

УДК 631.84:631.416.1:631.559 (571.54)
DOI: 10.18101/2587-7143-2018-1-54-61

**СТАТИСТИКИ И КИНЕТИКА ИЗМЕНЕНИЯ АЗОТНОГО ФОНДА ПОЧВЫ
И УРОЖАЯ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ АЗОТА
МЕДЛЕННОДЕЙСТВУЮЩЕГО УДОБРЕНИЯ**

Л. В. Будажапов, А. С. Билтуев, А. К. Уланов

© **Будажапов Лубсан Владимирович**

доктор биологических наук, профессор
главный научный сотрудник,
Бурятский научно-исследовательский институт сельского хозяйства
Россия, 670045, г. Улан-Удэ, ул. Третьякова, 25з
E-mail: nitrolu@mail.ru

© **Билтуев Александр Семенович**

кандидат биологических наук
старший научный сотрудник,
Бурятский научно-исследовательский институт сельского хозяйства
Россия, 670045, г. Улан-Удэ, ул. Третьякова, 25з
E-mail: burnish@inbox.ru

© **Уланов Александр Кимович**

кандидат сельскохозяйственных наук
старший научный сотрудник,
Бурятский научно-исследовательский институт сельского хозяйства
Россия, 670045, г. Улан-Удэ, ул. Третьякова, 25з
E-mail: burnish@inbox.ru

По результатам многолетних исследований на серой лесной почве в условиях микрополевого опыта представлена развернутая статистическая панорама изменения азотного фонда почвы под влиянием систематического внесения азота аммиачной (Na), нитратной (Nc) и медленнодействующей (Nmфу) форм удобрений с различиями в кинетике этого отклика, а равно в скорости формирования иммобилизованного пула азота в почве под их воздействием вкупе с статистиками урожая зерновых культур как результирующая функция изменения азотного статуса почвы. Установлено существенное увеличение содержания общего азота в почве при внесении азота удобрения с пролонгированным высвобождением в сравнении с легкорастворимыми формами азота удобрений. Различия в отклике азотного фонда почвы на отличный характер высвобождения азота из удобрений проявились в их кинетике, характеристики которой возрастали в ряду от медленнодействующей формы удобрений к быстрорастворимой: Nmфу ($k = 0.010$ в сутки) \rightarrow Na ($k = 0.026$ в сутки) \rightarrow Nc ($k = 0.034$ в сутки). Аналогичная панорама установлена по количественным и скоростным параметрам иммобилизации азота удобрения из медленнодействующей формы, показатели которых значимо превышали схожие оценки по размерам иммобилизации азота в почве и кинетическим характеристикам этого процесса.

Ключевые слова: статистика и кинетика изменений; мочевино-формальдегидное удобрение; азотный фонд почвы; серая лесная почва; иммобилизация азота удобрений; урожай зерновых культур.

Высокая эффективность внесения азотных удобрений под яровые зерновые культуры от ярко выраженных аридных режимов сухой степи до криоаридных мерзлотных ландшафтов представлена в целой серии фундаментальных работ (Будажапов, 2016; Budazharov, 2015; Гамзиков, 1981; Кореньков, 1976; Кудеяров, 1989; Семенов, 2015; Смирнов, 1982). При известной высокой результативности этих исследований, ряд позиций требуют детализации и расширения познания, а в отдельных случаях — наполнения в аспекте современных подходов к оценке их применения, в т. ч. на территориях с хрупкими почвами (Гамзиков, 1981; Кореньков, 1976; Кудеяров, 1989; Семенов, 2015; Giessler et al., 2010; Murphy, 2014), в т. ч. бассейна оз. Байкал (Гамзиков, 1981; Кореньков, 1976).

В этой связи, мотивация и результативность исследований, выстроенная на классических и перспективных методиках оценки с использованием методов изотопной индикации (^{15}N) в сочетании с вариационно-статистическим анализом представляется наиболее достоверной к общепризнанному тренду известных уже закономерностей. В конечном итоге это позволяет качественно расширить накопленный массив экспериментального материала и на этой основе корректировать и совершенствовать пласт исследований в этих оценках.

