

Почвоведение

УДК 631.81: 631.87

DOI:10.31857/S2500262720040080

ВЛИЯНИЕ БИОМАССЫ РАСТЕНИЙ НА АЗОТНЫЙ РЕЖИМ СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР**Г.П. Гамзиков**, академик РАН,
С.З. Сулейменов, кандидат сельскохозяйственных наук*Новосибирский государственный аграрный университет,
630039, Новосибирск-39, ул. Добролюбова, 160
E-mail: gamolgen@rambler.ru*

Активное применение растительной биомассы (послеуборочные и пожнивные остатки, сидераты и др.) в сибирском земледелии отчасти способствует пополнению элементов минерального питания для получения урожая полевых культур, а также поддержания плодородия почв. На серой лесной почве проведена сравнительная оценка кинетических параметров минерализации навоза, сидератов (донник, рапс, озимая рожь) и соломы в паровом поле и их влияния на продуктивность кормовых культур в действии и последействии. Наблюдения за процессами минерализации азотистых веществ органических удобрений показали, что наибольшей азотминерализующей способностью обладают навоз и биомасса высокобелковых культур (рапс, донник) и меньшей – с повышенным содержанием углерода (озимая рожь, солома). По данным трехлетних наблюдений за режимом подвижных форм минерального азота в серой лесной почве, в процессе парования и под культурами преобладает нитратная форма азота, которая и служит основным источником для питания растений. Результаты комплексного учета урожая за год действия и двух лет последействия позволили установить практически одинаковое влияние всех видов органической биомассы на суммарный урожай в звене севооборота. Исключение составила биомасса пшеничной соломы, в которой за год парования и три сезона под культурами не закончились процессы разложения биомассы при взаимодействии с почвой.

INFLUENCE OF PLANT BIOMASS ON NITROGEN SOIL MODE AND PRODUCTIVITY OF FIELD CROPS**Gamzikov G.P., Suleimenov S.Z.***Novosibirsk State Agrarian University,
630039, Novosibirsk-39, ul. Dobrolyubova, 160
E-mail: gamolgen@rambler.ru*

The active use of plant biomass (post-harvest and crop residues, green manure, etc.) in Siberian agriculture partly contributes to the replenishment of mineral nutrition elements to obtain field crop yield, as well as maintaining soil fertility. In the gray forest soil, a comparative assessment of the kinetic parameters of the mineralization of manure, green manure (sweet clover, rapeseed, winter rye) and straw in the steam field and their effect on the productivity of forage crops in action and aftereffect was carried out. Observations of the mineralization processes of nitrogenous substances of organic fertilizers showed that manure and biomass of high-protein crops (rapeseed, sweet clover) and the lowest with a high content of carbon (winter rye, straw) possess the highest nitrogen-non-irradiating ability. Three-year observations of the regime of mobile forms of mineral nitrogen in gray forest soil showed that in the process of steaming and under crops the nitrate form of nitrogen prevails, which serves as the main source of nutrition for plants. The results of comprehensive crop accounting for the year of operation and two years of aftereffect allowed us to establish almost the same effect of all types of organic biomass on the total yield in the crop rotation link. The only exception was the biomass of wheat straw, in which, over a year of steaming and three seasons under crops, biodegradation processes did not end when interacting with the soil.

Ключевые слова: растительная биомасса, азотминерализация, нитрификация, режимы азотистых соединений, обменный аммоний, нитратный азот, органические удобрения, влияние на урожай, эффективность биомассы

Key words: plant biomass, nitrogen mineralization, nitrification, modes of nitrogen compounds, exchange ammonium, nitrate nitrogen, organic fertilizers, effect on yield, biomass efficiency

Современное сибирское земледелие в связи с непомерно завышенными и нерегулируемыми государством ценами на промышленные удобрения базируется в основном на использовании почвенных природных ресурсов азота и других элементов минерального питания. Наиболее распространенным агротехническим приемом среди фермерских хозяйств (и не только) служит парование почв в течение лета с целью разложения органических остатков и накопления минерального азота для последующих культур севооборота. Системное отчуждение питательных веществ из почвы без применения удобрений ведет к дефициту баланса их в агроценозах, потере плодородия почв и, как правило, к снижению урожайности и эффективности сельскохозяйственного производства в целом [1, 2].

