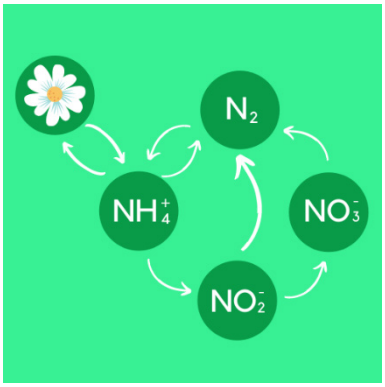
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«АГРОФИЗИЧЕСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ»

МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОГО НАУЧНОГО СЕМИНАРА
«ВЫЗОВЫ И ВОЗМОЖНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ АЗОТОМ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ»

ФГБНУ АФИ, САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, РОССИЯ
23 МАРТА 2021 Г.

PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL SCIENTIFIC SEMINAR
«CHALLENGES AND OPPORTUNITIES FOR N MANAGEMENT IN AGRICULTURE»

AGROPHYSICAL RESEARCH INSTITUTE,
ST. PETERSBURG, RUSSIA
MARCH 23, 2021



САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2021

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«АГРОФИЗИЧЕСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ»

МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОГО НАУЧНОГО СЕМИНАРА
«ВЫЗОВЫ И ВОЗМОЖНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ АЗОТОМ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ»

ФГБНУ АФИ, САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, РОССИЯ
23 МАРТА 2021 Г.

PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL SCIENTIFIC SEMINAR
«CHALLENGES AND OPPORTUNITIES FOR N MANAGEMENT IN AGRICULTURE»

AGROPHYSICAL RESEARCH INSTITUTE, ST. PETERSBURG, RUSSIA
MARCH 23, 2021

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2021

Материалы международного научного семинара **«Вызовы и возможности управления азотом в сельском хозяйстве»** ФГБНУ АФИ, Санкт-Петербург, Россия 23 марта 2021 г. – СПб.: ФГБНУ АФИ, 2021. – 84 с.

В сборнике представлены результаты научных исследований, посвященных вопросам управления азотом в сельском хозяйстве. В статьях предлагаются методики расчета бюджета азота, способы оценки выбросов азота из различных источников и эффективности его использования в разных системах землепользования, приводятся материалы по изучению цикла трансформации азота и по воздействию различных соединений азота на окружающую среду и составляющие агроэкосистем. Кроме того, представлены работы, оценивающие влияние сельскохозяйственных приемов на потери азота в разнообразных формах и обсуждающие экологические преимущества интеграции растениеводства и животноводства.

Организаторами семинара являются ФГБНУ АФИ и Экспертная группа по азоту стран Восточной Европы, Северного Кавказа и Центральной Азии в рамках Целевой группы по химически активному азоту UNECE.

ОТВЕТСТВЕННЫЕ ЗА ВЫПУСК:
БУЧКИНА Н. П.
ГУРОВА Т. А.

ISBN 978-5-905200-45-8 © ФГБНУ АФИ, 2021

ВЛИЯНИЕ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ НА НАКОПЛЕНИЕ НИТРАТОВ В ПОЧВЕ ПЕРЕД ПОСЕВОМ В УСЛОВИЯХ СУХОЙ СТЕПИ БУРЯТИИ

БИЛТУЕВ А. С., УЛАНОВ А. К.

ФГБНУ Бурятский НИИСХ, Улан-Удэ
sbiltuev@mail.ru; burnish@inbox.ru

Аннотация. В статье представлены материалы многолетних исследований влияния агротехнических приемов на накопление нитратного азота в каштановой почве в условиях Бурятии. Рассмотрены особенности накопления нитратов по различным предшественникам, распределение по профилю почвы и удаленности от парового поля, применения традиционных минеральных и органических удобрений. Показано дополнительные источники накопления нитратов путем вовлечения в севообороты донника и использование его на сидерат и кормовые цели. Донниковые пары стимулируют процессы нитрификации в почве и обеспечивают накопление нитратного азота на 10,5–15,8% больше, чем чистый пар.
Ключевые слова. Нитратный азот, зернопаровой севооборот, удобрения, донник.

Введение

Нитратный режим почв определяется содержанием органического вещества и условиями его минерализации. Особенностью азотного режима каштановых почв Бурятии являются его заметные колебания по годам. Как отмечают В. Б. Бохиев и др. (2008), в благоприятные по увлажнению годы в пару накапливается большее количество нитратов, которое удерживается на достаточно высоком уровне и под пшеницей следующего сильно засушливого года. В сильно засушливые года, когда влажность почвы снижается до мертвого запаса, накопления нитратного азота не происходит даже в пару.

Цель исследований – определить влияние вида пара и удобрений на накопление нитратов перед посевом культур в зернопаровом севообороте в аридных условиях Бурятии. В задачи исследований входило изучение:

1. Закономерности распределения нитратов по полям четырехпольного севооборота севооборота: чистый пар – пшеница – овес – овес на зеленую массу.
2. Действия вида парового поля (чистого, занятого и сидерального) и удобрений на содержание нитратов перед посевом культур.

Объекты и методы исследования

Состояние климата в регионе определяется от резко- до экстраконтинентального, где континентальность оценивается в пределах 85–90% (Куликов и др., 1997) при выраженной аридности и присутствие в почвах сезонной мерзлоты в сочетании с обилием солнечного света и отрицательными среднегодовыми температурами.

Почва опытного стационара каштановая мучнисто-карбонатная среднемощная супесчаная с неблагоприятными агрохимическими свойствами. Содержание и распределение азота в почве находится в прямой зависимости от количества гумуса. В пахотном слое почвы азота содержится 0,09%. Основные его запасы приходятся на верхний 0–40 сантиметровый слой – 80,8% от запасов в метровом слое. Периодические засухи, легкий гранулометрический состав

способствуют образованию гумусовых веществ, обогащенных азотом, отношение C:N составляет 8,4.

В МО-1 на неудобренном варианте изучались закономерности распределения нитратов в полях четырехпольного севооборота севооборота: чистый пар – пшеница – овес – овес на зеленую массу. В МО-2 определялось действие вида парового поля (чистого, занятого и сидерального) и удобрений на содержание нитратов в севооборотах: пар чистый – пшеница – овес – овес на з/м; пар занятый (донником) – пшеница – овес – овес на з/м; пар сидеральный (донник) – пшеница – овес – овес на з/м.

Результаты и обсуждение

Закономерности распределения нитратов в полях четырехпольного севооборота севооборота: чистый пар – пшеница – овес – овес на зеленую массу. Количество нитратного азота в почвах сильно варьирует в зависимости от интенсивности процессов нитрификации. В паровом поле, где создаются благоприятные условия нитрификации, происходит максимальное накопление нитратного азота, нежели по стерневым предшественникам. По данным Т. П. Лапухина, В. Б. Бохиева и др. (2008), А. С. Билтуева (2015), А. К. Уланова (2017), Л. В. Будажапова (2019) количество $N\text{-}NO_3$ в паровых полях возрастает от весны к июлю-августу и практически остается неизменным до осени, которое сохраняется до весны следующего года. Под зерновыми культурами содержание нитратного азота также динамично изменяется. При этом наряду с накоплением нитратного азота за счет текущей нитрификации одновременно происходит обеднение его запаса в результате потребления растениями и микроорганизмами, миграции и поверхностного стока при ливневых осадках.

Исследования, проведенные в 4-польном зернопаровом севообороте подтвердили вышеперечисленные закономерности. В среднем за 2002–2007 годы наибольшее накопление нитратов перед посевом культур севооборота происходило в верхнем 0–40 см слое почвы (таблица 1):

Таблица 1. Содержание и запасы нитратного азота перед посевом культур зернопарового севооборота (среднее за 2002-2007 гг.)

Культура севооборота	Слой почвы, см						
	0–20	20–40	40–60	60-80	80–100	0–40	0–100
	мг кг$^{-1}$					кг га$^{-1}$	
Пшеница	6,1 ± 1,8	5,0 ± 1,1	3,4 ± 1,1	3,0 ± 1,2	2,5 ± 1,0	33,2 ± 8,4	59,5 ± 17,8
Овес	3,0 ± 1,0	2,5 ± 0,8	2,4 ± 0,7	2,1 ± 0,8	2,0 ± 0,8	16,5 ± 5,4	37,0 ± 12,3
Овес на з/м	2,6 ± 0,8	2,4 ± 0,7	2,3 ± 0,8	2,0 ± 0,7	1,9 ± 0,6	15,1 ± 4,7	32,2 ± 11,3
$НСР_{05}$	2,20	2,15	0,95	0,92	0,88	14,50	17,54

В опыте отмечены достоверные различия содержания нитратов в пахотном и подпахотном горизонтах перед посевом культур севооборота. С глубины 40-60 см и вниз по профилю этот показатель выравнивается, что связано с резким снижением органического вещества в этих горизонтах и незначительной миграцией нитратов в условиях засушливого климата. Наибольшее содержание нитратов отмечалось перед посевом пшеницы по пару с тенденцией линейного снижения с глубиной с коэффициент линейной регрессии 0,92 мг кг$^{-1}$ на каждые 20 см почвы. Содержание нитратов при посеве второй и третьей культур было очень низким и практически одинаковым при показателях аналогичного коэффициента соответственно 0,24 и 0,18.

Действие вида парового поля (чистого, занятого и сидерального) и удобрений на содержание нитратов. В наших исследованиях также показано, что в разные по погодным условиям годы к моменту посева культур севооборотов накапливалось различное количество нитратов. В среднем наибольшее содержание нитратного азота перед посевом отмечалось по первой культуре после пара, затем по третьей и существенно ниже запасы нитратов перед посевом второй культуры по различным зерновым предшественникам (таблица. 2):

Таблица 2 – Влияние вида пара на содержание нитратного азота перед посевом культур зернопарового севооборота в слое 0-20 см почвы, мг кг$^{-1}$

Фон	Культура севооборота					
	первая		вторая		третья	
	M ± m	V, %	M ± m	V, %	M ± m	V, %
пар чистый - пшеница - овес - овес на з/м						
0	9,5 ± 1,2	51,5	5,0 ± 0,8	61,3	9,2 ± 1,5	60,4
N	13,7 ± 1,6	47,2	6,9 ± 1,1	59,5	11,8 ± 2,0	62,1
Навоз	14,7 ± 1,6	44,8	7,5 ± 0,9	43,6	14,2 ± 2,1	56,1
пар занятый (донником) - пшеница - овес - овес на з/м						
0	10,5 ± 1,4	51,7	6,5 ± 1,0	58,9	10,3 ± 1,5	55,3
N	16,0 ± 1,8	44,6	8,6 ± 1,4	58,8	13,1 ± 1,8	52,4
Навоз	15,8 ± 1,9	49,2	10,6 ± 1,3	47,6	16,7 ± 2,2	49,6
пар сидеральный (донник) - пшеница - овес - овес на з/м						
0	11,0 ± 1,4	49,4	6,7 ± 1,0	57,8	10,4 ± 1,6	58,2
N	15,5 ± 1,8	46,3	9,0 ± 1,4	56,9	13,0 ± 2,0	56,5
Навоз	16,2 ± 1,9	46,0	11,1 ± 1,3	42,8	16,5 ± 2,2	50,5
$НСР_{05}$	1,5		0,7		1,8	

В среднем за 1993-2008 годы по всем фонам удобрений отмечалось преимущество занятого и сидерального (донниковых) паров перед чистым по накоплению нитратного азота к моменту посева первой культуры севооборота в слое почвы 0-40 см. Так, если чистый пар в среднем по севооборотам к моменту посева первой культуры накопил на неудобренном фоне – 9,1 мг кг$^{-1}$ $N\text{-}NO_3$, на минеральном – 13,7 и органическом – 14,7 мг кг$^{-1}$, то занятые донниковые пары соответственно на 10,5%, 16,8 и 7,4% больше. Превышение на сидеральном пару составило соответственно 15,8%, 13,1% и 10,2%.

На накопление нитратного азота в почве к посеву второй культуры после пара оказывала последействие органическая масса донниковых паров. Так, в среднем за годы исследований содержание $N\text{-}NO_3$ на варианте без удобрений, перед посевом овса в севооборотах с донниковыми парами выше, чем в севооборотах с чистыми на 30,0–34,0%. Внесение в паровые поля удобрений оказывало заметное последействие на накопление нитратов к моменту посева второй культуры севооборота. Так, в среднем по севооборотам азотные удобрения, внесенные в паровое поле, обеспечивали повышение содержания нитратного азота по сравнению с вариантом без удобрений на 24,6–30,4%, а органические на 41,3–48,0%. Существенных различий по этому показателю между занятым и сидеральным донниковами поля не выявлено.

Перед посевом третьей культуры после пара четко проявлялось последействие органической массы подземной и надземной массы донника, а также минеральных и органических удобрений, внесенных в паровое поле. Увеличение содержания нитратного азота в занятом и сидеральном парах на момент посева замыкающей культуры севооборота относительно чистого составило на варианте без удобрений – 11,9 и 13,1%, на минеральном варианте – 11,0 и 10,1% и было наибольшим при внесении органических удобрений 17,6 и 16,2% соответственно.

Выводы

1. В сухой степи Бурятии под культурами зернопарового севооборота обеспеченность нитратным азотом, согласно действующих градаций, на момент посева по всем предшественникам низкая и очень низкая и требует обязательного применения азотсодержащих удобрений. Под зерновыми предшественниками содержание нитратов в почве на момент посева накапливается в 1,5-2 раза меньше по сравнению с чистым паром. Наибольшее накопление нитратов перед посевом культур севооборота происходит в верхнем 0-40 см слое почвы. По профилю почвы отмечается снижение запасов нитратного азота во всех полях севооборота.

2. Позитивное влияние на накопление нитратов оказывает внесение органических, минеральных и зеленых удобрений в паровые поля. Донниковые пары стимулируют процессы нитрификации в почве и обеспечивают накопление нитратного азота на 10,5-15,8% больше, чем чистый пар. При систематическом применении минеральных (азотных), органических и зеленых удобрений содержание нитратного азота значительно возрастает, хотя основные закономерности по предшественникам сохраняются.

Список литературы

Билтуев А.С., Лапухин Т.П., Будажапов Л.В. (2015) Климат, плодородие почв и продуктивность зерновых культур в аридных условиях Забайкалья: состояние и прогноз – Изд-во БГСХА им. В.Р. Филиппова, Улан-Удэ. 141 с.

Бохиев В.Б., Батудаев А.П., Лапухин Т.П., Уланов А.К. (2008) Научные основы систем земледелия Бурятии – Изд-во БГСХА им. В.Р. Филиппова, Улан-Удэ. 480 с.

Куликов А.И., Дугаров В.И., Корсунов В.М. (1997) Мерзлотные почвы: Экология, теплоэнергетика и прогноз продуктивности – Изд-во БНЦ СО РАН, Улан-Удэ. 312 с.

Уланов А.К. (2017) Агротехника и нитратный азот каштановой почвы в зернопаровых севооборотах сухой степи Бурятии // Агрохимикаты в XXI веке – Изд-во Нижегородская ГСХА, Нижний Новгород. С. 283-287.

Будажапов Л.В. (2019) Биокинетический цикл азота и оборот азотных пулов – Изд-во ВНИИА, М. 288 с.

INFLUENCE OF AGROTECHNICAL METHODS ON THE ACCUMULATION OF NITRATES IN THE SOIL BEFORE SOWING IN THE CONDITIONS OF THE DRY STEPPE OF BURYATIA

BILTUEV A. S., ULANOV A. K.
FGBNU Buryat Research Institute of Agriculture, Ulan-Ude
sbiltuev@mail.ru; burnish@inbox.ru

Abstract. The article presents the materials of long-term studies of the influence of agrotechnical methods on the accumulation of nitrate nitrogen in chestnut soil in the conditions of Buryatia. The features of the accumulation of nitrates by various precursors, the distribution along the soil profile and distance from the fallow field, the use of traditional mineral and organic fertilizers are considered. Additional sources of nitrate accumulation are shown by involving sweet clover in crop rotations and using it for green manure and forage purposes. Melilot fallow stimulates the processes of nitrification in the soil and ensures the accumulation of nitrate nitrogen by 10,5-15,8% more than pure fallow.

Keywords. Nitrate nitrogen, grain-fallow crop rotation, fertilizers, sweet clover.

МИНЕРАЛЬНЫЕ УДОБРЕНИЯ И ОРОШЕНИЕ – ФАКТОРЫ РАЗРУШЕНИЯ ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ И УСИЛЕНИЯ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ

БОИНЧАН Б. П., СТАДНИК С. С., ЧЕБАНУ Д. П., МАРТЯ М. П.

Научно-исследовательский институт полевых культур «Селекция»,
Бельцы, Республика Молдова
bboincean@gmail.com

Аннотация: Минеральные удобрения и орошение в длительных опытах на черноземах Бэлцкой степи способствуют росту урожайности культур севооборота, но ускоряют процессы разложения органического вещества, почвы и, следовательно, усиливают глобальное потепление. Коэффициент использования азота из минеральных удобрений не превышает 1/3 от внесенного количества, а потери азота в виде окислов азота в ещё большей степени, чем углекислый газ от минерализации органического вещества почвы, усиливают процессы глобального потепления.

Ключевые слова: минеральные азотные удобрения; орошение; почвенное плодородие; глобальное потепление; коэффициент использования азота.

Введение

Минеральные удобрения, орошение, отвальная вспашка плугами с предплужниками, пестициды наравне с новыми сортами и гибридами, являются наиболее мощными факторами интенсификации современного земледелия. Их применение было нацелено преимущественно на рост урожайности культур. Только недавно было осознано и экспериментально доказано их отрицательное влияние на плодородие почвы, особенно в условиях глобального потепления. Первоначальный рост урожайности культур сменился на их стабилизацию и снижение за последние 20-25 лет.

Длительные опыты по изучению различных систем удобрений и орошения в севообороте на Типичном Черноземе в Бельцкой степи, на протяжении 50 лет, подтвердили рост невосполненных минерализационных потерь органического вещества почвы под воздействием минеральных удобрений и орошаемой воды (Boincean, Dent, 2019). Аналогичные данные приводит Mulvaney с соавторами при обобщении результатов длительных опытов с удобрениями во всем мире (Mulvaney и др., 2009).

Несмотря на вносимые минеральные удобрения, доля почвенного плодородия в формировании урожайности культур остается очень высокой (от 80 до 95%), что в условиях недостаточного восполнения минерализационных потерь органического вещества почвы приводит к снижению почвенного плодородия.

Объекты и методы исследования

Исследования проводятся в НИИ Полевых культур «Селекция» (г. Бельцы, Республика Молдова) с 1970 года в длительных опытах, с разными системами удобрений и орошения в севообороте, на типичном черноземе Бельцкой степи.

Изучение систем удобрений проводится в 6-польном севообороте со следующим чередованием культур: вико-овсяная смесь на зеленую массу – озимая пшеница – сахарная свекла – кукуруза на зерно – яровой ячмень – подсолнечник. Сравниваются четыре системы удобрения почв в севообороте:

- абсолютный контроль (без удобрений)
- минеральные удобрения (NPK1; NPK2 и NPK3)
- органо-минеральные удобрения (10 и 15 т га$^{-1}$ навоза + NPK1; NPK2 и NPK3)
- органическая система удобрений (15 тонн навоза на гектар севооборотной площади)

Удобрения вносятся под четыре культуры севооборота. Смесь вики с овсом на зеленую массу и яровой ячмень используют последействие удобрений в севообороте. Площадь опытной делянки 242 м^2 (5,6 м х 43,2 м). Повторность опыта четырехкратная.

В другом длительном опыте изучаются три системы удобрения на фоне орошения и без орошения в 6-польном севообороте: люцерна первого года жизни – люцерна второго года жизни – люцерна третьего года жизни – озимая пшеница – сахарная свекла – кукуруза на зерно. Система удобрения в севообороте состоит из: 1. абсолютного контроля (без удобрений); 2 – органической системы удобрений (внесение 80 т га$^{-1}$ компостированного навоза под сахарную свеклу); 3 – органо-минеральной системы удобрений (внесение 80 т га$^{-1}$ компостированного навоза под сахарную свеклу + N60P90K40 кг д.в. га$^{-1}$ под озимую пшеницу и N70P90K60 кг д.в. га $^{-1}$ под сахарную свеклу). Источником орошаемой воды является артезианская вода с глубины 117 метров.

Площадь опытной делянки от 200 до 400 м^2, площадь учетной делянки 50–100 м^2. Повторность опыта трехкратная.

Результаты и обсуждение

В качестве примера приведем экспериментальные данные по эффективности использования азота озимой пшеницей, полученные в длительном опыте по изучению различных систем удобрений в севообороте, заложенном в 1970 года на типичном черноземе в Бэлцкой степи (табл. 1).

Таблица 1. Эффективность использования азота из минеральных удобрений озимой пшеницей в длительном опыте по изучению различных систем удобрений в севообороте, средняя за 1970-2020 годы, НИИ Полевых Культур «Селекция» (г. Бельцы, Республика Молдова)

Система удобрений в севообороте	Прибавка в урожайности, т га$^{-1}$	Вынос азота прибавкой урожая, кг га$^{-1}$	Азот, внесенный с мин. удобрениями, кг га$^{-1}$	Коэффициент использования азота, %	Компенсация общего выноса азота из мин. удобрений, %	Доля почв. плодородия в формировании урожая, %
Контроль (без удобрений)	-	-	-	-	-	100,0
NPK_1	0,72	18,58	60,0	31,0	14,8	85,2
NPK_2	0,91	23,48	90,0	26,1	18,2	82,0
NPK_3	1,16	29,93	120,0	24,9	21,9	78,1
15 т га$^{-1}$ навоза + NPK_1	1,15	29,67	60,0	49,5	21,7	78,3
15 т га$^{-1}$ навоза + NPK_2	1,16	29,93	90,0	33,3	21,9	78,1
15 т га$^{-1}$ навоза + NPK_3	1,24	31,99	120,0	26,7	23,1	77,0
15 т га$^{-1}$ навоза	1,09	28,12	0	-	-	79,2

По соотношению дополнительного выноса азота прибавкой урожая и количества внесенного азота с внесенными дозами азотных удобрений, определили коэффициенты использования азота из минеральных удобрений. Коэффициенты использования азота из

минеральных удобрений при увеличении доз азотных удобрений от 60; 90 до 120 кг д.в. га$^{-1}$ составили 31,0; 26,1 и 24,9%, соответственно. Коэффициент использования азота из минеральных удобрений растет на фоне их совместного внесения с 15 тоннами на гектар севооборотной площади навоза (последействие навоза в севообороте), составив: 49,5; 33,3 и 26,7%, соответственно.

Азот, внесенный с минеральными удобрениями, компенсирует всего лишь 14,8-21,9% от общего количества вынесенного азота с урожаем озимой пшеницы при минеральной системе удобрений и 21,7-23,1% при органо-минеральной системе удобрений. Следовательно, остальное количество азота растения получают за счет разложения органического вещества почвы. Тем самым, доля почвенного плодородия в формировании урожайности озимой пшеницы, независимо от применяемых систем удобрений, составляет 77,0-85,2%. На фоне отдельного внесения органических удобрений, доля почвенного плодородия в формировании урожайности составила 79,2%. Очевидно, что дополнительное внесение минеральных удобрений на фоне органических удобрений в севообороте не приводит к существенному росту урожайности озимой пшеницы по сравнению с отдельным внесенным органических удобрений.

Аналогичные тенденции сохраняются и для других культур в севообороте. К примеру:

- для сахарной свеклы, доля почвенного плодородия в формировании урожайности корнеплодов на фоне внесения возрастающих доз минеральных удобрений составила 81,6; 73,3 и 73,2%, соответственно. На фоне совместного внесения органических удобрений в дозе 15 т га$^{-1}$ севооборотной площади и возрастающих доз минеральных удобрений этот показатель составил – 68,9-71,4%, а при отдельном внесении органических удобрений 69,7%.

- для кукурузы на зерно, доля почвенного плодородия в формировании урожайности зерна на фоне внесения возрастающих доз минеральных удобрений, составила 86,3-87,5%. На фоне совместного внесения органических удобрений в дозе 15 т га$^{-1}$ севооборотной площади и возрастающих доз минеральных удобрений этот показатель составил 86,1-88,9%, а при отдельном внесении органических удобрений 88,1%.

- для подсолнечника, доля почвенного плодородия в формировании урожайности семян на фоне внесения возрастающих доз минеральных удобрений составила 94,4-92,2%. На фоне совместного внесения органических удобрений в дозе 15 т га$^{-1}$ севооборотной площади и возрастающих доз минеральных удобрений этот показатель составил 88,2-90,5%, а при отдельном внесении органических удобрений – 88,9%.

Наравне с нерациональными потерями азота, ввиду низкого коэффициента использования азота из минеральных удобрений, остальные 2/3 теряются в виде окислов азота, которые в большей степени способствуют глобальному потеплению, чем углекислый газ или вымываются в виде нитратов в грунтовые воды. К тому же, внесенный в почву азот с минеральными удобрениями усиливает разложение органического вещества почвы. Так, потери азота за 50 лет ведения опыта, составили по сравнению с исходными запасами, в слое почвы 0-100см на фоне: NPK1 – 3660 кг га$^{-1}$; NPK2 – 4350 и NPK3 – 4240 кг га$^{-1}$.

Внесенное количество азота с минеральными удобрениями превысило реально вынесенное количество азота прибавками урожаев за 50 лет на фоне: NPK1 – 299,0; NPK2 – 736,5 кг и NPK3 – 1331,8 кг га$^{-1}$. Тем самым, общее количество потерянного азота на фоне минеральной системы удобрения в севообороте составило: NPK1 – 3959,0 кг га$^{-1}$; NPK2 – 5086,5 кг га$^{-1}$ и NPK3 – 5571,8 кг га$^{-1}$.

Потери азота из минеральных удобрений сокращаются значительно на фоне их совместного внесения с органическими удобрениями 15 т га$^{-1}$ навоза и составили (в кг га$^{-1}$):

–1639,4;

– 2964,7;

– 2185,0.

Меньше всего потеряно азота при отдельном внесении органических удобрений.

Орошение также способствует усилению процессов разложения органического вещества почвы. Несмотря на наличие 50% люцерны в структуре севооборота, при ежегодном внесении 13,3 тонн навоза на гектар севооборотной площади, потери органического вещества почвы (по углероду) из слоя 0-100см составило на неудобренном фоне – 931,4 кг га$^{-1}$, а на удобренном фоне – 656,6 кг га$^{-1}$.

Потери углерода из слоя почвы 0-40 см, на неудобренном фоне, составили – 421,6 кг га$^{-1}$ или 45,3%, а для удобренного фона – 223,1 кг га$^{-1}$. Тем самым, на удобренном фоне происходит снижение запасов органического вещества почвы в слое 40-100см на 65,8%, что представляет опасность в засушливые годы из-за меньшей потенциальной способности накапливать влагу в более глубоких слоях почвы.

Количество внесенного азота с минеральными и органическими удобрениями за 50 лет в длительном опыте с применением орошения (4983,0 кг га$^{-1}$) превысило на 528,8 кг га$^{-1}$ количество вынесенного азота с урожаем, что могло быть потеряно в виде окислов азота в атмосферу или в виде нитратов путем их вымывания в грунтовые воды. Потери азота были меньше в условиях отсутствия орошения – 197,5 кг га$^{-1}$.

Выводы

1. Коэффициент использования азота культурами севооборота из минеральных удобрений составляет до 30%, а остальное количество теряется в виде окислов азота, усиливая парниковый эффект или вымывается в виде нитратов, загрязняя грунтовые воды.

2. Азот, используемый растениями из минеральных удобрений, компенсирует всего лишь – 14–23% от общего количества вынесенного азота растениями, а остальное количество вынесенного азота компенсируется за счет минерализации органического вещества почвы.

3. Доля почвенного плодородия в формировании урожайности культур колеблется от 76,0 до 94,0%, независимо от применяемых систем удобрений в севообороте.

4. Дополнительное внесение минеральных удобрений на фоне органических удобрений в севообороте не меняет долю почвенного плодородия в формировании урожайности культур.

5. Минеральные удобрения и орошение черноземов усиливают разложение органического вещества почвы, способствуя глобальному потеплению.

Список литературы

Boincean B., Dent D. (2019) Farming the Black Earth. Sustainable and Climate-Smart Management of Chernozem Soils. Springer, 226 p.

Mulvaney R.L., Khan S.A., Ellsworth T.R. Synthetic nitrogen fertilizers deplete soil nitrogen: a global dilemma for sustainable cereal production // Journal of Environmental Quality. Vol. 38: 2295-2314.

