

УДК 631.416.1:631.811.1:631.46.5

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЗОТА ПОЧВЫ, УДОБРЕНИЙ, СИМБИОТИЧЕСКОЙ АЗОТФИКСАЦИИ В ПОЛЕВЫХ АГРОЦЕНОЗАХ

© 2020 г. М. Н. Новиков

Всероссийский научно-исследовательский институт органических удобрений и торфа – филиал “Верхневолжского ФАНЦ”

601390 п. Вяткино, Владимирская обл., Судогодский р-н, ул. Прянишникова, 2, Россия

E-mail: novik.mich@yandex.ru

Поступила в редакцию 25.11.2019 г.

После доработки 10.01.2020 г.

Принята к публикации 11.05.2020 г.

В исследованиях с 1965 по 2019 гг. на лугово-бурых и буро-подзолистых тяжелосуглинистых почвах Приамурья, на мощных слабовыщелоченных среднесуглинистых черноземах левобережной лесостепи Украины и дерново-подзолистых супесчаных почвах Мещерской низменности выявлена зависимость динамики подвижных форм почвенного азота от почвенных и гидротермических условий регионов, определены видовые параметры фитоценозов максимального использования этого азота, разработаны биологические приемы позитивного управления питанием азотом почвы и удобрений растений, эффективного использования биологического азота в полевых биологизированных севооборотах.

Ключевые слова: азот почвы, азот удобрений, симбиотический азот, управление азотным питанием, биологические приемы, биологизированные севообороты.

DOI: 10.31857/S0002188120080086

ВВЕДЕНИЕ

Азот, наряду с углеродом, водородом и кислородом входит в группу элементов-органогенов. Он является важной составной частью белка растений и животных. “... Если не говорить о воде, то именно азот является самым могущественным двигателем в процессах развития, роста и творчества природы, его уловить, им овладеть – вот в чем задача, его сберечь – вот в чем путь к экономике; подчинить себе его источник, бьющий с неистощимой энергией – вот в чем тайна благосостояния.” [1]. Это напутствие Д.Н. Прянишникова явилось основополагающим в научно-исследовательской работе по изучению и рациональному использованию азота почвы, органических и минеральных удобрений, симбиотического азота в биологизированных севооборотах.

Новизна исследований оптимизации использования минерального и биологического азота, издавна относящихся к числу основных проблем биологической науки, заключается в том, что они охватывают довольно контрастные почвенно-климатические зоны страны и приоритетные источники азотного питания растений, предлагают биологические, экологические приемы эффек-

тивного управления этим процессом, получение добавочной продукции растениеводства.

Цель работы – разработка биологических приемов эффективного использования азота почвы, удобрений, симбиотической азотфиксации в полевых агроценозах.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проводили с 1965 по 2019 гг. на лугово-бурых и буро-подзолистых тяжелосуглинистых почвах Приамурья (ДальНИИСХ), на мощных слабовыщелоченных среднесуглинистых черноземах левобережной лесостепи Украины (Сумская ГОСХОС) и дерново-подзолистых супесчаных почвах Мещерской низменности (ВНИИОУ), которые существенно различались не только по генезису, физическим свойствам, но и агрохимическим показателям пахотного слоя (табл. 1).

Почвы Приамурья и черноземы лесостепи Украины характеризовались более высоким содержанием гумуса, общего и гидролизуемого азота. Их содержание в дерново-подзолистых почвах было низким [2]. Наряду с хорошей гумусированностью почвы Приамурья отличались высокой

Таблица 1. Агрохимическая характеристика пахотного слоя почв (0–25 см)

Гумус, %	N _{общ} , %	N _{гидр} , мг/кг почвы	pH _{KCl}	H _г	S	Подвижные формы, мг/кг почвы	
				мг-экв/100 г почвы		P ₂ O ₅	K ₂ O
Лугово-бурая оподзоленная тяжелосуглинистая почва							
5.60	0.23	56	4.3	8.44	17.0	12	165
Буро-подзолистая тяжелосуглинистая почва							
4.46	0.24	43	4.2	8.62	15.8	17	150
Чернозем мощный слабовыщелоченный среднесуглинистый							
4.60	0.30	34	6.4	1.8	29.5	144	110
Дерново-подзолистая супесчаная почва							
1.07	0.10	14	5.2	1.9	4.3	90	86

Таблица 2. Гидротермические условия вегетационного периода

Метеостация	Месяцы вегетационного периода					Сумма осадков/Сумма активных температур
	май	июнь	июль	август	сентябрь	
	Осадки, мм					
Вяземская, Хабаровский край	66	95	123	132	94	510
г. Хабаровск	61	80	115	123	80	459
г. Сумы	45	65	68	51	38	264
г. Владимир	52	67	77	65	57	318
Среднемесячная температура воздуха, °С						
Вяземская, Хабаровский край	11.3	17.1	20.6	19.6	13.0	2500
г. Хабаровск	11.1	17.4	21.1	20.0	13.9	2680
г. Сумы	14.5	18.4	19.9	18.6	13.0	2582
г. Владимир	11.7	15.7	18.2	16.2	10.5	2212

кислотностью и крайне низким содержанием подвижных форм фосфора, что было связано с большим содержанием в них полуторных окислов железа и алюминия [3]. Реакция почвенной среды черноземов была близка к нейтральной, дерново-подзолистых почв – слабо кислая. Содержание подвижного фосфора в этих почвах было соответственно повышенным и средним, калия – средним. Тяжелосуглинистые почвы Приамурья имели повышенное содержание калия и, как правило, слабо нуждались в калийных удобрениях.

