывали по [4].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Метеоусловия вегетационных периодов за годы проведения исследования были неравнозначными по температурным показателям и влагообеспеченности, но в целом были удовлетворительными для возделывания изученных культур.

Посев всех культур проводили в первой декаде мая. Всходы однолетних трав и подсеянного донника появились спустя 9–12 сут, кукурузы — 14–16, люпина — 10–12 сут. Отрастание донника 2-го года жизни происходило в начале 3-й декады апреля. Наступление и прохождение фенофаз от-

Таблица 2. Накопление сухого вещества (ц/га) и элементов питания (кг/га) корневой массой предшественников кукурузы в пахотном слое почвы

Вариант	Предшественники кукурузы*								
	1. кукуруза			2. донник			3. люпин		
	Сухое вещество	NPК	N	Сухое вещество	NPК	N	Сухое вещество	NPК	N
1. Без удобрений	18	61	12	30	80	25	51	97	35
2. (NPК)30	18	82	17	31	96	37	54	92	33
3. (NPК)60	17	101	17	31	97	40	56	86	32
4. (NPК)90	18	107	18	30	100	39	57	92	31
5. (NPК)120	19	111	19	30	109	43	55	91	33

* Нумерация предшественников кукурузы та же в табл. 3–6.

Таблица 3. Влияние различных доз минеральных удобрений и предшественников на агрохимические свойства почвы под посевами кукурузы (среднее за ротацию севооборота)

Вариант	pH _{KCl}			H _г			Ca ²⁺ + Mg ²⁺		
	мг-экв/100 г почвы								
	предшественники кукурузы*								
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1. Без удобрений	6.2	6.2	6.6	1.20	1.17	0.76	5.10	5.19	5.97
2. (NPК)30	6.1	6.2	6.5	1.27	1.00	0.64	5.14	4.91	5.90
3. (NPК)60	6.1	6.0	6.5	1.27	1.02	0.64	4.81	4.85	5.92
4. (NPК)90	6.0	5.9	6.6	1.34	1.10	0.65	4.78	5.00	6.00
5. (NPК)120	5.8	5.8	6.6	1.40	1.11	0.58	4.49	5.51	5.83

дельно взятой культуры проходило одновременно во всех вариантах. Густота стояния растений в вариантах в период полных всходов и перед уборкой урожая различалась незначительно. Гибели растений донника за зимний период не отмечено.

Агрохимические свойства почвы под посевами кукурузы в севооборотах существенно зависели от предшественников, уровня формирования их корневой массы и накопления в ней элементов питания. Оценка этих показателей даже на глубину пахотного слоя почвы свидетельствовала о значительном преимуществе бобовых культур как предшественников кукурузы. По сравнению с бессменной кукурузой они способствовали увеличению накопления в почве органической массы корней и элементов питания, прежде всего азота (табл. 2). По сравнению с бессменной кукурузой бобовые предшественники способствовали увеличению накопления в почве корневой массы и содержание в ней азота. Вес корневой массы предшественников в отдельности существенно не зависел от удобрений, но под их влиянием воз-

растало общее содержание элементов питания в корнях кукурузы, люпина и донника.

По сравнению с кукурузой масса корней донника превышала в 1.7 раза, люпина – в 3 раза, содержание азота соответственно – в 2.2 и 1.9 раза. Около 60% азота в корнях донника и люпина представлял симбиотический азот.

На основе полученных данных можно судить, что приоритет удобрительных свойств бобовых предшественников связан с увеличением их корневой массы и содержания в ней азота за счет биологической азотфиксации.

Минеральные удобрения, особенно в высоких дозах, в севообороте с бессменной кукурузой способствовали подкислению почвы, предшественник донник, судя по показателям гидролитической кислотности и насыщенности почвы поглощенными основаниями, ослаблял этот негатив, в севообороте с предшественником люпином отмечали снижение кислотности почвы во всех вариантах с применением минеральных удобрений (табл. 3).

Таблица 4. Влияние предшественников и удобрений на содержание элементов питания в пахотном слое почвы под посевами кукурузы (среднее за вегетацию)

Вариант	P ₂ O ₅			K ₂ O		
	мг/кг почвы					
	предшественники кукурузы*					
	1	2	3	1	2	3
1. Без удобрений	124	191	159	108	137	139
2. (NPK)30	143	203	162	129	140	160
3. (NPK)60	147	203	196	124	141	166
4. (NPK)90	149	204	206	127	141	176
5. (NPK)120	146	213	200	118	149	168

Донник и люпин как предшественники во всех вариантах опыта с удобрениями способствовали увеличению в почве усвояемых форм фосфора (54 и 28%) и калия (28 и 29%) соответственно (табл. 4). Эффект позитивного воздействия предшественников на показатели плодородия почвы сохранился на фоне применения всех доз удобрений.