MINERAL FERTILIZERS AND IRRIGATION ARE CONTRIBUTING TO INCREASING THE DECOMPOSITION OF SOIL ORGANIC MATTER AND GLOBAL WARMING

BOINCEAN B. P., STADNIC S. S., CEBANU D. P., MARTEA M. P.

Research Institute of Field Crops "Selectia", Balti, Republic of Moldova
bboincean@gmail.com

Abstract. Nitrogen from mineral fertilizers is increasing the emission of greenhouse gasses because of low nitrogen use efficiency and high emissions of nitrogen oxides. Simultaneously, fertilizer application results in increasing rates of soil organic matter decomposition and in carbon dioxide emission. The dominant role of soil fertility in yield formation is emphasizing the importance of soil fertility restoration for sustainable development of agriculture.

Key words: soil organic matter, soil fertility, nitrogen use efficiency, crop rotation, global warming.

ОЦЕНКА ВЫБРОСОВ N_2O ОТ СЕКТОРА СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ВЕРТЯНКИНА В. Ю.

ФГБУ «Институт глобального климата и экологии имени академика Ю.А. Израэля», Москва
victoria_vert@mail.ru

Аннотация. В работе рассматриваются выбросы закиси азота от аграрного сектора на территории Российской Федерации за период с 1990 по 2019 гг. Результаты проведённых исследований показали, что в 2019 году суммарные выбросы парниковых газов от аграрного сектора Российской Федерации составили 116 167 тыс. тонн CO_2-экв., что соответствует 53,1 % уровня 1990 года (247 492 тыс. тонн CO_2-экв.). Вклад закиси азота в 2019 году в общие сельскохозяйственные выбросы составил 88,5%. К наиболее значимым источникам в аграрном секторе Российской Федерации относятся прямой выброс закиси азота от сельскохозяйственных почв, в 2019 году он составил 53304 тыс. тонн CO_2-экв.

Ключевые слова. Сельское хозяйство, парниковые газы, закись азота, изменение климата.

Введение

В последнее время среди основных факторов, оказывающих воздействие на глобальное изменение климата, отмечают результат антропогенной деятельности, которая приводит к выбросам парниковых газов (IPCC, 2014). Согласно Рамочной конвенции ООН об изменении климата (РКИК) (РКИКООН, 1992) выбросы основных парниковых газов (двуокиси углерода – CO_2, метана – CH_4, закиси азота – N_2O и др.) подлежат обязательной ежегодной инвентаризации во всех странах-участницах РКИК, включая Российскую Федерацию. Эти требования подтверждены и в тексте Парижского соглашения (Парижское соглашение, 2015). Среди основных источников выбросов парниковых газов, таких как CH_4 и N_2O в сельском хозяйстве являются: внутренняя ферментация домашних животных, системы сбора, хранения и использования навоза и птичьего помета, рисовые поля, прямые и косвенные эмиссии N_2O от сельскохозяйственных почв. В данной работе приводится оценка выбросов N_2O за период с 1990 по 2019 гг. от аграрного сектора в соответствии с национальной отчетностью в рамках РКИК.

Объекты и методы исследования

Для оценки выбросов парниковых газов в секторе сельское хозяйство нами были применены методы расчетного мониторинга, которые используются при составлении отчетности РФ в соответствии с требованиями РКИК ООН (МГЭИК,2006) с учетом национальных коэффициентов и пересчетных параметров (Национальный доклад Российской Федерации, 2020; Романовская, Имшенник,2016; Романовская, 2008 a, b).

Для оценки выброса N_2O от систем сбора, хранения и использования продуктов жизнедеятельности животных и птицы было определено годовое поглощение азота животными с кормом и фракция удержания азота в теле животного. Коэффициент удержания азота для КРС (без коров) был рассчитан с использованием национальных данных согласно методическим рекомендациям МГЭИК, для коров и свиней значения коэффициентов были взяты по умолчанию и равны 0,2 и 0,3 (кг удержанного N гол$^{-1}$ год$^{-1}$) / (кг потребляемого N гол$^{-1}$ год$^{-1}$) соответственно (МГЭИК, 2006). Годовые потоки азота от подкатегорий птицы определялись по “Общесоюзным нормам технологического проектирования систем удаления и подготовки к использованию

навоза” (ОНТП 17-81), в которых приведены средние нормы выхода и содержание азота в птичьем помете в пересчете на сухое вещество экскрементов.

Расчет прямого выброса N_2O от внесенных минеральных азотных удобрений на черноземах и дерново-подзолистых почвах выполнялся с использованием уточненных национальных коэффициентов (Романовская, 2008а), которые были получены на основе анализа данных литературы по определению газообразных потерь азота в виде N_2O в полевых и лабораторных опытах на разных типах почв. Коэффициенты выброса N_2O от минеральных удобрений для черноземов и дерново-подзолистых почв составляют 1,26 и 2,38% от внесенного азота соответственно. Газообразные потери N_2O для других типов почв определяли по коэффициенту, рекомендованному МГЭИК – 1,0%. Количество азота растительных остатков, поступающего в сельскохозяйственные почвы аграрного сектора, оценивалось в соответствии с разработанной национальной методикой (Романовская, Гитарский, 2002) на основе регрессионных уравнений расчета количества остатков разных культур (Левин, 1977). Количество азота навоза и помета, вносимых в пахотные почвы (с учетом азота подстилки) и оставленных пастбищными животными на пастбищах оценивалось на основе поголовья сельскохозяйственных животных и птицы и коэффициентам выхода азота, а также с учетом потерь азота при хранении навоза. Используемый коэффициент выброса N_2O при минерализации органического вещества органогенных почв соответствует 7 кг $N\text{-}N_2O$ с площади одного гектара за год (Павлик,2012). Выбросы N_2O при минерализации почвенного органического вещества в минеральных почвах оценены при помощи коэффициента 0,01 кг $N\text{-}N_2O$ на кг минерализованного азота (МГЭИК,2006).

При расчете общего выброса N_2O в аграрном секторе России учитывался также выброс, образованный в результате вторичных превращений антропогенных азотных соединений (при вымывании и выносе азота с полей, а также при атмосферных выпадениях азотсодержащих веществ – NO_x и NH_3). Средние значения коэффициентов выброса N_2O, образующегося при данных процессах, взяты из методики МГЭИК – 0,01 кг $N\text{-}N_2O$ кг$^{-1}$ N эмиссий NH_3 и NO_x и 0,0075 кг $N\text{-}N_2O$ кг$^{-1}$ вымываемого из почвы N (МГЭИК,2006). Доля азота, которая теряется с поверхностным и внутрипочвенным стоком из сельскохозяйственных почв равна 30% (МГЭИК,2006).

Пересчет величин выбросов CH_4 и N_2O в единицы CO_2 эквивалента производятся с помощью соответствующих коэффициентов глобального потепления – 25 для CH_4 и 298 для N_2O.

Результаты и обсуждение

Выбросы N_2O от систем сбора, хранения и использования навоза и птичьего помета.

Прямые выбросы N_2O от систем сбора, хранения и использования навоза и птичьего помета происходят в ходе комбинированного процесса нитрификации-денитрификации содержащегося в навозе азота (МГЭИК, 2006). Количество выброса N_2O от навоза во время его хранения и обработки зависит от содержания азота и углерода в навозе, а также продолжительность хранения и типы обработки. Выбросы N_2O из систем обработки навоза требуют присутствия либо нитратов, либо нитритов в анаэробной среде при предварительных аэробных условиях, необходимых для образования окисленных форм азота. Также необходимо соблюдение условий, препятствующих восстановлению N_2O до N_2, такие как, низкие значения pH или ограниченная влажность. В 2019 году прямые выбросы N_2O от систем хранения навоза в твердом виде составили 12,14 тыс. тонн, а от жидких систем – 3,32 тыс. тонн.

Выбросы N_2O от сельскохозяйственных земель.

В России аграрный сектор относится к ведущим источникам антропогенного выброса N_2O в атмосферу. Основной вклад в общие национальные выбросы N_2O дают сельскохозяйственные

земли, включая обрабатываемые торфяные почвы. Прямой выброс N_2O из сельскохозяйственных почв в 2019 г. соответствовал 76,5% общего выброса закиси азота от сектора сельского хозяйства (рисунок 1).

Значения косвенного выброса закиси азота в 2019 году составляют 7,55 тыс. тонн N_2O от атмосферных выпадений и 21,63 тыс. тонн N_2O в результате вымывания соединений азота из почв.

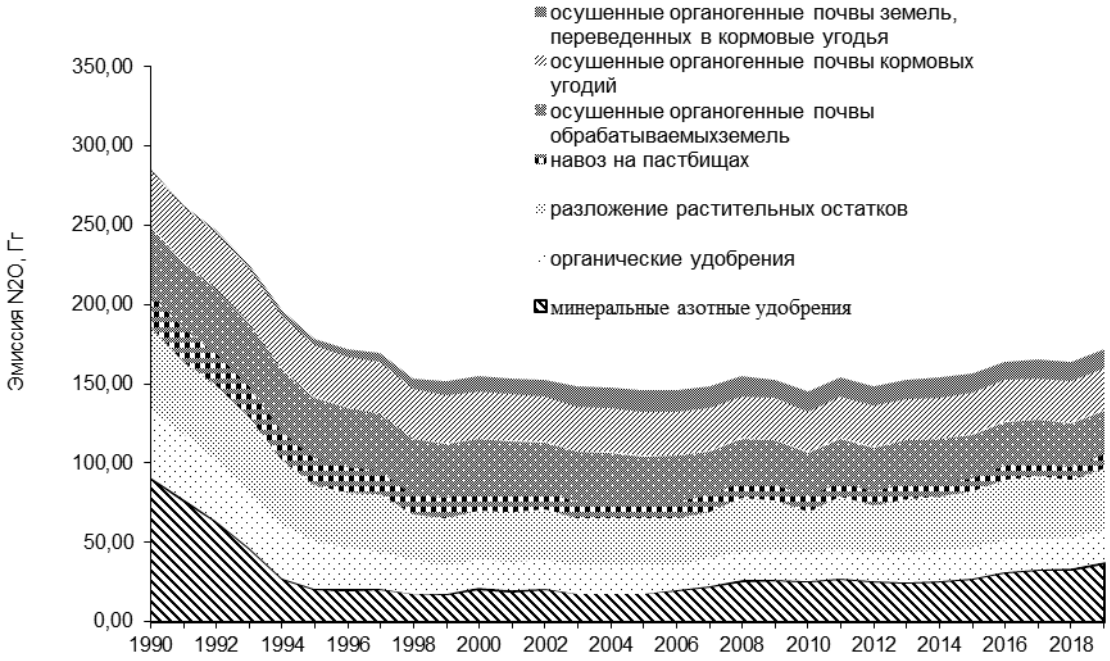


Рис. 1. Прямой выброс N_2O от сельскохозяйственных земель Российской Федерации за исключением выбросов в результате минерализации азота

Выводы

В 2019 году вклад закиси азота (N_2O) в общие сельскохозяйственные выбросы составил 88,5%. Прямой выброс закиси азота от сельскохозяйственных почв (53304 тыс. тонн CO_2-экв.) относится к наиболее значимым источникам в аграрном секторе Российской Федерации. В течение периода с 1990 г. прямой выброс закиси азота от сельскохозяйственных земель сократился на 37,5 %. Снижение выбросов парниковых газов связано с уменьшением поголовья сельскохозяйственных животных в аграрном секторе страны, а также сокращением посевных площадей в стране и норм вносимых минеральных удобрений, как результат экономических преобразований аграрного сектора и страны в целом.

Список литературы

Левин Ф.И. (1977). Количество растительных остатков в посевах полевых культур и его определение по урожаю основной продукции // Агрохимия. № 8. С. 36-42.

МГЭИК (2006). Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов МГЭИК 2006 года. Программа МГЭИК по национальным кадастрам парниковых газов. Под ред. Игглестон Х.С., Буэндиа Л., Мива К., Нгара Т. Танабе К. Япония: ИГЕС. Т. 4. Часть 1. Часть 2.

Национальный доклад Российской Федерации о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом за 1990 – 2018 гг. М. 2020. 472 с.

ОНТП 17-81. Общесоюзные нормы технологического проектирования систем удаления и подготовки к использованию навоза и помета. М., Колос, 1983, 32 с.

Павлик С.В. (2012). Оценка эмиссии парниковых газов из сельскохозяйственных почв при использовании различных агротехнологий: Автореф. дис. канд. биол. наук. СПб: ГНУ Агрофизический НИИ РАСХН. 29 с. Парижское соглашение. Женева: ООН. 2015. 30 с.
http://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/russian_paris_agreement.pdf

РКИКООН, 1992. UNFCCC. United Nation Framework Convention on Climate Change. – UNEP/IUC, 1992, 29 p.

Романовская А. А., Имшенник Е. В., Карабань Р. Т., Смирнов Н. С., Коротков В. Н., Трунов А.А. Выбросы короткоживущих активных веществ антропогенного происхождения на территории России за период с 2000 до 2013 годы // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем, 2016. № 1, том. 27. С. 27–48.

Романовская А.А. Выбросы метана и закиси азота в аграрном секторе России. Метеорология и гидрология. 2008a, №2, С. 87-97.

Романовская А.А. Оценка антропогенной эмиссии метана в животноводстве России в 1990-2004гг. Сельскохозяйственная биология. 2008b, №6, С. 59-65.

Романовская А.А., Гитарский М.Л., Карабань Р.Т., Назаров И.М. Оценка эмиссии закиси азота от неутилизируемой в аграрном секторе страны мортмассы сельскохозяйственных растений. В сб.: Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – СПб., Гидрометеоиздат, 2002, 18, С. 276-286.

IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

ASSESSMENT OF EMISSION OF N2O FROM THE AGRICULTURE SECTOR IN RUSSIAN FEDERATION

VERTYANKINA V. YU.

Yu. A. Izrael Institute of Global Climate and Ecology, Moscow, Russia
victoria_vert@mail.ru

Abstract. The paper considers the emissions of nitrous oxide from the agricultural sector in the territory of the Russian Federation for the period from 1990 to 2019. The results of the conducted studies showed that in 2019, the total greenhouse gas emissions from the agricultural sector of the Russian Federation amounted to 16,167 thousand tons of CO_2-eq., which corresponds to 53.1% of the 1990 level (247,492 thousand tons of CO_2-eq.). In 2019, the contribution of nitrous oxide to total agricultural emissions was 88.5%. The most significant sources in the agricultural sector of the Russian Federation are the direct emission of nitrous oxide from agricultural soils of 53,304 thousand tons of CO_2-eq.

Keywords. agriculture, climate change, greenhouse gases, nitrous oxide.

СПОСОБЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОТОКОВ НИТРАТОВ В ОВОЩНЫХ АГРОЦЕНОЗАХ

ВОЛКОВА Е. Н.

ВШТЭ СПбГУПТД, г. Санкт-Петербург;
ele-ven@yandex.ru

Аннотация. Нитраты являются одним из центральных звеньев азотного цикла. В серии опытов в овощных агроценозах изучали различные способы регулирования поступления нитратов в растения без снижения урожайности. Установлена эффективность ингибиторов нитрификации, бактериальных препаратов, добавления микроэлементов. На обширном экспериментальном материале показаны значительные генотипические различия по накоплению нитратов морковью, редисом, салатом и другими овощными культурами.

Ключевые слова. Овощные культуры, нитраты, ингибиторы нитрификации, сорта, ризосферные азотфиксирующие бактерии.

Введение

В процессе сельскохозяйственной и промышленной деятельности человека происходит интенсивное вовлечение в природный биогеохимический цикл биологического и технического азота и увеличение скорости потоков неорганического азота.

Нитраты, соли азотной кислоты, являются одним из центральных звеньев азотного цикла. Нерациональное применение азотных минеральных удобрений в растениеводстве может приводить к загрязнению нитратами грунтовых вод, усилению газообразных потерь азота вследствие денитрификации и избыточному накоплению в растениях, ухудшающему их потребительскую ценность. Вместе с тем, аккумуляция растениями нитратов является биогеохимическим барьером в их миграции в сопредельные с агроценозом среды (Осипов, 2001). Так же, как ионы аммония, нитраты являются важным и необходимым источником азотного питания овощных растений, большинство видов которых являются нитрофилами. Содержание нитратов в овощах выше регламентируемых санитарно-гигиенических нормативов ограничивает их использование, как продуктов питания.

Объекты и методы исследования

В наших многолетних микрополевых и полевых опытах, проведенных в вощных агроценозах изучался широкий спектр вопросов, связанных с регулированием потоков нитратов. Опыты проводились на дерново-подзолистой хорошоокультуренной почве по общепринятым методикам.

Результаты и обсуждение

В экспериментах было установлено, что урожайность и содержание нитратов в овощных культурах прежде всего зависели от доз азотных удобрений, генотипических особенностей и погодных факторов. Также оказывали влияние на эти показатели, но в меньшей степени, формы азотных удобрений, ингибиторы нитрификации, микроэлементы, участвующие в азотном обмене, соотношение азота с другими вносимыми элементами питания (в первую очередь с калием), бактериальные препараты из ассоциативных азотфиксирующих бактерий.

Изучение азотного режима, складывающегося в полевых опытах со столовой свеклой и морковью показало, что в оптимальных для нитрификации условиях преобладающей формой минерального азота в хорошо окультуренной почве была нитратная, а в условиях переувлажнения и пониженных температур-аммонийная. Изучение показателей в динамике, в течение вегетационного периода, показало, что доля варьирования нитратов почвы, обусловленная внесением азотных удобрений, составляла в среднем 62-89%. Содержание нитратного азота в почве было низким ранней весной и максимальным в июне-июле.

Эксперименты показали, что по величине весенних запасов нитратов в почве (N min), можно прогнозировать потенциальную урожайность столовой свеклы (Волкова, 1997).

Если высокое содержание нитратного азота в почве не сопровождается активным поглощением его растениями, то увеличивается риск непроизводительных потерь азота из почвы в газообразной форме и вследствие вымывания за пределы почвенного горизонта. Чтобы уменьшить потери азота, применяют ингибиторы нитрификации - вещества, предназначенные для временного «консервирования» азота в почве в виде $N\text{-}NH_4^+$. Через 1,5-2 месяца после внесения, их действие заканчивается, аммоний превращается в NO_3 и более активно поглощается и используется растениями в процессах биосинтеза (Волкова, Довыденков, 1998; Паращенко и др., 2020.).

Как правило, этот период (июль–август) для большинства овощных растений является критическим по азоту. В наших опытах торможение нитрификации под действием ингибиторов АТС и КМП составляло: в июне – 23–44%, в июле – 29–61%, в августе – 37%. В результате отмечалось достоверное снижение содержания нитратов в корнеплодах свеклы и моркови (значительно ниже ПДК) в первой половине вегетации без снижения урожайности. В продукции скороспелых овощных культур: редиса и японской репы, ингибиторы нитрификации повышали урожайность на 26–38%, уменьшали содержание нитратов на 31–43%. Следовательно, ингибиторы нитрификации способствовали более эффективному усвоению растениями азота.

По сравнению с внесением аммиачной селитры, внесение мочевины (азот в амидной форме), добавление микроэлементов бора, молибдена и меди способствовало достоверному уменьшению нитратов в продукции скороспелых овощных культур, а также в первой половине вегетации у столовой свеклы и моркови (Волкова, 2000).

По результатам экспериментов и использования корреляционно-регрессионного анализа, нами установлены оптимальные концентрации азота в почве и элементов питания в растениях. Полученные формулы прогноза можно использовать для оперативной диагностики азотного питания, получения высокого урожая корнеплодов столовых корнеплодов с низким содержанием нитратов. Так, содержание нитратов в столовой свекле, редисе и др. при уборке, можно прогнозировать по их содержанию в начале и в середине вегетации.

В опытах с коллекциями ВИРа сортов и гибридов моркови, столовой свеклы, редиса, кочанного салата, кольраби, лука-порея, было установлено, что существуют значительные различия в содержании нитратов между сортами и они изменяются по мере роста растений. Современные агротехнологии не вполне учитывают генотипическую специфику минерального питания растений, что является одной из причин того, что затраты, связанные с внесением азотных удобрений зачастую не окупаются соответствующим повышением урожая хозяйственно ценной части продукции и его качеством. Сортоспецифичность по отношению к азотному питанию была наиболее выражена у моркови, затем у столовой свеклы, салата, редиса, кольраби и белокочанной капусты. Сортовые различия по использованию азота нередко превышали видовые и от внесения азотных удобрений. Так, изучение коллекции из 40 сортообразцов моркови, выращиваемых на одинаковом повышенном азотном фоне, показало, что содержание нитратов в ранней продукции моркови (убираемой до 1 сентября) изменялось в среднем в 8,9 раза. Максимальное количество NO_3 было в корнеплодах сортов Нантская, Autumn King, Giganta, Autumn King и др. (Волкова, 2002). Различия по нитратонакоплению между сортами редиса (39 образцов), выращенными на фоне N_{180} достигали 3,7–10,9 раз в корнеплодах и ботве соответственно. Двадцать два сорта кочанного салата, относящихся к различным сортотипам этой культуры, в среднем различались по содержанию нитратов в 11,2 раза. В опытах

установлена зависимость аккумуляции нитратов от морфологических особенностей растений для свеклы, салата, редиса, моркови.

Применение под небобовые культуры препаратов из почвенных диазотрофов, которые имеют в своем составе фермент нитрогеназу и способны связывать атмосферный молекулярный азот, является перспективным приемом биологизации овощеводства и экономии дорогостоящих минеральных удобрений. В наших исследованиях бактериальные препараты бактосан, серацил, агрофил, азогрин, флавобактерин, внесенные с обработанными семенами также существенно ограничивали накопление азота в нитратной форме в луке порее, листовых и корнеплодных овощных культурах.

Также была выявлена сортовая реакция растений на инокуляцию диазотрофами. В опыте с редисом, в среднем за 2 года прибавка от бактериальных препаратов составляла 9,3–43%. Самым отзывчивым оказался сорт Riesen butter- прибавка к фону составила 43%, затем сорт Красный великан (26% к контролю). В вариантах без инокуляции содержание нитратов в корнеплодах различных сортов редиса составило 843-2217 мг $кг^{-1}$ в зависимости от сорта и года исследований, в то время как в вариантах с применением серацила снизилось на 13–60% по сравнению с контролем. В опытах с салатом сорт Одесский кучерявец был наиболее отзывчив на обработку флавобактерином и серацилом, а сорт Азарт-только серацилом.

Выводы

Таким образом, включение в агротехнологии овощеводства научно обоснованных способов регулирования потоков нитратов в дерново-подзолистых почвах в условиях гумидного климата Северо-Западного региона России, может способствовать увеличению продуктивности, улучшению качества продукции, снижению непроизводительных потерь азотных удобрений и экономическому эффекту.

Список литературы

Осипов А.И., Соколов О.А. (2001) Роль азота в плодородии почв и питании растений. СПб., 360 с.

Волкова Е.Н. (1997) Оценка влияния весенних запасов минеральных форм азота в почве на урожайность и качество столовой свеклы // Агрохимия. №11, с.23-26.

Волкова Е.Н., Довыденков С.В. (1998) Действие ингибиторов нитрификации на азотный режим почв и продуктивность сельскохозяйственных культур // Бюллетень ВИУА. №.111, с. 9.

Паращенко В.Н. и др. (2020) Эффективность азотных удобрений в аммонийной и амидной формах в сочетании с ингибитором нитрификации // Рисоводство. №3(48), с. 45-50.

Волкова Е.Н. (2000) Регулирование азотного питания моркови // Бюллетень ВИУА, № 113.-М., с. 34.

Волкова Е.Н. (2002) Сорта и качество свеклы и моркови // Картофель и овощи. №2. С. 8.

WAYS TO REGULATE NITRATE FLOWS IN VEGETABLE AGROCENOSES

VOLKOVA E. N.

Higher School of Technology and Energy of St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design St. Petersburg, Russia
ele-ven@yandex.ru

Abstract. Nitrates are one of the central links of the nitrogen cycle. In a series of experiments in vegetableagrocenoses studied different ways to regulate the flow of nitrates into plants without reducing yields. The effectiveness of nitrification inhibitors, bacterial drugs, addition of trace elements has been established. The extensive experimental material shows big genotypic differences in the accumulation of nitrates carrots, radishes, lettuce and other vegetable crops.

Keywords. Vegetable crops, nitrates, nitrification inhibitors, varieties, risosphere nitrogen-fixing bacteria.

РАЗРАБОТКА ПОДХОДОВ К КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКЕ АЗОТНОЙ НАГРУЗКИ НА ЭКОСИСТЕМЫ И ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА НА ТЕРРИТОРИИ КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА

ЕВСТАФЬЕВА Е. В., КАРПЕНКО С. А., ТЫМЧЕНКО С. Л.

ФГАОУ ВО «КФУ ИМ.В. И. ВЕРНАДСКОГО, Симферополь
e.evstafeva@mail.ru

Аннотация. Приводятся результаты расчета критических нагрузок азота для лесных экосистем на территории Крымского полуострова в масштабе 5х5 км, превышение которых позволяет оценить нагрузку азотом вследствие атмосферного загрязнения; проанализированы данные по состоянию здоровья населения по видам заболеваний, фактором риска развития которых могут являться соединения азота и которые могут быть показательными в отношении суммарного поступления азота в организм человека из разных компонентов окружающей среды разными путями .Определены территории, неблагоприятные с этой точки зрения. Следующий этап будет заключаться в более детальном анализе экологически обусловленных заболеваний на этих территориях и фактической нагрузки азотом на территориальные экосистемы.

Ключевые слова. Критические нагрузки азота, экологически обусловленные заболевания

Введение

Определение критических нагрузок (КН) для соединений азота важно для решения проблемы нарушения баланса азота в естественных и полуестественных экосистемах во всем мире и, в особенности, в Центральной и Западной Европе, характеризующейся высоким атмосферным выпадением этого элемента (Башкин, Припутина, 2010). Несмотря на активно разрабатываемые международным сообществом в рамках конвенции LRTAP подходы к экологическому нормированию антропогенных нагрузок, и, в частности соединений азота (Critical…, 2010) их практическое внедрение в практику экологического мониторинга в регионах оставляет желать лучшего. Основные немногочисленные достижения в этой области, в частности, в Крымском регионе, имеются благодаря инициативным исследованиям крымских ученых, которыми ранее были рассчитаны критические нагрузки для окислов азота и серы вначале в масштабе 50х50 км (Evstafyeva и др., 2012). Тем не менее определение критических нагрузок и баланса азота является в этом регионе очень важным, поскольку он представляет собой одновременно и рекреационную, и туристическую, и сельскохозяйственную, и промышленную (главным образом северный Крым) территории, антропогенная нагрузка на экосистемы и население которого прогрессивно растет в последние годы. Последние два типа территорий могут быть охарактеризованы как территории повышенного риска в плане поступления антропогенного азота в виде минеральных удобрений, используемых в сельском хозяйстве, и окислов азота, выбрасываемых в атмосферный воздух промышленными предприятиями северного Крыма. Задача определения региональных допустимых нагрузок усложняется еще и тем, что Крымский полуостров является территорией с высоким географическим разнообразием природных и антропогенных условий. Здесь имеется порядка 40 типов почв, которые в разной степени могут опосредовать циркуляцию азота, что необходимо учитывать при управлении риском от воздействия антропогенного азота на экосистемы и организм человека, как конечного консумента большинства биогеохимических трофических цепей.

NU В настоящем докладе приводятся результаты определения критических нагрузок азота для лесных экосистем, позволяющих оценить нагрузку азотом вследствие атмосферного загрязнения, а также проанализированы данные по состоянию здоровья населения по видам заболеваний, которые могут быть показательными в отношении поступления азота в организм человека из разных компонентов окружающей среды на территориях Крымского полуострова.

Объекты и методы исследования

Величина КН зависит от баланса химически активных протонов и катионов в природных системах, поэтому для соединений азота рассчитывали несколько видов критических нагрузок: минимальную нагрузку (КН (N)min), максимальную нагрузку (КН (N)max), нагрузку по питательному азоту (Nnut). Они характеризуют наименьший уровень поступления азота, обеспечивающий сохранение продуктивности рассматриваемых экосистем, максимальный уровень поступления окислов азота, при котором не происходит падения уровня кислотности ниже критического уровня при сохраненном для биоты питательном режиме почв; поступление азота в количестве, не вызывающем его избытка в экосистемах (эвтрофирование) соответственно.

$$КН\ (N)min = Nu + Ni;$$
$$КН\ (N)max = КН\ (N)min + КН(S)max\ /(1\text{-}fde);$$
$$КHnut(N) = Ni+Nu+ Nle(acc)/1\text{-}fde;$$

где Ni – долгосрочная иммобилизация почвенного азота, г-экв га$^{-1}$ год$^{-1}$; fde (denitrification fraction) – доля денитрификации как функция дренажа почвы; Nu - величина, связанная с типом почвы и принимаемая равной 0,1 для почв легкого гранулометрического состава без процессов оглеения, 0,5 – для песчаных оглееных почв, 0,7 – для почв тяжелого гранулометрического состава, 0,8 – для торфяных; Nle(acc) – допустимое выщелачивание азота.