Климатические условия регионов (табл. 2), особенно по количеству осадков в течение вегетационного периода, довольно контрастны. Их значительное количество, особенно во 2-й половине вегетации растений, отмечено в Приамурье, что связано с интенсивным выпадением муссонных дождей со 2-й декады июля и по 1-ю декаду сентября, это часто приводило к сильному переувлажнению почвы, вымыванию из нее подвиж-

ных форм органического вещества, азота и других элементов питания [4], гибели растений [5]. Почти в 2 раза меньше выпадает осадков в лесостепной зоне Украины и 1.5 раза – в условиях Мещерской низменности. При этом в 2-х последних регионах осадки в течение вегетации выпадают относительно Приамурья равномерно. Приоритет прихода тепла за вегетационный период отмечен в Приамурье и лесостепной зоне Украины. Наиболее теплыми во всех зонах являются июнь–август, но раньше наступает весна и длинней период активной вегетации в зоне черноземных почв.

Опыты предусматривали изучение приемов эффективного использования культурными растениями азота почвы, органических, минеральных удобрений и симбиотической азотфиксации. Исследование проводили в полевых и лабораторных опытах специального назначения и как сопутствующие эксперименты в опытах с различными видами и формами удобрений. Величина

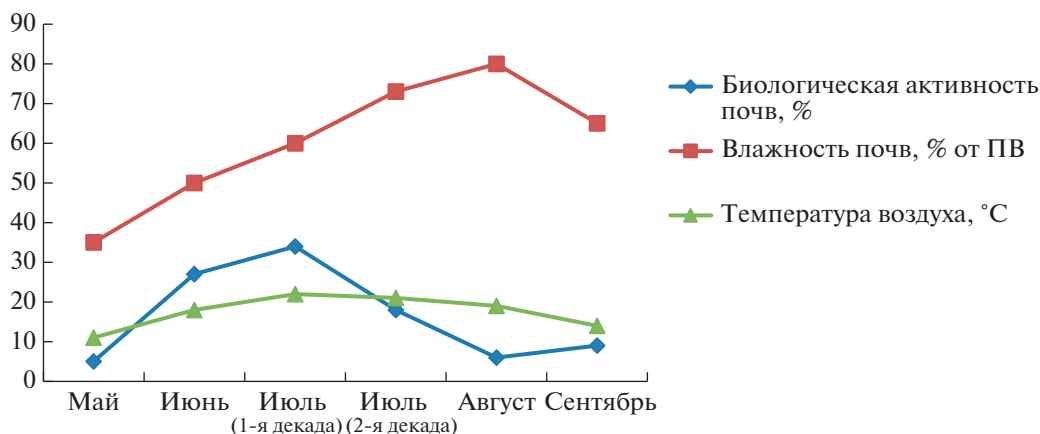


Рис. 1. Динамика биологической активности буро-подзолистых почв в зависимости от гидротермических условий, % разложения льняной ткани.

опытных делянок — от 35 до 2000 м², повторность трех–четырёхкратная. В почве опытов изучали динамику биологической активности [6], агрохимические исследования почв, удобрений, лизиметрических вод в основном выполняли по Петербургскому [7], Аринушкиной [8], Минееву [9], методическим указаниям ВАСХНИЛ [10] и соответствующим ГОСТам. Также проводили лизиметрические исследования миграции почвенного раствора [11, 12], накопление симбиотического азота бобовыми культурами [13]. Статистическую обработку результатов исследования проводили по [14]. Агротехника в опытах — общепринятая для соответствующих регионов проведения исследования [15–17].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Синтез и минерализация гумуса, интенсивность разложения растительных остатков, динамика содержания солей почвенного раствора, а в связи с этим и корневое питание растений во многом зависят от жизнедеятельности микроорганизмов и биологической активности почвы. Наиболее распространенными методами ее определения являются чашечный метод путем учета микроорганизмов на различных питательных средах, газоаналитический, основанный на определении дыхания почвы путем учета CO₂, химический — за счет показателей нитратонакопления в почве. Наши исследования [18] показали, что эти методы позволяют изучать активность почвенной микрофлоры на момент отбора образца почвы, что не отображает ее состояние во времени. Этот недостаток сглаживается путем определения биологической активности почвы методом аппликаций [6], который был использован в нашем исследовании. Результаты, полученные этим

методом, и их динамика тесно коррелировали с содержанием подвижных форм азота в почве.