Минеральные удобрения и предшественники бобовых культур способствовали повышению урожайности кукурузы в севооборотах (табл. 5). В варианте без удобрений по сравнению с бесменной кукурузой урожайность на фоне бобовых предшественников возросла на 56 и 57 ц/га (на 17%) соответственно. В среднем от удобрений по отношению к контролю урожайность после предшественника кукурузы увеличилась на 172 ц/га (на 51%), донника – на 183 ц/га (на 46%), люпина – на 228 ц/га (на 57%), т.е. удобрения

только в севообороте с донником незначительно ограничили влияние предшественников на формирование урожая.

Достоверная эффективность всех доз минеральных удобрений проявилась лишь после предшественника кукурузы. Максимальная урожайность 623 ц/га достигнута при внесении (NPK)120, после донника аналогичный урожай получен при применении дозы (NPK)90, после люпина – (NPK)60. Таким образом, за счет подбора оптимальных предшественников кукурузы в кормовых севооборотах использование минеральных удобрений под нее можно сократить в 2 раза.

Качество растительной продукции изученных севооборотов существенно зависело от их структуры и примененных удобрений (табл. 6). Наибольший выход кормовых единиц (к.е.) получен в севообороте с бесменной кукурузой, в среднем при применении удобрений – 132 (100%), в севообороте с донником – 98 (74%), с люпином – 108 ц к.е./га (82%). Действие доз удобрений на прирост к.е. отчетливо и достоверно проявилось на бесменной кукурузе, наибольший сбор (ц к.е./га) получен при применении (NPK)120. В севооборотах с донником и люпином максимальный эффект удобрений ограничивался дозами (NPK)30–(NPK)60.

По выходу протеина приоритет имели севообороты с люпином и донником, при этом уровень самого высокого его содержания в кормовой массе этих севооборотов достигал при дозе удобрений (NPK)60, в то время как в урожае кукурузы – при применении (NPK)120.

Удобрения в меньшей мере, чем севообороты, оказывали влияние на обеспеченность кормов протеином. В среднем при внесении удобрений в

Таблица 5. Влияние различных доз минеральных удобрений и предшественников на урожайность зеленой массы кукурузы

Вариант	Предшественники кукурузы*								
	1			2			3		
	урожайность, ц/га	прибавка		урожайность, ц/га	прибавка		урожайность, ц/га	прибавка	
		ц/га	%		ц/га	%		ц/га	%
1. Без удобрений	340	–	–	396	–	–	397	–	–
2. (NPK)30	388	48	14	509	113	29	543	146	37
3. (NPK)60	462	122	36	543	147	37	644	247	62
4. (NPK)90	563	233	66	626	230	58	652	255	64
5. (NPK)120	623	283	83	636	240	61	661	264	66
<i>HCP</i> ₀₅ , ц/га	45			41			43		

Таблица 6. Показатели качества кормов севооборотов с кукурузой

Вариант	Сбор кормовых единиц за ротацию севооборотов, ц к.е/га			Сбор протеина, ц/га			Содержание протеина в 1 к.е., г/к.е.		
	предшественники кукурузы*								
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1. Без удобрений	101	77	85	4.5	5.2	7.7	45	68	88
2. (NPK)30	112	99	105	5.3	7.3	8.9	47	74	89
3. (NPK)60	131	102	116	6.3	7.8	10.1	48	76	86
4. (NPK)90	153	105	117	7.4	7.8	10.3	48	74	88
5. (NPK)120	165	105	118	8.0	7.9	10.5	48	75	89
<i>HCP</i> ₀₅ , ц/га	10	7	11	0.6	0.9	1.0			

севообороте с севообороте с кукурузой она составила 48 г (100%), донником – 75 г (156%), люпином – 88 г (183%), т.е. в севооборотах с бобовыми предшественниками кукурузы, несмотря на снижение (на 18–26%) общей массы кормовых единиц, их качество за счет увеличения выхода белка значительно улучшалось.

ВЫВОДЫ

1. Важнейшим фактором системы биологизации земледелия являются высокопродуктивные средоулучшающие культуры, использование их (донника и люпина однолетнего) в кормовых севооборотах с кукурузой способствовало улучшению плодородия почв (снизилась кислотность, в почве увеличилось содержание подвижных форм фосфора и калия), повышению ее урожайности на 17%.