На основе данных о почвах и землепользовании с учетом таких показателей, как температура, количество осадков, выпадения основных катионов и др. иммобилизация азота составляла 71,4 г-экв га$^{-1}$ год$^{-1}$. При содержании глины 10,5% fde принимался равным 0,1, а при содержании глины 32,5% – 0,7 г-экв га$^{-1}$ год$^{-1}$. При этом критические концентрации азота для хвойных, смешанных и лиственных лесов составили 0,0143, 0,02095 и 0,0276 (г-экв м$^{-3}$) соответственно.

Для оценки состояния здоровья были проанализированы данные официальной медицинской статистики за период с 1994 по 2015 гг. по разным видам заболеваний в городах и административных районах Республики Крым. Оценивали риск заболеваемости по отношению уровня заболеваемости в конкретном населенном пункте или районе к среднекрымскому уровню за 20-летний период.

Результаты и обсуждение

Произведенные по приведенным выше формулам расчеты критических нагрузок для лесных экосистем Крыма картированы в масштабе 5х5 км (рис. 1). Рассчитанные величины были градуированы на 3 категории: КН (N): <400, 400-500, >500 г-экв га$^{-1}$ год$^{-1}$.

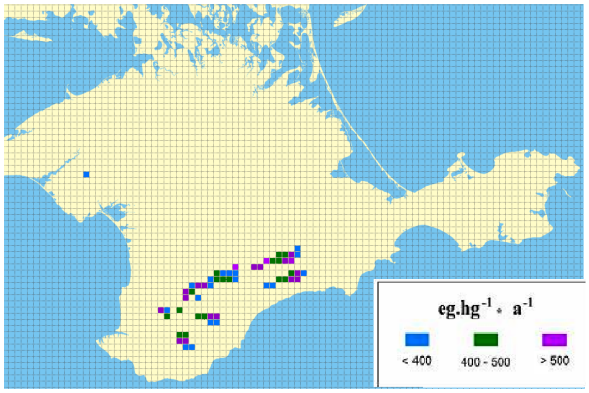
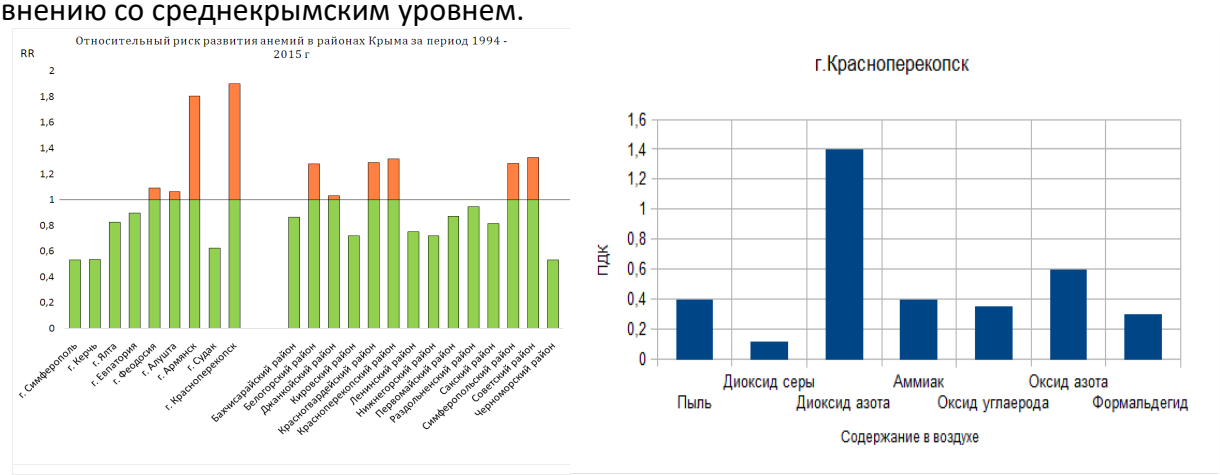


Рис. 1. Критические нагрузки азота для лесных экосистем

Сравнение полученных величин с имеющимися данными по близким европейским территориям показало как сходство, так и некоторые различия. Так, минимальные значения КН $(N)_{min}$ и питательного азота $КН_{nut}(N)$ были одного порядка, а максимальные критические нагрузки азота КН $(N)_{max}$ существенно различались для территории Болгарии с полученными нами величинами. В то время же для территории Польши все критические нагрузки имели сходные величины (Modelling…, 2011).

К сожалению, до настоящего времени не представилось возможности провести мониторинговые исследования для оценки превышений критических нагрузок азота. Однако косвенно оценить или по крайней мере сориентироваться в отношении нагрузки азотом, на наш взгляд, возможно и перспективно и по уровню заболеваемости населения, проживающего на конкретной территории, такими видами заболеваний, которые могут быть связаны с избыточным поступлением соединений азота в организм.

Показательной в этом отношении является анемия, развитию которой могут способствовать окислы азота, способствующие образованию метгемоглобина и развитию гипоксии. Их источником может являться как атмосферный воздух, так и пищевые продукты, прежде всего, растениеводческая продукция, выращенная с избыточным применением минеральных удобрений. В первом случае они поступают в организм через дыхательную систему. В связи с этим не может не обратить на себя внимание практически двукратный уровень частоты этой патологии в промышленных крымских городах Армянск и Красноперекопск по сравнению со среднекрымским уровнем.



А Б

Рис. 2. Относительный риск развития анемий в городах и районах Крыма за период 1994-2015 гг. (А); содержание поллютантов в атмосферном воздухе г. Красноперекопска (Б)

Во втором случае путь поступления соединений азота – пищеварительная система. При этом под действием пищеварительных соков нитраты в желудочно-кишечном тракте превращаются в нитриты и нитрозамины, обладающие выраженным канцерогенным действием. Оценка относительного риска заболеваемости пищеварительной системы более чем за 20-летний период демонстрирует его превышение в 2,5-3 раза в г. Симферополе и Красноперекопске, а также в большинстве сельскохозяйственных районов Крыма (рис. 3).

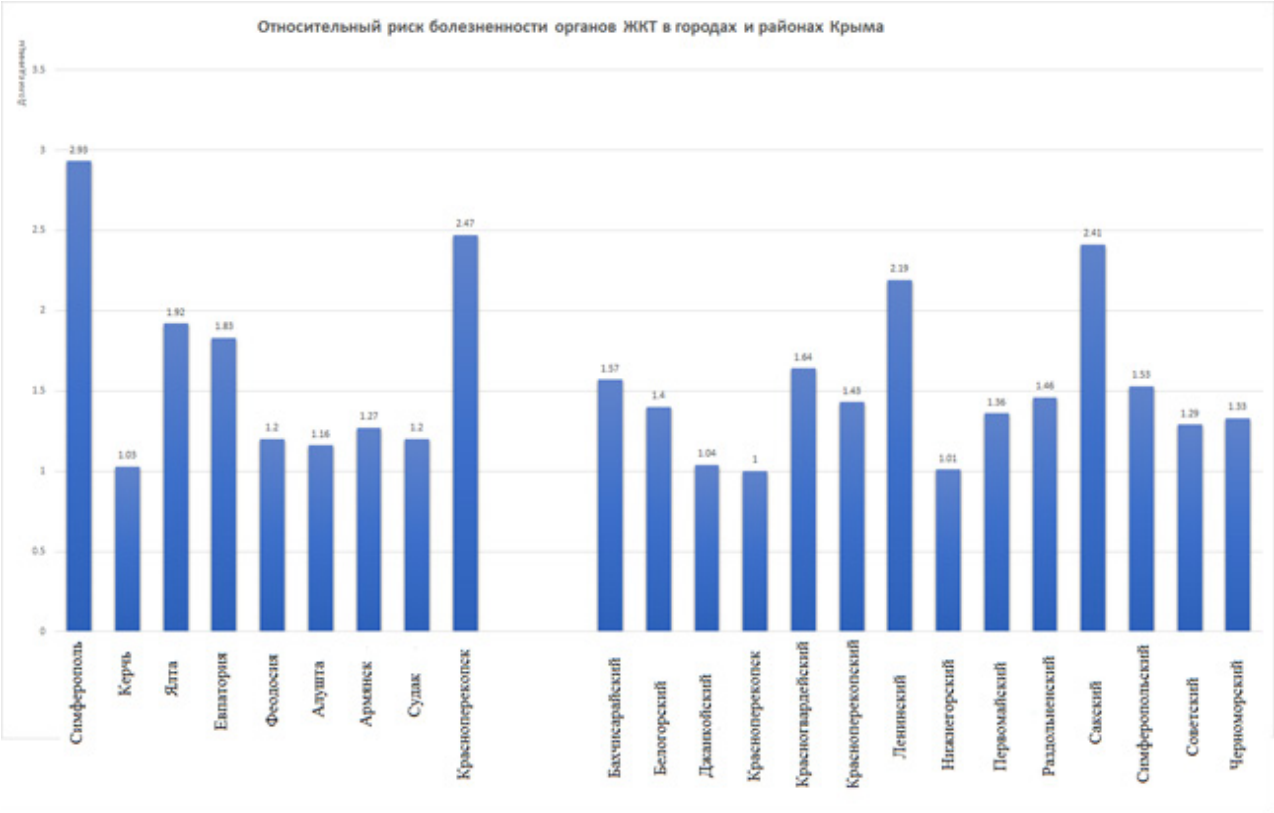


Рис. 3. Относительный риск заболеваемости пищеварительной системы жителей городов и районов Крыма

Однако на данном этапе затруднительно делать определенные выводы, необходим дополнительный, более детальный анализ заболеваемости, в том числе, онкопатологии данной системы.

Выводы

Разрабатываемые в Республике Крым подходы к оценке нагрузки азотом на экосистемы и организм человека сочетают как методы международного экспертного сообщества, главным образом, в оценивании воздействия на экосистемы, так и собственные подходы к поиску критериев суммарной нагрузки на организм человека как интегрального индикатора качества окружающей среды. Приведенные данные являются только началом движения по этим двум различным направлениям. На этом этапе было выполнено решение задачи по расчету критических нагрузок азота, оценка превышения которых должна явиться целью следующего этапа. Оценка состояния здоровья по экологически зависимым заболеваниям, фактором риска развития которых могут являться соединения азота, позволяет с другой стороны подойти к решению данной проблемы и обозначить в первом приближении территории, неблагоприятные с этой точки зрения. Следующий этап будет заключаться в более детальном анализе

экологически обусловленных заболеваний на этих территориях и фактической нагрузки азотом на территориальные экосистемы.

Список литературы

Башкин В.Н., Припутина И.В. Управление экологическими рисками при эмиссии поллютантов. М.: Газпром ВНИИГаз, 2010. 186 с.

Critical Loads of Nitrogen and Dynamic Modelling. CCE Progress Report. – Netherlands Environmental Assessment Agency. 2010. 130 p.

Evstafyeva E., N. Sologub, S. Tymchenko, O. Startseva. Nitrogen balance in the Crimea region of Ukraine: status of the problem and first steps. Ammonia workshop, 2012. S.-Peterburg. Abating ammonia emissions in the UNECE and EECCA region//RIVM Report 680181001/2014/ p. 207-212.

Modelling Critical Thresholds and Temporal Changes of Geochemistry and Vegetation Diversity:CCE Status Report. 2011. 186 p.

PROSSESING OF APPROACHES TO COMPLEX ASSESSMENT OF NITROGEN LOAD ON ECOSYSTEMS AND HUMANS ON CRIMEAN PENINSULAR TERRITORIES

EVSTAFEVA E.V., KARPENKO S.A., TYMCHENKO S.L.

V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia
e.evstafeva@mail.ru

Abstract. Calculation of nitrogen critical loads for forest ecosystems on Crimean peninsula territories in grid cell 5x5 km carried out; their exceedances permit to estimate the load of nitrogen in result of atmospheric pollution. Data of population health analyzed by such ecological determined diseases, for which nitrogen compounds may be a risk factor, and which can be indicative in relation to summary nitrogen intake in human body from different components of external environment along different pathways. Adverse from this point of view territories were determined. Next stage will be devoted more detail analysis of ecological depended deceases on these territories and determination of actual loads of nitrogen on territorial ecosystems.

Keywords. Critical loads for nitrogen, ecological determined diseases

БАЛАНС АЗОТА В АГРОЦЕНОЗЕ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ НА СВЕТЛО-СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЕ

ЗАВАЛИН А. А., НАКАРЯКОВ А. М.
ФГБНУ ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова, Москва
zavalin.52@mail.ru

Аннотация. В полевом опыте оценивали состояние баланса азота при использовании под озимую пшеницу азотных удобрений и различных биологических препаратов. Урожайность обусловлена накоплением в почве биологического азота (38%), применением средств биологизации и химизации (40%). При выращивании озимой пшеницы по пласту многолетних бобово-злаковых трав 2 года пользования за счет накопленного в почве биологического азота урожайность зерна получена 2,34 т га$^{-1}$. При применении различных биологических препаратов и азотных удобрений в урожае озимой пшеницы накопление азота возрастает с 60,7 до 100 кг га$^{-1}$. При использовании биологических препаратов формируется слабо положительный баланс азота (+4,6…11,4 кг га$^{-1}$), внесение азотных удобрений повышает его значение до 13,5 – 18,8 кг га$^{-1}$.

Ключевые слова: баланс азота, азотные удобрения, биологический азот, удобрения, биопрепараты.

Введение

Выращивание сельскохозяйственных культур с применением средств химизации и биологизации, а также в технологиях органического земледелия выдвигает необходимость учета баланса азота в почве. Эта проблема существенно обострилась в связи с недостаточным применением различных удобрений в земледелии России, что привело к отрицательному балансу азота и других элементов питания растений (Кудеяров, 2018). Дополнительным источником азота для питания растений служит биологический азот, фиксированный в посевах бобовых культур симбиотическими бактериями, ассоциативными в посевах небобовых культур и свободноживущими бактериями (Тихонович, Проворов, 2011). Увеличение вовлечения в агроценозы биологического азота достигается в результате использования микробных биологических препаратов, созданных на основе активных штаммов микроорганизмов (Тихонович и др., 2005), что может существенно нормализовать состояние баланса азота в агроценозах (Завалин и др., 2019). В технологиях органического земледелия не используются химические удобрения и расширяется применение биологических средств, в том числе возрастает значение использования биологического азота, накопленного за счет симбиотической азотфиксации в посевах бобовых культур и ассоциативной азотфиксации в посевах зерновых и других небобовых сельскохозяйственных культур (Тихонович, Завалин, 2016; Кудеяров, 2020).

Цель работы: оценить состояние баланса азота при использовании азотных удобрений и различных биологических препаратов при выращивании озимой пшеницы после бобово-злаковых трав на светло-серой лесной почве.

Объекты и методы исследования

В полевом опыте на светло-серой лесной почве в 2017-2019 гг. в ООО «Савинская Нива» в Калужской области проводили оценку эффективности применения в весеннюю подкормку озимой пшеницы обычных и биомодифицированных мочевины и аммиачной селитры, различных биологических препаратов (табл.). Перед закладкой опыта пахотный слой 0-20 см по

содержанию подвижного фосфора, минерального азота относится к среднеокультуренной, подвижного калия – к низкоокультуренной, реакции почвенной среды – к повышенной. Во все годы проведения полевого опыта погодные условия соответствовали климатической норме, а отдельные колебания среднесуточной температуры воздуха и количества атмосферных осадков в целом не оказали существенного воздействия на растения озимой пшеницы. Полевой опыт закладывали в четырехкратной повторности, площадь делянки 100 м^2, учетная – 36 м^2, размещение рендомезированное. Озимую пшеницу Московская 39 выращивали по пласту многолетних бобово-злаковых трав на зеленую массу. Накопление в почве пожнивно-корневых остатков и азота после уборки многолетних бобово-злаковых трав 2 года пользования (клевер + фестулолиум) рассчитывали по (Нормативы…, 2013). Баланс азота при выращивании озимой пшеницы определяли по (Методические указания …, 2000).

Результаты и обсуждение

Зеленая масса бобово-злаковых трав в результате различных погодных условий вегетационных периодов в годы выращивания трав и агротехнологических приемов изменялась по годам проведения с 31,8 до 47,2 т га$^{-1}$ и составила в среднем за три года 37,2 т га$^{-1}$. Аналогично менялось накопление сухой массы клеверо-фестилолиумной смеси. Количество сухой массы пожнивно-корневых остатков (ПКО) в пахотном 0–20 сантиметровом слое почвы в среднем за годы исследований составило 5,0 т га$^{-1}$. С этим количеством ПКО многолетних бобово-злаковых трав содержание общего азота в них с учетом концентрации N изменялось по годам от 81 до 121 кг га$^{-1}$, или 96 кг га$^{-1}$ в среднем за 3 года исследований. С учетом коэффициента азотфиксации (КАФ), равного 0,65, накопление биологического азота, фиксированного в бобово-злаковой смеси, достигло 53-78,8 кг га$^{-1}$, что оценивается как приходная часть за счет биологической его фиксации. При коэффициенте использования (КИ) азота из ПКО, равном 30%, возделываемая по пласту многолетних трав озимая пшеница может использовать для формирования урожая 25-36 кг га$^{-1}$ общего и 16-24 кг га$^{-1}$ биологического азота, или соответственно 29 и 19 кг га$^{-1}$ в среднем за три года. При таких значениях использования растениями общего и биологического азота возможно получить урожайность зерна озимой пшеницы порядка 1,05 и 0,68 т га$^{-1}$, без учета других источников азота, которыми служат почвенные запасы как минерального азота, так и минерализующегося азота.

Фактически при размещении озимой пшеницы по пласту многолетних бобово-злаковых трав 2 года пользования (клевер + фестулолиум) за счет использования растениями биологического азота (без внесения удобрения и применения биологических препаратов) получена урожайность зерна от 2,10 до 2,65 т га$^{-1}$. Колебания урожайности зерна озимой пшеницы в годы проведения опыта связаны с различным накоплением в почве биологического азота, служащего резервом питания растений, а также, возможно, некоторым воздействием погодных условий в период вегетации. В 2017 г. при минимальном накоплении в почве биологического азота (53 кг га$^{-1}$) урожайность зерна на контроле составила 2,1 т га$^{-1}$, в 2018 г. при таком же накоплении в почве биологического азота (54,7 кг га$^{-1}$) урожайность зерна получена несколько больше – 2,28 т га$^{-1}$, в 2019 г. при максимальном накоплении многолетними бобовыми травами биологического азота в почве (78,8 кг га$^{-1}$) на контроле получен максимальный урожай зерна – 2,65 т га$^{-1}$. В среднем за три года исследований при среднегодовом накоплении в почве биологического азота 62,1 кг га$^{-1}$ урожайность зерна без использования средств биологизации и химизации составила 2,34 т га$^{-1}$ (табл.).

Проведенная оценка состояния баланса азота, показывает, что основной вклад в накопление биологического азота в севообороте принадлежит многолетним бобовым, в

Нечерноземной зоне, это относится прежде всего к клеверу. В севооборотах наряду с симбиотическим азотом, фиксированным в посевах бобовых культур, дополнительным источником служит биологический азот, фиксированный ассоциативными микроорганизмами в ризосфере злаковых культур (Тихонович и др., 2005). По данным, полученным с использованием стабильного изотопа азота ^{15}N, его доля в формирование урожая злаковых культур составляет от 14 до 21% (Завалин, 2005), которая при инокуляции семян микробными препаратами ассоциативных диазотрофов составляет от 15 до 30 кг га$^{-1}$ (Тихонович и др., 2005). При расчетах использование растениями биологического азота за счет применения биологических биологических препаратов принято 15% от накопления в урожае. В статьи расхода включены вынос азота с урожаем зерна и массой соломы озимой пшеницы и газообразные потери азота из вносимых удобрений и биологического азота, поступившего в почву в результате возделывания предшественника с клевером, которые составляют 20% (Завалин, Соколов, 2016). Расчеты показывают, что по азоту, за исключением варианта с применением бисолбисана, баланс формировался положительным. Близкий к нулевому (+4,6 – 11,4 кг га$^{-1}$) баланс азота получен при использовании биологических препаратов. В вариантах, где использовали азотные удобрения и гранулированное органо-минеральное удобрение баланс азота получен также положительным 13 – 18 кг га$^{-1}$ (табл.).

Таблица. Урожайность зерна озимой пшеницы и баланс азота в светло-серой лесной почве. Средние за 3 года

Вариант	Урожайность зерна, т га$^{-1}$	Баланс азота, кг га$^{-1}$
Контроль	2,34	23,1
Биодинамические препараты БД500 в почву + БД501 в весеннее кущение	2,80	11,4
БД 500 в почву + БД 501 в весеннее кущение + Экстрасол в трубкование	2,64	15,2
Экстрасол начало выхода в трубку	2,80	7,5
N30 (мочевина) в весеннее кущение	3,48	18,8
N30 (мочевина)+ Бисолбифит в весеннее кущение	3,80	11,7
N30 (аммиачная селитра) в весеннее кущение	3,46	19,4
N30 (аммиачная селитра) Бисолбифит в весеннее кущение	3,59	13,5
Бисолбисан (1 л га$^{-1}$) в трубкование	3,15	-0,7
Альбит (0,04 л га$^{-1}$) в трубкование	2,84	4,6
Препарат V 417 (1 л га$^{-1}$) в трубкование	2,87	5,7
Гранулированное ОМУ в кущение (500 кг га$^{-1}$)	2,81	15,9
$НСР_{05}$	0,27	

Выводы

При размещении озимой пшеницы по пласту многолетних бобово-злаковых трав в почве накапливается в пожнивно-корневых остатках около 100 кг га$^{-1}$ общего и 60 кг га$^{-1}$ симбиотически фиксированного биологического азота.

Урожайность зерна озимой пшеницы по пласту многолетних бобово-злаковых трав за счет накопленного в почве биологического азота получена 2,34 т га$^{-1}$. Применение биологических препаратов в фазу начала трубкования увеличивает урожайность зерна до 2,80–3,15 т га$^{-1}$.

Максимальная прибавка урожая зерна (0,81 т га$^{-1}$) получена при использовании препарата бисолбисан, который по эффективности превосходил экстрасол, альбит и V417. Внесение в весеннюю подкормку обычных форм мочевины и аммиачной селитры в дозе N30 увеличивает урожайность зерна на 1,1 т га$^{-1}$ или 48% по отношению к фону. Применение биомодифицированной мочевины повышает урожайность зерна на 0,32 т га$^{-1}$ по сравнению с обычной формой.

При использовании под озимую пшеницу биологических препаратов формируется слабо положительный баланс азота (+4,6 – 11,4 кг га$^{-1}$), внесение азотных удобрений повышает положительное значение баланса до 13,5 – 18,8 кг га$^{-1}$.

Список литературы

Завалин А.А., Соколов О.А. Потоки азота в агроэкосистеме: от идей Д.Н. Прянишникова до наших дней. М.: ВНИИА, 2016. 595 с.

Завалин А.А., Соколов О.А., Шмырева Н.Я. Экология азотфиксации. М.: РАН, 2019. 252 с.

Кудеяров В.Н. Баланс азота, фосфора и калия в земледелии России // Агрохимия. 2018. № 10. С. 3-11.

Кудеяров В.Н. Эмиссия закиси азота из почв в условиях применения удобрений (аналитический обзор) // Почвоведение. 2020. № 10. С. 1192-1205.

Методические указания по определению баланса питательных веществ азота, фосфора, калия, гумуса, кальция. М.: ЦИНАО, 2000. 40 с.

Нормативы для определения вклада биологического азота бобовых культур в баланс азота России. М.: ВНИИА, 2013. 44 с.

Тихонович И.А., Завалин А.А. Перспективы использования азотфиксирующих и фитостимулирующих микроорганизмов для повышения эффективности агропромышленного комплекса и улучшения агроэкологической ситуации РФ // Плодородие. 2016. № 5. С. 28-32.

Тихонович И.А., Кожемяков А.П., Чеботарь В.К. и др. Биопрепараты в сельском хозяйстве (Методология и практика применения микроорганизмов в растениеводстве и кормопроизводстве). М.: Россельхозакадемия, 2005. 154 с.

Тихонович И.А., Проворов Н.А. Сельскохозяйственная микробиология как основа экологически устойчивого агропроизводства: фундаментальные и прикладные аспекты // Сельскохозяйственная биология. 2011. № 3. С. 3-9.

THE BALANCE OF NITROGEN IN WINTER WHEAT AGROCENOSIS IN A LIGHT GRAY FOREST SOIL

ZAVALIN A. A., NAKARIAKOV A. M.
All-Russian Research Institute of Agrochemistry named after D. N. Pryanishnikov, Moscow
zavalin.52@mail.ru; anakar@mail.ru

Abstract. In the field experiment, the state of the nitrogen balance was evaluated when nitrogen fertilizers and various preparations were used for winter wheat. The yield is due to the accumulation of biological nitrogen in the soil (38) %, the use of biologization and chemization (40%). When growing winter wheat on a layer of perennial leguminous grasses for 2 years of use, due to the accumulated biological nitrogen in the soil, the grain yield was 2.34 t ha^{-1}. When using various preparations and nitrogen fertilizers in the winter wheat crop, nitrogen accumulation increases from 60.7 to 100 kg ha^{-1}. When using drugs, a weakly positive nitrogen balance is formed (+4.6 - 11.4 kg ha^{-1}), the introduction of nitrogen fertilizers increases its value to 13.5-18.8 kg ha^{-1}.

Keywords: nitrogen balance, nitrogen fertilizers, biological nitrogen, fertilizers, biological products.

АЗОТСОДЕРЖАЩИЕ ГУМИНОВЫЕ И ПОЛИМЕРНЫЕ УДОБРЕНИЯ И ИХ ДЕЙСТВИЕ НА РАСТЕНИЯ

КОМАРОВ А. А.[1], КОМАРОВ А. А.[2]

[1] *ФГБНУ АФИ, Санкт-Петербург,*
[2] *ФГБНУ ЛенНИИСХ «Белогорка», п. Сиверский*
Zelenydar@mail.ru; kommob@mail.ru

Аннотация. Представлены результаты полевых экспериментов по изучению действия гуминовых и полимерных удобрений на растения. Исследования проводились на дерново-подзолистых хорошо окультуренных почвах в условиях Северо-Западного региона РФ. Изучалось действие азотсодержащих гуминовых удобрений «Стимулайф» и полимерных удобрений серии «Зеленит» на урожайность возделываемых культур. Установлена высокая эффективность изучаемых удобрений на разные культуры. Показано, что механизм действия изучаемых удобрений может заключаться не только в их удобрительных свойствах, но и в регуляторном действии на растения.
Ключевые слова. Органо-минеральное удобрение «Стимулайф», полимерное удобрение «Зеленит», диагностика, урожайность

Введение

Известно, что азот является не только одним из основных элементов питания растений, но и служит для управления формирования структурных элементов продуктивности возделываемых культур. Важное значение при этом приобретает определение дозы и сроков внесения азотных удобрений, поскольку не только недостаток азота, но и его избыток приносят урон урожаю и, главное, качеству продукции. Для корректирующего внесения азотных удобрений используют корневые и некорневые подкормки. При этом дозы внесения азота в подкормке устанавливают с учетом состояния посевов, содержания минерального азота в почве и нитратов в листьях. Система азотных подкормок более эффективна в комплексе с применением ретардантов, гербицидов, фунгицидов и других компонентов баковой смеси (Ладонин, Алиев, 1991; Фомина, 2009; Шпаар и др., 1998). Кроме того, азот в составе гуминовых и полимерных удобрений может выполнять не только роль элемента питания, но и входить в состав фитогормонов, включенных в матрицу этих композитов и регулирующих физиологическое состояние растений.