В этом смысле, ранее проведенные исследования, как правило, базировались на данных с привлечением традиционных легкорастворимых форм азотных удобрений при разовом и трехлетнем внесении (Гамзиков, 1981; Кореньков, 1976; Кудеяров, 1989), реже — систематическом и длительном (Будажапов, 2016; Budazharov, 2015; Гамзиков, 1981). Причем, оценка медленнодействующих азотных удобрений с пролонгированным высвобождением азота в почве оставалась вне этого поля, при несомненной их значимости для пополнения и поддержания очень низкого и низкого азотного фонда почв. Отсюда, актуальность диагностики изменения азотного фонда почв под влиянием азотных удобрений с разным характером высвобождения азота в силу отличной подвижности и трансформации в почвах с помощью методов изотопной индикации и математического моделирования представляется одним из приоритетных направлений. Современные подходы к азотным удобрениям направлены на более пролонгированное высвобождение азота в почве и адресное участие в пополнении азотного фонда почв и питании растений, благодаря особенностям их поведения в почвенной среде как условие реального повышения высокой эффективности их внесения.

Цель — выявить различия в действии легко- и медленно- растворимых азотных удобрений с разным характером высвобождения азота на пополнение азотного фонда почвы и урожай зерновых культур с применением методов изотопной индикации и математического моделирования.

Объекты и методы. Результаты исследований достигнуты в микрополевом опыте в сосудах без дна (30 x 30 x 40 см) на серой лесной почве с применением меченой ^{15}N соли мочевино-формальдегидного удобрения (Nmфу) с исходным обогащением 58.5-97.2 ат. % ^{15}N при содержании общего азота 38-42% с усвояемостью 52%, которую вносили систематически ежегодно весной перед посевом яровых зерновых культур в период 1996-2005 гг. В качестве сравнения вносили легкорастворимые меченые по ^{15}N азотные удобрения в виде сульфата аммония (Na) и натриевой селитры (Nc) с исходным обогащением 28.5-78.8 ат. % ^{15}N , которые имели стандартные характеристики и вносили весной ежегодно. По плодородию почва характеризовалась близкой к нейтральной реакцией среды, низ-

ким содержанием общего и нитратного азота, средней обеспеченностью подвижным фосфором и обменным калием при содержании гумуса $1.92 \pm 0.04\%$. Почвенные образцы отбирали перед закладкой опыта весной, после внесения меченых ^{15}N удобрений в динамике и осенью после уборки урожая, учет которого проводили в фазе полной спелости растений. Методика закладки, проведения наблюдений, оценка изотопного состава азота ^{15}N общепринятая (Кудеяров, 1989). Статистический анализ проводили по стандартным методикам, построение математических моделей — согласно программ Excel. Скоростные изменения азотного фонда почвы и процесса иммобилизации азота ^{15}N удобрений в почве представлены константой (k) скорости согласно экспоненциальной функции. Теория, характер и интерпретация кинетических оценок определяется ранее выдвинутой и реализованной биокинетической концепцией (Будажаров, 2016; Budazharov, 2015; Kleber et al.; Kogut, Semenov, 2014; Peterson et al., 2005; Semenov, Kogut, 2015).

Результаты и обсуждение. Достоверное увеличение общего азота в почве наблюдалось при систематическом внесении азотных удобрений, содержание которого во всех вариантах оценки оказалось значимо выше контрольного (без удобрений), особенно при внесении мочевины — формальдегидного удобрения и в среднем составило $0.116 \pm 0.06\%$, достигая в диапазоне доверительных величин 0.127% при относительно высокой устойчивости значений (табл.1).

В ряду азотных удобрений, наименьший эффект в увеличении общего азота в почве от систематического их применения установлен на варианте с внесением натриевой селитры ($\text{N}-\text{NO}_3$), содержание которого в среднем составило $0.104 \pm 0.02\%$ при узком диапазоне доверительных величин и не более 0.108% (табл.1).