Биологическая активность существенно зависела от гидротермических условий вегетационного периода (рис. 1). Более благоприятные условия для биологической активности складываются во второй половине июня–июле, но со второй половины июля–августе и начале сентября выпадает большое количество осадков, отмечается переувлажнение почвы, что резко усугубляет жизнедеятельность микрофлоры почвы.

Максимум биологической активности других изученных почв также был приурочен к июню–июлю, но он не показал столь резких изменений как в почвах Приамурья (рис. 2).

Относительно низкой была биологическая активность пахотного слоя черноземов. Это связано с иссушением верхних слоев почвы и перемещением биологической активности в подпахотные горизонты глубиной до 60 см, тогда как в других изученных почвах сфера их биологической активности в основном была ограничена пахотным горизонтом.

Выявлена довольно тесная зависимость с биологической активностью динамики содержания нитратов в почвах в течение вегетационного периода. Максимум их содержания был приурочен к июню–июлю (рис. 3). Подобные показатели биологической активности (рис. 2) и содержания нитратов в почве (рис. 3) были благоприятными для оптимизации питания яровых зерновых культур, у которых максимум потребления азота приурочен к середине лета.

У пропашных культур (картофеля, кукурузы) наибольшая потребность в азоте приходится на конец июля–август, у сои — на август–сентябрь (рис. 4), когда содержание азота в почве далеко от оптимальных потребностей этих культур. Эти ре-

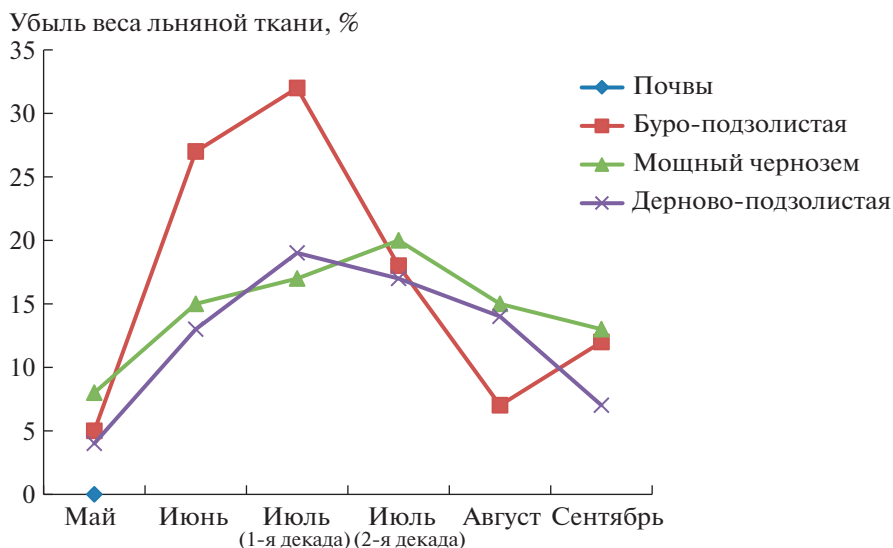


Рис. 2. Биологическая активность пахотного слоя изученных почв.

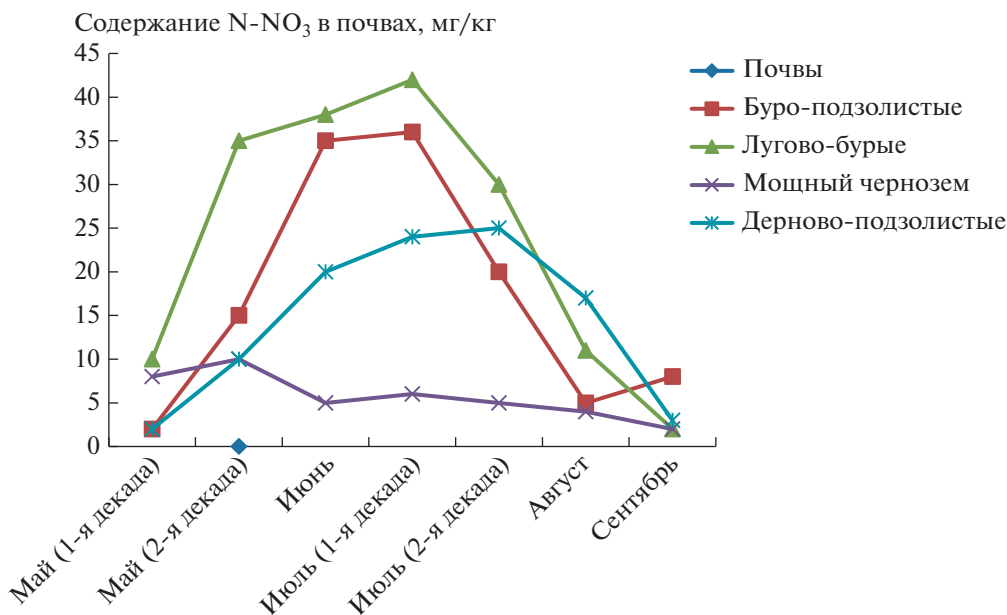


Рис. 3. Динамика содержания нитратного азота в почвах за вегетационный период.

