

INFLUENCE OF LIMING AND MINERAL FERTILIZERS ON MICROSTRUCTURE AND CAPACITY OF CATIONIC EXCHANGE OF SOD-PODZOLIC LIGHT-LOAMY SOIL

L.V. Yakovleva, E.A. Nikolaeva

Leningrad research Institute of agricultural science "Belogorka", Institutskaya ul. 1, 188338 Belogorka, Gatchina district, Leningrad region, Russia, E-mail: livlaya@mail.ru

Changes of physical and chemical properties and microstructure of soil under the influence of long-term use of mineral fertilizers and liming are shown. In the upper horizon, the capacity of cationic exchange is associated with organic matter and the number of bases. In sub-ploughing horizons, the most important role is played by the granulometric composition of the soil and the presence of silt fraction. Key words: fertilizers, absorption capacity, fertility, microscopic soil studies, long experience.

УДК 631.582: 631.85

ИЗМЕНЕНИЕ АЗОТА ОБЩЕГО И ЛЕГКОГИДРОЛИЗУЕМОГО ЧЕРНОЗЁМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО В ПОЛЕВЫХ СЕВООБОРОТАХ

Л.П. Шаталина, к.с.-х.н., Челябинский НИИСХ

456404, Россия, п. Тимирязевский, Челябинская область, Чебаркульский район, ул. Чайковского 14. E-mail: lubashatalina.ru

Представлен характер изменений содержания азота общего и легкогидролизуемого с 1978 по 2013 г. в 0-20 см слое чернозёма выщелоченного в 4-польном зернопаровом, 10-польном зернопаротравяном, 2-польном зерновом севооборотах и при бессменном посеве яровой пшеницы в условиях Южного Урала. Содержание азота общего в 0-20 см слое почвы в большей степени определялось видом севооборота, факторами времени и удобрения. Установлено влияние севооборотов, минеральных удобрений на увеличение баланса азота до положительного в черноземе выщелоченном.

Ключевые слова: азот, севооборот, удобрения, азотфиксация, чернозем выщелоченный.

DOI: 10.25680/S19948603.2018.104.11

Азот наряду с фосфором – основной элемент питания растений, который представлен в виде различных соединений: общий, легкогидролизуемый, амиды, аммиак, нитриты и нитраты. Минеральные соединения азота, за счёт которых происходит питание растений, составляют лишь 1-7% общего азота почв [1]. Вопросы оптимизации азотного режима почв за счёт агротехнических приёмов, минеральных удобрений, биологического азота весьма актуальны [8]. Изучением использования азота занимались ведущие российские учёные: Д.Н. Прянишников, А.В. Петербургский, Е.Н. Мишустин, П.А. Баранов, Г.П. Гамзиков, В.Н. Кудяров и многие другие. При недостатке азота в почве ослабляются образование боковых побегов и кущение злаков [5]. В азотном питании растений определённую роль играют различные соединения этого элемента, в том числе биологический азот, поступающий в процессе азотфиксации молекулярного азота атмосферы такими растениями как горох и люцерна. Максимальная отзывчивость на фосфорные удобрения наблюдается при высокой обеспеченности почв азотом [4]. По минеральным соединениям азота судят об эффективном плодородии почв, они могут быстро трансформироваться под воздействием погодных условий, предшественника и уровня удобренности [7]. Результаты исследований (с 1978 по 2013 г.) содержания азота общего в 0-20 см слое почвы чернозёма выщелоченного показали, что оно связано с интенсивностью использования пашни в севооборотах и с временем. Установлено, что в среднем за 35 лет исследований изменения содержания азота общего в 0-20 см слое почвы в зависимости от типа севооборота составили 0,07-0,08%, от времени – 0,07-0,17%. Содержание легкогидролизуемых форм азота в 0-20 см слое почвы за указанный период существенно

изменялось в зависимости от времени от 65 до 104 мг/кг, от фонов удобренности от 72 до 106 мг/кг. Внесение азотных минеральных удобрений и введение в севооборот многолетних бобовых трав приводят к положительному изменению баланса азота в севооборотах.