2. В среднем в вариантах применения удобрений по сравнению с бессменной кукурузой в севооборотах с предшественниками донником и люпином выход протеина возрос на 17 и 24%, обеспеченность 1 кормовой единицы протеином – с 48 до 75 и 88 г/к.е.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новиков М.Н., Тужилин В.М. Система биологизации земледелия в Нечерноземной зоне // Научно-практические рекомендации на примере Владимирской области. М.: Росинформагротех, 2007. 296 с.
2. Шпаков А.С. Кормовые культуры в системе земледелия и севооборотах. М.: Росинформагротех, 2004. 400 с.
3. Автонец К.И., Агре Д.А., Григорьев А.А. Система ведения земледелия Владимирской области. Владимир, 1983. 313 с.

4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М., 1968. 336 с.
5. Станков Н.З. Корневая система растений. М.: Знание, 1969. 48 с.
6. Посыпанов Г.С. Методы изучения биологической фиксации азота воздуха. М.: Агропромиздат, 1991. 299 с.
7. Хохряков М.К. Определение болезней растений. Л.: Колос, 1966. 532 с.
8. Брянец В.А. Сельскохозяйственная энтомология. Л.: Колос, 1966. 342 с.
9. Методические указания по проведению исследований в длительных опытах с удобрениями. Ч. 1. Анализ почв / Под ред. Панникова В.Д. М., 1975. 164 с.
10. Методические указания по проведению исследований в длительных опытах с удобрениями. Часть. 2. Анализ растений / Под ред. Панникова В.Д. М., 1975. 164 с.
11. ГОСТ 26483-85. Определение степени кислотности почв – величины рН_{KCl} по методу ЦИНАО.
12. ГОСТ 26212-91. Определение гидролитической кислотности по методу Каппена.
13. ГОСТ 27821-88. Определение суммы поглощенных оснований по методу Каппена.
14. ГОСТ 26213-91. Определение содержания органического вещества (гумуса) по методу Тюрина в модификации ЦИНАО.
15. ГОСТ 26207-91. Определение содержания подвижного фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО.
16. Программа и методика исследований в Географической сети полевых опытов по комплексному применению средств химизации в земледелии / Под ред. Милащенко Н.З. М., 1990. 187 с.

Agriculture Biologization as a Factor of Optimization of Fodder Crop Rotations with Corn in the Nonchernozem Zone

L. D. Frolova^a and M. N. Novikov^{a, #}

^a *All-Russian Research Institute of Organic Fertilizers – branch of “Verkhnevolzhskaya PANTS”
p. Vyatkinno, Sudogda district, Vladimir region 601390, Russia*

[#] *E-mail: novik.mih@yandex.ru*

On sod-podzolic sandy loam soils of Meshcherskaya lowland in fodder crop rotations with corn (1 – permanent corn, 2 – annual grasses with sowing of sweet clover – sweet clover – corn, 3 – annual lupin – corn) studied the effectiveness of legumes as a biological factor in optimizing the formation of productivity of maize and crop rotations. Clover and lupine cultivated for forage. In all crop rotations under maize was introduced mineral fertilizers – nitrophosphate, according to the following scheme: 1 – control without fertilizers, 2 – (NPK)30, 3 – (NPK)60, 4 – (NPK)90, 5 – (NPK)120. Legume predecessors had a positive impact on the fertility of the arable soil. On average, in the variants with fertilizers compared with corn, the weight of the roots of melon exceeded 1.7 times, lupine – 3.0 times, the content of total nitrogen (kg/ha), respectively – 2.2–1.9 times. Mineral fertilizers in crop rotation with permanent maize contributed to soil acidification, maize bean precursors smoothed this negative, in addition, under their influence, up to 30% increased the content of soil digestible forms of phosphorus and potassium. Having a positive impact on soil fertility, bean precursors contributed to the growth of green mass of corn. According to their background without fertilizers corn yield increased by 56 and 57 kg/ha (17%). The maximum yield of permanent maize reached 633 C/ha using (NPK)120. A similar yield was obtained in the cultivation of corn background (NPK)60 in crop rotation with lupine. That is, legumes as an important element of the biologization of agriculture can reduce the use of mineral fertilizers in fodder crop rotations with corn in 2 times. On average, in the variants with fertilizers compared with permanent corn in crop rotations with melilot and lupin protein yield increased by 17 and 24%, the provision of 1 feed unit of protein, grams – 16 and 19%.

Key words: fodder crop rotations, predecessors, corn, melon, lupin, doses of mineral fertilizers, soil fertility, yield, feed quality.