Объекты и методы исследования

Исследования проводились в Северо-Западном регионе РФ (Ленинградская обл.) на дерново-подзолистых высокоокультуренных почвах в условиях производства (Комаров, Суханов, Якушев, 2013). Объектами исследований были азотсодержащие органо-минеральные удобрения на основе композитов нерегулярного состава, в качестве которых использовался «Стимулайф» (Комаров, Баева, Якушев, 2009) и регулярного полимерного состава серии «Зеленит» и «Витанолл» (Комаров мл., Комаров ст., 2018).

«Стимулайф» – производитель ООО «Агрофизпродукт». Отличительная черта этого типа гуминовых препаратов состоит в том, что данный продукт получается при аммонолизе торфа в среде с 1% раствором водного аммиака в присутствии перекиси водорода. В результате получаются конденсированные продукты с включением азота в гетероцикл (Комаров, 2009). Именно в этих условиях осуществляется специфический процесс окислительного аммонолиза. Окислительный аммонолиз модельных соединений фенольного (ароматизированного) и нефенольного типа показал, что он являет собой сложный, многоплановый гетерогенный процесс, который обеспечивает производство как низкомолекулярных продуктов реакции за

счет окисления, так и высокомолекулярных – за счет поликонденсационных явлений и гетероциклизации. Контролируемый процесс окислительного аммонолиза приводит к увеличению степени окисления и конденсации ароматических структур, а также включения азота в цепь сопряжения. Причем, особенность данного процесса состоит в том, что характер связанного азота представлен в гетероциклической форме (типа индола – основы природного фитогормона ауксинового действия). Это, в свою очередь, может обеспечивать направленный физиологический эффект указанных соединений на различные биологические объекты. Показано, что подобным эффектом обладает препарат «Стимулайф».

Препарат «Стимулайф» предназначен для сельского хозяйства, личного подсобного хозяйства, садово-паркового хозяйства, для предпосевной обработки семян и посадочного материала, для подкормки в период вегетации при выращивании зерновых, технических, овощных, цветочно-декоративных и других культур с целью ускорения развития растений.

Препарат «Стимулайф» имеет следующий качественный и количественный состав: массовая доля сухого вещества – не менее 1,0%; гуминового показателя – не менее 1,1%; содержание связанного азота (с гуматами аммония) – не менее 60,0-65,0; массовая доля общего азота - не менее 10,0%; pH водной суспензии 8,0–10,0.

Полимерные удобрения серии «Зеленит» и «Витанолл» представляли собой полимерную матрицу регулярного строения с включением в состав элементов питания и других компонентов (Комаров, Комаров, 2018). Одним из таких полимерных удобрений является Зеленит-N с включением азота. Схематическая формула этого полимерного удобрения представлена на рис. 1.

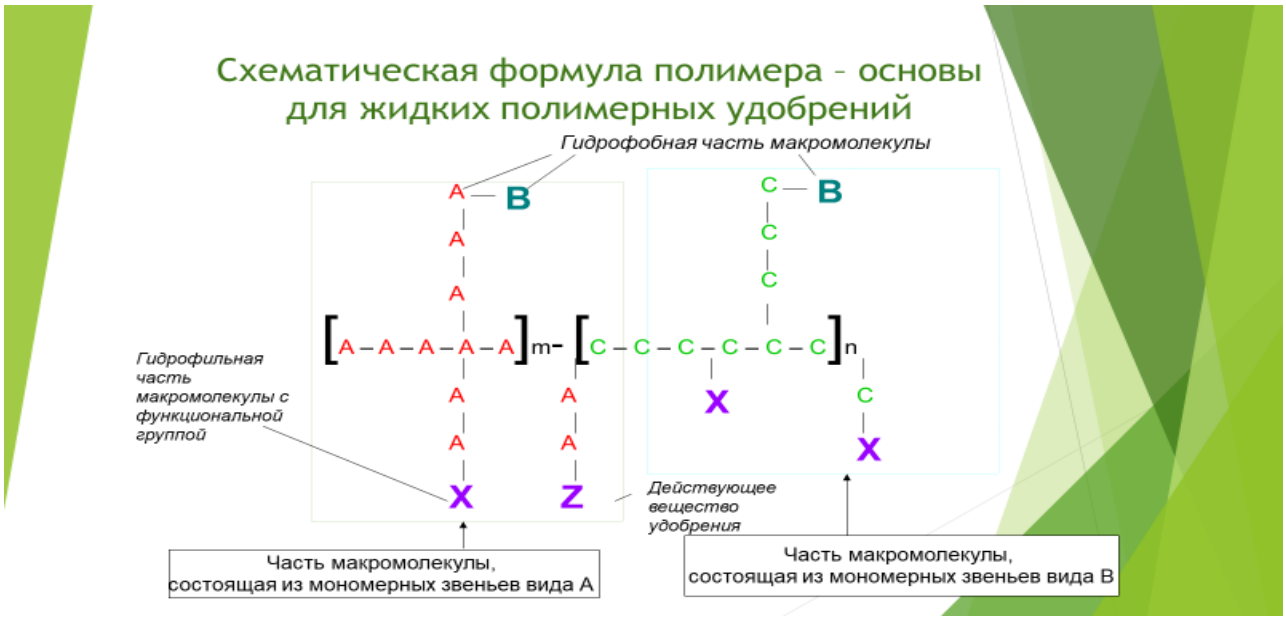


Рис. 1.

Результаты и обсуждение

Механизм действия

Прежде всего, разные гумусовые препараты (полимеры нерегулярного состава), как и полимерные удобрения регулярного состава (Зеленит, Витанолл и др.) по-разному действуют на возделываемые культуры. Это объясняется как разнообразностью состава этих соединений, так и разноплановой специфической особенностью их влияния на те или иные физиологические процессы. Причина разнопланового действия этих препаратов в их разнообразной физиологической сущности, что определяет их возможность по-разному влиять на

физиологические процессы растений в разные фазы их роста и развития. Поэтому при использовании гумусовых препаратов целесообразно выявить их специфическую физиологическую активность (ауксинового, гиббереллинового, цитокининового или иного специфического действия), выбрать оптимальную концентрацию каждого препарата и определить оптимальный срок внесения в ту или иную фазу роста и развития растений. Так, на рис. 2 представлен механизм действия азотсодержащего фитогормона – ауксина. Существенен и способ обработки, сопутствующие условия и, прежде всего, обеспеченность элементами питания.

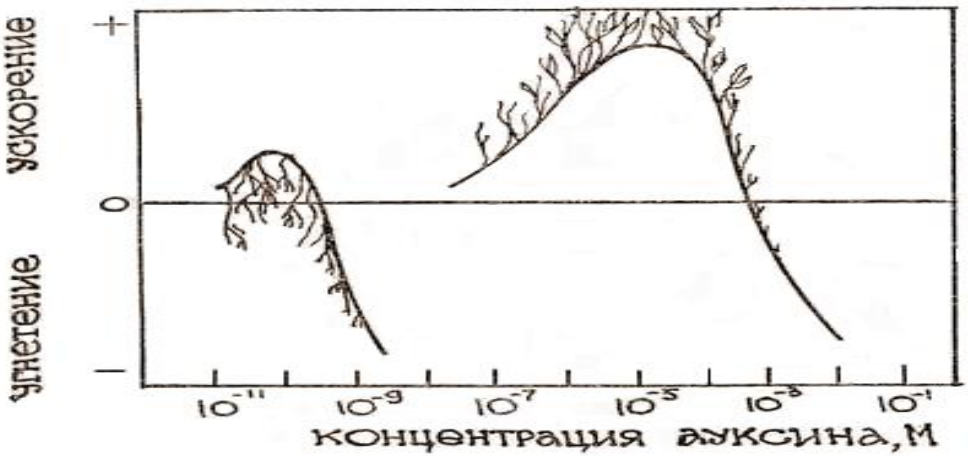


Рис. 2. Эффект действия ауксина в разных концентрациях на ростовые процессы
valleyflora.ru/images/42-.jpg

Как видно из рисунка эффект действия фитогормона не описывается нормальным гауссовым распределением «доза-эффект», свойственным действию элементов питания, в том числе и азоту. Здесь проявляется совершенно иной механизм, где действие вещества на растения проявляется по-разному при различных его концентрациях. Так, при концентрации 10^{-3}–10^{-5} М наблюдается эффект стимуляции роста растения вверх, а при концентрации 10^{-8}–10^{-10} М активируется развитие корневой системы растений.

Изучив механизмы действия гумусовых препаратов на основании лабораторных и полевых экспериментов, было выявлено, что характерной особенностью водных растворов разных гуматов являлся широкий спектр концентрационных воздействий на растения. В качестве препаратов использовали гумат натрия и «Стимулайф» и др. (Комаров и др., 2010) Тест-культурами являлись семена и растения пшеницы, змееголовника молдавского и др. Выявлено, что в области концентраций > 1–10% преимущественно проявлялся ингибиторный эффект, а области стимуляционного воздействия находились в широком диапазоне концентраций 10^{-1}–10^{-3} и 10^{-5}–10^{-7}% и менее. Отмечено несколько пиков стимулирующего действия для различных препаратов. Впервые установлено, что водные растворы гуматов обладают физиологическим действием на различные растения в области низких (10^{-5}–10^{-6}%) и сверх низких <10^{-7}% концентраций, характерных для действия эндогенных фитогормонов (Комаров и др., 2010, 2013).

Изучение свойств гумусовых веществ с агрофизических позиций, позволяет, наряду с другими свойствами, выявить специфические механизмы их действия на растения в областях малых и сверхмалых концентраций. Впервые доказан в полевых экспериментах механизм активирующего действия гумусовых соединений на растения в области низких (10^{-5} %) концентраций. Механизм действия сверхмалых концентраций биоактивных препаратов (10^{-7}% и

менее) можно связать со структурированием раствора. Эффект «структурирования» подтверждается изменением электропроводности и pH водного раствора гуматов в области сверхмалых концентраций. В основу этой гипотезы положено представление раствора в качестве квазикристалла с определенной частотой колебаний, что свойственно «структурированной» воде.

Результаты полевых экспериментов

На основании более чем 10-летних полевых исследований установлено, что эффективность как гумусовых препаратов, так и других средств управления биопродуктивностью растений, зависит от технологий их применения. Ниже представлены данные по эффективности действия плимерных удобрений марки «Зеленит» и гуминового удобрения «Стимулайф» на урожайность моркови в ЗАО «Агротехника» Тосненского района Ленинградской области (рис. 3).

Вариант опыта	Урожайность ц/га	Прибавка, ц/га	Прибавка, %	Условный доход, руб/га при цене продукта 1 руб/кг
Хозяйственная технология	537			
Зеленит 1 (26.05.09)	605	68	12,7	6600
Зеленит 1 (10.06.09)	648	111	20,7	10800
Зеленит 2 (26.06.09)	633	96	17,9	9400
Стимулайф (10.06.09)	628	91	16,9	9000
Стимулайф (26.06.09)	650	113	21,0	11200
$НСР_{05}$		0,52		

Рис. 3.

Установлено, что применение «Зеленита 1» (содержит 18–21% азота) в дозе 1 л $га^{-1}$ оказывало значительное влияние на урожайность моркови. Получена прибавка 68 ц $га^{-1}$ или 12,7% при ранней обработке и 111 ц $га^{-1}$ или 20,7 % при более поздней. Гуминовое удобрение «Стимулайф» оказывало почти аналогичное действие. Так, при более ранней обработке растений «Стимулайфом» в дозе всего 300 мл $га^{-1}$ была получена прибавка на 91 ц $га^{-1}$ или на 16,9%, а при обработке 26.06 – до 113 ц $га^{-1}$ или на 21%. Здесь проявлялось не сколько вещественное влияние азота как питательного элемента, сколько его активирующее действие. Действительно, при использовании «Зеленита» доза азота составляла не более 100 г д.в. $га^{-1}$, а при обработке «Стимулайфом» – менее 1 г д.в. $га^{-1}$. При этом получен весьма значительный экономический эффект (Комаров, Петропавловский, 2010).

На рис. 4 представлено действие «Зеленита» и «Стимулайфа» на урожайность капусты в производственном эксперименте в ЗАО «Приневское» Ленинградской области.

Результаты использования некорневых подкормок в ЗАО «ПРИНЕВСКОЕ» Ленинградской обл.

Варианты опытов	Урожай, ц/га	Прибавка к контролю, ц/га	Прибавка к хозяйственной технологии, ц/га	Условный доход за дополнительную продукцию при средней цене 1 руб/кг
Контроль	241,5			
Хоз. технология	654,5	413		
Зеленит 1 (одна обр.)	669	427,5	14,5 ц/га /+ 2,2%	1250
Зеленит 1 (две обр.)	750	508,5	95,5 ц/га /+14,6%	9350
Зеленит 2	714	472,5	59,5 ц/га /+9,1%	5750
Стимулайф	836,5	595	182 ц/га /+27,8%	18100
НСР $_{05}$ 45,6 ц/га				

Рис. 4.

Здесь, как и в предыдущем случае, азотсодержащее удобрение «Зеленит» оказывало значительное позитивное влияние на урожайность растений. Причем прибавка урожайности возрастала при двухкратной обработке до 59,5 ц га$^{-1}$ или на 14,6%. Применение не азотного, а фосфорно-калийного полимерного удобрения Зеленит 2 обеспечило менее значимую прибавку (5,5 ц га$^{-1}$ или 9,1%). При использовании гуминового удобрения «Зеленита» прибавка урожая капусты составила 182 ц га$^{-1}$ или 27,8%. Использование изучаемых удобрений оказало значительный экономический эффект.

Выводы

Таким образом, при использовании гуминовых и полимерных удобрений необходимо учесть, то, что механизм их действия описывается не только потреблением элементов минерального питания, а скорее подобен эффекту различных фиторегуляторов и оценивается преимущественно в аспекте их влияния на физиолого-биохимические процессы растений. Фиторегуляторы либо запускают специфические регуляторные механизмы внутри растений, либо оказывают прямое физиологическое воздействие на ростовые процессы растений. Установлено, что специфическими выделениями растения могут информировать почвенную систему о своем состоянии, осуществлять связь посредством специфических регуляторных механизмов между собой. Специфические регуляторы, вероятно, могут не только оказывать прямое или косвенное действие непосредственно на растения. Возможно и их прямое и косвенное действие через почву по типу аллелопатических воздействий, когда проявляется связь организма растений (физиолого-биохимической системы растений и, в дальнейшем,

информационно-детерминированной, генетической системы) и «организма почвы» (органо-минеральной и, в дальнейшем, системообразующей, экологической системы).

Список литературы

Ладонин В.Ф., Алиев А.М. (1991) Комплексное применение гербицидов и удобрений в интенсивном земледелии – Изд-во Агропромиздат, М. 271 с.

Фомина Н.Ю. (2009) Влияние биопрепаратов, регуляторов роста, микроудобрений и фунгицидов на продуктивность и болезнеустойчивость гороха посевного в лесостепи Зауралья. Дисс. канд. с.-х. наук, Курган. 190 с.

Шпаар Д., Крацш Г., Кюрцингер В.Д. (1988). Роль интегрированной защиты растений в устойчивом и адаптивном земледелии. Т. 1. Жодино. С. 6-9.

Комаров А.А., Суханов П.А., Якушев В.П. (2017). Формирование региональной сети тестовых полигонов в системе мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения //Вестник сельскохозяйственной науки. №4. С. 20-22.

Комаров А.А., Баева С.С., Якушев В.В. (2009). Новое органо-минеральное удобрение «Стимулайф» направленного физиологического действия// Материалы Всероссийской научно-практической конференции. «Совершенствование системы регистрационных испытаний агрохимикатов». С. 15-18.

Комаров А.А., Комаров А.А. (2018). Перспективы использования комплексных агрохимикатов для дифференцированного их внесения в качестве средств управления ростом и развитием растений //Агрохимический вестник. №6. С. 34-38.

Комаров А.А., Петропавловский А.Г. (2010). Результаты испытания новых полимерных удобрений серии «Зеленит» в ЗАО «Агротехника» // Научное обеспечение развития АПК в условиях реформирования. СПб. С. 29-31.

Комаров А.А., Суханов П.А., Якушев В.В., Найда Н.М. (2010). О механизмах действия гуминовых препаратов и некоторых методах регуляции продуктивности растений // Гумнові речовини і фітогормони в сільському господарстві. Дніпропетровськ. С. 83-84

Комаров А.А., Куртенер Д.А., Лавруков М.Ю., Найда Н.М. (2013). Многоатрибутивное сравнение вариантов применения гуминовых препаратов при оценке сортообразцов змееголовника Молдавского (Dracocephalum L.) // Агрофизика №4(12). С. 33-40.

NITROGEN-CONTAINING HUMIC AND POLYMER FERTILIZERS AND THEIR EFFECT ON PLANTS

KOMAROV A. A.[1] (senior), KOMAROV A. A.[2](junior)

[1] *Agrophysical Research Institute, St. Petersburg, Russia*
[2] *LenNIISH "Belogorka", p. Siversky, Russia*
zelenydar@mail.ru; kommob@mail.ru

Abstract. The results of field experiments on the effect of humic and polymer fertilizers on plants are presented. The studies were carried out on sod-podzolic well-cultivated soils in the conditions of the North-Western region of the Russian Federation. The effect of nitrogen-containing humic fertilizers "Stimulife" and polymer fertilizers of the "Zelenit" series on the yield of cultivated crops was studied. The high efficiency of the studied fertilizers for different crops was established. It is shown that the mechanism of action of the studied fertilizers can consist not only in their fertilizing properties, but also in the regulatory effect on plants.
Keywords. Organo-mineral fertilizer "Stimulife", polymer fertilizer "Zelenit", yield.

НЕСИМБИОТИЧЕСКАЯ ФИКСАЦИЯ АЗОТА В СЕВООБОРОТАХ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ

ЛУКИН С. М.

ВНИИОУ - филиал ФГБНУ "Верхневолжский ФАНЦ", п. Вяткино, Владимирская область
vnion@vtsnet.ru

Аннотация. Проведены исследования по определению потенциальной активности несимбиотической азотфиксации в севооборотах на дерново-подзолистых почвах. На основе балансового метода в двух длительных стационарных опытах определены размеры несимбиотической азотфиксации, достигающие в вариантах без азотных удобрений 23-41 кг азота га$^{-1}$ в год.

Ключевые слова. Несимбиотическая фиксация азота, потенциальная активность азотфиксации, баланс азота в севооборотах.

Введение

При характеристике баланса азота в севооборотах важное значение принадлежит оценке размеров симбиотической и несимбиотической азотфиксации. В существующих методических руководствах по расчету баланса азота в земледелии поступление азота в результате несимбиотической азотфиксации рекомендуется принимать в количестве 3–10 кг га$^{-1}$ в год (Методические указания..., 2000). Следует признать, что эти данные занижены, иначе трудно объяснить получение в течение длительного времени в стационарных полевых опытах в вариантах без использования бобовых культур и азотных удобрений продуктивности севооборота 15–20 ц з.е. га$^{-1}$.

По данным Умарова М.М. (1986), основанным на результатах полевых измерений несимбиотической азотфиксации на дерново-подзолистых супесчаных почвах, в посевах ячменя она составляет 4,0 кг N_2 га$^{-1}$, в посевах картофеля – 29,6 кг N_2 га$^{-1}$. По обобщению Кудеярова В.Н. (1989) возможные размеры несимбиотической азотфиксации в длительных стационарных опытах колеблются от 30 кг га$^{-1}$ на дерново-подзолистых почвах до 41 кг га$^{-1}$ мощных черноземах.

Кёршенс М., Шульц Е. (2005) указывают, что поступление азота из атмосферы в почву в стационарных опытах Германии превышает 50 кг га$^{-1}$ и должно учитываться при определении баланса питательных веществ и доз внесения удобрений.

Существующие методы определения размеров несимбиотической азотфиксации можно разделить на 3 группы: 1) использование метода стабильных изотопов; 2) ацетиленовый метод; 3) определение размеров несимбиотической азотфиксации на основе баланса азота в агроценозе. Косвенным методом, позволяющим дать сравнительную оценку влияния различных агротехнических приемов возделывания культур на накопление азота в почве, является определение потенциальной активности азотфиксации при обогащении субстрата легкоразлагаемым органическим веществом (глюкозой). При этом потенциальная активность азотфиксации в дерново-подзолистых супесчаных почвах превышает уровень полевой активности в 10-30 раз (Умаров, 1986).

Целью исследований являлось определение размеров несимбиотической фиксации азота в длительных стационарных опытах на дерново-подзолистой супесчаной почве.

Объекты и методы исследования

Объектами исследований являлись длительные стационарные опыты ВНИИОУ по изучению эффективности различных систем удобрения и известкования, заложенные в 1968 и 1972 гг. на дерново-подзолистой тяжелосупесчаной слабоглееватой почве, подстилаемой с глубины 50-60 см моренным суглинком. Свойства почвы перед закладкой: pH 6,2-6,5 (без извести – 4,1-4,2), гидролитическая кислотность 1,0-2,2 мг-экв. 100 $г^{-1}$ (без извести – 3,7-4,1), P_2O_5 - 1,4-2,5, K_2O – 6,3-10,4 мг 100 $г^{-1}$, содержание гумуса 1,05-1,17 %.

В образцах почвы, отобранных с вариантов, без удобрений, навоз 20 т $га^{-1}$, навоз 10 т $га^{-1}$+ N50P25K60, N100P50K120 в посевах картофеля, ячменя, озимой пшеницы, однолетних трав и бессменный чистый пар без удобрений в течение вегетации определялась потенциальная активность азотфиксации ацетиленовым методом (Методы почвенной микробиологии..., 1991). В контрольных вариантах двух длительных стационарных опытов на основе баланса азота проведен расчет количества несимбиотически фиксированного азота. Выполнение аналитических работ осуществлялось О. А. Пахненко (НИИСХ ЦРНЗ).

Результаты и обсуждение

В результате исследований установлено, что активность несимбиотической азотфиксации подвержена сильным колебанием в зависимости от уровня кислотности почвы, метеоусловий вегетационного периода, вида возделываемой культуры, применения удобрений, обеспеченности доступными источниками углерода и азота. В течение вегетационного периода в зависимости от этих факторов потенциальная активность несимбиотической азотфиксации колебалась от 0,01 до 119,0 мкмоль C_2H_2 100 $г^{-1}$ $сутки^{-1}$. На сильнокислой почве активность азотфиксации была минимальной. Сильное ингибирование процесса азотфиксации наблюдалась при использовании повышенных доз азотных удобрений. Действие навоза на процессы азотфиксации было неоднозначным. При внесении свежего навоза с высоким содержанием аммиачного азота под картофель отмечалось снижение азотфиксирующей способности почвы, однако в большинстве случаев, в вариантах с органической системой удобрения активность азотфиксации была выше, чем в контроле без удобрений. В посевах картофеля и в чистом пару потенциальная азотфиксирующая способность почвы оказалась в 1,5-2,5 раза ниже, по сравнению с зерновыми культурами.

При соотношении потенциальной и полевой активностей азотфиксации 30:1 (Умаров, 1986) расчетное поступление азота в результате несимбиотической азотфиксации составляет в бессменном чистом пару 0,14 кг $га^{-1}$ $сутки^{-1}$, в севообороте на произвесткованной почве в вариантах: без удобрений – 0,20 кг $га^{-1}$, навоз 20 т $га^{-1}$ – 0,23 кг $га^{-1}$, навоз 10 т $га^{-1}$ + N50P25K60 – 0,18 кг $га^{-1}$, N100P50K120 – 0,10 кг $га^{-1}$ $сутки^{-1}$, в севообороте на сильнокислой почве – 0,002 кг $га^{-1}$ $сутки^{-1}$ или, соответственно, 26,2; 36,1; 42,8; 33,3; 17,8 и 0,4 кг $га^{-1}$ в среднем за вегетационный период.

Близкие к расчетным данным оказались результаты определения размеров несимбиотической азотфиксации, полученные с использованием балансового метода. В среднем за 7 ротаций в севообороте: люпин – озимая пшеница – картофель – ячмень в варианте без азотных удобрений в почву поступало 34,2-38,4 кг $га^{-1}$ несимбиотически связанного азота в год. В севообороте без бобовых культур, размеры несимбиотической азотфиксации азота свободноживущими и ассоциативными микроорганизмами были приблизительно равны выносу азота урожаем культур в варианте без удобрений и составляли 22,9 кг $га^{-1}$ на кислой почве и 41,0 кг $га^{-1}$ на произвесткованной почве (таблица).

Таблица. Поступление азота в результате несимбиотической азотфиксации в длительных стационарных опытах ВНИИОУ, кг га$^{-1}$ год$^{-1}$

Варианты опыта	pH	Поступление азота с атмосферными осадками, семенами и симбиотической азотфиксацией	Потери азота		Вынос азота урожаем	Баланс	Среднегодовое изменение валовых запасов азота в почве	Несимбиотическая азотфиксация
			в результате денитрификации	с внутрипочвенным стоком				
Севооборот: однолетний люпин – озимая пшеница – картофель – ячмень, 7 ротаций								
Без удобрений	5,85	37,2	16,1*	14,6*	48,2	- 41,7	-7,5	34,2
P50K60	5,86	39,4	16,1*	14,6*	55,7	- 47,0	-8,6	38,4
Севооборот: подсолнечник – озимая пшеница – кукуруза – ячмень, 3 ротации								
Без удобрений и извести	4,20	10,5	7,4*	14,6*	25,7	-37,2	-14,3	22,9
Доломитовая мука по 1 г.к.	5,49	10,5	19,5*	14,6*	40,0	-63,6	-22,6	41,0

*Потери азота в результате денитрификации и с внутрипочвенным стоком определены в модельных и лизиметрических опытах

Выводы

1. Потенциальная активность несимбиотической азотфиксации в дерново-подзолистых почвах подвержена сильным колебанием в зависимости от уровня кислотности почвы, гидротермических факторов вегетационного периода, вида возделываемой культуры, применения удобрений, обеспеченности доступными источниками углерода и азота.
2. Рассчитанное на основе баланса азота в длительных полевых опытах количество несимбиотически фиксированного азота в полевых севооборотах без использования азотных удобрений составляет 23-41 кг га$^{-1}$ год$^{-1}$ и должно учитываться при расчете баланса азота в земледелии.

Список литературы

Методические указания по определению баланса питательных веществ азота, фосфора, калия, гумуса, кальция / Сычев В.Г., Музыкантов П.Д., Панкова Н.К., М.: ЦИНАО, 2000. - 40 с.
Умаров М.М. Ассоциативная азотфиксация. М.: Изд-во МГУ, 1986. – 136 с.

Кёршенс М., Шульц Е. Органическое вещество почвы: динамика – воспроизводство – экономически и экологически обоснованные показатели. В кн.: Методы исследований органического вещества почв. Владимир: Россельхозакадемия, ГНУ ВНИПТИОУ, 2005. С. 43-85.

Методы почвенной микробиологии и биохимии / Под ред. Звягинцева Д.Г. М.: Изд-во МГУ, 1991. – 303 с.

NON-SYMBIOTIC NITROGEN FIXATION IN CROP ROTATIONS ON SOD-PODZOLIC SOILS

LUKIN S. M.

Institute of Organic Fertilizer and Peat - Branch of the Verkhnevolzsky Federal Agrarian Scientific Center, Vyatkino, Vladimir region, Russia
vnion@vtsnet.ru

Abstract. The potential activity of non-symbiotic nitrogen fixation in crop rotations on sod-podzolic soils has been studied. On the basis of the balance method, in two long-term stationary experiments, the sizes of non-symbiotic nitrogen fixation were determined, reaching 23-41 kg of nitrogen per 1 ha per year in the variants without nitrogen fertilizers.

Keywords. Non-symbiotic nitrogen fixation, potential nitrogen fixation activity, nitrogen balance in crop rotations.

ОЦЕНКА ВЫБРОСОВ АММИАКА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

МАЛЬЧИХИНА А.В., КРУКОВСКАЯ О.Ю., КАКАРЕКА С.В.

Институт природопользования НАН Беларуси, Минск,
hanna.machihina@gmail.com; o-krukowskaya@tut.by; sk001@yandex.ru

Аннотация. Оценка выбросов является важной составляющей процесса регулирования загрязнения атмосферно воздуха. В статье изложены основные проблемы, связанные с оценкой выбросов аммиака, а также результаты инвентаризации выбросов аммиака на территории Беларуси.

Ключевые слова. Оценка выбросов, аммиак, животноводство.

Введение

Оценка выбросов загрязняющих веществ является важным этапом регулирования загрязнения атмосферы. От ее полноты и точности зависит качество последующих оценок нагрузки на экосистемы и планов мероприятий по снижению воздействий. Аммиак в последние десятилетия стал одним из приоритетных загрязняющих веществ. В первую очередь это обусловлено его негативным воздействием на экосистемы и на человека, как на региональном, так и на глобальном уровнях. В (EEA, 2020) показано, что снижение выбросов аммиака, достигнутое за последние десятилетия, является незначительным по сравнению со снижением выбросов других загрязняющих веществ (оксидов азота, диоксида серы, ВЧ).