Цель наших исследований – определить изменения содержания азота общего и легкогидролизуемого в почвах полевых севооборотов при длительном внесении минеральных удобрений.

Методика. Исследования проводили в северной лесостепи Южного Урала с 1978 по 2013 г., на территории землепользования ФГБНУ «Челябинский НИИСХ». Почва опытного участка – чернозем выщелоченный маломощный тяжелосуглинистый. Глубина пахотного слоя почвы под опытным участком – 25-30 см, реакция почвенной среды слабокислая и нейтральная – pH 5,1-7,0, обеспеченность подвижным фосфором слабая – 4,5 мг/100 г почвы, содержание гумуса – 6-6,5 %, сумма поглощенных оснований 28-30 мг-экв/100 г почвы.

Схема опыта: 1. Зернопаровой 4-польный севооборот: 1 – пар; 2 – озимая рожь; 3 – горох; 4 – пшеница; 2. Зернопаротравяной 10-польный севооборот: 1 – пар; 2 – озимая рожь; 3 – горох; 4 – пшеница; 5 – ячмень; 6 – люцерна; 7 – люцерна 2-го года; 8 – люцерна 3-го года; 9 – пшеница; 10 – пшеница; 3. Зерновой 2-польный севооборот: 1 – овес; 2-пшеница; 4. Пшеница бессменно.

Агротехника в опыте – общепринятая для лесостепных агроландшафтов Челябинской области, основанная на отвальной обработке почвы [3,13]. Для северной лесостепи годовая сумма осадков 400-450 мм, сумма $t > 10^{\circ}\text{C}$ равна 1800-2000 $^{\circ}\text{C}$, при длительности безморозного периода 110-120 дней, что создает благоприятные

условия для возделывания зерновых (озимых и яровых) и кормовых культур.

Система удобрения по севооборотам: фон Р и фон NP.

1. Зернопаровой 4-польный севооборот: фон Р – P₂₂ и фон NP – N₃₀P₂₂.

2. Зернопаротравяной 10-польный севооборот: фон Р – P₂₇ и фон NP – N₃₆P₂₇.

3. Зерновой 2-польный севооборот: фон Р – P₃₀ и фон NP – N₈₀P₃₀.

4. Пшеница бессменно: фон Р – P₃₀ и фон NP – N₈₀P₃₀.

С 2011 г. фон Р – без удобрений.

Почвенные пробы на содержание подвижного азота общего и легкогидролизуемого отбирали в начале вегетации в 1978 и 1989 г., с 1998 по 2013 г. – раз в пять лет, на одних и тех же делянках всех повторений опыта в слое почвы 0-20 см в пяти точках с делянки, анализ выполняли по методике И.В. Тюрина и М.М. Кононовой в модификации В.Н. Кудеярова.

Расчет баланса азота выполнен по основным статьям прихода и расхода по севооборотам за период с 1978 по 2013 г. [12]. Нормативные показатели по поступлению пожнивно-корневых остатков и содержанию в них азота взяты из исследований института ВНИПТИОУ (г. Владимир) [10, 11]. Вынос азота с урожаем сельскохозяйственных культур взят на основании экспериментальных данных, полученных в лаборатории агрохимии ФГБНУ «Челябинский НИИСХ».

Результаты и их обсуждение. В соответствии с данными 35-летних исследований установлено, что основное влияние на содержание азота общего оказывают севооборот и время (табл.1). Изменения азота общего в 0-20 см слое почвы в среднем по севооборотам составили 0,04%, по фактору время – 0,07-0,17%.

1. Содержание азота общего в различных севооборотах на двух фонах удобренности, %

Тип севооборота (фактор А)	Фон удобрений (фактор В)	Год (фактор С)					
		1978	1989	1998	2003	2008	2013
4-польный зернопаровой	Р	0,38	0,22	0,24	0,30	0,35	0,32
	NP	0,38	0,21	0,24	0,28	0,32	0,35
10-польный зернопаротравяной	Р	0,37	0,21	0,25	0,32	0,30	0,32
	NP	0,37	0,21	0,24	0,40	0,32	0,38
2-польный зерновой	Р	0,38	0,22	0,25	0,32	0,30	0,25
	NP	0,38	0,21	0,26	0,25	0,25	0,30
Яровая пшеница бессменно	Р	0,40	0,21	0,23	0,20	0,22	0,30
	NP	0,40	0,21	0,23	0,25	0,22	0,30