Совершенствование технологий возделывания стародавних зерновых и кормовых культур, рациональное использование пласта многолетних трав, сидеральных (клевер, донник, озимая рожь, однолетние бобовые) и мало распространенных полевых культур (рапс, соя), а также недавно широко освоенный прием – разбрасывание и заделка на полях соломы и других растительных послеуборочных остатков (подсолнечник, корнеплоды) способствуют значительному пополнению органического вещества в почвах. Несомненно, что эти биологические источники даже при массовом освоении в производстве не заменят промышленные удобрения, но существенно снизят дефицит элементов минерального питания и прежде всего азота, а также частично обеспечат поддержание гумусного состояния

почв в сибирских агроценозах. Исследования ученых аграрников [3-7] подтверждают возможности использования органического вещества сидеральных и пожнивных культур, соломы, послеуборочных остатков, природных агресурсов (торф, сапропель и др.), а также промышленных биологических отходов для поддержания плодородия почв и получения устойчивых урожаев полевых культур.

Цель настоящей работы состояла в оценке влияния растительной биомассы на азотный режим серой лесной почвы и продуктивность полевых культур в звене севооборота.

Методика. Экспериментальная работа выполнена на опытном поле Новосибирского государственного аграрного университета (НГАУ), расположенном в северной лесостепи Новосибирского Приобья. Исследования проводили на типичной зональной серой лесной среднесуглинистой почве. Агрохимическая характеристика пахотного слоя почвы: рН 6,3, содержание гумуса – 4,7%, общего азота – 0,192%, нитратного – 6,7 мг/кг, обменного аммонийного – 1,2 мг/кг, подвижных (по Чирикову) фосфора – 98-128 мг/кг и калия – 62-64 мг/кг.

Наблюдения за азотным режимом почвы проводили в полевых мелкоделяночных опытах при паровании и под растениями в течение трех лет. Отзывчивость кормовых культур на внесение органической биомассы учитывали в звене севооборота: рапс – овес – просо. Схема опыта: 1 – контроль (без удобрений), 2 – навоз, 3 – биомасса донника, 4 – биомасса рапса, 5 – биомасса озимой ржи, 6 – солома пшеничная. Норма внесения биомассы растений и навоза выравнивали по содержанию в них азота (из расчета 90 кг/га). Воздушно-сухую массу органических удобрений вносили в размолотом виде в пахотный слой почвы (0-20 см).

Полевой опыт закладывали в соответствии с общепринятой методикой [7]. Площадь делянки составляла 1 м², повторность – 7-кратная, размещение делянок рендомизированное. Для равномерного контакта энергетического материала пахотный слой почвы аккуратно вынимали и помещали на полиэтиленовую пленку, в него вносили при перемешивании органические удобрения, а затем почву возвращали на прежнее место. При этом каждая делянка с боков на глубину 0-20 см ограничивалась полиэтиленовой пленкой. После закладки опыта почву в течение 2 месяцев паровали, затем половину делянок засеивали рапсом яровым на зеленую массу, другую половину продолжали паровать. В последующие два года в опыте учитывали последствие органических удобрений, высевая овес и просо. Учет урожая зеленой массы культур в действии и последствии проводили вручную сплошным методом, у рапса – в фазе полного цветения, овса и проса – в фазе молочной спелости. Почвенные образцы с делянок отбирали через каждые 15 дней на глубину 0-20 см и через каждые 30 дней – дополнительно на глубину 20-40 см. В свежих образцах определяли подвижный минеральный азот (N-NO₃, N-NH₄).

Погодные условия в годы проведения опытов различались, но в целом были характерными для исследуемой территории [8]. Агрохимические анализы почв и растений проведены в лаборатории Современных проблем экспериментальной агрохимии НГАУ – испытательном центре по агрохимии (аккредитация Госстандартом России №РОСС RU.0001.514898) общепринятыми методами [9]. Результаты исследований статистически обработаны с помощью компьютерной программы SNEDECOR общепринятыми методами.

Результаты и обсуждение. Наблюдения за азотным режимом серой лесной почвы под полевыми культурами в звене севооборота (рапс – овес – просо) подтверждают ранее выявленные закономерности динамики содержания подвижных форм минерального азота в почвах региона [5, 10, 11]. Количество аммонийного азота во все годы опытов перед посевом культур не превышало 3-4 мг/кг (табл. 1). Практически на таком же низком уровне оставалось накопление обменного аммония в почве в течение вегетации растений и мало зависело от слоя отбора образцов – в пахотном и подпахотном. Динамика содержания N-NH₄ в серой лесной почве во всех вариантах была однотипной: низкое содержание при отсутствии заметных различий по вариантам. Несомненно, что при минерализации происходит постоянное пополнение ресурса аммонийного азота в почве, однако одновременное наложение на него процессов иммобилизации в биомассу микроорганизмов и нитрификации до N-NO₃ сглаживает картину результативности аммонификации биомассы.