Основным источником поступления аммиака в атмосферу является животноводство, что обуславливает большое количество факторов, влияющих на величину выбросов: вид животных, система уборки и хранения навоза, температура в помещении и климатические условия, рацион животных, характеристика мест содержания животных и др. По этой причине оценка выбросов аммиака сопряжена с рядом трудностей, которые могут быть решены с помощью допущений, экспертных оценок, использования методов моделирования.

В настоящее время в Беларуси для получения официальных оценок на уровне государства используется государственная статистическая отчетность по форме 1-воздух. Для оценки выбросов на уровне предприятий, используется ТКП 17.08-11-2008 Правила расчета выбросов от животноводческих комплексов, звероферм и птицефабрик (далее ТКП), разработанное Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь. Методика, описанная в ТКП, учитывает вид сельскохозяйственного животного, этап технологического процесса, тип места содержания животных и системы уборки, хранения и использования навоза. Данные отчетов отдельных предприятий обобщаются в Национальном статистическом комитете по городам, отраслям, министерствам и по стране в целом. Можно выделить следующие проблемы оценки выбросов в рамках государственного учета: учет выбросов только от крупных предприятий (с выбросами более 25 т год$^{-1}$), отсутствие учета выбросов от хозяйств населения, разное количество отчитывающихся предприятий в разные года. Согласно данным национального статистического комитета выбросы аммиака в 2019 г. составили 26,4 тыс. т. При этом поголовье КРС 4,3 млн голов, свиней – 2,9 млн голов, птицы 50 млн голов. В то время как в странах с меньшим поголовьем сельскохозяйственных животных выбросы превышают 50 тыс. т., что говорит о неполноте статистических данных о выбросах аммиака в Беларуси.

Для уточнения выбросов аммиака предложена методология ЕМЕП, которая используется при подготовке национальных данных о выбросах для выполнения обязательств в рамках Конвенции о трансграничном загрязнении атмосферного воздуха.

Объекты и методы исследования

В настоящее время для оценки поступления загрязняющих веществ в атмосферный воздух на национальном уровне наиболее распространен метод с использованием удельных показателей выбросов, так как он требует минимального объема входных данных и ресурсов. При оценке выбросов от ключевых категорий источников обычно используют более точные методы: удельные показатели выбросов, учитывающие специфику производства, модели и инструментальные замеры (Какарека, 2017).

Основным источником информации об удельных выбросах загрязняющих веществ является Руководство EMEP/EEA по инвентаризации выбросов загрязняющих веществ (далее Руководство). Для оценки выбросов аммиака от несельскохозяйственных источников в Руководстве предлагается использовать удельные показатели выбросов без учета специфики производства. Для животноводства описано 3 различных по детальности метода оценки выбросов. При отсутствии детальных данных можно использовать упрощенный метод, который учитывает вид животных и систему удаления навоза, а также позволяет оценивать выбросы для различных стадий обращения с навозом (содержание животных и хранение навоза, выпас скота, внесение навоза на поля в качестве удобрений). Второй по детальности метод, основан на концепции потока азота через всю систему управления навозом от мест содержания животных до внесения навоза на поля. Третий метод подразумевает использование инструментальных замеров или концепции потока азота с использованием национальных коэффициентов.

В работе использован комбинированный метод оценки выбросов аммиака: для несельскохозяйственных источников, внесения минеральных удобрений и малораспространенных сельскохозяйственных животных (пушные звери, лошади) использован упрощенный метод оценки, основанный на удельных показателях выбросов «по умолчанию». Для животноводства и птицеводства применен метод второго уровня детализации.

До 2019 г. для оценки выбросов аммиака от процессов животноводства использовались агрегированные удельные показатели выбросов, зависящие только от вида животных. Начиная с 2019 г. оценка выбросов аммиака выполняется также в разрезе процессов: содержание животных, внесение органических удобрений и выпас. Оценка выполняется с учетом систем удаления навоза. Для получения удельных показателей выбросов использован, метод, основанный на концепции потока азота, описанный в Руководстве. С помощью данного метода и с учетом специфики сельского хозяйства Республики Беларусь были разработаны удельные показатели выбросов аммиака для содержания различных видов животных, процессов внесения удобрения и выпаса скота.

Исходными данными для оценки выбросов аммиака служат данные Национального статистического комитета по поголовью КРС, свиней, птицы и других видов животных. Для разделения поголовья по системам удаления навоза, использованы данные, полученные в работе (Мальчихина, 2010). Для разделения поголовья птицы на бройлеров и кур несушек используется показатель яйценоскости птицы и объем производства яиц в год.

Результаты и обсуждение

Согласно полученным оценкам валовые выбросы аммиака в Беларуси в 2019 г. составили 134,37 тыс. т (таблица 1), что в 5 раз выше, оценок по государственной статистической

отчетности. Доля сельскохозяйственных источников в валовых выбросах аммиака составляет 92 %. Более 30 % аммиака поступает в атмосферный воздух от мест содержания КРС; более 20 % от процессов внесения органических удобрений; 15 % – от минеральных удобрений; около 8 % - места содержания свиней и птицы.

Таблица 1. Выбросы аммиака по категориям источников в 2019 г. на территории Беларуси

Категория источников выбросов	Выбросы аммиака, тыс. т
Сжигание топлива	0,06
Промышленность (технологические процессы)	1,18
Обращение с навозом (КРС)	43,23
Обращение с навозом (свиньи)	11,45
Обращение с навозом (птица)	9,83
Обращение с навозом (прочие животные)	0,35
Внесение минеральных удобрений	20,37
Внесение органических удобрений	31,80
Выпас животных	6,97
Обращение с отходами	5,96
Обращение со сточными водами	3,17
Валовые выбросы	134,37

Валовые выбросы аммиака в период с 2000 по 2018 гг. варьируют от 120,3 до 157,08 тыс. т. максимальные выбросы зафиксированы в 2011-2012 гг., минимальные в 2003–2004 гг. В настоящее время наблюдается снижение валовых выбросов аммиака (рис.), обусловленное снижением поголовья КРС и свиней.

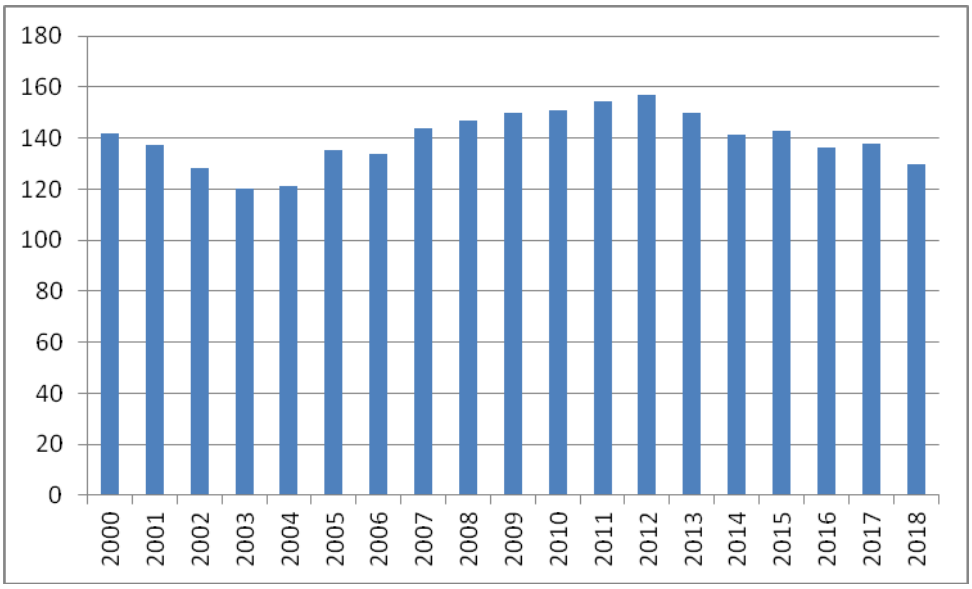


Рис. Динамика выбросов аммиака в Беларуси, тыс. т.

Выводы

Полученные данные значительно дополняют национальную статистику по выбросам аммиака. Использованная методика позволяет оценить выбросы на национальном уровне с минимальными входными данными. Однако неопределенность полученных оценок достаточно высока (73%), что связано в первую очередь с неопределенностью используемых удельных показателей выбросов, полученных на основе разобщенных исследований и экспертных оценок. Необходимо проведение экспериментальных исследований, направленных на получение национальных удельных показателей выбросов аммиака. Также проблемой получения качественных оценок выбросов аммиака является получение исходной информации о ведении сельскохозяйственной практики на небольших предприятиях. Оценка, выполненная ранее, показала, что выбросы аммиака от выращивания КРС обусловлена небольшими предприятиями с поголовьем до 1000 голов (Какарека, 2017). Сбор информации о методах содержания, рационе, методах удаления навоза от небольших предприятий связан с большими затратами одна из задач найти оптимальные методы оценки выбросов аммиака от такой категории источников.

Список литературы

Какарека С.В., Мальчихина А.В. (2016) Аммиак в атмосферном воздухе источники поступления, уровни содержания, регулирование. Минск, 254 с.

Мальчихина А.В. Антропогенные источники выбросов аммиака на территории Беларуси: выявление, оценка и прогноз. Автореф. дисс. на соискание научной степени к.г.н., 22 с.

EEA (2020) Air Quality in Europe – 2020 report, EEA-report No 09/2020. – https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2020-report.

EMEP/EEA air pollutant emission inventory Guidebook (2019) EEA. – https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019.

Webad. Reported Emissions Data. – https://www.ceip.at/webdab-emission-database/reported-emissiondata

ESTIMATION OF AMMONIA EMISSIONS IN REPUBLIC OF BELARUS

MALCHYKHINA A. V., KRUKOWSKAYA O.Y., KAKAREKA S. V.

Institute for Nature Management National Academy of Science, Minsk, Belarus
hanna.machihina@gmail.com; o-krukowskaya@tut.by; sk001@yandex.ru

Abstract. The emission assessment is an important component of the regulating air pollution process. The article describes the main problems associated with the assessment of ammonia emissions, as well as the results of the inventory of ammonia emissions in Belarus.

Keywords. Emission assessment, ammonia, livestock.

ОСОБЕННОСТИ ВЕДЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА В КРЕСТЬЯНСКОЙ ЗАПОВЕДНОЙ ЗОНЕ ДОЛИНЫ РЕКИ СИМИТАРРА, КОЛУМБИЯ

СЕГУРА МАРТИНЕС В. Д.
РГГМУ, Санкт-Петербург
wdseguram@gmail.com

Аннотация: Крестьянские заповедные зоны в Колумбии – территории, законодательно закрепленные для содействия территориальному развитию, преодоления социальных разрывов и высокого уровня бедности населения. На данных территориях мелкое крестьянское и семейное хозяйство являются преобладающими экономическими предприятиями, где основная рабочая сила обеспечивается семьей. В связи с потенциалом почв и климатическими особенностями в этих районах также развиваются крупные промышленные предприятия культуры масличных пальм, требующие больших объемов вносимого азота (N). В настоящей работе описываются характеристики этих форм производства для исследуемой зоны.
Ключевые слова. Крестьянская заповедная зона, крестьянское семейное хозяйство, промышленное сельскохозяйственное производство.

Введение

Крестьянская заповедная зона в долине реки Симитарра, установленная Законом № 160 от 1994 г. и Постановлением №1777 от 1995 г. Министерства сельского хозяйства и развития сельских районов (MADR), является областью, способствующей территориальному развитию, преодолению социальных разрывов и высокого уровня бедности населения. Этот закон устанавливает создание зоны для развития крестьянского хозяйства, он не исключает другие типы экономики на территории, поэтому в последние годы развиваются предприятия с промышленными объемами производства и крупномасштабными посевами. В долине реки Симитарра, являющейся зоной исследования такие промышленные предприятия сосредоточены на выращивании масличной пальмы поставляя продукцию для производства маргарина, жиров, пищевых масел и мыла, но прежде всего для производства биотоплива.

Увеличение использования азотных удобрений (N) во всем мире, особенно с 1960-х годов, а для исследуемой территории с момента ее создания в 1990-х годах, уровни выбросов закиси азота N_2O увеличились и представляет 8% выбросов парниковых газов, а сельское хозяйство является причиной половины выбросов N_2O во всем мире. (Vinisa, 2016)

В этой статье описываются основные климатологические характеристики Крестьянской заповедной зоны долины Реки Симитарра, упоминаются основные сельскохозяйственные культуры на территории, составляющие основу семейной корзины поселенцев и крестьянских семей региона. Проводится сравнение характеристик семейного крестьянского производства и промышленного сельскохозяйственного производства в социальном, экономическом выражении и потреблении азота (N).

Объекты и методы исследования

Описать климатологические и географические характеристики исследуемого района. Определелить посевы в исследуемом районе. Описать виды сельскохозяйственного производства в исследуемом районе. Провести библиографический обзор и непосредственные наблюдения в районе исследования.

Результаты и обсуждение

Климатологические характеристики

Крестьянская заповедная зона долины реки Симитарра расположена в регионе Магдалена Медио, Колумбия, в муниципалитетах Кантагалло и Сан-Пабло в департаменте Боливар, и Йондо и Ремедиос в департаменте Антиокия, общей площадью 504 259 га на высоте от 100 до 1400 метров над уровнем моря и население, которое к 2012 году согласно Плану устойчивого развития Крестьянской заповедной зоны в долине реки Симитарра составляло 29 000 жителей. (ACVC, 2012).

В районе влажный климат, средняя температура территории колеблется от 27 до 29ºC, среднее количество осадков составляет 2770 мс. (ACVC, 2012) Средняя месячная относительная влажность на территории района 80-90%, потенциальная эвапотранспирация колеблется от 1300 до 1500 мм в год (IDEAM, 2005). Средняя многолетняя яркость Солнца составляет 5-6 часов солнечного света в день. Это эквивалентно приблизительному диапазону от 1800 до 2160 солнечных часов в год (UPME, IDEAM, 2003).

Посевы, созданные в Крестьянской заповедной зоне в долине реки Симитарра

Преобладающее сельское хозяйство в Крестьянской заповедной зоне в долине реки Симитарра характеризуется семейным фермерством, и урожай выращивается в основном для самообеспечения семьи на небольших участках площадью до 2 га. Основные виды возделываемых культур представлены в табл. 1.

Таблица 1. Основные культуры в Крестьянской заповедной зоне долины реки Симитарра

Переходные посевы	Многолетние культуры	Пастбище
• Кукуруза • Рис • Маниока • Фасоль • Тыква • Арбуз • Ананас	• Банан • Манго • Лимон • Мандарин • Какао • Папайя • Пальмовое масло	• Животноводство • Животноводство буйволов • Коневодство

Однако на территории района, расположеной на равнине между рекой Симитарра и рекой Магдалена в муниципалитете Йондо (Антиокия) и муниципалитетах Кантагалло и Сан-Пабло в департаменте Боливар, возделываются посевы масличных пальм в промышленных объемах.

Виды сельскохозяйственного производства на территории

В Крестьянской заповедной зоне в долине реки Симитарра можно наблюдать, как сосуществуют и сталкиваются две совершенно разные формы производства. (ACVC, 2012). Во-первых, определяется экстенсивное (мелкое крестьянское и семейное хозяйство) и промышленное производство, в котором преобладают категории прибыли, заработной платы, добавочной стоимости (Vargas, 1987). Промышленные предприятия основаны на предпринимательской латифундии; а с другой стороны, существует семейное производство, которое не подчиняется исключительно логике «конкурентоспособности и свободного рынка»,

если оно не регулируется логикой кооперации, самоуправления и производства для потребления одних и тех же семей. Проведенные исследования позволили представить сравнительную характеристику двух видов сельскохозяйственного производства существующего на исследуемой территории (табл. 2).

Таблица 2. Характеристика семейного крестьянского сельскохозяйственного производства и промышленного сельскохозяйственного производства. [1]

Особенности	Семейное крестьянское сельскохозяйственное производство	Промышленное сельскохозяйственное производство
Отношения со средствами производства	Производитель в крестьянском хозяйстве владеет средствами производства и продуктом своего труда.	Наемные рабочие, которые продают свою рабочую силу, и владельцы, которые контролируют средства производства и владеют продукцией.
Рабочая сила и разделение труда	Фундаментальная основа работы не определяется заработной платой. Внутри крестьянской производственной единицы нет четкого социального и технического разделения труда, поскольку различные производственные виды деятельности могут осуществляться каждым из разных членов семьи.	Наемная рабочая сила контролируется через заработную плату. Есть четкое разделение труда (руководство и исполнение) и представлена специализация людей по видам труда.
Технология	В основном перобладают экстенсивные технологии производства. В большинстве хозяйств используется ручной труд.	Основываясь на логике получения прибыли, используются интенсивные технологии и максимальная механизация на всех этапах производства.

[1]Собственная разработка, основанная на определениях, данных профессором Алехо Варгасом в «Крестьянском хозяйстве: теоретические соображения».

Особенности	Семейное крестьянское сельскохозяйственное производство	Промышленное сельскохозяйственное производство
Качество земли	Особенностью крестьянского хозяйства является ее историческое расположение на склоне холма Серрания-де-Сан-Лукас, что затрудняет механизацию производства, доступ к производственным объектам и продажа продукции в основном осуществляется по реке из-за плохого состояния дорог.	Производство в основном расположено на равнинах между реками Чимитарра и Магдалена, где легко использовать механизацию сельского хозяйства и где нет проблем из-за нехватки воды.
Расход азотных удобрений	76% хозяйств не используют удобрения, ограничиваясь пожнивными остатками и паровыми полями. (ACVC, 2018). 24% оследованных крестьянских хозяйств используют тоько органические удобрения, полученные в ходе производственного процесса. Среди используемых органических удобрений с содержанием азота есть куриный помет, в котором процентное содержание азота в пересчете на сухое вещество составляет 1,4%, и некоторые типы компоста, в которых процентное содержание пригодного для использования азота колеблется от 1,5 до 2% в зависимости от используемых отходов. (Barrera, 2012)	Для получения среднего урожая 25 т $га^{-1}$ $год^{-1}$ на взрослой плантации необходимо 114,1 кг $га^{-1}$ $год^{-1}$ азота (TECHNOSERVE, 2009). Наиболее распространены азотные удобрения: Название — % N Мочевина — 46 NH_4NO_3 — 33.5 $(NH_4)_2SO_4$ — 21 $(NH_4)_2HPO_4$ — 18 (N,P,K) — 15 Остатки фруктов — <1 Обрезанные листья — 0,5 Остатки экстракции пальмового масла — 0.4

Особенности	Семейное крестьянское сельскохозяйственное производство	Промышленное сельскохозяйственное производство
Выбросы парниковых газов	Учитывая разнообразие культур, небольшие площади и скудные инвестиции в производственные ресурсы и технику для этого типа производства, можно сказать, что парниковые газы в этом типе производства в основном связаны с работой по адаптации земли и уборке урожая.	Подсчитано, что в среднем на плантациях масличных пальм в этой области Колумбии генерируется: N_2O: 0,85 Экв.т. CO_2 га$^{-1}$ год$^{-1}$ CO_2: 3,16 Экв.т. CO_2 га$^{-1}$ год$^{-1}$ (PALMACEITE, 2019)

Следует отметить, что, хотя планирование и производство продукции семейного крестьянского сельскохозяйственного производства в исследуемой области имеет логику, отличную от господствующей логики рынка, этот тип производства не чужд капиталистической экономике и ее логике, особенно в приобретении ресурсов и услуг для производства и семьи, а также в продаже производимых продуктов, где крестьянин и семья сталкиваются с логикой рынка спроса и предложения.

Выводы

Благодаря своему географическому положению в тропической зоне и погодным условиям зоны крестьянского заповедника долины реки Симитарра, любой тип сельского хозяйства может развиваться круглогодично. Существует два преобладающих типа сельскохозяйственного производства в изучаемой области, крестьянского семейного производства в мелких производственных единицах и предпринимательского производства, проявляющегося в выращивании масличной пальмы.

Крестьянское сельскохозяйственное производство отвечает за обеспечение большей части продуктов питания, потребляемых крестьянскими семьями. Его важность состоит в культурных корнях жителей для их территории и создании рабочих мест. Из-за низкого уровня производства и инвестиций, малых объемов используемых удобрений химического происхождения, образование парниковых газов, и особенно азотных газов, чрезвычайно мало, однако исследования для количественной оценки выбросов парниковых газов на изучаемой территории и в этом виде сельскохозяйственного производства черезвычайно вожно.

Крестьянская заповедная зона является примером сосуществования различных моделей сельскохозяйственного производства, которые с экономической точки зрения можно назвать антагонистическими, однако существуют внутренние факторы, такие как перемещение населения и плохое состояние дорог, препятствующие продаже продуктов. Отсутствие возможностей для населения и его старение, которые могли бы склонить чашу весов в сторону роста промышленного сельскохозяйственного производства в этом.

Список литературы

ACVC. (2018) Resultados del diagnóstico agroecológico y plan de Finca a los beneficiarios del proyecto "Aumento de la productividad de ganado bovino y bufalino con enfoque agroecológico en la Zona de Reserva Campesina del Valle del Río Cimitarra" COL/71449. Barrancabermeja, Colombia.

ACVC, A. C. (2012) Plan de Desarrollo Sostenible de la zona de Reserva Campesina del Valle del Río Cimitarra (2012-2022). Barrancabermeja, Colombia.
ACVC-RAN. (2012) Actualización del Plan de Desarrollo Sostenible de la Zona de Reserva Campesina del Valle del Río Cimitarra (ZRC-VRC) (2012-2022). Barrancabermeja.
Barrera Aydee Figueroa, J. G. (Enero- Julio de 2012) Determinación de nitrógeno potencialmente mineralizable y la tasa de mineralización de nitrógeno en materiales orgánicos. TEMAS AGRARIOS,Vol 17, 32-43.
IDEAM. (2005) Atlas climatológico de Colombia. Colombia: IDEAM.
PALMAACEITE. (2019) Informe de emisiones GEI en la cadena de suministro de PALMAACEITE S.A. Santa Marta. Colombia.
TECHNOSERVE. (2009) Manual Tecnico de palma africana. San Pedro Sula, Honduras.
UPME, IDEAM. (2003) Atlas de radiacion solar de Colombia (2 ed.). Bogota, Colombia.
Vargas Alejo. (1987) La economía campesina: consideraciones teóricas. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
Vinisa Saynes Santillán, J. D. (2016) Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en sistemas agricolas de México. Terra Latinoamericana, Vol 34.

CHARACTERISTICS OF AGRICULTURAL PRODUCTION IN THE PEASANT RESERVE ZONE OF THE CIMITARRA RIVER VALLEY, COLOMBIA

SEGURA MARTINEZ W. D.
RSHU, Saint Petersburg
wdseguram@gmail.com

Abstract: The Peasant Reserve Zones in Colombia are legislative figures with the objective of promoting territorial development, overcoming social gaps and the high levels of poverty of the population. The small-scale peasant and family economy, this is the economy that prevails in the Peasant Reserve Zone of the Cimitarra River Valley, is characterized by being an extractive economy, where the main labor force is provided by the family. Given the potential of the soils and the climatic characteristics, large industrial oil palm crops have also settled in these areas. In this paper, the characteristics of these forms of production for the study area are described.

Keywords. Peasant Reserve Zone, peasant family economy, industrial agricultural production.

АНАЛИЗ КОМПОНЕТОВ АЗОТНОГО ОБМЕНА В ПАХОТНЫХ ПОЧВАХ С ПОМОЩЬЮ МОДЕЛИ DNDC

СУХОВЕЕВА О. Э.

ФГБУН Институт географии РАН, Москва
olgasukhoveeva@gmail.com

Аннотация. На примере пахотных почв Московской области с помощью модели DNDC воспроизведены параметры азотного обмена, в том числе эмиссия закиси азота. Наиболее значимым фактором для большинства компонентов признаны удобрения, особенно органические. В их отсутствие составляющие азотного обмена малочувствительны к условиям моделирования и, в основном, зависят от почвенно-климатических условий. Численные значения эмиссии закиси азота колеблются в небольшом диапазоне, при этом выпадающие осадки оказывают на них гораздо меньшее влияние по сравнению с почвообрабатывающими мероприятиями и внесением удобрений. Верификация по литературным данным показала, что результаты DNDC для нечерноземных пахотных почв могут отличаться от данных полевых измерений.

Ключевые слова. Агроэкосистемы, закись азота, картофель, цикл азота, яровая пшеница.

Введение

Компоненты цикла азота в почве, с одной стороны, формируют ее плодородие, с другой, являются парниковыми газами. В биомах с преобладанием землепользования сельскохозяйственного направления отмечаются наибольшие потери органического азота и эмиссия закиси азота (N_2O) (Моисеев, Алябина, 2007).

Ввиду сложности связей в системе «почва – растение – атмосфера» многие исследователи пытались описать их математически, что нашло свое отражение в создании имитационных моделей, отражающих биогеохимические циклы элементов. Одним из таких инструментов является DNDC (DeNitrification-DeComposition) – модель динамики азота и углерода в пахотных почвах (Li et al., 1992).

DNDC находится в свободном доступе и позволяет одновременно оценить циклы двух элементов, а также гидротермические условия в агроэкосистемах. Она входит в тридцатку лучших моделей почвенных процессов по данным International Soil Modeling Consortium и рекомендуется к использованию РКИК ООН в качестве альтернативы методикам МГЭИК. Модель широко используется в мире, в том числе в России – для оценки эмиссии N_2O из почвы под овощными культурами (Balashov et al., 2010, 2014).

Цель исследования состояла в применении модели DNDC для анализа составляющих биогеохимического цикла N в почвах сельскохозяйственного назначения. В задачи исследования входили: настройка модели для условий России, верификация по данным полевых опытов, оценка чувствительности к внешним условиям.

Объекты и методы исследования

В качестве объектов исследования были выбраны пахотные почвы Московской области, поскольку именно для нее входные данные были наиболее полными. Моделирование проводилось на примере яровой пшеницы – одной из основных зерновых культур, вегетационный период которой охватывает один календарный год, и после созревания растительная масса убирается с поля, что дает возможность получить более точные результаты

для краткосрочного моделирования, а также картофеля – пропашной культуры, также однолетней, технология возделывания которой отличается наибольшим количеством почвообрабатывающих мероприятий.

По данным Единого государственного реестра почвенных ресурсов России (2014) определялись средневзвешенные параметры почвенного покрова. Среднесуточные данные о погодных условиях были взяты из базы ВНИИ ГМИ – МЦД по метеостанциям ВДНХ, Коломна и Можайск за 1990-2015 гг. Средние дозы вносимых органических и минеральных азотных удобрений были рассчитаны по данным Бюллетеней “Внесение удобрений под урожай и проведение работ по химической мелиорации земель”. Даты проведения агротехнических мероприятий определялись по типовым технологическим картам.

Оценка чувствительности результатов модели к антропогенному воздействию проводилась по вариантам, составленным по мере усложнения воздействия на почвенные процессы. В каждый следующий вариант включались все предыдущие, и вводился один новый компонент (схема вариантов представлена в подписи к рисунку 2).

При верификации в качестве входных данных воспроизводились условия опытов (почвенные, климатические и агротехнологические) по сведениям используемых статей, а выходные данные модели сравнивались с результатами полевых измерений компонентов азотного цикла.

Результаты и обсуждение

1. Настройка модели

Рассчитанная для пахотных почв Московской области эмиссия N_2O мала и в среднем составляет 0,58 ± 0,79 кг N-N_2O га$^{-1}$ год$^{-1}$, и лишь при избыточном внесении удобрений может достигать 3,5-5,1 кг N-N_2O га$^{-1}$ год$^{-1}$. Небиологическое связывание атмосферного N зависит от особенностей почвенного покрова и метеоусловий и равно 6,65 ± 1,64 кг N га$^{-1}$ год$^{-1}$. Азотфиксация, среди полевых культур, возможна лишь у бобовых. Поступление N от корневых остатков, поверхностного притока и оттока влаги в рассматриваемом примере равны нулю. Также незначительно отличаются от нуля потоки оксида азота и молекулярного азота. Выщелачивание N в нижележащие слои почвы и вынос его с продукцией культур, поступление N от надземной биомассы, эмиссия аммиака и диоксида азота – прямо пропорциональны уровню химизации растениеводства, т.е. количеству вносимых удобрений.