зультаты являются ключевыми для оптимизации использования подвижных форм азота почвы и технологических решений рационального применения азотных удобрений.

Особенно контрастно роль почвенного азота и эффективные подходы к рациональному применению азотных удобрений проявились в полевом опыте на лугово-бурых почвах (табл. 3). Яровая пшеница при невысоком потенциальном урожае не реагировала на азотные удобрения, то же отмечено и в посевах кукурузы, т.к. азот минеральных удобрений ко времени интенсивного потребления

культурой был вымыт из почвы. Из-за низкого содержания фосфора в почве обе культуры хорошо отзывались на фосфорное удобрение, а кукуруза, кроме этого, – на применение подстилочного навоза, в котором азот был более устойчив к вымыванию осадками.

Большой интерес представляет не только приспособление пищевого режима фитоценозов к динамике подвижных форм азота, но и управление его содержанием в почве во времени, что достигается за счет биологической инактивации азота и последующей активизацией при разложе-

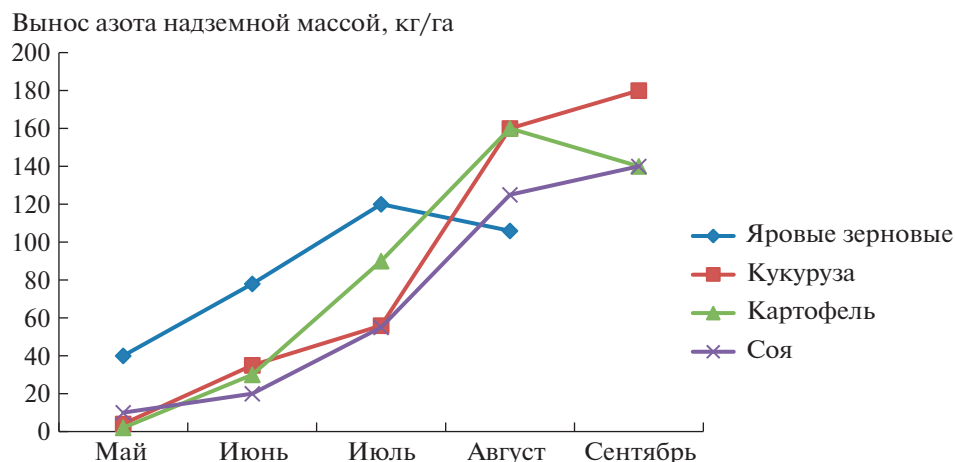


Рис. 4. Динамика выноса азота биомассой культур с урожайностью: зерна ячменя – 40, клубней картофеля – 250, зеленой массы кукурузы – 500, бобов сои – 20 ц/га.

нии органического вещества с высоким содержанием углерода, в частности соломы злаковых культур (рис. 5).

Для этого исследование проводили на буроподзолистой почве в звене полевого севооборота яровая пшеница–соя, в качестве инактиватора подвижных форм азота использовали измельченную (4–7 см) солому яровой пшеницы 5 т/га, заделанную в конце июля тяжелыми дисками БДТ-3 в верхний слой почвы до 10 см и затем запаханную в середине августа под зябь на глубину 20–22 см. Весной в первой декаде мая пашню культивировали и перед посевом сои во 2-й декаде мая провели боронование тяжелыми боронами.

Азот, связанный соломой в период максимальной биологической активности почвы, служил источником питания растений во 2-ю половину вегетации сои, что отразилось на показателях ее урожайности (табл. 4).

Эффективность чистой соломы в опыте была равноценна ее сочетанию с минеральными удобрениями. Положительное влияние полного минерального удобрения на урожайность сои было связано с наличием в его составе фосфора.

Во всех изученных зонах культуры с приоритетом потребления азота во 2-й половине вегетации хорошо отзывались и на другие органические удобрения, кроме соломы (табл. 5).