Табл. 1. Динамика содержания (мг/кг) обменного аммонийного азота в серой лесной почве в звене кормового севооборота при внесении органических удобрений

Вариант	Рапс					Овес			Просо
	посев	15*	30	45	уборка	посев	30	уборка	
Контроль	2,0	2,1	1,4	2,1	4,2	2,0	2,0	2,2	1,7
	1,6				2,5				1,2
Навоз	1,9	2,0	2,1	1,9	2,6	2,0	2,3	2,7	1,9
	1,4				1,8				1,4
Донник	1,9	2,3	2,0	1,9	2,2	2,4	2,6	3,1	2,3
	1,4				2,1				1,6
Рапс	2,2	3,7	1,7	2,1	2,2	2,1	3,6	3,6	2,2
	1,6				1,8				1,5
Озимая рожь	2,2	2,2	1,6	2,0	1,9	2,8	2,3	3,4	2,1
	1,4				1,5				1,1
Солома	2,2	2,2	1,4	2,0	2,5	2,3	2,1	3,1	2,4
	2,1				2,8				1,8

Примечание. Над чертой – в слое 0-20 см, под чертой – 0-40.
*Дни от посева.

Длительными исследованиями доказано, что в сибирских условиях нитратный азот в почвах, являясь более мобильной формой в сравнении с аммонием, служит достаточно объективным показателем обеспеченности растений доступным азотом [5, 12]. Наблюдения за режимом нитратов в почве опытов подтвердили преимущество парового поля в накоплении доступной формы азота для полевых культур (табл. 2). При внесении органического вещества донника, рапса и навоза за период парования к посеву рапса накопилось высокое (>20 мг/кг) количество N-NO₃. Следует отметить, что темпы накопления нитратов в варианте с соломой и озимой рожью были на уровне контроля (средняя обеспеченность). Следовательно, 60-дневное парование почвы оказалось недостаточным сроком для разложения азотсодержащих органических соединений этих удобрений. В первые 2 недели, пока интенсивность потребления азота растениями незначительная, поддерживался практически такой же уровень его содержания, что и при

посеве. В период активного нарастания биомассы рапса (30–45 дней после посева) в связи с активным потреблением отмечено резкое снижение запасов доступного азота. Отсутствие нитратов под вегетирующими растениями свидетельствует о полном использовании азота текущей нитрификации.

На следующий год к посеву 2-й культуры (овес) после пара в почве всех вариантов содержалось очень низкое количество нитратов – 6–8 мг/кг в пахотном слое, в контроле и варианте с соломой – не выше 3 мг/кг. В последующем доля доступного азота снижалась до нулевых значений, поскольку вновь минерализуемый азот транзитно потреблялся растениями. Достоверных различий по вариантам опыта практически не было.

В 3-ем поле перед посевом проса в почве содержалось также крайне мало доступных соединений азота (менее 4 мг/кг N-NO₃). За первые 2 недели при слабом выносе азота молодыми растениями в почве происходило заметное накопление нитратов за счет текущей нитрификации в вариантах с удобрением. Важно отметить, что впервые за 3 года при внесении соломы накопление нитратного азота превысило контроль и приблизилось к уровню в других вариантах с органическими удобрениями. Дальнейший рост и развитие растений проса привели к быстрому и полному использованию азота из почвы. Следовательно, урожай полевых культур в процессе их вегетации, особенно во второй половине, формировался в основном за счет азота текущей нитрификации. Ранее, рассматривая динамику накопления нитратного азота при компостировании в лабораторных и при паровании в полевых условиях, мы отмечали, что для минерализации соломы в отличие от других органических удобрений требуется более длительное время [5, 13]. Таковую же кинетику разложения соломы наблюдали в настоящих опытах.