HCP₀₅: A=0,019, B=0,014 (не сущ.), C=0,023

Установлено, что наибольшие изменения произошли в 2-польном зерновом севообороте – на 0,10% и при бессменном посеве яровой пшеницы – на 0,14%, которые обусловлены потерями азота из почвы в форме молекулярного азота и его оксидов, зависящими от вида возделываемых культур, доз удобрений, минерализационной способности органического вещества [16]. В 4-польном зернопаровом и 10-польном зернопаротравяном севооборотах содержание азота общего в слое почвы 0-20 см было значительно выше. Очевидно этому способствовало накопление биологического азота горохом и многолетними бобовыми травами люцерной. Другие исследователи отмечали тенденцию к сниже-

нию коэффициента азотфиксации бобовых культур с увеличением дозы удобрений [17]. Бобовые накапливают лабильное органическое вещество в виде поживно-корневых остатков, которые при разложении создают эффективное плодородие почвы [6]. Растительные остатки бобовых культур в почве в свою очередь служат основным источником питания и энергии для микроорганизмов [14].

На фоне NP выделяется 10-польный зернопаротравяной севооборот, в почве которого содержание азота общего было выше исходного, так как люцерна имеет очень высокий уровень азотфиксации – 140-210 кг/га [9]. На втором месте находится 4-польный зернопаровой севооборот в слое почвы 0-20 см которого содержание азота общего на 0,03% ниже исходного. По фонам удобренности различия были незначительными и составляли 0,01%.

Наблюдаемые изменения на фоне без азотных удобрений можно объяснить в некоторой степени связыванием азота присутствующими в почве микроорганизмами и различным поступлением поживно-корневых растительных остатков в виде легкоминерализуемого органического вещества [15].

Установлено взаимодействие факторов севооборота и времени с вероятностью 99%. Полагаем, что это обусловлено уровнем минерализации органического вещества в зависимости от типа севооборота и погодных условий.

Исследованиями установлено, что содержание азота легкогидролизуемого в отличие от азота общего в 0-20 см слое почвы существенно зависело от фона минерального питания и погодных условий, фактор севооборота был менее значим. Внесение азотных удобрений увеличивало содержание азота легкогидролизуемого в среднем по вариантам севооборотов на 4 мг/кг, при HCP₀₅=1,8 мг/кг. Изменения в среднем по годам составили 4,7-26,4 мг/кг, при HCP₀₅=3,1 мг/кг.

На фоне минерального питания фосфором установлено преимущество 10-польного зернопаротравяного севооборота по содержанию азота легкогидролизуемого за счет поступления его с поживно-корневыми остатками и азотфиксации многолетних бобовых трав (люцерны) (рис. а). Динамика изменений азота легкогидролизуемого в 0-20 см слое почвы в среднем по годам на фоне Р следующая; с 1978 по 1989 г. увеличение на 19 мг/кг, с 1989 по 1998 г. – на 7, с 1998 по 2003 г. – на 11, с 2003 по 2008 г. – на 32, с 2008 по 2013 г. – на 8 мг/кг. Данные изменения связаны с накоплением подвижного азота от поживно-корневых остатков и со степенью азотфиксации бобовых культур.

Применение минеральных азотных удобрений в различных вариантах севооборотов отражается на выносе азота с урожаем сельскохозяйственных культур, усиливает минерализацию поживно-корневых остатков, увеличивает подвижность почвенного азота, что приводит к дополнительному использованию растениями. Динамика изменений азота легкогидролизуемого в 0-20 см слое почвы в среднем по годам на фоне удобренности NP представлена на рисунке (б). С 1978 по 1989 г. количество азота легкогидролизуемого в среднем по годам увеличилось на 20 мг/кг, с 1989 по 1998 г. – на 7, с 1998 по 2003 г. – на 9, с 2003 по 2008 г. снизилось на 42, с 2008 по 2013 г. увеличилось на 28 мг/кг. Характер изменений содержания азота легкогидролизуемого в 0-20 см слое почвы волнообразный – с 1978 по 2003 г.