Таблица 1

Статистики изменения общего азота в почве при систематическом внесении аммиачной, нитратной и медленнодействующей формы удобрений, %

Вариант опыта	Статистические показатели, 0-20 см (n = 16)				
	$M \pm m$	lim	σ	$M \pm tm$	V, %
1. контроль	0.098 ± 0.01	0.094 — 0.100	0.001	0.095 — 0.099	10.2
2. РК + N — NH_4	0.111 ± 0.03	0.104 — 0.117	0.003	0.106 — 0.116	2.7
3. РК + N — NO_3	0.104 ± 0.02	0.101 — 0.109	0.002	0.103 — 0.108	1.9
4. РК + N - Nmфy	0.116 ± 0.06	0.106 — 0.129	0.007	0.108 — 0.127	6.0

НСР₀₅ 0.004

Среди традиционных легкорастворимых удобрений более значимый отклик на увеличение общего азота в почве выявлен при ежегодном поступлении азота аммиачной формы удобрения ($\text{N} - \text{NH}_4$), содержание которого достоверно выше варианта с азотом нитратной формы ($\text{N} - \text{NO}_3$) и в среднем составило $0.111 \pm 0.03\%$ с более высокой величиной доверительного интервала — 0.116% (табл.1).

В этой панораме статистических оценок, значимое увеличение общего азота в почве под влиянием систематического внесения мочевины-формальдегидного азотного удобрения ($\text{N} - \text{Nmфy}$) обеспечивалось пролонгированным характером высвобождения азота в почве с широким диапазоном лимитов и доверительных границ в отличие от традиционных быстрорастворимых форм ($\text{N} - \text{NH}_4$, $\text{N} - \text{NO}_3$)

азота удобрений. Схожие оценки ранее получены в европейской части России в длительном опыте ЦОС ВИУА (Кореньков, 1976) и результатах зарубежных авторов (Hayes, 2006; Jansen et al., 2012; Jenkinson et al., 2004; Mahieu et al., 2000; Murphy, 2014; Schnitzer et al., 2006). Как следствие, отклик азотного фонда изучаемой почвы на поступление азота аммиачных и нитратных форм удобрений оказался менее позитивным в отличие от случая с длительным высвобождением азота в почве. Подобные данные выявлены в исследованиях европейской части (Кореньков, 1976; Кудеяров, 1989; Смирнов, 1982) и Сибири (Гамзиков, 1981; Кореньков, 1976; Кудеяров, 1989).

Фактологические заключения позитивного воздействия пролонгированного высвобождения азота из медленнодействующей формы удобрения в сравнении с легкорастворимыми формами азотных удобрений на изменение общего азота в почве подтвердились различиями в скоростных их характеристиках (табл.2).

При систематическом внесении медленнодействующей формы азота (N — Nmфу) константа скорости (k) значимого изменения общего азота в почве была в два-три раза ниже в отличие от легкорастворимых форм азота (N — NH₄ и N — NO₃) и составила k = 0.010 в сутки (табл.2). При этом, наибольшие кинетические значения выявлены в случае с внесением нитратного азота — k = 0.034 в сутки.

Последнее подтверждает и общепризнанную высокую лабильность N — NO₃ в цикле внутрипочвенной трансформации азота в системе почва — растение (Budazharov, 2015; Гамзиков, 1981; Кореньков, 1976; Кудеяров, 1989).