Табл. 2. Динамика содержания (мг/кг) нитратного азота в серой лесной почве в звене кормового севооборота при внесении органических удобрений

Вариант	Срок отбора образцов, дни				
	посев	15	30	45	уборка
Рапс по пару					
Контроль	14,7/8,4	12,7	13,5	Следы	сл./сл.
Навоз	19,5/13,4	13,8	9,1	«	сл./сл.
Донник	22,6/14,8	17,0	14,5	«	сл./сл.
Рапс	21,8/15,0	22,5	21,1	«	сл./сл.
Озимая рожь	15,0/8,7	16,6	12,2	«	сл./сл.
Солома	14,2/8,6	16,9	11,0	«	сл./сл.
Овес					
Контроль	3,1/1,9	2,2	сл./сл.	Следы	сл./сл.
Навоз	5,8/6,6	3,5	сл./сл.	«	сл./сл.
Донник	8,2/6,9	5,8	сл./1,0	«	сл./сл.
Рапс	7,7/5,6	4,5	сл./сл.	«	сл./сл.
Озимая рожь	6,3/4,2	4,2	сл./1,5	«	сл./сл.
Солома	2,9/1,6	2,1	сл./сл.	«	сл./сл.
Просо					
Контроль	сл./1,2	6,6/8,4	сл./сл.	сл./сл.	сл./сл.
Навоз	сл./1,2	9,7/6,7	сл./сл.	сл./сл.	сл./сл.
Донник	3,4/1,7	10,2/8,0	сл./сл.	сл./сл.	сл./сл.
Рапс	3,5/1,8	13,6/11,0	сл./сл.	сл./сл.	сл./сл.
Озимая рожь	3,0/1,5	9,7/5,8	сл./сл.	сл./сл.	сл./сл.
Солома	4,9/4,2	13,4/9,2	сл./сл.	сл./сл.	сл./сл.

Примечание. В слое 0-20 см/в слое 0-40 см.

Таким образом, наблюдения за режимом минеральных соединений почвенного азота свидетельствуют, что независимо от внесения органических удобрений, во второй половине вегетации под посевами полевых культур отсутствуют «свободные» нитраты, поскольку весь минерализованный азот быстро и полностью усваивается растениями.

Ежегодные учеты урожая зеленой биомассы растений показывают четкую его зависимость от особенностей минерализации каждого вида органического вещества, внесенного в паровом поле (табл. 3). Под 1-й культурой после частичной минерализации навоза, биомассы донника и рапса при паровании проявилось достаточно хорошее влияние продуктов их разложения на урожайность рапса – прибавка сбора зеленой массы составила 13-17% к контролю. Внесение биомассы озимой ржи достоверно не влияло на урожайность культуры, солома действовала отрицательно на формирование продуктивности рапса, что связано прежде всего с нарушением соотношения C:N. Преобладание иммобилизационных процессов над минерализационными отрицательно сказалось на накоплении доступного азота и закреплении минерального азота почвой.

На 2-й культуре (овес) проявилось высокое последствие навоза (прибавка к контролю составила 38%) и биомассы донника (26%) при существенно меньшем повышении урожая при внесении рапса и озимой ржи (11-12%). В варианте с соломой в 1-й год последствие впервые наблюдали положительную достоверную тенденцию к увеличению урожая зеленой массы овса за счет изменения направленности и интенсивности иммобилизационных (снижение) и минерализационных (повышение) процессов в почве.

Последствие органических удобрений на 3-й год после применения было неоднозначным. От навоза получена наименьшая прибавка урожая, стабильно высокой она оказалась в варианте с донником и возросла в 3 раза по сравнению с предыдущим годом при внесении биомассы рапса. В последствии 2-го года особенно эффективными были варианты с рожью и соломой (прибавка составила соответственно 47 и 73%). Вероятно, в почве при добавлении биомассы озимой ржи на 2-й и соломы на 3-й год происходит смена иммобили-

Табл. 3. Урожайность зеленой массы полевых культур в звене кормового севооборота при внесении органических удобрений

Вариант	Рапс			Овес			Просо		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Контроль	1870	-	-	990	-	-	1345	-	-
Навоз	2187	317	17	1367	377	38	1540	195	14
Донник	2143	273	15	1250	260	26	1660	315	23
Рапс	2122	252	13	1103	113	11	1800	455	34
Озимая рожь	1850	-20	-1	1107	117	12	1973	627	47
Солома	1100	-770	-41	1060	70	7	2333	988	73
NCP ₀₅ , г/м ²	-	97	-	-	88	-	-	121	-

Примечание. 1 – урожай зеленой массы, г/м²; 2 – прибавка к контролю, г/м², 3 – %.