2. Верификация модели

По результатам верификации было отмечено соответствие измеренных и смоделированных значений по таким показателям как вынос N картофелем и выщелачивание N озимой пшеницей и картофелем без удобрений (табл. 1). Расчетные значения были выше опытных по поступлению N в почву с атмосферными осадками, выщелачиванию его в агроценозах пшеницы и картофеля с применением удобрений (в 20 и 13 раз). Модель занижала вынос N озимой пшеницей и кормовой свеклой в 2 и 3 раза. Отчасти, подобное расхождение может быть вызвано осредненным характером используемых входных данных.

DNDC гораздо точнее воспроизводила эмиссию N_2O, чем регрессионные модели, и на примере северной части Бельгии ее результаты значительно лучше согласовались с данными полевых измерений на пашнях по сравнению с пастбищами (Beheydt et al., 2007). Для сенокосов южной Ирландии расчетная эмиссия N_2O превышала реальные параметры на 32%, тогда как фоновые значения были существенно ею занижены (Hsieh et al., 2005). На пастбищах северного Китая моделируемый поток N_2O был на 40% ниже результатов полевых измерений (Wang, Wang, 2003). В Ленинградской области модель переоценивала потоки N_2O в посевах ярового ячменя на

супесчаных подзолистых почвах с иллювиальным горизонтом при внесении различных доз азотных удобрений (Балашов и др., 2010). DNDC по сравнению с моделью SWAP лучше рассчитывала изменение влажности почвы после выпадения различного количества осадков, но проигрывала в точности оценки динамики температур почвы (Balashov et al., 2014).

Таблица 1. Сопоставление данных моделирования с результатами полевых измерений (верификация модели DNDC по литературным источникам), кг N $га^{-1}$ $год^{-1}$

Параметры	Модельные значения	Полевые опытные данные			
		Значение	Регион	Почва	Ссылка
Поступление N с атмосферными осадками	4,4 - 8,3	3,3 - 4,3	Московская обл., Подольский р-н, опытное хозяйство ВИЖа “Щапово”	Дерново-слабоподзолистая, среднесуглинистая на покровном тяжелом суглинке	Иванов, 1969
Выщелачивание N • Озимая пшеница, без удобрений • Озимая пшеница, с удобрениями • Картофель, без удобрений • Картофель, с удобрениями	0,4 - 0,8 4,3-36,7 0,7 - 2,7 17,1-52,7	0,6 - 0,9 0,9 - 1,1 1,6 - 2,6 1,9 - 3,4			
Вынос N • Озимая пшеница	33,1-51,1	68,7 - 114,3			
• Картофель	24,7-68,6	61,4	Владимирская обл.	Дерново-подзолистая легкосупесчаная слабоглееватая	Лукин, Марчук, 2011
• Кормовая свекла	18,2 - 104,1	190 - 214	Москва, Опытная станция РГАУ-МСХА	Дерново-подзолистая среднесуглинистая	Кидин и др,, 2009

3. Оценка чувствительности модели

Наибольший отклик потока N_2O в атмосферу отмечается на внесение минеральных удобрений, а также на проведение почвообрабатывающих мероприятий, тогда как всплеск эмиссии после ливневых явлений гораздо ниже, даже в годы с дефицитом летнего увлажнения (рис. 1). Поскольку в исходном варианте DNDC была создана как модель эмиссии N_2O, связанной с дождевыми явлениями (Li et al., 1992), отсутствие яркого отклика и относительно стабильное выделение N_2O в результате денитрификации, вероятно, связано с тем, что Московская область лежит в зоне достаточного увлажнения, и почвенная влага не является лимитирующим фактором для жизнедеятельности микроорганизмов в дерново-подзолистых почвах.

На примере супесчаных подзолистых почв северо-запада Европейской части России под яровым ячменем, картофелем и белокочанной капустой, наоборот, была отмечена чувствительность эмиссии N_2O, прогнозируемой с помощью DNDC, к сумме осадков, доле пор, заполненных водой и количеству азотных удобрений (Balashov et al., 2010).

При сельскохозяйственном использовании содержание N в пахотном слое почвы уменьшается, а сохранение возможно только при внесении удобрений, особенно органических, когда скорость накопления может более чем в 100 раз превышать поток в парующей почве

(табл. 2). Удобрения позволяют покрыть потери N, связанные с отчуждением растительной биомассы при уборке сельскохозяйственных культур, но одновременно повышает эмиссию N_2O (рис. 2). Следовательно, рациональное внесение минеральных и органических удобрений, рассчитанное с учетом характеристик почвенного покрова и, в частности, содержания в нем N, является основным средством не только поддержания почвенного плодородия, но и снижения эмиссии N_2O.

Рис. 1. Оценка чувствительности азотного блока модели DNDC к метеорологическим условиям (2011 г., год с дефицитом летнего увлажнения, когда было отмечено два ливня) и агротехнологическим мероприятиям, кг N $га^{-1}$ $год^{-1}$
1 – эмиссия закиси азота, 2 – содержание органического азота в слое почвы 0-10 см

Таблица 2. Оценка потоков азота в пахотных почвах Московской области на основе ступенчатого моделирования с помощью модели DNDC, кг N $га^{-1}$ $год^{-1}$

Культура	Пар	Яровая пшеница				Картофель			
Вариант	I	II	III	IV	V	II	III	IV	V
Поглощение из атмосферы	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7
Выщелачивание	1,6	0,5	0,6	13,6	210,5	0,9	1,7	59,6	257,1
Поступление с растительными остатками	0,0	2,6	9,9	19,7	20,4	2,4	7,3	8,7	8,8
Вынос культурой	0,0	13,2	19,5	42,6	44,1	17,3	26,3	32,3	32,8
Эмиссия аммиака	0,7	0,3	0,3	0,5	2,8	0,4	0,6	1,2	4,5
Эмиссия закиси азота	0,1	0,0	0,1	1,5	5,1	1,0	0,3	0,7	3,5
Динамика содержания азота в почве	4,3	-4,9	-4,0	65,8	538,0	-9,8	-15,0	20,4	498,3

I – климат и почва (чистый пар); II – климат, почва и обработка почвы (обрабатываемый чистый пар); III – климат, почва, обработка почвы и растения (посевы культур); IV – климат, почва, обработка почвы, растения и минеральные удобрения (удобряемые посевы культур); V – климат, почва, обработка почвы, растения, минеральные и органические удобрения (удобряемые посевы культур с внесением навоза), VI – климат, почва, обработка почвы, растения, двойные дозы минеральных и органических удобрений (посевы культур с двойными дозами удобрений)

Рис. 2. Оценка чувствительности модели к различным типам антропогенного воздействия

Выводы

Для всех компонентов биогеохимического цикла азота в пахотных почвах наиболее значимым фактором являются вносимые удобрения, особенно органические. В их отсутствие составляющие азотного обмена малочувствительны к условиям моделирования и, в основном, зависят от почвенно-климатических условий. Численные значения эмиссии закиси азота колеблются в небольшом диапазоне, при этом выпадающие осадки оказывают на них гораздо меньшее влияние по сравнению с почвообрабатывающими мероприятиями и внесением удобрений. Верификация по литературным данным показала, что результаты DNDC для нечерноземных пахотных почв могут отличаться от данных полевых измерений.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ № 20-76-00023, а также в рамках госзадания Института географии РАН № 0148-2019-0009.

Список литературы

Балашов Е.В., Бучкина Н.П., Рижия Е.Я., Павлик С.В. (2010) Прямые измерения и прогноз эмиссии закиси азота из почв с помощью модели DNDC // Снижение отрицательного воздействия на окружающую среду химически активного азота при производстве сельскохозяйственной продукции. Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства, СПб. С. 60-68.

Иванов Ю.Д. (1969) Динамика органического вещества и баланс азота в прифермских севооборотах и под бессменными культурами на дерново-слабоподзолистой почве. – Автореф. дис. … канд. с.-х. наук. ТСХА, М. 15 с.

Кидин В.В., Гущина Е.О., Зенкина В.В. (2009) Потребление разных форм азота кормовой свеклой и особенности его трансформации в почвенном профиле // Известия ТСХА. Вып. 1: 5-12.

Лукин С.М., Марчук Е.В. (2011) Влияние биопрепаратов ассоциативных азотфиксирующих микроорганизмов на урожайность сельскохозяйственных культур // Достижения науки и техники АПК, 8: 18-21.

Моисеев Б.Н., Алябина И.О. (2007) Оценка и картографирование составляющих углеродного и азотного балансов в основных биомах России // Изв. РАН. Сер. геогр. 5: 116-127.

Balashov E., Buchkina N., Rizhiya E., Farkas C.S. (2014) Field validation of DNDC and SWAP models for temperature and water content of loamy and sandy loam spodosols // International agrophysics. Vol. 28, 2: 133-142.

Balashov E., Horak J., Siska B., Buchkina N., Rizhiya E., Pavlik S. (2010) N_2O fluxes from agricultural soils in Slovakia and Russia – direct measurements and prediction using the DNDC model // Folia Oecologica. Vol. 37, 1: 8-15.

Beheydt D., Boeckx P., Li C., van Cleemput O. (2007) Validation of DNDC for 22 long-term N_2O field emission measurements // Atmospheric Environment. Vol. 41, 29: 6196-6211.

Hsieh C.-I., Leahy P., Kiely G., Li C. (2005) The effect of future climate perturbations on N_2O emissions from a fertilized humid grassland // Nutrient Cycling in Agroecosystems. Vol. 73, 1: 15-23.

Li C., Frolking S., Frolking T.A. (1992) A model of nitrous oxide evolution from soil driven by rainfall events: 1. Model structure and sensitivity // Journal of geophysical research. Vol. 97, D9: 9759-9776.

Wang M., Wang Y. (2003) Using a modified DNDC model to estimate N_2O fluxes from semi-arid grassland in China // Soil biology and biochemistry. Vol. 35, 4: 615-620.

THE ANALYSIS OF NITROGEN EXCHANGE COMPONENTS IN ARABLE SOILS WITH THE MODEL DNDC

SUKHOVEEVA O. E.

Institute of geography RAS, Moscow, Russia
olgasukhoveeva@gmail.com

Abstract. By the example of arable soils in Moscow region, the parameters of nitrogen exchange were calculated with the model DNDC, including nitrous oxide. Fertilizers, especially organic, were recognized as the most significant factor for many components. If they absent, the parameters of nitrogen exchange are insensitive to the modeling features and mainly depend on soil and climatic conditions. The values of nitrous oxide emissions fluctuate within a narrow range, and precipitation influence on it much less in comparison to tillaging and fertilizer application. Verification on the base of literature data showed that DNDC results for non-chernozem arable soils may differ from field measurements of nitrogen cycle components.

Keywords. Agroecosystems, nitrogen cycle, nitrous oxide, potato, spring wheat.

ФИТОСАНИТАРНОЕ СОСТОЯНИЕ ПОСЕВА ПРИ ВНЕСЕНИИ РАЗНЫХ ДОЗ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫЕ ПОЧВЫ СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ НА ПРИМЕРЕ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ

ФЕСЕНКО М.А., ШПАНЕВ А.М., ДЕНИСЮК Е.С.

ФГБНУ АФИ, Санкт-Петербург

ramylek@yandex.ru, ashpanev@mail.ru

Аннотация. Внесение азотных удобрений в дерново-подзолистую почву высокоэффективный прием, увеличивающий урожайность ярового ячменя более, чем в 2 раза. Однако при этом изменяется структура и численность культурных и сорных видов растений, насекомых, микроорганизмов, что ведет к изменению состояния агроэкосистемы в целом. Высокие дозы азотных удобрений требуют дополнительной обработки против возбудителей заболеваний и вредителей. Высокая цена на фунгициды и инсектициды делает практически нерентабельными, и как следствие нерегулярными эти мероприятия. В агроценозе происходит накопление патогенов и появление резистентных форм. Технологии точного земледелия в некоторой степени сглаживают эти негативные тренды, вместе с тем, необходимы более серьезные шаги по обеспечению биобезопасности агросферы.

Ключевые слова. Азотное удобрение, яровой ячмень, полевой севооборот, сорные растения, болезни и вредители.

Введение

Значительное увеличение производства зерна на экспорт привело к существенному увеличению площадей под зерновыми культурами в регионах, ранее имевших другую специализацию (луговое кормопроизводство, картофелеводство и др.). Такие изменения затронули и Северо-Западный регион: рекордные за всю историю урожаи зерна собрали Ленинградская (161 и 146 тыс. т.) и Калининградская (688 и 680 тыс. т) области в 2020 и 2019 гг., соответственно (sdelanounas.ru). При этом, основной зерновой культурой в Ленинградской области является ячмень (11,6 % от площади всех посевов в 2020 г), в Калининградской – озимая (23,8%) и яровая (7,9%) пшеница (Сельское хозяйство в России. 2019).

Современное земледелие Северо-Западного региона базируется на эксплуатации окультуренных в прошлом дерново-подзолистых почв. Степень окультуренности таких почв варьирует от давно и высокоокультуренных почв в Калининградской и интенсивно окультуренных в 70-80-е годы прошлого столетия пахотных почв в Ленинградской областях до слабоокультуренных почв Новгородской области. Приведенные выше данные показывают, что, к сожалению, именно высокоокультуренные в прошлом дерново-подзолистые почвы стали основными средствами эксплуатации в настоящее время. Исключительно высокая эффективность азотного удобрения на таких почвах привела к практически повсеместному переходу в регионе к моноазотной системе удобрений – на долю азотных удобрений приходится 60-70% от всех вносимых удобрений. Однако, такое хозяйственное использование этого особо ценного земельного фонда региона ведет к весьма быстрой деградации почвенного плодородия (Иванов и др., 2016).

Наряду с деградацией почвенного плодородия, несбалансированное внесение азотных удобрений в дерново-подзолистую почву изменяет структуру и численность полезных и вредных видов растений, насекомых, микроорганизмов, что ведет к фитосанитарной дестабилизации

агроэкосистемы в целом. Результатом изучения этой стороны вопроса является данное сообщение.

Объекты и методы исследования

Исследования начаты в 2012 году в агроэкологическом стационаре Меньковского филиала Агрофизического института (Гатчинский район Ленинградской области). В настоящем сообщении приводятся результаты экспериментов за 2012–2017 гг.

Стационар представляет собой 7-польный зерно-травяно-пропашной севооборот, основанный в 1984 г. Севооборот развернут в пространстве и во времени, и с момента основания имеет 3 уровня удобренности, формируемых ежегодным внесением минеральных удобрений. Почва севооборота дерново-подзолистая супесчаная хорошоокультуренная. Большинство полей стационара имеют сильную степень засоренности.

В варианте высокой удобренности доза азота составляет 100, средней – 65 кг д.в.·га$^{-1}$, низкой – удобрения не вносятся.

Результаты и обсуждение

Величина урожайности ячменя определялась погодными условиями вегетации, в конкретный вегетационный период - в первую очередь уровнем азотного питания. При средней за годы изучения урожайности в варианте без удобрений 1,78 т га$^{-1}$внесение азота в дозе 65 кг д.в. га$^{-1}$увеличивало ее на 1,47 т га$^{-1}$; 100 кг д.в. N га$^{-1}$ сбор зерна возрастал более чем в 2 раза (на 2,15 т га$^{-1}$).

Под влиянием азотных удобрений увеличивалась начальная засоренность посевов ярового ячменя малолетними видами сорных растений, в особенности отзывчивыми на азотное питание марью белой и пикульниками, плотность присутствия многолетних видов сорных растений (щавель малый, осот полевой, мать-и-мачеха обыкновенная), напротив, снижалась в 2.0–3.7 раза. Более высокая численность торицы полевой, которая относится к группе оксилофитов – растений, предпочитающих кислую реакцию почвенного раствора, наблюдалась в варианте, где не было предусмотрено внесение азота.

Количество сорных растений за период от фазы кущения до полной спелости ярового ячменя снижалось на 44% и на 28% в вариантах с высокой и средней дозой азота, соответственно. При общем снижении численности сорных растений масса каждого из оставшихся, формируемая на момент уборки урожая, достоверно и значительно увеличивалась – от 0.58 в варианте без удобрений, до 0.92 и 1.33 г на 1 растение при N_{65} и N_{100}, соответственно. Как следствие, внесение азота достоверно увеличивало общую вегетативную массу сорных растений к концу вегетации ячменя в 1,39 (при N_{65}) и 1,45 (при N_{100}) раза. На неудобренном варианте общая засоренность посевов ярового ячменя оставалась без изменений.

К числу основных заболеваний ячменя в регионе относятся корневые гнили и пятнистости листьев гельминтоспориозной этиологии. Под влиянием азотных удобрений было выявлено значительное и статистически достоверное снижение интенсивности поражения растений ярового ячменя как корневыми гнилями (с 25 до 16%), так и гельминтоспориозными пятнистостями (с 8,1 до 4.4%), вследствие одного общего возбудителя для обоих заболеваний. Для ринхоспориоза те же последствия от внесения минеральных удобрений были характерны только в отдельные годы. Вместе с тем, в годы слабого проявления корневых гнилей встречалась обратная ситуация, вызванная аэрогенным распространением возбудителей гельминтоспориозных пятнистостей: в 2017 году интенсивность поражения в высоко удобренном варианте 4.9%, тогда как в контроле – 1.6%.

Под действием возрастающих доз минеральных удобрений проявилась тенденция усиления развития на листьях мучнистой росы и карликовой ржавчины, увеличивалась доля зерен ячменя, пораженных грибами рр. Alternaria и Fusarium. В отдельные годы зараженность зерна убранного урожая наиболее опасными фузариевыми грибами возрастала в 2,9–3,6 раза. Влияние минеральных удобрений на зараженность зерна связано с изменением микроклимата в благоприятную для патогенов сторону (повышенная влажность и сравнительно стабильный температурный фон), а также с полеганием посева.

Комплекс фитофагов ярового ячменя на Северо-Западе РФ включает шведских мух, черемухово-злаковую и большую злаковые тлей, пьявиц, минирующих мух, листовых пилильщиков. Внесение минеральных удобрений приводило к достоверному снижению общей степени повреждения листьев ярового ячменя личинками листовых пилильщиков. Из упомянутых вредителей хозяйственное значение в отдельные годы имели шведские мухи и черемухово-злаковая тля.

Вторым изучаемым фактором в эксперименте являлась интегрированная система защиты растений, согласно которой на ½ каждого из вариантов при превышении пороговых значений проводились защитные мероприятия против всего комплекса вредных организмов.

Ячмень являлся покровной культурой для высеваемых одновременно с ним многолетних трав (клевер+тимофеевка), что в значительной мере ограничивало выбор препарата и сроки обработок. Против сорной растительности посевы ярового ячменя ежегодно в фазе первого тройчатого листа клевера красного обрабатывали гербицидами агритокс, ВК (1 л·га$^{-1}$) или базагран, ВР (2 л га$^{-1}$). Для защиты от семенной и почвенной инфекции в разные годы проводили обработку семян фунгицидами клад, КС (0.4 л т$^{-1}$), винцит Форте, КЭ (1.0 л·т$^{-1}$), ламадор, КС (0.2 л·т$^{-1}$), систива, КС (0.5 л·т$^{-1}$), от болезней листового аппарата и колоса – опрыскивание вегетирующих растений ячменя в фазе начала колошения препаратами альто Супер, КЭ (0.4 л·га$^{-1}$), зантара, КЭ (0.8 л·га$^{-1}$), прозаро, КЭ (0.8 л·га$^{-1}$), солигор, КЭ (0.7 л·га$^{-1}$), титул Дуо, ККР (0.3 л·га$^{-1}$). В годы массового размножения черемухово-злаковой тли применяли инсектициды фуфанон, КЭ (1 л·га$^{-1}$) или каратэ Зеон, МКС (0.15 л·га$^{-1}$).

Защитные мероприятия в меньшей степени, но в большинство лет достоверно влияли на величину зерновой продуктивности, увеличивая последнюю на 0,59, 0,80 и 0,62 т га$^{-1}$при N_0, N_{65} и N_{100}, соответственно. Межгодовые различия в эффективности применения азотных удобрений и средств защиты растений на Северо-Западе РФ достигали 4 раз. Применение средств защиты растений на фоне азотных удобрений снижало эту вариабельность урожайности ярового ячменя.

Выводы

Внесение азотных удобрений в значительной степени изменяет фитосанитарное состояние посева, в частности, ярового ячменя. Если при невысоком уровне минерального питания в системе защиты растений достаточно было предусмотреть протравливание семян и борьбу с сорной растительностью, то в вариантах с планируемой высокой урожайностью требуются дополнительные обработки против возбудителей заболеваний. Высокая цена на фунгициды снижает рентабельность химзащиты. Цены на инсектициды делают практически нерентабельными мероприятия по борьбе с вредителями и будут оправданы только в отдельные годы. Отсутствие обработок будет приводить при благоприятных климатических условиях к накоплению патогенов и эпифитотиям; применение пестицидов, напротив, индуцирует появление в популяциях вредной биоты резистентных форм и негативно повлияет на нецелевые организмы. Сокращение видового разнообразия культур полевых севооборотов в угоду конъюнктуре рынка значительно ускоряет эти процессы и усиливает риски. Таким образом, агропроизводство выходит на новый виток еще более ресурсозатратных и при этом

антиэкологичных технологий. Основоположник стратегии адаптивной интенсификации растениеводства академик А. А. Жученко ещё в начале 2010-х годов констатировал повышение устойчивости к пестицидам более чем у 500 видов насекомых-вредителей, десятков видов возбудителей болезней и сотен сорняков, объясняя это не только их многочисленностью, но и значительно большим потенциалом их генотипической изменчивости в «эволюционном танце» растение-хозяин-паразит (Жученко, 2012).

Технологии точного земледелия в некоторой степени сглаживают развитие этих негативных трендов развития сельскохозяйственного производства, но не решают проблему полностью. Для предотвращения ситуации требуются срочные, активнейшие меры по обеспечению биобезопасности агроэкосистемы. В основе биобезопасной агросферы могут лежать длинноротационные травопольные севообороты, введение почвоочистительных севооборотов и культур, оптимизированный по фазам культуры питательный режим, допустимое насыщение севооборота зерновыми и иными культурами, гетерогенные виды и сорта, репеллентные и аттрактивные культуры-ловушки, экологические коридоры, и т. п. (Соколов и др., 2017). Это позволит решать стратегические задачи (сохранение естественных факторов, обеспечивающих потенциал для саморегуляции энтомокомплексов) на уровне целостного агроландшафта, тактические задачи (общее оздоровление фитосанитарного состояния обрабатываемых земель) на севооборотном уровне, а оперативные вопросы непосредственного воздействия на популяции отдельных видов – на уровне полей отдельных культур (Комарова и др., 2020).

В настоящее время, к сожалению, во многих регионах ситуация развивается по пессимистическому сценарию.

Список литературы

Зерновые рекорды регионов в 2020 году - https://sdelanounas.ru/blogs/138838/

Сельское хозяйство в России. 2019: Стат. сб. /Росстат – С29 М., 2019. – 91 с. - https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/sh_2019.pdf).

Иванов А.И., Иванова Ж.А., Воробьёв В.А., Цыганова Н.А. (2016) Агроэкологические последствия длительного применения дефицитных систем удобрения на хорошо окультуренных дерново-подзолистых почвах // Агрохимия. №4. С. 10-17.

Жученко А.А. (2012) Вызовы XXI столетия мировой и отечественной продовольственной безопасности //Агропродовольственная политика России. №1. С. 6-9.

Соколов М.С., Санин С.С., Долженко В.И., Спиридонов Ю.Я., Глинушкин А.П., Каракотов С.Д., Надыкта В.Д. (2017) Концепция фундаментально-прикладных исследований защиты растений и урожая // Агрохимия. № 4. С. 3–9.

Комарова О.П., Земляницына С.В. (2020) Снижение пестицидной нагрузки как основа экологической безопасности сельских территорий //Фундаментальные исследования. № 3. С. 54-59.

PHYTOSANITARY CONDITION OF CROPS WHEN APPLYING DIFFERENT DOSES OF NITROGEN FERTILIZERS TO SOD-PODZOLIC SOILS OF THE NORTH-WEST OF RUSSIA. ON THE EXAMPLE OF SPRING BARLEY

FESENKO M. A., SHPANEV A.M., DENISYUK E. S.
Agrophysical Research Institute, St. Petersburg, Russia
ramylek@yandex.ru, ashpanev@mail.ru

Abstract. The use of nitrogen fertilizers in sod-podzolic soil is a highly effective method. It increases the yield of spring barley by more than 2 times. At the same time, the structure and number of cultivated plants, weeds, insects and microorganisms change. The state of the agroecosystem is changing. High doses of nitrogen fertilizers require additional treatment against pathogens and pests. The high price of fungicides and insecticides makes these activities unprofitable and irregular. In the agrocenosis, there is an accumulation of pathogenic microorganisms and the appearance of resistant forms. Precision farming technologies, but more serious steps are needed to ensure the biosafety of the agricultural sector.

Keywords. Nitrogen fertilizers, plant protection, spring barley, field crop rotations, weeds, diseases and pests.

BIOKINETIC PARAMETERS OF NITROGEN TRANSFORMATION CYCLE IN CRYOARID CONDITIONS OF ASIAN RUSSIA

BUDAZHAPOV L. V.

Buryat Research Institute of Agriculture, Ulan-Ude, Russia
nitrolu@mail.ru

Abstract. The results of long-term investigations devoted to kinetic assessment of a nitrogen transformation cycle in soil-fertilizer-plant system are presented. The conception of a biokinetic assessment of a nitrogen transformation has been achieved due to obtaining velocity characteristics of a nitrogen absorption and immobilization in cryoarid soils and the kinetic activity of soil microorganisms.

Key words: nitrogen transformation, constant of velocity, biokinetic assessment, cryoarid soils.

Introduction

Nowadays the importance of improved soil fertility and crop productivity facilitate to find an efficient solution of the problem by estimating the velocity of nitrogen transformation in specific and arid soil-climatic conditions. Accordingly, for specific cryoarid soils with low fertility the kinetic parameters must be fundamental. Due to such assessment a kinetic conception is built whilst a traditional assessment cannot fully reveal the above-mentioned aspects.

Materials and methods

The research is based on nitrogen transformation results obtained during the last two decades with the use of nitrogen stable isotope 15N and statistical analysis. Investigations were held in arid zones. Our studies were carried out through modeling, greenhouse and micro field experiments using spring grain crops. In model investigations under temperature and humidity conditions control we estimated the changes of nitrogen fertilizer absorption in the first and next 10 days by assessing the differences between constant (k) of velocity growth. In greenhouse and micro field experiments we studied a nitrogen trans-formation by estimating its kinetic characteristics that followed a general scheme involving fertilizer free, the application of phosphorus (P) and potassium (K) fertilizer (P40K40), the application of both nitrogen, phosphorus and potassium (NPK) fertilizers. Among analytical methods there were used traditional agrochemical, soil sciences and microbiological analyses. In generalizing results such traditional statistical methods with mathematic modeling were intensively introduced in the experiments. The size of velocity constant (k) of the nitrogen transformation was determined by the use of an exponent equation. We proceeded from the fact that the main distribution of the quantities obeys not to the Gauss equation of a normal distribution, but it obeys to the Poisson curve of distribution (Arkhincheev, Budazhapov,2018; Budazhapov, 2015). A similar assessment was the main and a key position in forming hypothesis and conception.

Results and Discussion

Given that a new assessment suggests revealing not only quantitative parameters of a nitrogen uptake, but focusing specifically on kinetic characteristics. It will be possible to consider that the speed of a nitrogen absorption and velocity constant occurrence is more important than the rate of a nitrogen content. The current analysis indicates that we deal with a biokinetic model here.

According to the findings presented below, the biological differences of grain crops are shown in the absorption of a nitrogen fertilizer and a soil nitro-gen. Among them oats are defined by the highest kinetic use independently of the soil fertility, and its velocity constant (k) reaches k = 0.735 per day and it is higher than that of wheat and barley (table 1). The data shows a powerful root system and a deep penetration into fertility layer of a soil profile, and better absorption of a nitrogen, water and other nutrients. Accordingly, different kinetics of grain crop absorption is represented here for the first time.