идёт постепенное увеличение этого показателя, затем снижение и далее постепенное увеличение по всем вариантам севооборотов на фоне удобрения Р, на фоне NP отмечена тенденция к снижению и стабилизации с 2004 по 2013 г. [2].

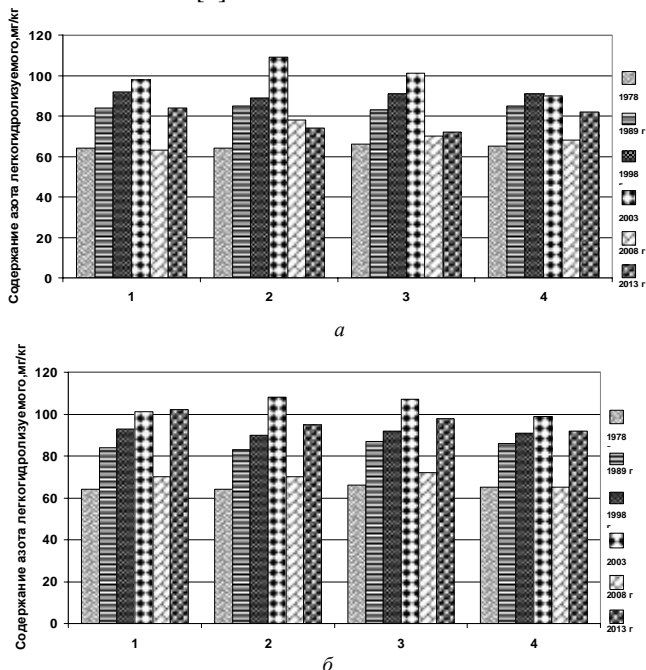


Рис. Содержание азота легкогидролизуемого в различных севооборотах на фоне минерального питания:
а – фосфором; б – NP

1. 4-польный зернопаровой севооборот, 2. 10-польный зернопаротравяной севооборот, 3. двухпольный зерновой севооборот, 4. яровая пшеница бессменно

Повышение эффективности плодородия почвы и рентабельного производства сельскохозяйственной продукции невозможно без учета баланса азота.

Основные части баланса азота в севооборотах – приходная и расходная статьи. Приходная статья баланса азота включает: поступление азота с минеральными удобрениями в соответствии со схемой удобрений в севооборотах на 1 га севооборотной площади; с семенами; за счет симбиотической азотфиксации и с пожнивными остатками. Основную расходную часть азотного баланса составляет вынос азота с урожаем сельскохозяйственных культур. Установлено, что наибольший положительный баланс азота зафиксирован в зерновом 2-польном севообороте и при бессменной культуре яровой пшеницы на фоне внесения азотных удобрений в дозе N_{80} , в среднем за 1978-2013 г. 48,46 и 62,31 кг/га соответственно. Поступление азотных удобрений увеличивало баланс азота до положительного в севооборотах в среднем на 50,4 кг/га. На фоне Р без внесения азотных удобрений баланс азота в среднем по вариантам севооборотов установлен отрицательный от – 1,53 до – 19,5 кг/га. Без внесения азотных удобрений он был ближе к положительному только в 10-польном зернопаротравяном севообороте, поступление азота при этом достигало 53 кг/га за счет симбиотической азотфиксации и с пожнивными остатками (табл. 2).

Фактор тип севооборота увеличивал сдвиг баланса азота в положительную сторону с 0,902 до 25,46 кг/га. Поступление азота по вариантам севооборотов варьировало от 53 до 84 кг/га в зависимости от набора культур. В результате анализа баланса азота в севооборотах

установлено, что положительный баланс обеспечивается высоким уровнем минерального питания, правильным набором культур, оптимальными погодными условиями.