зационных процессов на минерализационные, что приводит к повышению накопления нитратов и, как следствие, урожайности зеленой массы проса. Внесение соломы и других органических удобрений с высоким отношением углерода к азоту способствует длительной задержке процессов минерализации их биомассы и в результате – снижению их эффективности, даже после парования.

По данным полевых опытов, за 3 года суммарный урожай кормовых культур оказался практически одинаковым во всех вариантах – на 20-22% выше контроля (табл. 4). Сходная суммарная продуктивность при внесении навоза, биомассы донника, рапса, озимой ржи, несмотря на разный уровень прибавок в действии и последствии, обусловлена близким уровнем суммарной азотомобилизующей способности органических удобрений, примененных в разных дозах органического вещества, но содержащих одинаковую норму азота (90 кг/га N). Исключение составил вариант с соломой, в котором трех лет оказалось недостаточно для минерализации азотистых соединений и реминерализации иммобилизованного почвенного азота, о чем свидетельствуют данные по суммарной продуктивности и выносу азота. Возможно, последствие соломы не ограничится тремя годами и будет продолжаться.

Серая лесная почва обладает высоким естественным потенциалом азотомобилизации (до 75 мг/кг при 60-суточном компостировании в оптимальных условиях) и в полевых условиях, как в контроле, так и при внесении удобрений реализует его только четвертую часть от возможного [14]. Эффективным средством регулирования азотомобилизации может служить органическое вещество навоза и сидератов (донник, рапс, озимая рожь), которые в 1,4-1,9 раза увеличивают содержание нитратного азота под полевыми культурами. Навоз, биомасса донника и рапса (C:N=16-19) при 60-суточном паровании накапливали нитратного азота на 30-50% больше, чем в контроле, и этого азота достаточно для получения значительной прибавки урожая зеленой массы рапса (до 13-17%).

Известно, что высвобождение азота при разложении органического вещества имеет пролонгированный характер и зависит от отношения углерода к азоту [15]. Наблюдения за режимом разложения биомассы озимой ржи (C:N=38) и пшеничной соломы (C:N=85) показали, что год парования и год под культурой не влияли на содержание нитратов в почве. Заметный прирост

N-NO₃ к контролю в варианте с рожью отмечен лишь на 2-й год (перед посевом овса), а в варианте с соломой – на 3-год (перед посевом проса).

Таким образом, ежегодное образование нитратного азота за счет текущей минерализации органического вещества в паровом поле и под растениями служит основным резервом для формирования урожая возделываемых культур. Это подтверждается тесной корреляционной связью исходного содержания нитратного азота в слоях 0-20 и 0-40 см перед посевом культур и урожайностью зеленой массы в действии (0,91±0,09) и последствии (r=0,73±0,15).

При возделывании 1-й культуры после пара в варианте с озимой рожью прибавки не было, с соломой – урожай рапса в результате иммобилизации снизился на 71%. На 2-й год опыта в варианте с рожью получена существенная прибавка урожая зеленой массы овса, с соломой – разница с контролем отсутствовала. И лишь на 3-й год от внесения соломы отмечена ощутимая прибавка урожая зеленой массы проса (73%). Следовательно, внесение в почву навоза и заделка биомассы сидеральных культур (донник, рапс, озимая рожь) в паровое поле целесообразно проводить осенью или весной, что позволит накопить достаточное количество нитратного азота в пару за счет текущей минерализации для последующих культур. Применение соломы без азотных удобрений возможно только в паровое поле при осенней или ранневесенней заделке.

В полевых условиях потенциальные возможности азотомобилизующей способности серой лесной почвы реализуются в паровом поле, составляя около 15-18 мг/кг подвижного минерального азота. Этого количества азота обычно достаточно для получения хорошего урожая только 1-й культуры по пару. Органическая биомасса донника, рапса, озимой ржи положительно влияет на биологическую активность серой лесной почвы, усиливает минерализационные процессы, что способствует накоплению минерального подвижного азота. Под их влиянием в почве при паровании накапливается до 32-34 мг/кг нитратного азота, что выше в 3-4 раза исходного содержания и в 1,2-1,7 раза неудобренного фона. Применение соломы на протяжении первого года парования сдерживает минерализационные процессы в почве за счет иммобилизации почвенного азота.