Таблица 2

Кинетические параметры изменения общего азота в почве, 0–20 см

Вариант опыта	Характер изменений	Модель изменений	k, в сутки
1. контроль	линейный, $y = a + bt$	$y = 0.097 + 0.0002 t$	–
2. РК + N – NH ₄	экспоненциальный $y = a e^{kt}$	$y = 0.106 e^{0.026 t}$	k = 0.026
3. РК + N – NO ₃		$y = 0.102 e^{0.034 t}$	k = 0.034
4. РК + N – Nmфу		$y = 0.104 e^{0.010 t}$	k = 0.010

Примечание. t — время, сутки; e — иррациональное число; k — константа скорости

В отличие от этих характеристик, на контроле (без удобрений) характер этих изменений аппроксимировался линейной зависимостью, отражая стабильное и устойчивое состояние азотного фонда почвы (табл.2). Отсюда, поступление азота удобрений провоцирует изменение энергетического статуса системы и приводит к возбуждению процессов, в т. ч. азотного фонда почвы (Будажапов, 2016; Budazharov, 2015; An et al., 2015; Giessler et al., 2010; Hartz et al., 2000; Murphy, 2014). В результате, характер этих изменений подчинялся функции экспоненты с различными кинетическими константами (k, в сутки), ранжирование которых возрастало в ряду изучаемых форм азота: Nmфу (k = 0.010) → Na (k = 0.026) → Nc (k = 0.034). Как следствие, пролонгированный характер высвобождения N — Nmфу с минимальными скоростными параметрами, в отличие от традиционных легкорастворимых форм удобрений (N-NH₄, N-NO₃), обеспечивал достоверное увеличение общего азота в почве (табл. 1).

В цикле превращений азота удобрений иммобилизованный пул азота в почвах служит ближайшим резервом пополнения азотного фонда почв, азотного питания

и барьером снижения негативных издержек их применения (Budazharov, 2015; Гамзиков, 1981; Кореньков, 1976; Смирнов, 1982).

По результатам оценки изотопного состава азота ^{15}N выявлены статистики закрепления азота ^{15}N удобрений почвенной микрофлорой, которые в отличие от легкорастворимых форм азота ^{15}N удобрений оказались наибольшими при ежегодном внесении медленнодействующей формы азота ($\text{N}-^{15}\text{Nmфy}$) и в среднем составили 230.5 ± 40.3 мг с высокой величиной варьирования, достигая в доверительном интервале максимального значения — 309.7 мг (табл.3).

Таблица 3

Статистики накопления иммобилизованного азота ^{15}N в почве, мг

Вариант опыта	Статистические показатели, 0-20 см (n = 8)				
	$M \pm m$	lim	σ	$M \pm tm$	V, %
1. РК + N — $^{15}\text{NH}_4$	123.8 ± 22.1	70.4 — 221.2	54.2	74.9 — 188.4	43.7
2. РК + N — $^{15}\text{NO}_3$	86.6 ± 12.6	46.1 — 162.7	30.8	51.8 — 120.4	35.5
3. РК + N — $^{15}\text{Nmфy}$	230.5 ± 40.3	92.9 — 358.2	98.7	105.1 — 309.7	42.8

НСР₀₅ 27.8

Формирование и накопление иммобилизованного потока азота в почве под аммиачной ($\text{N} - ^{15}\text{NH}_4$) и нитратной ($\text{N} - ^{15}\text{NO}_3$) формой удобрений было в 1.5–2 раза ниже, чем в случае с мочевино-формальдегидным удобрением ($\text{N} - ^{15}\text{Nmфy}$) и в среднем составило 123.8 ± 22.1 и 86.6 ± 12.6 мг соответственно с высокой вариабельностью и меньшей дисперсией (табл. 3). В этом проявлении оценок, возможности легкорастворимых форм азотных удобрений достоверно уступали медленно-растворимой форме, отражая низкий потенциал пополнения азотного фонда почвы традиционных туков. Схожие результаты в этой трансформации азота удобрений в линейке этих форм азотных удобрений в системе почва — растение выявлено ранее в результатах многолетних исследований (Будажаров, 2016; Гамзиков, 1981; Кудеяров, 1989; Hayes, 2006; Jenkinson et al., 2004).

Выявленные различия в содержании иммобилизованного азота ^{15}N удобрений в почве по формам удобрений (табл.3) проявились и в скоростных параметрах этого процесса, которые оказались также различными и имели специфические характеристики. Наиболее высокие кинетические параметры (k) проявились по азоту медленнодействующей формы удобрения ($\text{N} - ^{15}\text{Nmфy}$), где константа (k) скорости накопления иммобилизованного азота ^{15}N удобрений оказалась выше в сравнении с легкорастворимыми формами и достигала $k = 0.413$ в час (табл.4).