В 3-польных звеньях севооборотов с кукурузой и картофелем получен одинаковый прирост продукции от применения подстилочного соломистого навоза *КРС*, бесподстилочного полужидкого навоза *КРС*, соломы, сочетания соломы с бесподстилочным навозом, дозы которых были выравнены по содержанию азота в подстилочном навозе в дозе 40 т/га. Более высокая эффективность удобрений отмечена на дерново- и буроподзолистой почвах, выход продукции за звено севооборота был максимальным на черноземных

Таблица 3. Эффективность применения удобрений на лугово-бурых почвах, ц/га

Удобрение	Яровая пшеница		Кукуруза (зеленая масса)	
	урожайность	прибавка	урожайность	прибавка
Контроль без удобрения	14.5	—	320	—
N60	15.0	0.5	333	13
N90	15.6	1.1	350	30
P60	18.9	4.4	360	40
P90	20.3	5.7	371	51
N60P60	19.5	5.0	375	55
N90P90	21.3	6.7	396	76
Навоз подстилочный 40 т/га	22.2	7.7	434	114
<i>НСП</i> ₀₅ , ц/га	2.4		36	

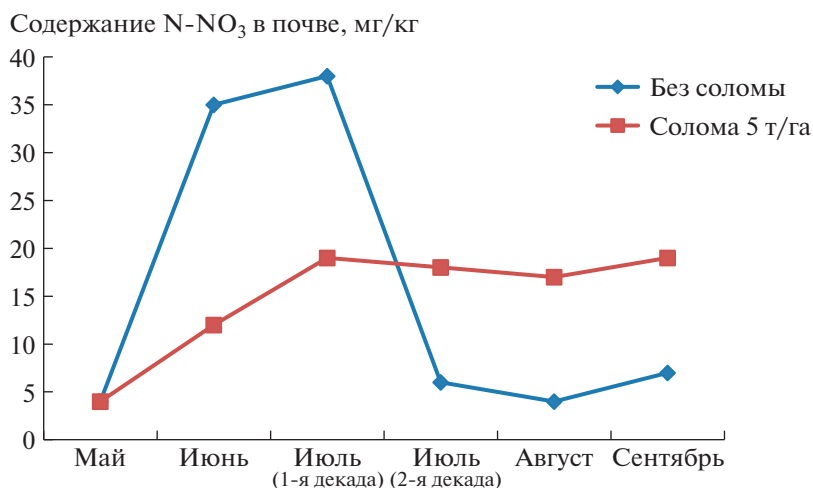


Рис. 5. Влияние соломы яровой пшеницы на динамику содержания нитратного азота в пахотном слое буро-подзолистой почвы под посевами сои.

и дерново-подзолистых почвах. Весьма важно, что в опыте определили вариант эффективного использования бесподстильного навоза и соломы: их совместное применение, что выгодно не только в экономическом плане, но и сохранении азота навоза и снижении его негативного влияния на окружающую среду.

Повысить эффективность использования азота и других удобрений можно путем внесения их в биологически активный слой почвы пахотного горизонта, определение которого методом аппликаций показано на примере буро-подзолистых почв Приамурья (рис. 6). Показано, что более высокая биологическая активность буро-подзолистых почв в течение вегетационного периода приурочена к слою 10–15 см. Аналогичным путем установлена зона максимальной биологической активности для лугово-бурых почв – 5–15 см, мощных черноземов – 10–20 см, дерново-подзолистых супесчаных почв – 5–15 см.

Таблица 4. Влияние соломы и минеральных удобрений на урожайность сои, ц/га

Вариант	Годы			Средние
	1972	1973	1974	
Без удобрений	9.1	16.5	16.9	14.2
Солома 5 т/га	12.5	18.2	18.7	16.4
Солома 5 т/га + N60P60K45	12.0	17.9	19.8	16.6
N60P60K45	11.2	17.5	18.5	15.7
Солома 5 т/га + N90P60K45	12.8	18.9	18.9	16.9
N90P60K45	11.6	17.6	17.5	15.2
<i>HCP</i> ₀₅ , ц/га	1.7	1.6	1.6	1.6

Использование полужидкого навоза *KPC* 80 т/га под кукурузу на силос четко выявило приоритет глубины его внесения (табл. 6). В опыте навоз вносили вручную ведрами на взрыхленную путем боронования поверхность почвы и заделывали на глубину 10–15 см двукратным дискованием БДТ-3, на глубину 5–15 см – однократным дискованием с последующей культивацией с боронованием, на глубину 10–20 см – запашкой плугом с предплужником, на 15 см – последующими культивацией с боронованием. Навоз, внесенный в биологически активные слои почвы, способствовал существенному увеличению содержания нитратов в пахотном слое и достоверному приросту урожая зеленой массы кукурузы.

Д.Н. Прянишников [1], рассуждая о рациональном применении минеральных удобрений, считал, что в системе удобрения они должны исправлять недостатки органических удобрений. Это мнение подтвердилось в нашем опыте на черноземных почвах (табл. 7). Без органических удобрений наибольший урожай 472 ц/га получен при дозе минерального удобрения (NPK)120 (100%), от сочетания подстильного и бесподстильного навоза с минеральными удобрениями – 596 ц/га (126%), соломы – 583 ц/га (124%), сочетания соломы с бесподстильным навозом – 609 ц/га (129%), сидератов рапса – 578 ц/га (122%). Обычно органо-минеральную систему удобрения рассматривают как сочетание органического и полного минерального удобрения, но как показали данные исследования, с подстильным навозом *KPC* более экономически выгодно применение полного минерального удобрения с низким дозами элементов питания, с бесподстильным навозом *KPC* достаточно внесения низ-