2 Влияние типа севооборота на баланс азота в чернозёме выщелоченном при различных фонах удобрения, кг/га

Тип севооборота (фактор А)	Фон удобрений (фактор В)	Годы (фактор С)					
		1978	1989	1998	2003	2008	2013
4-польный зернопаровой	Р	-16,6	-9,0	-11,22	-5,43	-20,6	-8,59
	NP	9,7	18,8	13,2	20,11	0,2	20,26
10-польный зернопаротравяной	Р	-5,5	8,58	-7,84	-3,40	-9,0	8,0
	NP	55,6	41,65	19,74	20,36	19,3	42,7
2-польный зерновой	Р	-40,3	-9,58	-16,6	-19,1	-20,5	-8,20
	NP	31,5	60,42	49,17	40,43	48,50	60,76
Яровая пшеница бессменно	Р	-5,89	-3,38	-9,5	-14,25	-24,26	-11,08
	NP	65,46	71,5	63,49	54,34	54,18	64,88

HCP_{05} , кг/га: А=4,20, В=2,97, С=5,15.

AB=5,9, AC=10,30.

Интенсивность баланса азота изменялась от набора культур в севооборотах на 48%, в среднем по годам – от 102 до 151%. В среднем по фону удобрения Р интенсивность баланса азота была пассивной до 79%. Только в отдельные годы на фоне без внесения азотных удобрений в зернопаротравяном севообороте зафиксирована активная интенсивность баланса азота за счет оптимальных условий азотфиксации многолетних бобовых трав и поступления азота с пожнивными остатками. Внесение минеральных удобрений увеличивало интенсивность баланса на 93%. Изменения интенсивности баланса от погодных условий достигали 33%.

3 Влияние типа севооборота на интенсивность баланса азота в чернозёме выщелоченном, %

Тип севооборота (фактор А)	Фон удобрений (фактор В)	Годы (фактор С)					
		1978	1989	1998	2003	2008	2013
4-польный зернопаровой	Р	72	79	77	85	67	80
	NP	116	139	122	144	100	145
10-польный зернопаротравяной	Р	92	120	89	95	88	118
	NP	167	184	122	123	122	190
2-польный зерновой	Р	49	70	63	62	61	73
	NP	132	228	173	149	171	232
Яровая пшеница бессменно	Р	82	88	75	70	62	73
	NP	236	302	222	183	182	232

HCP_{05} , %: А=12,3, В=8,7, С=15,0.

AB=17,3, BC=21,2.

Отмечена высокая активность баланса азота в зерновом двухпольном севообороте и при бессменном возделывании яровой пшеницы за счет высоких доз азотных удобрений и иммобилизации его в труднодоступные формы состава гумуса.

Выводы. 1. Запасы азота общего в 0-20 см слое почвы чернозёма выщелоченного различались по вариантам севооборотов на 52%, при существенной динамике роста по фактору времени – в среднем с 0,21 до 0,32%.

2. Установлено, что в 10-польном зернопаротравяном севообороте процесс минерализации азота идёт интенсивнее, чем в зерновом, особенно при бессменном возделывании яровой пшеницы.

3. Изменения содержания азота легкогидролизуемого в 0-20 см слое почвы чернозёма выщелоченного в большей степени определялись фактором времени и составили в среднем 19,7-39,2 мг/кг, по фактору фон удоб-

ренности – на 3,1 мг/кг, независимо от типа севооборота; характер волнообразный.

4. Наибольшие значения положительного баланса азота установлены при насыщении севооборотов зерновыми культурами на фоне внесения минерального азота N₈₀ на 1 га севооборотной площади, интенсивность при этом составляла 181-226%.