Таблица 4

Кинетика накопления иммобилизованного азота ^{15}N удобрений

Вариант опыта	Характер модели	Модель накопления	k, в час
1. РК + N — $^{15}\text{NH}_4$	экспоненциальный $y = a e^{k t}$	$y = 52.7 e^{0.367 t}$	k = 0.367
2. РК + N — $^{15}\text{NO}_3$		$y = 41.9 e^{0.348 t}$	k = 0.348
3. РК + N — $^{15}\text{Nmфy}$		$y = 80.4 e^{0.413 t}$	k = 0.413

Примечание. t — время, час; e — иррациональное число; k — константа скорости

Достигнутая панорама скоростных оценок накопления иммобилизованного азота ^{15}N удобрений в почве дает основание для ранжирования изучаемых форм по критерию различной их подвижности по константам (k) скорости (табл. 4).

В этом построении их ранжированный ряд возрастал в ряду: $N - {}^{15}NO_3$ ($k = 0.348$ в сутки) $\rightarrow N - {}^{15}NH_4$ ($k = 0.367$ в сутки) $\rightarrow N - {}^{15}Nmфy$ ($k = 0.413$ в сутки) и имел обратно пропорциональный порядок их ранжирования в кинетике изменения содержания общего азота в почве (табл.2). Следовательно, пролонгированный характер высвобождения азота медленнодействующей формы азота удобрения с низкими скоростными параметрами обеспечивал существенное увеличение общего (нативного) почвенного азота в сравнении с традиционными формами, а более высокая кинетика накопления иммобилизованного азота удобрений из медленнодействующей формы обеспечивало значимо высокое его пополнение.

Отсюда, характер изменения и пополнения азотного фонда этой почвы под влиянием различных по подвижности форм азотных удобрений имеет схожий характер и направленность с наибольшим эффектом по медленнодействующей форме в сравнении с традиционными легкорастворимыми формами удобрений.

Последнее подтверждает известные ранее результаты позитивного воздействия мочевино-формальдегидного удобрения в отношении азотного фонда почв (Кореньков, 1976; Смирнов, 1982).

На фоне позитивного отклика азотного фонда почвы на внесение мочевино-формальдегидного азотного удобрения в сравнении с легкорастворимыми формами, статистики урожая яровых зерновых культур складывались не столь однозначно, отражая в этом их проявлении комбинацию воздействий целого ряда изучаемых на результативный признак — урожай культур (табл.5).

Таблица 5

Статистики урожая яровых зерновых культур при внесении азота аммиачной, нитратной и медленнодействующей формы удобрения

Параметры оценки		Показатели оценки по вариантам опыта, г / сосуд (n = 12)			
		без удобрений	PK + Na	PK + Nc	PK + Nmфy
Яр. пшеница	M ± m	43.0 ± 3.2	119.3 ± 9.4	120.8 ± 8.3	112.8 ± 7.3
	lim	31.2 – 64.5	87.0 – 161.0	86.0 – 147.0	86.0 – 147.0
	σ	11.2	32.6	28.8	25.3
	M ± tm	35.9 – 50.0	98.6 – 139.9	102.5 – 139.1	96.7 – 128.9
	V, %	26.0	27.3	23.8	22.4
Ячмень	M ± m	73.1 ± 4.1	123.3 ± 7.1	145.0 ± 3.3	135.3 ± 4.6
	lim	56.1 – 90.2	101.0 – 155.0	128.0 – 152.0	121.0 – 157.0
	σ	14.1	24.6	11.4	15.8
	M ± tm	64.1 – 82.1	107.7 – 138.9	137.7 – 152.3	125.2 – 145.4
	V, %	19.3	19.9	7.9	11.6
Овес	M ± m	84.1 ± 4.6	147.0 ± 9.2	140.0 ± 9.5	124.3 ± 7.9
	lim	69.4 – 108.5	101.0 – 170.0	93.0 – 168.0	93.0 – 158.0
	σ	16.0	31.9	33.0	27.5
	M ± tm	73.9 – 94.2	126.8 – 167.2	119.1 – 160.9	106.9 – 141.7
	V, %	19.1	21.7	23.5	22.2