Таблица 5. Сравнительная эффективность удобрений в полевых севооборотах

Вариант	Буро-подзолистая почва		Чернозем мощный		Дерново-подзолистая почва	
	Севообороты					
	кукуруза—яровая пшеница—соя		кукуруза—однолетние травы—озимая пшеница		картофель—ячмень— однолетние травы	
	Продуктивность севооборота					
	ц з.е./га	%	ц з.е./га	%	ц з.е./га	%
1. Контроль без удобрения	97	100	152	100	122	100
2. Навоз КРС подстилочный 40 т/га (сравнение с N180P92K200)	126	130	179	118	170	139
3. Навоз КРС полужидкий 80 т/га (эквивалентно варианту 2 по количеству N)	122	126	177	116	170	139
Солома 5 т/га + NPK (эквивалентно варианту 2 по количеству NPK)	121	125	184	121	170	139
Солома 5 т/га + навоз полужидкий (эквивалентно варианту 2 по количеству N)	123	127	181	119	171	140
<i>HCP</i> ₀₅ , ц/га	16		18		19	

ких доз фосфора, соломой – средних и высоких доз азота. Сочетание соломы с бесподстилочным навозом и сидераты капустных культур более эффективны с низкими дозами полного минерального удобрения. Дополнительно к вышесказанному нужно отнести применение бесподстилочного помета и торфопометных компостов, которые для оптимизации эффективности нуждаются в небольших дозах калийных удобрений. Характерно, что в

органо-минеральной системе удобрения коэффициенты усвоения элементов питания растениями из органических удобрений возрастают.

Наибольшие потери азота почвы и удобрений от вымывания отмечены в чистых парах, значительно они снижаются в севооборотах под полевыми культурами [4] и при внесении минеральных и органических удобрений под удобряемые растения через промежуточные сидераты. В дан-

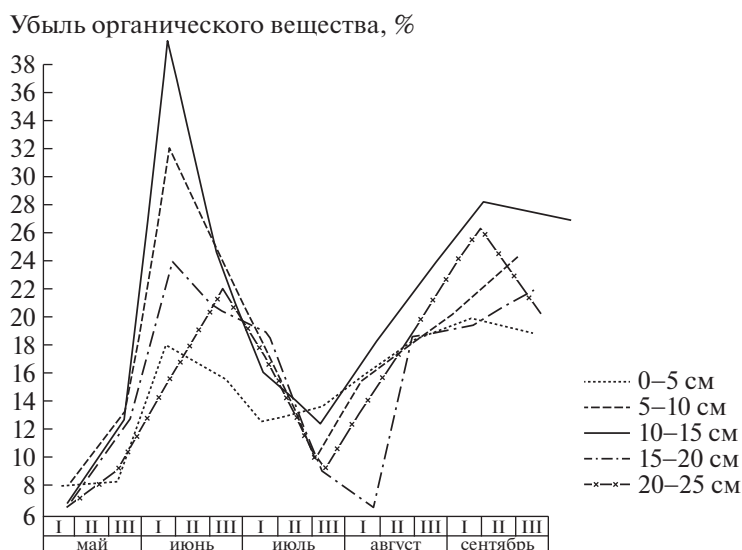


Рис. 6. Биологическая активность почв в профиле пахотного горизонта.

Таблица 6. Содержание азота в слое 0–25 см почвы и урожайность зеленой массы кукурузы в зависимости от глубины внесения навоза КРС 80 т/га

Глубина внесения навоза, см	Содержание N-NO ₃ (мг/кг почвы)/% к контролю		Урожайность кукурузы (ц/га)/% к контролю	
	буро-подзолистая почва	мощный чернозем	буро-подзолистая почва	мощный чернозем
Контроль без удобрения	19.7/100%	4.80/100%	249/100%	390/100%
0–5	25.5/129%	5.62/117%	341/137%	455/117%
5–10	28.8/146%	6.73/140%	356/143%	463/100%
10–15	34.0/172%	8.20/171%	380/153%	503/129%
15–20	26.5/134%	8.14/170%	354/142%	507/130%
20–25	25.3/128%	5.70/119%	344/138%	485/124%
<i>НСР</i> ₀₅	2.2	1.2	21	33

Таблица 7. Эффективное использование минерального азота в системе органо-минерального удобрения под кукурузу на силос на черноземных почвах, ц/га

Минеральные удобрения	Органические удобрения					
	без органических удобрений	навоз подстилочный 40 т/га	навоз бесподстилочный 80 т/га	солома 6 т/га	солома + навоз бесподстилочный (50% + 50%)	сидераты (рапс 27 т/га)
0	394	494	500	452	486	483
N60	423	550	530	514	520	504
N90	418	507	535	536	533	520
N120	382	488	538	552	527	572
P60	425	534	578	483	533	483
P90	436	497	586	490	560	473
P120	416	469	565	471	550	462
(NPK)60	428	588	587	535	595	561
(NPK)90	441	596	597	552	609	578
(NPK)120	472	583	591	583	607	568
Средние	424	531	562	517	557	517
<i>НСР</i> ₀₅ , ц/га	26	18	23	20	22	18

ном случае, кроме снижения потерь азота, заметно возрастает эффективность удобрений [2, 19].