Литература

1. Булгаков Д.С. Агроэкологическая оценка пахотных почв / Д.С. Булгаков. – М., 2002. – 252 с.
2. Войтович Н.В., Костин Я.В., Чумаченко И.Н., Сушеница Б.А. Формы минеральных удобрений при длительном применении. – М.: ЦИ-НАО, 2002. – 208 с.
3. Вражнов А.В. О совершенствовании систем земледелия на Южном Урале / А.В. Вражнов // Совершенствование системы земледелия Южного Урала: Материалы координационного совета по разработке и внедрению адаптивно-ландшафтных систем земледелия. – Челябинск, 2012. – С. 3-11.
4. Гамзиков Г.П. Агрохимия азота в агроценозах / Г.П. Гамзиков. – Новосибирск, 2013. – 790 с.
5. Глухих М.А. Севообороты Южного Зауралья : Монография. – Челябинск, 2008. – 324 с.
6. Завалин А.А., Соколов О.А. Потоки азота в агроэкосистеме: от идей Д.Н. Прянишникова до наших дней / Завалин А.А., Соколов О.А. – М.: ВНИИА, 2016. – 591 с.
7. Завалин А.А., Благовещенская Г.Г., Шмырёва Н.Я., Чернова Л.С., Соколов В.А., Алфёров А.А., Самойлов Л.Н. Современное состояние проблемы азота в мировом земледелии // Агрохимия. – 2015. – №5. – С.83-95.
8. Зинченко С.И., Мазиров М.А., Зинченко М.К. Почвы и растения / С.И. Зинченко, М.А. Мазиров, М.К. Зинченко. – Владимир: Транзит-Икс, 2008. – 284 с.

9. Кокорина А.Л., Кожемяков А.П. Бобово-ризобияльный симбиоз и применение микробиологических препаратов комплексного действия – важный резерв повышения продуктивности пашни. – С.-Петербург: С-Пб.ГАУ, 2010. – 50 с.

10. Еськов А.И. Роль органических удобрений в биологизации земледелия // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2004. – №6. – С.13-15.

11. Еськов А.И. Ресурсы органических удобрений в сельском хозяйстве России / Владимир: ВНИПТИОУ, 2006. – 200 с.

12. Сычев В.Г., Шафран С.А. Агрохимические свойства почв и эффективность минеральных удобрений. – М.: ВНИИА, 2013. – 296 с.

13. Технологии обработки почвы в агроландшафтном земледелии Южного Зауралья: рекомендации / Под ред. А.В. Вражнова; сост. В.Н. Брагин, А.А. Агеев, Н.П. Бондаренко, Л.П. Шаталина, Ю.Б. Анисимов. – РАСХН, Челябинский НИИСХ. – Челябинск, 2010. – 15 с.

14. Турусов В.И., Дьячкова Г.И., Гармашов В.М. Биогенность чернозёмов в севооборотах с бобовыми культурами // Плодородие. – 2009. – №5 (55). – С.35-39.

15. Шарков И.Н., Л.М. Самохвалова, П.В. Мишина, А.Г. Шенелев. Влияние пожнивных остатков на состав органического вещества чернозёма выщелоченного в лесостепи Западной Сибири // Почвоведение. – 2014. – №4. – С.473-479.

16. Misselbrook T.H., Chadwick D.R., Gilhespy S.L., Chambers B.J., Smith K.A., Williams J., Dragosits U. Inventory of ammonia emissions from UK agriculture 2009 // North Wyke Research. 2010. 34 p.

17. Nufeller D., Huguenin-Elie O. Well- balanced grasslegume mixtures with low nitrogen fertilization can be as productive as highly fertilized grass monocultures // Biodiversity and animal feed. Future challenges for grassland production. Of the 22 General Meeting of the European Grassland Federation. Uppsala, Sweden, 2008. P.197-199/

CHANGES IN THE REGIME OF SOIL TOTAL AND EASILY HYDROLYZABLE NITROGEN IN FIELD CROP ROTATIONS

L.P. Shatalina

Chelyabinsk Research Institute of Agriculture, Tchaikovsky ul. 14, 456404 Timiryazevskiy settlement, Cherbarkul district, Chelyabinsk region, Russia, E-mail: lubashatalina.ru

In this article we demonstrate the evaluation of changes in the regime of soil total and easily hydrolyzable nitrogen from 1978 to 2013 in layer 0-20 cm of leached chernozem under 4-field grain-fallow, 10-field grain-fallow-grass, 2-field grain crop rotation systems and spring wheat monoculture under conditions of Southern Ural. The nitrogen content of the general 0-20 cm layer of soil was mainly determined by the type of crop rotation, time factor and application of fertilizers. We determined an influence of crop rotation and mineral fertilizers on nitrogen balance increase up to positive values for leached chernozem soil.

Key words: nitrogen, crop rotation, fertilizers.