It is known that a higher immobilization of a nitrogen fertilizer in soils is a positive factor in the cycle of nitrogen transformation (Budazhapov, 2015, Cookson et al., 2005; Giesseler et al., 2010; Jansson et al., 1982; Jenkinson et al., 2004, Mahieu et al., 20008). Due to this process the content of nitrogen in soils increases respectively. However, quantitative parameters of immobilization of a nitrogen fertilizer in soils are defined as a basic feature excluding kinetic assessment of the process. After its last exposure it was examined that kinetic parameters of soil microorganisms and their performance are a constituent part in the assessment of a nitrogen transformation (Cookson et al., 2005; Giesseler et al., 2010; Jansson et al., 1982; Mahieu, et al., 20008; Petersen et al., 2005; Whalen et al., 2000).

Table 1. The velocity constant (k, day) of a nitrogen fertilizer absorption by plants in cryoarid soils (greenhouse experiments)

Soils	Content of N in soil, %	Soil moisture	Constant of velocity - k, day		
			Wheat	Barley	Oats
Chest nut	0.137 ± 0.04	60-70% of full moisture capacity	0.674	0.673	0.735
Black	0.220 ± 0.02		0.679	0.701	0.723
Grey forest	0.168 ± 0.08		0.544	0.518	0.612
Black meadow	0.433 ± 0.06		0.429	0.374	0.633

The kinetic activity of soil microorganisms in immobilization of a nitrogen fertilizer in cryoarid environments was assessed for the first time. Among groups of soil microorganisms the Actinomycetes were identified for the highest kinetic activity than the Fungi, and their activity constant (k) in cryoarid soils was different and it reached k = 0.129 in chestnut soil, k = 0.165 in grey forest soil and k = 0.434 per year in black meadow frozen soil (table 2).

The immobilization of a nitrogen fertilizer was the highest by its kinetic activity in black meadow frozen soil. Hence, a higher quantity of soil microorganisms is not eventually followed by similar higher immobilization of nitrogen. The results of the correlation analysis definitely justify a new hypothesis. Smaller kinetic (k) activity of Actinomycetes in chestnut soils (k = 0.129 year^{-1}) pro-vides with a higher correlation (r = 0.84 ± 0.21) and in contrast their highest kinetic (k) activity in grey forest soils (k = 0.165 year^{-1}) leads to a smaller degree correlation (r = 0.62 ± 0.29) in relation to the immobilization of a nitro-gen fertilizer in soils (table 2). Compared to the Actinomycetes a kinetic (k) activity of soil Fungi is very low and slow, independently of its amounts and soil fertility, thereby it reaches only k = 0.001 per year (table 2) due to higher ad-aptation of Actinomycetes group to very harsh hydro-temperature regimes of cryoarid soils (Budazhapov, 2015; Giesseler et al., 2010; Kogut, Semenov, 2014; Whalen et al., 2000).

Table 2. The constant (k) of microorganism activity and the velocity growth in cryoarid soils (micro field experiments)

Parameters of assessment	Chestnut soil n = 9	Grey forest soil n = 10	Black meadow soil, n = 6
Fungi			
Quantity, 10^3 g^{-1} soil	20.7 ± 1.9	9.17 ± 0.78	85.9 ± 4.82
Correlation, r ± s_r	0.40 ± 0.35	0.32 ± 0.35	0.21 ± 0.49
k of growth velocity	0.0004 $year^{-1}$	0.003 $year^{-1}$	0.0004 $year^{-1}$
k of activity	0.011 $year^{-1}$	0.001 $year^{-1}$	0.001 $year^{-1}$
Actinomycetes			
Quantity, 10^6 g^{-1} soil	1.84 ± 0.49	2.11 ± 0.26	7.37 ± 0.31
Correlation, r ± s_r	0.84 ± 0.21	0.62 ± 0.29	0.92 ± 0.12
k of growth velocity	0.0014 $year^{-1}$	0.002 $year^{-1}$	0.0004 $year^{-1}$
k of activity	0.129 $year^{-1}$	0.165 $year^{-1}$	0.434 $year^{-1}$

This almost certainly emphasizes that the attempts of assessing the kinetic activity (k) of microorganisms may be important for building a biokinetic assessment of a nitrogen transformation in cryoarid conditions and similar regions of Asia. The kinetic balance of a nitrogen transformation among cryoarid soils was predominantly formed in grey forest soils, where velocity constant (k) of a nitrogen fertilizer absorption by grain crops and immobilization in cryoarid soils was higher than in non-specified soils (table 3).

Such state of a kinetic nitrogen balance relates to the same low constant (k) of velocity losses (k = 0.067 day^{-1}) and the same higher constant (k) of speed absorption (k = 0.723 day^{-1}) in cryoarid soils (table 3). The kinetic balance of other soils is less positive and reaches its deficit. It can be seen from the comprehensive assessment mentioned above to make a final conclusion on biokinetic conception.

Table 3. The kinetic balance of nitrogen transformation cycle in soil-plant system

Soils	Constant (k) of nitrogen pool velocity, day^{-1}			
	mineral	absorption	immobilization	non-specified
Chest nut	0.867 day^{-1}	0.673 day^{-1}	0.449 day^{-1}	0.255 day^{-1}
Black	0.665 day^{-1}	0.518 day^{-1}	0.383 day^{-1}	0.236 day^{-1}
Grey forest	0.759 day^{-1}	0.723 day^{-1}	0.103 day^{-1}	0.067 day^{-1}
Black meadow	0.865 day^{-1}	0.374 day^{-1}	0.105 $pday^{-1}$	0.386 day^{-1}

Conclusions

The results of long-term experiments on nitrogen transformation in cryoarid soils with the application of a stable nitrogen isotope (15N) and modeling as renewed efforts making a biokinetic assessment of a nitrogen status in cryoarid conditions were presented for the first time. This theory was used to investigate velocity characteristics of a nitrogen transformation in cryoarid soil environments. The goal of a theoretical background of a nitrogen pool velocity transformation is to reveal a modern approach to the assessment of inherent nature cycle. In a nitrogen cycle the kinetic parameters were evaluated as the main processes of nitrogen 15N uptake and the immobilization in terms of scaling with the

constant of the velocity growth and microorganisms' performance being a key position of a nitrogen transformation. The results show a new possibility in the assessment a nitrogen cycle by calculation of the velocity constant and a revealed dynamic pattern of the main processes. The ongoing assessment enables to formulate a new original hypothesis for a theoretical kinetic model. This mathematical extrapolation of results allows building the basis for a theoretical simulation of a nitrogen cycle and a more dynamic pattern of nitrogen pool changes.

Acknowledgments

The biokinetic assessment of the nitrogen transformation cycle would have not been possible without the help of the research group and a technical staff. The author expresses gratitude to a researcher-consultant prof. G. Gamzikov for his support (Novosibirsk, Russia) as well as to other research participants from Russian State Agrarian University – Agricultural Academy named by K.A. Timiryazev (Moscow, Russia).

References

Arkhincheev V.E., Budazhapov L.V. (2018). Nonlinear response on external field and nonlinear generalization of fluctuation-dissipation theorem for levy flights. In: M. R. Hanoglu (editor) Nonlinear Systems - Modeling, Estimation and Stability. Chapter 7. P.129-144. http:// dx.doi.org/10.5772/intechopen. 78549.

Budazhapov L.V. (2015). Biokinetic conception of nitrogen transformation in harsh climates of cryogenic soils in Central Asia. Biosciences, Biotechnology Research Asia. 12 (1), 287-293.

Cookson W.R., Rowarts J.S., Cameron K.C. (2005). The effect of ammonium applied 15 N-labeled fertilizer leaching in a cultivated soil during winter. Nutrient Cycle Agroecosystem. 56 (2), 99-107.

Giesseler D., Horwath W.R., Joergensen R.G., Ludwig B. (2010). Pathways of nitrogen utilization by soil microorganisms - A review // Soil Biol. Biochem. V.42. P. 2058-2067.

Jansson S.L., Person J., Stevenson F.J. (1982). Mineralization and immobilization of soil nitrogen. Agronomy, 22, 29-252.

Jenkinson D.S., Poulton P.R., Johnston A.E., Powlson D.S. (2004). Turnover of nitrogen -15-labelled fertilizer in old grassland // Soil Sci. Soc. Am. J. V. 68. P. 865-875.

Kogut B.M., Semenov V.M. (2014).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., P.105-106.

Mahieu N., Olk D.S., Randal E.W. (2000). Accumulation of heterocyclic nitro-gen in humified organic matter: A 15N-NMR study of lowland rice soils //European J. Soil Sci.V. 51. P. 379-389.

Petersen B.M., Jensen, L.S., Hansen S. (2005). CN-SIM: a model for the turn-over of soil organic matter. II. Short - term carbon and nitrogen development. Soil Biology and Biochemistry. 37(5), P. 375-393.

Whalen J.K., Bottomley P.J., Myrold D.D. (2000). Carbon and nitrogen mineralization from light-and heavy-fraction additions to soil. Soil Biology and Biochemistry. 32, 1354-1352.

BEST FARMING PRACTICES TO MITIGATE NITRATES POLLUTION OF WATERS IN TURKEY

KARYOTIS Th.[1], KARYOTI A.[2]

[1] *Institute for Soil Mapping and Classification, Hellenic agricultural organization, Larissa, Greece*
theodorekaryotis@gmail.com
[2] *Land Reclamation Institute, Hellenic agricultural organization, Sindos, Greece*

Abstract. Data analysis has shown that mean concentration of nitrates in groundwaters was higher than the respective content in surface waters. To minimize nitrates pollution of waters in Turkey a set of best farming practices was also suggested. Among to significant farming practices which strongly affect nitrates inputs and outputs in soils, waters and atmosphere, N fertilization, irrigation and tillage are of high importance. The main N inputs in crops of Turkey are those from the applied inorganic fertilizers and/or manure. Also, part of the organic N which is incorporated into the remaining plant residues in the soil surface after harvest, can be mineralized under field conditions and may be taken up by crop. However, the amount of mineralized N can be taken into account to N fertilization plans in order to decrease the quantity of applied nitrogenous fertilizers. Also, growers can decrease the production cost and can minimize the pollution risk of waters. The quantity of nitrate nitrogen originated from irrigation contributes to N fertilization and cover part of the required nitrogen of crops. The shortage of water in agricultural areas, requires effective irrigation methods to increase water use efficiency. Interventions on N management are needed to enhance N nitrogen use efficiency taking into account the specific soil and climatic conditions. It is believed that absolute coordination between the Nitrates Directive, the Water Frame Directive and the Groundwater Daughter Directive is imperative. All three Directives require the compilation and systematic operation of a water quality monitoring network.

Key words: nitrates, fertilization, irrigation, monitoring, vulnerable zones.

Introduction

The intensification of agriculture has affected the increasing use of fertilizers, agricultural machinery and over exploitation of irrigation water. It can be argued that farmers' income has been increased, although created problems to farms, to environment and therefore to society. To tackle the problems created by agricultural activities, farmers have to apply best farming practices, to minimize water pollution by nitrates. Best farming practices will assist farmers make the best use of chemical fertilisers and animal manures which are valuable materials for crop and animal production. In addition a risk can be attributed to overgrazing, or burning of plant residues which remain in the soil surface after harvesting, which cause destruction of the soil aggregate stability (Kapur et al., 2003; Düzgün et al., 2006). Conventional tillage incorporates major portions of plant residues and disrupts surface soil structures, destroying macropores in the tilled layer. Various tillage practices alter soil conditions differently and in turn affect the leaching characteristics of a soil. In order the implementation of Nitrares Directive in Turkey to be succesfull, the applied fertilizers must be used in a more rational and efficient way by means of enhancing N use efficiency (NUE). The improvement of N fertilization, soil management, and irrigation practices are among factors which may play significant role for the improvement of NUE in crops. It is worth mention that nitrogenous fertilizers can release ammonia to the atmosphere. It has been recorded that ammonia emissions are highest under warm, dry, windy

conditions, when evapotranspiration rates are high (Bittman et al., 2014). Emissions can be reduced through measures depending on regional and local soil and climatic conditions.

Materials and methods

- Establishing monitoring network (sampling stations)
- Statistical analysis and trends of nitrates, assessment at river basin level
- Compilation of maps illustrating the levels of applied inorganic fertilizers and manure
- Nitrates vulnerable zones were designated at province's level and river basin level
- Nitrogen fertilization plans were compiled for 30 crops of Turkey and four rainfall regimes were included. Various soil slope classes were used, namely 0-6%, 6-10% and 10-15% in order almost the whole cultivated land of Turkey to be covered.
- A report on proper tillage practices was also prepared.
- Regarding irrigation more attention was paid on the following topics: calculation of nitrates inputs from irrigation, suggestions for water requirements of the main crops in Turkey, water use efficiency and recommendations for precise irrigation.
- New and more accurate N fertilization plans for the main crops of Turkey are required to decrease the environmental pressure of nitrates to soils and waters.

Results and Discussion

Designated nitrates vulnerable zones and nitrates trends in waters

In Figure 1 the NVZs of the country is illustrated. NVZs were not recorded in Eastern and Central Anatolia, due to the absence of intensive agriculture. Also, NVZs were not designated in most areas of the coastal zone of Black Sea.

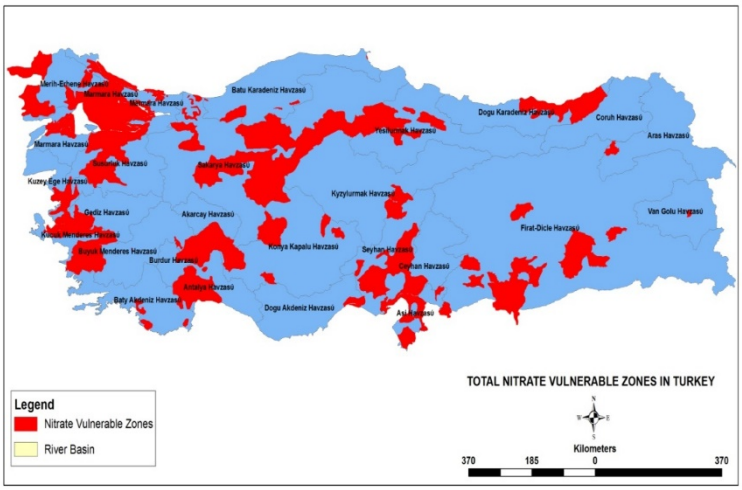


Fig. 1. Distribution of designated NVZs at River Basin scale.

The monitoring network of nitrates concentrations for ground and surface waters is the heart of the system in designation of NVZs. The assessment of the surface water stations at river basin level indicated that 57.7% of the monitoring stations contain nitrates between 0.01 and 1.99 mg l^{-1}, 37.3% belong to the class II with a content 2.0-9.99 mg l^{-1}. Also, the assessment of the ground water stations indicated that 89.6% of the monitoring stations contain nitrates less than 24.99 mg l^{-1}.

The assessment of nitrates trends and changes was made for ground and surface waters, following the guidelines of European Commission (EC, 2011). This assessment was made at RB level, and the evolution of nitrates in groundwaters between the previous and current monitoring periods is presented in Figure 2. From monitoring stations in the river basins, strong increasing trends were observed in 11 RB. Similarly, changes in surface waters showed that the situation is more stable (Figure

3). Seventeen RB are characterized by stability, a weak increase of nitrates was observed in 6 RB, and a weak decrease was found in the rest 2 RB.

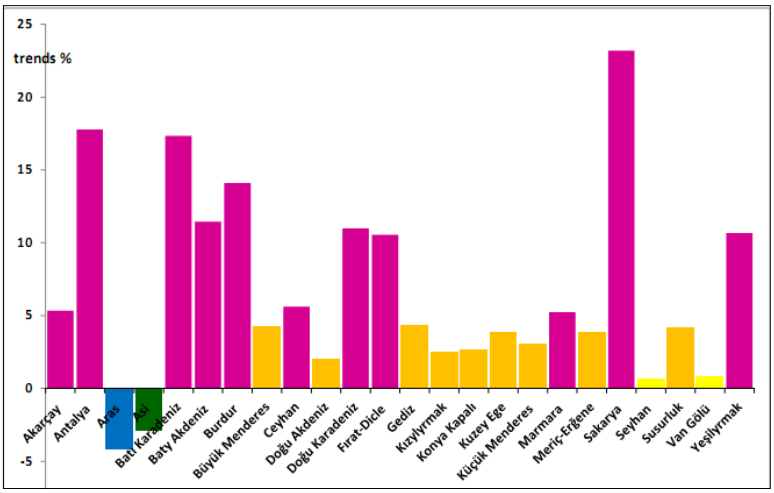


Fig. 2. Trends of nitrates in ground waters river basins.

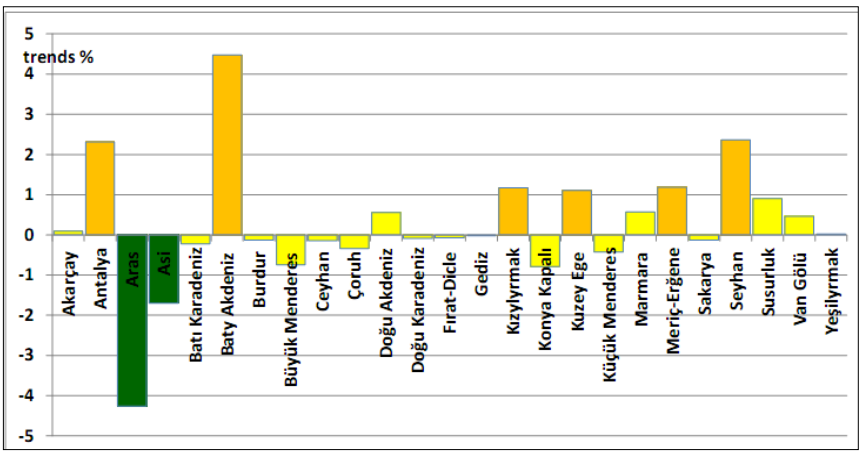


Fig. 3. Nitrates trends in surface waters at river basins of Turkey

Distribution of applied manure and inorganic fertilizers

It is of high importance for the authorities of Turkey to be aware of the situation regarding the mean quantity of N originated from the application both inorganic fertilizer and manure. This may be used at rational fertilization plans to the main crops for each province. For this aim, the respective map was compiled (Figure 4) to be used mainly by the competent authorities. In this map, provinces have been classified according to the mean content of applied nitrogen by farmers.

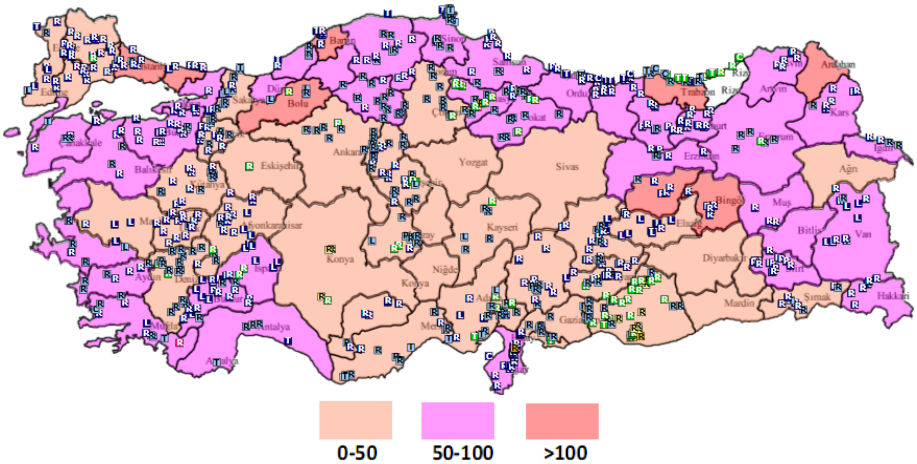


Fig. 4. Amount of applied manure in each province (kg N ha^{-1})

Application of rational nitrogen fertilization plans in Turkey

A comprehensive set of factors was suggested to formulate a rational nitrogen fertilization plan (Karyotis et al, 2014). Nitrate concentration in the irrigation water, nitrogen uptake by plants for optimum yield, nitrogen losses (leaching, emissions), residual nitrogen and the amount of nitrogen mineralisation must be taken into consideration. In order to create a rational nitrogen fertilization plan for the main crops of Turkey, the main components for N fertilization plans are included in the following formula:

$$N_f = N_{req} - [(N_m + N_{in} + N_r) - (N_l + N_d + Nv + N_{runoff})]$$

where: N_f is the quantity of recommended N fertilizer; N_{req} is the total N required to produce a crop of a given yield; N_m is N released from crop residues and mineralized from SOM; N_{in} is the residual plant available inorganic N; N_r is the N input from rainfall; N_l, N_d, and N_v are N losses through leaching, denitrification, and volatilization; N_{runoff} is the quantity of N lost by runoff in the sloping areas.

In the absence of certain coefficients, values from pedotransfer functions were used or from values proposed mainly by Mediterranean Countries or international Organizations (FAO). For each crop, a targeted yield was proposed in cooperation with experts from Soils, Fertilizers and Water Resources Research Institute of Ankara. Methods and timing of N application in crops are very important factors. Splitting of fertiliser application into doses is highly recommended. There is a high risk of ammonia volatilisation during and after the application of organic fertilisers and urea. The risk of volatilisation losses is extremely high in soils with a high pH value, and fertilisers should be applied as close as possible to the planting or sowing date.

Update of N fertilization model

Results of the mass balance Nitrogen fertilization plans which had been prepared for the requirements of the Project entitled “Implementation of Nitrates Directive in Turkey” were tested for irrigated crops. To increase accuracy, a new model was created (Karyotis et al., 2018).

A Graphic User Interface tool was compiled in Python programming language, version 3.5. The advantage of this model is that calculates the recommended amount of Nitrogen in crops, for every rainfall range, soil texture and any nitrate content in irrigation waters. The suggested model can be easily used for all irrigated crops, climatic conditions, soil slopes (after proper adjustments), N inputs and outputs into the soil system.

This has the possibility to calculate the amount of nitrogen which is required for annual irrigated crops cultivated under various conditions. The user has simply to choose the crop type, the soil class, then to type the annual rainfall and the N content of irrigation water.

During tests of the model, it was observed that the requirements of nitrogen fertilization for maize varied among soil classes although irrigation water had the same nitrates concentration. This can be attributed mainly to different potential of nitrates leaching and N mineralization.

This is an open model and can be adapted according to site specific conditions. Moreover, substantial changes can be made in cases when results or coefficients from field experimentation are available (N mineralization, N leaching, e.t.c.). Also, can be adapted properly for cultivated soils in hilly areas, or rainfed crops in areas with water scarcity.

Irrigation

In sloping areas drip irrigation must be introduced and this method must be obligatory for farmers. In areas where most soils are saline or alkaline (i.e. SanliUrfa), a new land use planning is needed in order a more rational water management to be applied by using irrigation systems of new technology. To control the loss of water (deep infiltration, surface runoff) and achieve a sustainable irrigation, farmers must comply with the irrigation practices for each crop (total water needs based on actual evapotranspiration, irrigation dose, time of irrigation, number of applications) for each irrigation system and for each soil type as determined by related authorities. Maximisation of irrigation efficiency can be achieved by minimising runoff and percolation.

Nitrogen inputs from irrigation

It is well known that water and nitrates can be transported through the soil profile. As an example, Table 1 shows the amount of nitrogen inputs from different irrigations.

Table 1. Calculated inputs of nitrogen from irrigation water with different nitrates content

Nitrates (mg/l)	Quantity of irrigation water (m^3 ha^{-1})			
	2000	3000	4000	5000
	Nitrogen inputs (kg ha^{-1})			
25	11.3	16.95	22.6	28.25
50	22.6	33.90	45.2	56.50

The above quantity of nitrates originated from irrigation water must be taken into consideration for the fertilization plans in each province. This factor can be viewed in the prepared N fertilization plans for the selected crops. In the absence of sufficient data concerning field experimentation on nitrates leaching in the main soil classes and rainfall regimes, pedotranfer functions were used.

Other good agricultural practices to mitigate nitrates pollution

Cover crops and rotation schemes

Cover crops are generally planted to replace fallow during the most erosive fall and spring months and temporarily protect the soil until the main crop is planted. Unay et al. (2005) evaluated to the influences of different tillage systems and winter cover crops on cotton yield and quality in Aegean Region of Turkey during two growing seasons. The leaves of the cover crops lessen the impact of wind and rain and roots tie up the soil. Therefore, easily and rapidly establishing and vigorously growing

species with deep rooting are preferred as cover crops for effective soil and water conservation. Parlak and Parlak (2010) were evaluated to the effects of different cover crops (vetch, barley and ryegrass in different slope steepness. Results indicate that splash erosion decreased as coverage percentages increased.

The particular conditions of the fields, crop history and climatic conditions should be taken into account for the formulation of a proper rotation program. To achieve the objectives of the rotation, it is necessary to have rotation program, which applies to qualify for local, every time conditions.

The management of crop residues

The remains of arable crops with proper management can offer protection in the field of erosion and enrich the soil with organic matter. Most Turkish soils are poor in organic matter, which is the most basic component of soil fertility. The practice of burning stubble deprives the soil of organic matter, and other benefits described in the section on management of native flora.

Burning straw and plant residues is a common practice in Turkey. Burning also results in changes in soil temperature, soil moisture, and nutrient availability. Recent research has shown that, although there are some short-term benefits to burning crop residues and grasslands, there are long-term detrimental effects to soil quality and overall cropland/grassland production. Gupta et al. (1994) completed research and the main findings of the study showed that different crop residue management systems had a significant impact on C and N levels which would directly affect production levels. The study also showed that continuous retention of high C/N ratio residues (cereal grain residues) increases microbial activity in the soil but not the size of the biomass. This increased activity ensures rapid decomposition and turnover of organic matter and associated labile forms of residues, which would result in greater amounts of plant available nitrogen. However, in Turkey a Crop Residues (burning) Regulation is needed taking into considerations the conditions of each province.

Conclusions

On the basis of the analyzed situation of Turkey, a set of improvements are required, related to the expansion, justification and better coverage of the existing monitoring network, for both surface and groundwater bodies. Nitrates Vulnerable Zones in Turkey have been designated and according to Nitrates Directive must be revised every four years. It is obvious that the main nitrogen input into the soil system originates from the application of manure or inorganic N fertilizers. However, the suggested amount of N for the main crops is lower in comparison to the quantities which farmers apply. The improvement of N fertilization, soil management, and irrigation practices are among factors which may play significant role for the improvement of Nitrogen Use Efficiency in crops. Our calculations showed that decreased N fertilization is required for a targeted yield as a result of proper time of application and splitting of N fertilizers in doses. It must be underlined that recommended fertilization varies from province to province in Turkey, depending on climate conditions, crop, slope, drainage conditions and soil type. Water efficient irrigation methods, such as drip and sprinkler irrigation, assist to reduce deep percolation, which results to nitrates pollution of shallow aquifers. Furthermore, the quantity of irrigation water should be based on the requirements of the crop, and the amount of available water in the root zone.

Acknowledgements

The Program was supported by the Tech. Assistance EuropeAid/126902/D/SER/TR “Implementation of the Nitrates Directive 676/91/EK in Turkey”, implemented by Vakakis International S.A.

References

Bittman, S., Dedina, M., Howard C.M., Oenema, O., Sutton, M.A. 2014. *Options for Ammonia Mitigation: Guidance from the UNECE Task Force on Reactive Nitrogen*, Centre for Ecol. and Hydrology, Edinburgh, UK.

Council Directive concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources (91/676/EEC), The Council of the European Communities, Official Journal L 375, 31/12/1991 P. 0001–0008.

Düzgün M., S. Kapur, C. Cangir, E. Akca, D. Boyraz, E. Ozevren and N. GülÞen. 2006. United Nations Cenvention to Combat Desertification (UNCCD) Turkey's National Action Program On Combating Desertification. Ministry of Environment and Forestry Publication No: 250 ISBN 975-7347-51-5.

EC, 2011. Nitrates Directive: Status and trends of aquatic environment and agricultural practice, Development guide for Member States' reports.

Gupta, V., P. Grace, and M. Roper. 1994. Carbon and Nitrogen Mineralization as Influenced by Long-term Soil and Crop Residue Management Systems in Australia. Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. SSSA Special Publication no. 35: 193-200.

Kapur, S., Akca, E., Ozden, D.M., Sakarya, N., Cimrin, K.M., Alagoz, U, Ulusoy, R., Darıcı,C., Kaya,Z., Düzenli, S., Gülcan, H., 2003. Land Degradation in Turkey. http://www.scribd.com/doc/2553149/Land-Degradation-in-Turkey.

Karyotis Th., I. Güçdemir, S. Akgül, A., PANAGOPOULOS, C. KARYOTI, S. DEMİR and A. KASACI. 2014. Nitrogen fertilization plans for the main crops of Turkey to mitigate nitrates pollution. *EURASIAN JOURNAL OF SOIL SCIENCE,* 3**:**13-24.