В опыте на дерново-подзолистых почвах при внесении полного минерального удобрения (NPK)120 под сидераты редьки масличной, запаханной под озимую рожь, прибавка урожая зерна составила 11.2 ц/га, в случае непосредственного применения удобрений под рожь – 5.7 ц/га. Дополнительный урожай зерна от данного агроприема достиг 5.5 ц/га. Другой опыт проводили в 5-польном севообороте однолетние травы–картофель–яровое тритикале–овес–горчица белая на семена. Навоз КРС подстилочный в дозе 60 т/га использовали под картофель осенью в сен-

тябре под зябь, весной в мае под перепашку зяби и в конце июня под промежуточные сидераты горчицы белой. Во всех вариантах с навозом весной под культивацию перед нарезкой гребней вносили НФК из расчета (NPK)90. Контролем служил вариант без удобрений. Традиционные способы внесения навоза увеличили продуктивность севооборота на 25%, внесение навоза под укосные сидераты – на 53%.

В системе удобрения при биологизации земледелия ведущим компонентом является биологический азот. На дерново-подзолистых супесчаных почвах коллективом лаборатории сидератов (М.Н. Новиков, Л.Д. Фролова, Л.И. Ермакова,

Таблица 8. Приемы эффективного использования биологического азота

Приемы использования биологического азота бобовых культур	Прибавка урожайности, ц/га	% к контролю
Смешанные посевы с люпином [20] увеличивали урожайность смеси к среднесуммарному урожаю компонентов		
яровых зерновых (зерно: среднее для пшеницы, ячменя, овса)	13.6	60.0
кукурузы на силос (сухое вещество)	29.0	72.5
райграса (укосный урожай – сухое вещество)	36.0	62.0
рапса (укосный урожай – сухое вещество)	29.0	47.5
овса (укосный урожай – сухое вещество)	20.0	43.5
Использование люпина как покровной культуры при возделывании многолетних трав в сравнении с беспокровными посевами [21, 22]		
клевер луговой (зеленая масса, среднее за 3 года пользования)	85.5	29.9
клевер + тимофеевка (зеленая масса, среднее за 3 года пользования)	65.0	28.1
тимофеевка (зеленая масса, среднее за 3 года пользования)	22.0	73.3
козлятник (зеленая масса, среднее за 9 лет пользования)	37.0	21.0
Использование люпина и донника как предшественников кукурузы в кормовых севооборотах в сравнении с бессменным посевом кукурузы [23]		
повышение урожайности зеленой массы кукурузы	127	24.0
экономия азота минеральных удобрений для получения максимальной урожайности кукурузы, кг/га	60	50
Биологизированная система удобрения в сравнении с органо-минеральной на запланированный урожай культур полевого 7-польного севооборота [24]		
повышение продуктивности севооборота, кг з.е./га	0.0	0.0
снижение применения NPK минеральных удобрений	45	40.0
увеличение продуктивности 1 кг NPK удобрений, кг з.е.	3	28.5

В.Н. Баринов) в результате научных исследований выявлен ряд приемов эффективного использования в агроценозах симбиотического азота бобовых культур (табл. 8). Разработанные приемы повышения продуктивности растений за счет биологического азота в большинстве случаев имели высокую экономическую эффективность, положительно влияли на содержание белка в продукции, способствовали повышению обеспечения кормов переваримым протеином, положительно влияли на плодородие почв и фитосанитарное состояние биоценозов.

ВЫВОДЫ

1. Длительные исследования в различных почвенно-климатических зонах страны выявили динамику содержания подвижных форм азота в почвах во времени, что позволило путем подбора соответствующих фитоценозов максимально использовать этот азот как удобрение, предотвратить, или значительно снизить его вымывание и денитрификацию.

2. Управление содержанием подвижного азота в почве для оптимизации питания растений возможно путем биологической инактивации его с последующей активизацией за счет использования в качестве удобрения органических веществ с широким отношением углерода к азоту.

3. Из органических удобрений в органо-минеральной системе более требовательны к азотному компоненту слаборазложившийся солоmistый навоз, солома злаковых и сидераты капустных культур. Сидераты бобовых растений, бесподстилочные навоз и помет в азоте не нуждаются.

4. Повышение эффективности использования азота минеральных и органических удобрений достигается путем внесения их под удобряемые растения в биологически активный слой пахотного горизонта и под промежуточные сидераты капустных культур.