НСР₀₅ ячмень 19.2; овес 14.3; пшеница 15.2

Независимо от формы азотного удобрения, метеоусловий вегетационного периода и обеспеченности почвы подвижными формами азота, их внесение повсеместно обеспечивало значимое увеличение урожая зерновых культур (табл.5). При этом, доказанные различия при внесении медленнодействующей и традици-

онных легкорастворимых форм удобрений отсутствовали. Различия проявились лишь в диапазоне предельных (lim) и доверительных ($M \pm tm$) величин при общей для всех форм небольшой величине варьирования. Отсюда, эффективность удобрения с более медленным высвобождением азота (МФУ) по своему проявлению на урожай не уступала традиционным легкорастворимым формам удобрений при более высокой его значимости в поддержании азотного фонда почвы и обеспечения азотного питания растений.

Заключение. По результатам многолетних исследований в микрополевом опыте на серой лесной почве впервые представлена панорама изменения азотного фонда почвы как отклик на систематическое применение мочевино — формальдегидного удобрения с пролонгированным высвобождением азота, эффективность которого на урожай не уступала легкорастворимым формам — сульфат аммония и натриевая селитра. Мотивационным преимуществом этой медленнодействующей формы азотного удобрения служит позитивный эффект поддержания низкого азотного фонда почвы при сопоставимой эффективности на урожайность культур с меньшим риском проявления негативных издержек вследствие пролонгированного высвобождения азота.

Литература

- Будажаров Л. В. Кинетические характеристики цикла преобразований азотного удобрения в системе «почва — растение»: опыт, гипотеза и концепция // Вестник Бурятского государственного университета. Улан-Удэ, 2016. № 1. С. 29–32.
- Budazhapov L. V. Biokinetic conception of nitrogen transformation in harsh climates of cryogenic soils of Central Asia // Biosciences Biotechnology Research Asia. 2015. Vol. 12 (1). P. 287–293.
- Гамзиков Г. П. Азот в земледелии Западной Сибири. М.: Наука, 1981. 266 с.
- Кореньков Д. А. Агрохимия азотных удобрений. М.: Наука, 1976. 210 с.
- Кудяров В. Н. Цикл азота в почве и эффективность удобрений. М.: Наука, 1989. 216 с.
- Семенов В. М., Когут Б. М. Почвенное органическое вещество. М.: ГЕОС, 2015. 233 с.
- Смирнов П. М. Вопросы агрохимии азота (в исследованиях с ^{15}N). М.: ТСХА, 1982. 74 с.
- An T., Schaeffer S., Zhuang J. et al. Dynamics and distribution of ^{13}C -labelled straw carbon by microorganisms as affected by soil fertility levels in the Back Soil region of North — East China // Biology and Fertility Soils. 2015. V. 51. P. 605–613.
- Giessler D., Horwath W. R., Joergensen R. G., Ludwig B. Pathways of nitrogen utilization by soil microorganisms — A review // Soil Biol. Biochem. 2010. V. 42. P. 2058–2067.
- Hartz T.K., Mitchell J.P., Giannini C. Nitrogen and carbon mineralization dynamics of manures and composts // HortScience. 2000. V. 35. P. 209–212.
- Hayes M. H. B. Solvent systems for the isolation components from soils // Soil Sci. Soc. Am. J. 2006. V. 70. P. 986–994.
- Janzen H.H., Olson B.M., Zvomuya F., Larney F.J., Ellert B.H. Long — term field bioassay of soil quality // Prairie Soils and Crops J. 2012. V. 5. P. 165–168.
- Jenkinson D. S., Poulton P. R., Johnston A. E., Powlson D. S. Turnover of nitrogen — 15 — labelled fertilizer in old grassland // Soil Sci. Soc. Am. J. 2004. V. 68. P. 865–875.
- Kleber M., Nico P.S., Plante A. et. al. Old and stable soil organic matter is not necessarily chemically recalcitrant: implications for modelling concepts and temperature sensitivity // Global Change Biolog. 2010. (doi: 10.1111/j.1365-2486.2010.02278).
- Kogut B.M., Semenov V.M. Theoretical concepts about organic matter, humus, humic substances in soils and their adequate experimental determination // Biogenic — abiogenic interactions in natural and anthropogenic systems. V Intern. Symp. Saint Petersburg: VVM Publishing Ltd., 2014. P. 105–106.