Органическая биомасса традиционных (навоз) и сидеральных (донник, рапс, озимая рожь) источников служит эффективным средством регулирования азотного режима почв под посевами полевых культур в действии и последствии. Нитратный азот, накопленный в паровом поле и в процессе текущей нитрификации под растениями, – основной источник питания полевых культур и формирования их урожая. Между количеством нитратного азота в почве и прибавкой урожая, как уже отмечалось, существует прямая тесная зависимость (r=0,91±0,09). При этом, как правило, в результате интенсивного потребления азота вегетирующими растениями в почве не происходит запасного накопления нитратов в течение вегетации. Для минерализации азотсодержащих соединений соломы в полевых условиях требуется более длительный период взаимодействия с почвой.

Азотсодержащие органические удобрения существенно повышают урожайность полевых культур в действии и последствии. Пролонгированное влияние удобрений на урожайность культур проявляется неоднородно по годам. Максимальное ее значение отмечено при внесении навоза на 2-й год (38%), донника – на 2-й и 3-й (26 и 23%), рапса и озимой ржи – на

Табл. 4. Суммарный сбор кормовых единиц и вынос азота в звено севооборота при внесении органических удобрений

Вариант	Суммарный урожай, г/м ²	Прибавка к контролю		Общий вынос азота, г/м ²
		г/м ²	%	
Контроль	784,3	-	-	12,8
Навоз	953,9	169,6	21,6	17,5
Донник	949,1	164,8	21,0	17,8
Рапс	945,9	161,6	20,6	17,6
Озимая рожь	948,6	164,3	20,9	17,5
Солома	900,9	116,6	14,9	16,0
НСР ₀₅ , г/м ²	-	19,7	-	-

3-й (34 и 47% соответственно), Все исследуемые виды органической биомассы могут служить в качестве полноценных органических удобрений.

Литература

1. Обеспечение продовольственной безопасности регионов Сибири / Першукевич П.С., Донченко А.С. и др. – Новосибирск: СО РАН, 2016. – 148 с.
2. Межрегиональная схема размещения и специализации сельскохозяйственного производства в субъектах Российской Федерации Сибирского федерального округа: рекомендации – Новосибирск: СО РАН, 2016. – 255 с.
3. Берзин А.М. Зелёные удобрения в Средней Сибири. – Красноярск: Красноярский ГАУ, 2002. – 395 с.
4. Сорокин И.Б. Органическое вещество в адаптивно-ландшафтных системах земледелия Томской области. – Томск, 2007. – 304 с.
5. Гамзиков Г.П. Агрохимия азота в агроценозах. – Новосибирск: Россельхозакадемия, НГАУ, 2013. – 790 с.
6. Завалин А.А., Чернова Л.С., Сапожникова С.Н., Коваленко А.А. Потребление растениями азота почвы при использовании удобрения, сидерата и биопрепарата (исследования с ^{15}N) // Российская сельскохозяйственная наука. – 2019. – № 6. – С. 36-39.
7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 352 с.
8. Воронина Л.В., Гриценко А.Г. Климат и экология Новосибирской области. – Новосибирск: СГГА, 2011. – 228 с.
9. Агрохимические методы исследования почв. – М. Наука, 1975. – 656 с.
10. Славнина Т.П. Азот в почвах элювиального ряда. – Томск: Изд-во ТГУ, 1978. – 392 с.
11. Мальцев В.Т. Азотные удобрения в Приангарье. – Новосибирск: Россельхозакадемия, Иркутский НИИ-ИСХ, 2001. – 272 с.
12. Гамзиков Г.П. Практические рекомендации по почвенной диагностике азотного питания полевых культур и применению азотных удобрений в сибирском земледелии. – М.: Росинформагротех, 1918. – 48 с.
13. Шарков И.Н. Роль растительных остатков зерновых культур в регулировании плодородия почв Сибири // Биологические источники элементов минерального питания растений / III Сибирские агрохимические Прянишниковские чтения: Матер. междунар. науч. конф. (Омск, 12-16 июля 2005г.). – Новосибирск: Россельхозакадемия, Сиб. отд-ние, 2006. – С. 69-77.
14. Сулейменов С.З. Азотмобилизующая способность почв Западной Сибири и Северного Казахстана: Автореф. дис....канд. с.-х. наук. – Новосибирск: НГАУ, 2009. – 20 с.
15. Praveen-Kumar, Jagadish C.T., Jitednra P., Shyam K. F Rapid method for assessment of plant residue quality // J. Plant Nutrition and Soil Science. – 2003. – V.166. – N 5. – P. 662-666.

Поступила в редакцию 16.04.20
Принята к публикации 20.04.20