5. Разработан ряд агроприемов рационального применения биологического азота бобовых культур в полевых и кормовых севооборотах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Прянишников Д.Н.* Азот в жизни растений и в земледелии СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1945. 197 с.
2. *Новиков М.Н.* Система биологизации земледелия в Нечерноземной зоне (Научно-практические рекомендации на примере Владимирской области). М.: Росинформагротех, 2007. 296 с.
3. *Басистый В.П.* Сезонная динамика процесса почвообразования и ее влияние на фосфорный режим буро-подзолистых почв Приамурья: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Хабаровск, 1967. 22 с.
4. *Новиков М.Н.* Миграция элементов питания и ее ограничение в различных почвах // Лизиметрические исследования в России. Сб. научн. публ. Немчиновка: НИИСХ ЦРНЗ, 2004. С. 108–115.
5. *Бурлака В.В.* Биологические основы растениеводства на переувлажняемых почвах Дальнего Востока. Хабаровск, 1967. 279 с.
6. *Мишустин Е.Н., Востров И.С.* Аппликационные методы в почвенной микробиологии // Микробиологические и биохимические методы исследования почв. Киев: Урожай, 1971. 260 с.
7. *Петербургский А.В.* Практикум по агрохимии. М., 1968. 490 с. ГОСТ 26488.
8. *Аринушкина В.В.* Руководство по химическому анализу почв. М.: Наука, 1965. 490 с.
9. *Минеев В.Г.* Практикум по агрохимии. М.: Изд-во МГУ, 2001. 689 с.
10. Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975. 644 с.
11. *Голубев В.А.* Лизиметрические методы исследования в агрохимии и почвоведении. М., 1967. 111 с.
12. *Шилова Е.И.* Методы получения почвенного раствора в природных условиях // Почвоведение. 1955. № 11. С. 86–90.
13. *Посыпанов Г.С.* Методы изучения биологической фиксации азота воздуха. М.: Агропромиздат, 1991. 300 с.
14. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта. М., 1968. 336 с.
15. Система ведения сельского хозяйства Дальнего Востока / Под ред. Казьмина Г.Т. Хабаровск, 1968. 527 с.
16. Научно обоснованная система земледелия для Сумской области. Сумы, 1982. 292 с.
17. *Автонеев К.И., Агре Д.А., Григорьев А.А.* Система ведения земледелия Владимирской области. Владимир, 1983. 313 с.
18. *Новиков М.Н.* К оценке методов определения биологической активности почв Приамурья // Сб. тр. “Вопросы методологии и методики научных исследований”. Вып. 1. Новосибирск, 1972. 289 с.
19. *Фролова Л.Д., Новиков М.Н.* Рациональные приемы использования органических удобрений на легких почвах Владимирской области // Владимир. земледелец. 2016. № 3. С. 17–19.
20. *Новиков М.Н., Такунов И.П., Слесарева Т.Н., Баринов В.Н.* Смешанные посевы с люпином в земледелии Нечерноземной зоны. М.: ООО “Столичная типография”, 2008. 160 с.
21. *Баринов В.Н., Новиков М.Н.* Опыт использования бобовых культур для подкормки многолетних трав // Агрохимия. 2015. № 5. С. 28–32.
22. *Баринов В.Н., Новиков М.Н.* Козлятник восточный в системе биологизации земледелия на легких почвах Нечерноземной зоны // Владимир. земледелец. 2019. № 2. С. 33–36.
23. *Фролова Л.Д.* Оптимизация кормовых севооборотов с кукурузой // Владимир. земледелец. 2018. № 1. С. 26–29.
24. *Ермакова Л.И., Новиков М.Н.* Продуктивность биологизированной системы удобрения в полевом севообороте на легких почвах // Владимирский. земледелец. 2017. № 2. С. 15–16.

Biological Methods of Effective Use of Nitrogen of Soil, Fertilizers, Symbiotic Fixation in Field Agrocenoses

M. N. Novikov

*All-Russian Scientific Research Institute of Organic Fertilizers and Peat – Branch of “Verkhnevolzhskaya FANS”
ul. Pryanishnikova 2, Vladimir region, Sudogodsky district, p. Vyatkinо 601390, Russia*

E-mail: novik.mich@yandex.ru

In research from 1965 to 2019 on meadow-brown and brown-podzolic loamy soils of the Amur region on powerful slightly leached medium loamy chernozems of the left-Bank Ukrainian forest-steppe and sod-podzolic sandy loam soils of the Meshchera lowlands dependence of the dynamics of mobile forms of soil nitrogen from soil and hydrothermal conditions of the regions, defined the specific parameters of phytocenoses maximum use of this nitrogen, developed by the biological positive techniques power management nitrogen soil and fertilizer plants, effective use of biological nitrogen in field biologized crop rotations.

Key words: soil nitrogen, fertilizer nitrogen, symbiotic nitrogen, nitrogen nutrition management, biological techniques, biologized crop rotations.