Л. В. Будажапов, А. С. Билтуев, А. К. Уланов. Статистики и кинетика изменения азотного фонда почвы и урожая зерновых культур под воздействием азота ...

Mahieu N., Olk D. S., Randal E. W. Accumulation of heterocyclic nitrogen in humified organic matter: A ^{15}N — NMR study of lowland rice soils // *European J. Soil Sci.* 2000. V. 51. P. 379–389.

Murphy B. W. Soil organic matter and soil function — review of the literature and underlying data. Department of the Environment. Canberra. Australia, 2014. 155p.

Semenov V. M., Kogut B. M. The determination of soil organic matter functional pools by the data of long — term experiments // 60th Anniversary of Long — term Field Experiments in the Czech Republic. Book of Abstract and Proceedings of the International Conference. June 22-24. 2015. Prague: Vyzkumny ustav rostlinne vyroby, 2015. P. 109-112.

Schnitzer M., McArthur D. F. E., Schulten H.-R. et al. Long — term cultivation effects on the quantity and quality of organic matter in selected Canadian prairie soils // *Geoderma.* 2006. V. 130. P. 141–156.

STATISTICS AND KINETICS OF SOIL NITROGEN STATUS CHANGES AND YIELD OF GRAIN CROPS UNDER INFLUENCE OF SLOW SOLUBLE NITROGEN FERTILIZER

L. V. Budazhapov, A. S. Biltuev, A. K. Ulanov

Lubsan V. Budazhapov

DS in biology, professor, Chief researcher
Buryat research institute of agriculture
25z Tretyakov St., Ulan-Ude 670045, Russia

Alexander S. Biltuev

Cand. biological sciences, senior researcher
Buryat research institute of agriculture
25z Tretyakov St., Ulan-Ude 670045, Russia

Alexander K. Ulanov

Cand. agricultural sciences, senior researcher
Buryat research institute of agriculture
25z Tretyakov St., Ulan-Ude 670045, Russia

According to the results of long term researches in micro field experiments on grey forest soil represented unfold statistic panorama of soil nitrogen status change under influence of nitrogen annual applying of nitrate, ammonium and slow soluble fertilizers with differences in kinetic of this response. As well as in kinetic of formation nitrogen pool immobilization in soil with statistics assessment of grain crops yield as results function of soil nitrogen status change. Due to results the increase content of nitrogen in soil under influence of long-term soluble nitrogen fertilizer in comparison with quickly soluble forms of nitrogen fertilizers is established. Differences in response of soil nitrogen status on different of nitrogen liberation from fertilizers is represented in kinetic characteristics, which increased from long-term form to quickly soluble forms of nitrogen fertilizers: N slow soluble ($k = 0.010$ day) \rightarrow N ammonium form ($k = 0.026$ day) \rightarrow N nitrate form ($k = 0.034$ day). Similar panorama installed by quantitative and kinetic parameters of nitrogen immobilization from long — term nitrogen form where its indicators exceeded similar assessment for quickly soluble forms of nitrogen fertilizers for sizes and velocity this process in nitrogen cycle.

Keywords: statistic and kinetic change; urea — formaldegid fertilizer; soil nitrogen status; grey forest soil; immobilization of nitrogen fertilizer; yield of grain crops