Karyotis K., Gulbahar N, Panagopoulos A. 2018. A two-dimensional nitrogen fertilization model for irrigated crops in Turkey, *Amer. Sci. Res. Journ. for engin. Tech. and Sciences*, 41:1, pp. 319- 332.

Parlak, M., Parlak, A.O. 2010. Measurement of Splash Erosion in Different Cover Crops. Turkish Journal of Field Crops, 15(2): 169-173.

Unay, A., Tan, E., Konak, C., Celen, E. 2005. Influences of Winter Cover Crop Residues and Tillage on Cotton Lint Yield and Quality. Pak. J. Bot., 37(4): 905-911.

SPELT GRAIN YIELD AT LOW N-LEVELS

SUGÁR E., ÁRENDÁS T., BÓNIS P., FODOR N., SÁNDOR R.

Centre for Agricultural Research, ELKH, Martonvásár, Hungary
sugar.eszter@atk.hu

Abstract. To promote sustainability and biodiversity conservation, there is a growing interest in some old wheat species such as spelt wheat. The aim of this study was to compare of grain yield of spelt and common wheat grown under different nitrogen fertiliser levels. Our results highlight the fact that spelt wheat is a real alternative to common wheat for low N input production for fertile soils.

Keywords. Wheat. Spelt. N-fertilisation. Grain yield. Yield quality.

Introduction

Conservation agriculture strives for sustainable productivity, quality and economic viability while leaving a minimal foot print on the environment (Trethowan et al. 2012). Despite the growing need for food and feed raw materials, crop yield is only one factor of the portfolio of desired plant performances (Ficiciyan et al. 2018). Plant genotypes developed on conventional tillage may not necessarily adapt to the changed cropping environment and new, specifically adapted genotypes may need to be developed (Trethowan et al. 2005). To promote sustainability and biodiversity conservation, there is a growing interest in some old wheat species, as well. Ruiz et al. (2019) described some yield-related traits that have been identified as potential targets to achieve better grain yields of old wheat varieties in no-tillage and minimum tillage systems. Special attention is directed to the possible production of alternative cereals in organic production (Pospišil et al. 2011). These species are nowadays rather produced for feed as alternatives to oats and barley.

Spelt wheat (*Triticum aestivum ssp. spelta* L.), is one of the oldest known wheat species cultivated in ancient Egypt and Italy, was as a result of spontaneous crossings of wild grasses. Reviving of spelt wheat production has started in the hilly and mountainous region of Central Europe and North America at the end of the 20th century (Janković et al. 2013). It is an alternative crop, growing without any special soil related and climatic demands (Rüegger et al. 1990). Spelt has the potential for low input production and adaptation to harsh ecological conditions and resistance to diseases (Caballero et al. 2004). Owing to its hulled grain and genetic polymorphism of its population, spelt is resistant to pests and diseases and hence suitable for organic production (Pospišil et al. 2011). Spelt wheat and its products could serve as an abundant source of protein and a great proportion of soluble fibre emerges in the final spelt wheat products (Bonifácia et al. 2000).

Several studies compared the productivity of spelt and common wheat in particular years. Most of them reported substantially higher yield of common wheat. The difference in yield often was as great as 60% in favor of common wheat (Evans et al. 2014). In the study of Jablonskyté-Raščé et al. (2013) the average common wheat yield was 28% higher than that of the spelt wheat. Budzynski et al. (2018) reported 2.55 t ha^{-1} lower average spelt yield compared to common wheat yield. Some studies though, reported that spelt was able to produce similar amount of yields than common wheat (e.g. Burgos et al. 2001). Probably due to the fact that climatic conditions of particular years, notedly the climate×fertilisation interactions could significantly influence the grain yield of winter wheat (Babulicová 2014). However, there is still a lack of knowledge of the competitiveness of spelt grown at extensive or medium fertilisation levels.

Based on the results of Lazauskas et al. (2012) we may assume that under low or moderate fertilisation inputs nitrogen will remain a major limiting factor for realizing high winter wheat yields in the coming decades.

Materials and methods

The effect of nitrogen fertilisation on the yield and vitality parameters under various common and spelt winter wheat varieties was studied in parallel experiments in a split-plot design in four replications. The experiments were carried out in the years 2015/2016, 2017/2018 and 2018/2019 at the Agricultural Institute of the Centre for Agricultural Research, ELKH in Martonvásár (47° 30'N, 18° 82'E). The experiment was suspended for the 2016/2017 growing season, due to technical reasons. The N fertiliser doses (always applied in the form of ammonium-nitrate) were 0, 40, 80, 120 kg ha^{-1} (designated as N_0, N_{40}, N_{80} and N_{120}, respectively) in the main plots. Fertiliser was applied in two splits: one-third before sowing and two-third in early spring at tillering. Three genotypes of common wheat, Mv Kolo, Mv Marsall and Mv Kokárda, and spelt wheat, Mv Martongold, Franckenkorn and Mv Vitalgold, were sown in plots. All the genotypes except Franckenkorn (German origin) were breeded at Martonvásár. Around 9 m^2 (1.44×6 m) plots were used for each (N-level×variety) treatment. The chernozem soil of the experiment is non acidic loam with deep A horizon (Table 1).

Owing to its favourable hydraulic properties (water holding capacity is 0.2 cm^3 cm^{-3}) and high soil organic matter content, based on the EU-SHG European Soil Database (Tóth et al. 2015), the expriment site belongs to one of the most fertile regions of Central Europe.

Table 1. Main physical and chemical properties of the experimental plot at different layers at Martonvásár (Hungary).

Depth	0-30	30-60	60-90
Bulk density (g cm^{-3})	1.47	1.49	1.49
Soil organic matter (%)	2.82	2.02	1.39
pH	7.2	7.4	7.5
Sand fraction (%)	27	26	24
Silt fraction (%)	40	41	44
Clay fraction (%)	33	33	32

Data of monthly precipitation and air temperature were recorded at the meteorological station at Martonvásár (Fig.1). The total amount of precipitation in the vegetative period (October-June) was ca. 30% lower in 2018/2019 (350 mm) than in the other two years (475 mm in 2015/2016 and 495 mm in 2017/2018) and ca. 16% lower than the 30 years' average (419 mm). The distribution of precipitation was less favourable for wheat owing to a prolonged dry period in March and April in 2015/2016 and 2018/2019, but the drought was compensated by high amount of precipitation (139 mm) in May 2019 (around flowering). The mean temperature during the vegetative period was similar during the three experimental years (8.6 °C in 2015/2016; 8.9 °C in 2017/2018 and 8.8 °C in 2018/2019) but considerably higher than the 30 years' avearage (7.3 °C). On the other hand, the course of the spring temperature was considerably different across the years especially in 2018 when the relatively cold February - March

period (4 °C colder than the other two years) was followed by a relatively (3.5-4.5 °C) warmer April-May period.

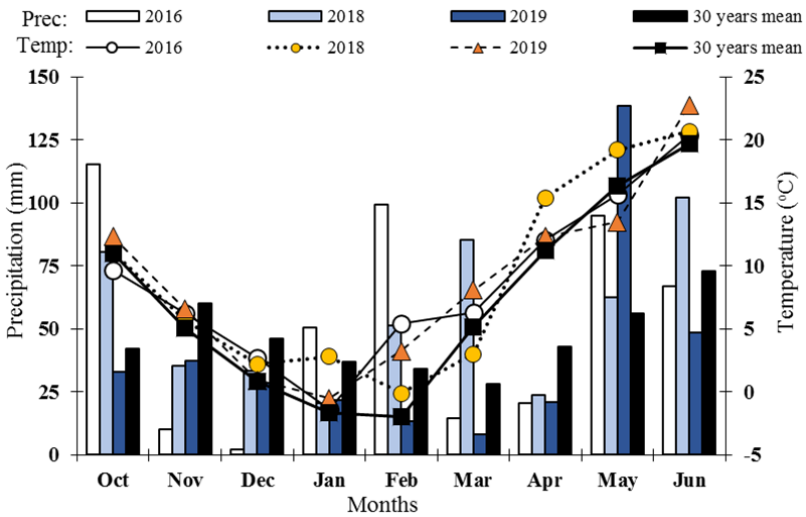


Fig 1. Monthly mean temperature and total precipitation at Martonvásár (Hungary) during the cropping seasons of 2015/2016, 2017/2018 and 2018/2019

Results and discussion

Statistically significant differences were found between grain yield of common wheat and spelt for each N-fertilisation levels, though the difference was only marginal in favour of common wheat at N_{40}. When pooling together the N_0 and N_{40} yields for the three years spelt wheat had significantly higher production having 0.24 t ha^{-1} higher average yield at this, low fertilisation level. At moderate fertilisation level (N_{80} and N_{120} together) common wheat had 1.14 t ha^{-1} higher average yield compared to spelt. This result confirms that spelt wheat is a real alternative to common wheat for low input production (Caballero et al. 2004) even for sites with fertile soils. Both common wheat and spelt had the highest yield under the maximal N dose in 2019, despite the fact that this was the dryest experimental year. The high yield might be the result of the large amount of precipitation in May (ca. 140 mm), that was ~82% higher than the multi-year average of that month. This underlines the importance of timing of the precipitation that might be an even more important factor in yield formation than the precipitation amount in certain years.

The N-fertilisation significantly effected the grain yield (Figure 2.) with a positive correlation between the N amount and the yield except for spelt in 2016. In 2016, high winds in June caused considerable lodging of growing degree with the increasing N fertilisation levels: 20, 45, 55, and 65% lodging at the N0, N40, N80 and N120 levels, respectively. Lodging made it very difficult for the harvester to properly harvest the plots resulting in uncertain and reduced yield results. In line with previous studies it's evident that lodging is clearly an issue in spelt production especially at higher N levels (Andruszczak 2018). Common wheat showed much stronger reaction to the increasing fertiliser doses. Each increment in the N dose resulted in significantly higher yields. The N120 CW yields were 31-61% higher than that of the N0 yields. Even after excluding the 2016 data due to the lodging issue, spelt showed 8-9% yield increase when the N120 yields were compared to the N0 yields. There was a significant yield increase between the N0 and N40 levels but the further N increments were not

associated with further significant yield growth. According to this result spelt wheat can close in its yield potential even at very low fertiliser levels (ca. 40 kgN ha^{-1} y^{-1}) on fertile soils.

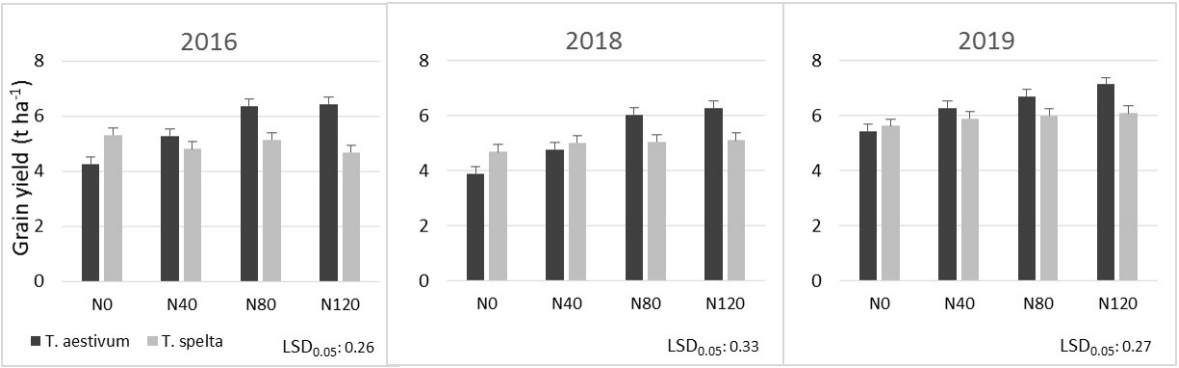


Fig. 2. Harvested grain yield (t ha^{-1}) of spelt (*T. spelta*) and common wheat (*T. aestivum*) under four different nitrogen fertilization treatments (0, 40, 80 and 120 kgN ha^{-1}) at Martonvásár (Hungary) in 2016, 2018 and 2019

Conclusions

Our results extend the findings of Caballero et al. (2004) and highlight the fact that despite the lodging risk increasing together with N fertiliser level, spelt wheat is a real alternative to common wheat for low N input production both for low quality and fertile soils. Spelt may help promoting sustainable crop production at sites where low input management carried on due to any reasons by producing more yield than common wheat.

Acknowledgements

The work was supported by the Széchenyi 2020 programme, and the European Regional Development Fund and the Hungarian Government (GINOP-2.3.3-15-2016-00028).

References

Andruszczak, S. (2018) Spelt wheat grain yield and nutritional value response to sowing rate and nitrogen fertilization. The Journal of Animal & Plant Sciences. Vol. 28,5: 1476-1484.

Babulicová, M. (2014) The influence of fertilization and crop rotation on the winter wheat production. Plant Soil Environ. Vol. 60,7: 297-302.

Bonifácia, G., Galli, V., Francisci, R., Mair, V., Skrabanja, V., Kreft I. (2000) Characteristics of spelt wheat products and nutritional value of spelt wheat-based bread. Food Chem. Vol. 68: 437-441.

Budzyński, W.S., Bepirszcz, K., Jankowski, K.J., Dubis, B. (2018) The responses of winter cultivars of common wheat, durum wheat and spelt to agronomic factors. J. Agr. Sci. Vol. 156,10: 1163-1174.

Burgos, St., Stamp, P., Schmid, J.E. (2001) Agronomy and physiological study of cold and flooding tolerance of spelt (*Triticum spelta* L.) and wheat (*Triticum aestivum* L.). J. Agron. Crop Sci. Vol. 187,3: 195-202.

Caballero, L., Martin, L.M., Alvarez, J.B. (2004) Genetic variability of the low-molecular-weight glutenin subunits in spelt wheat (*Triticum aestivum* ssp. *spelta* L. em Thell.). Theor. Appl. Genet. Vol. 108: 914-919.

Evans, J., Neeson, R., Burnett, V, Luckett, D.J., Fettell, N.A. (2014) Phosphorus-use efficiency, growth and yield of spelt wheat (*Triticum aestivum ssp. spelta*) compared with standard wheat (*Triticum aestivum ssp. vulgare*) in south-eastern Australia. Journal of Organic Systems. Vol. 9,2: 63-78.

Ficiciyan, A., Loos, J., Sievers-Glotzbach, S, Tscharntke, T. (2018) More than Yield: Ecosystem services of traditional versus modern crop varieties. Sustainability. Vol. 10 (Special issue Sustainability, Biodiversity, and Conservation).

Jablonskyté-Raščé, D., Maikštėnienė, S., Mankevičienė, A. (2013) Evaluation of productivity and quality of common wheat (*Triticum aestivum* L.) and spelt (*Triticum spelta* L.) in relation to nutrition conditions. Plant Soil Environ. 100,1: 45-56.

Lazauskas, S., Povilaitis, V., Antanaitis, Š., Sakalauskaitė, J., Sakalauskienė, S., Pšibišauskienė, G., Auškalnienė, O., Raudonius, S., Duchovskis, P. (2012) Winter wheat leaf area index under low and moderate input management and climate change. J. Food Agric. Environ. Vol. 10,1: 588-593.

Pospišil, A., Pospišil, M., Svečnjak, Z., Matotan, S. (2011) Influence of crop management upon the agronomic traits of spelt (*Triticum spelta* L.). Plant Soil Environ. Vol. 57,9: 435-440.

Ruiz, M., Zambrana, E., Fite, R., Sole, A. (2019) Yield and Quality Performance of Traditional and Improved Bread and Durum Wheat Varieties under Two Conservation Tillage Systems. Sustainability. Vol. 11,17: 4522.

Rüegger, A., Winzeler, H., Nösberger, J. (1990) Die Ertragsbildung von Dinkel (*Triticum spelta* L.) und Weizen (*Triticum aestivum* L.) unter verschiedenen Umweltbedingungen im Freiland. J. Agr. Crop Sci. Vol. 164: 145-152.

Tóth, B., Weynants, M., Nemes, A., Makó, A., Bilas, G., Tóth, G. (2015) New generation of hydraulic pedotransfer functions for Europe. Eur J. Soil Sci. Vol. 66: 226–238.

Trethowan, R.M., Mahmood, T., Ali, Z., Oldach, K., Garcia, A.G. (2012) Breeding wheat cultivars better adapted to conservation agriculture. Field Crop Res. Vol. 132: 76-83.

Trethowan, R.M., Reynolds, M.P., Sayre, K.D., Ortiz-Monasterio, I. (2005) Adapting wheat cultivars to resource conserving farming practices and human nutritional needs. Ann. Appl. Biol. Vol. 146: 404-413.

INTEGRATED CROP AND LIVESTOCK SYSTEMS: ENVIRONMENTAL BENEFITS

VAN DER HOEK K. W.

Retired scientist, Arnhem, The Netherlands
kvdhoek@telfort.nl

Abstract. Integrated crop and livestock systems are supplementary to measures that can be taken at individual farm level in order to decrease environmental pollution. In this context better use of animal manure and crop residues are both promising measures.

Keywords. Animal manure. Crop residues. Nitrogen budget. Nitrogen surplus.

Introduction

In livestock systems animal manure is responsible for environmental nitrogenous and methane emissions. Emissions arise during production and storage of animal manure and during application of animal manure on grasslands and arable land. Options for mitigation of ammonia emissions have been discussed in detail by the UNECE Task Force on Reactive Nitrogen (Bittman et al., 2014). In a TFRN workshop held in 2012 in Saint Petersburg the state of the art of ammonia emissions in several UNECE and EECCA countries has been evaluated (Van der Hoek and Kozlova, 2014).

Beside measures for animal feeding, animal housing and animal manure application, integration of crop and livestock systems can offer new opportunities for decreasing the environmental pressure from both animal and crop production. Integration of crop and livestock systems is possible within farm or on regional level. Nutrient balances and budgets follow the nutrient flows on the farms and offer the chance to gain more insight in the possibilities and effects of integration of crop and livestock systems.

Materials and methods

The nitrogen budget method relies on all nitrogen entries to and from the farm. An example of the annual nitrogen flows on a Danish dairy farming system is presented in Figure 1 (Jarvis et al., 2011). The following entries can be distinguished:

● Incoming entries are animal feed, bedding material for the animal house, synthetic fertilizer, biological nitrogen fixation etc.

● Outgoing entries are animal products like milk and meat, sold crops to other farms.

● Internal entries are animal manure, products produced and used on the farm like grass consumed by grazing cattle and home grown fodder crops.

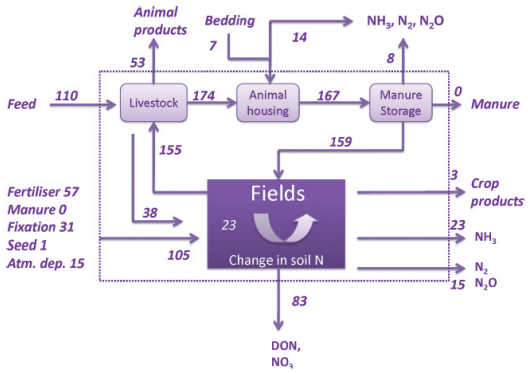


Figure 1. Annual nitrogen flows (kg/ha) in a Danish dairy farming system (Jarvis et al., 2011)

The nitrogen budget method enables to calculate the nitrogen surplus as the difference between incoming entries and outgoing entries. The nitrogen surplus remains on the farm and is except nitrogen accumulation in the soil, lost to the environment. Nitrogen surplus therefore is useful as indicator for the sustainability of a farming system.

Results and discussion

Integrated crop and livestock systems are possible at different scales: from an individual farm to regional integration or cooperation. Different aspects have to be assessed: crop performance, animal performance, nutrient flows, ecosystem services etc. The following literature references also provide information on nitrogen: Schröder et al., 1996; Oomen et al., 1998; Wivstad et al., 2005; Russelle, 2007; Sulc and Tracy, 2007; Franzluebbers et al., 2014; Garrett et al., 2017; Regan et al., 2017; Garrett et al., 2020.

The above references lead to the following comments.

● Although these references are selected for information on nitrogen, they do not contain complete nitrogen budgets. Only Schröder et al., 1996 reports preliminary data on nutrient surpluses.

● Many references explicitly point to the use of animal manure on arable farms. However, a requirement is that the animal manure must meet quality standards. Further reference is made to maximum distances to the receiving farm in connection with costs of transport.

● Some references point to the use of crop residues. Some references refer to grazing forage crops or grazing grain crop residues on arable farms. Another option is to use crop residues for animal feeding on animal farms.

The following is important when using animal manure as a substitute for synthetic fertilizers.

● An overview of the relative nitrogen efficiency of different types of animal manure compared to synthetic fertilizer is given in Jensen et al., 2011 (see therein Table 3.3).

● Because animal manure contains organic nitrogen in addition to mineral nitrogen, part of the bound organic nitrogen becomes available for the crop in later years. Long-term application of animal manure thus increases the relative nitrogen efficiency (Schröder, 2005; Schröder et al., 2005; Gómez-Muñoz et al., 2017).

● When using animal manure in crop production, its contribution to the build-up of soil organic matter is important.

Conclusions

The following conclusions can be drawn.

● There are many publications about integrated crop and livestock systems and they contain many applications and examples. However, little information is available about actually achieved environmental benefits. For example, no data has been found on nitrogen flows and nitrogen surplus.

● Many publications mention the use of animal manure on arable farms. Attention is needed for quality standards for animal manure. Long-term application of animal manure is beneficial for the relative nitrogen efficiency compared to synthetic fertilizer. Animal manure also contributes to the build-up of soil organic matter.

● Some publications mention the use of crop residues for animal nutrition. Grazing of forage crops and grazing of grain crop residues on the one hand and the use of crop residues as animal feed on animal farms on the other.

References

Bittman S., M. Dedina, C.M. Howard, O. Oenema, M.A. Sutton (Eds) (2014) Options for Ammonia Mitigation: Guidance from the UNECE Task Force on Reactive Nitrogen. Centre for Ecology and Hydrology, Edinburgh, UK

Franzluebbers A.J., G. Lemaire, P.C. de Faccio Carvalho, R.M. Sulc, B. Dedieu (2014) Toward agricultural sustainability through integrated crop-livestock systems: Environmental outcomes. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 190, 1-3

Garrett R.D., M.T. Niles, J.D.B. Gil, et al. (2017) Social and ecological analysis of commercial integrated crop livestock systems: Current knowledge and remaining uncertainty. *Agricultural Systems* 155, 136-146

Garrett R.D., J. Ryschawy, L.W. Bell, et al. (2020) Drivers of decoupling and recoupling of crop and livestock systems at farm and territorial scales. *Ecology and Society* 25, 24

Gómez-Muñoz B., J. Magid, L.S. Jensen (2017) Nitrogen turnover, crop use efficiency and soil fertility in a long-term field experiment amended with different qualities of urban and agricultural waste. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 240, 300-313

Jarvis S.C., N.J. Hutchings, F. Brentrup, J.E. Olesen, K.W. van der Hoek (2011) Nitrogen flows in farming systems across Europe. Chapter 10 in *The European Nitrogen Assessment*, Cambridge University Press, 2011

Jensen L.S., J.K. Schjoerring, K.W. van der Hoek, et al. (2011) Benefits of nitrogen for food, fibre and industrial production. Chapter 3 in *The European Nitrogen Assessment*, Cambridge University Press, 2011

Oomen G.J.M., E.A. Lantinga, E.A. Goewie, K.W. Van der Hoek (1998) Mixed farming systems as a way towards a more efficient use of nitrogen in European Union agriculture. *Environmental Pollution* 102, Special Issue, 697-704

Regan J.T., S. Marton, O. Barrantes, et al. (2017) Does the recoupling of dairy and crop production via cooperation between farms generate environmental benefits? A case-study approach in Europe. *European Journal of Agronomy* 82, 342-356

Russelle M.P. (2007) Nitrogen dynamics in integrated crop-livestock systems. USDA-Agricultural Research Service, St. Paul, Minnesota, USA.

Schröder J.J., P. van Asperen, G.J.M. van Dongen, F.G. Wijnands (1996) Nutrient surpluses on integrated arable farms. *European Journal of Agronomy* 5, 181-191

Schröder J. J. (2005) Revisiting the agronomic benefits of manure: a correct assessment and exploitation of its fertilizer value spares the environment. *Bioresource Technology* 96, 253-261

Schröder J.J., A.G. Jansen, G.J. Hilhorst (2005) Long-term nitrogen supply from cattle slurry. *Soil Use and Management* 21, 196-204

Sulc R.M., B.F. Tracy (2007) Integrated Crop–Livestock Systems in the U.S. Corn Belt. *Agronomy Journal* 99, 335-345

Van der Hoek K.W., N.P. Kozlova, Editors (2014). Ammonia workshop 2012 Saint Petersburg. Abating ammonia emissions in the UNECE and EECCA region. Семинар по аммиаку 2012, Санкт Петербург. Снижение выбросов аммиака в регионах ЕЭК ООН и ВЕКЦА. RIVM Report 680181001/SZNIIMESH Report. Bilthoven, The Netherlands. ISBN: 978-90-6960-271-4.

Wivstad M., A.S. Dahlin, C. Grant (2005) Perspectives on nutrient management in arable farming systems. *Soil Use and Management* 21, 113-121

АВТОРСКИЙ УКАЗТЕЛЬ

Арендаш Т., *70*
Билтуев А.С., *3*
Боинчан Б. П., *7*
Бонис П., *70*
Будажапов Л. В., *59*
Ван дер Хук К. В., *75*
Вертянкина В. Ю., *12*
Волкова Е. Н., *16*
Денисюк Е. С., *54*
Евстафьева Е. В., *19*
Завалин А. А., *24*
Какарека С. В., *38*
Кариоти А., *63*
Кариотис Т., *63*
Карпенко С. А., *19*
Комаров А. А. (ст.), *28*
Комаров А. А. (мл.), *28*
Круковская О.Ю., *38*
Лукин С.М., *34*
Мальчихина А. В., *38*
Мартя М. П., *7*
Накаряков А. М., *24*
Сегура Мартинес В. Д., *42*
Стадник С. С., *7*
Суховеева О. Э., *48*
Тымченко С. Л., *19*
Уланов А. К., *3*
Фесенко М. А., *54*
Фодор Н., *70*
Чебану Д. П., *7*
Шандор Р., *70*
Шпанев А. М., *54*
Шугар Е., *70*

AUTHOR INDEX

Árendás T., *70*
Biltuev A. S., *3*
Boincean B. P., *7*
Bónis P., *70*
Budazhapov L. V., *59*
Cebanu D. P., *7*
Denisyuk E. S., *54*
Evstafeva E.V., *19*
Fesenko M. A., *54*
Fodor N.
Kakareka S. V., *38*
Karpenko S.A., *19*
Karyoti A., *63*
Karyotis TH., *63*
Komarov A. A. (sr), *28*
Komarov A. A. (jr), *28*
Krukowskaya O. Y., *38*
Lukin S. M., *34*
Malchykhina A. V., *38*
Martea M. P., *7*
Nakariakov A. M., *24*
Sándor R., *70*
Segura Martinez W. D., *42*
Shpanev A. M., *54*
Stadnic S. S., *7*
Sugár E., *70*
Sukhoveeva O. E., *48*
Tymchenko S.L., *19*
Ulanov A. K., *3*
Van der Hoek K. W. *75*
Vertyankina V. YU., *12*
Volkova E. N., *16*
Zavalin A. A., *24*

СОДЕРЖАНИИЕ

ВЛИЯНИЕ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ НА НАКОПЛЕНИЕ НИТРАТОВ В ПОЧВЕ ПЕРЕД ПОСЕВОМ В УСЛОВИЯХ СУХОЙ СТЕПИ БУРЯТИИ
БИЛТУЕВ А.С., УЛАНОВ А.К. 3

МИНЕРАЛЬНЫЕ УДОБРЕНИЯ И ОРОШЕНИЕ – ФАКТОРЫ РАЗРУШЕНИЯ ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ И УСИЛЕНИЯ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ
БОИНЧАН Б. П., СТАДНИК С. С., ЧЕБАНУ Д. П., МАРТЯ М. П. 7

ОЦЕНКА ВЫБРОСОВ N_2O ОТ СЕКТОРА СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ВЕРТЯНКИНА В. Ю. 12

СПОСОБЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОТОКОВ НИТРАТОВ В ОВОЩНЫХ АГРОЦЕНОЗАХ
ВОЛКОВА Е. Н. 16

РАЗРАБОТКА ПОДХОДОВ К КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКЕ АЗОТНОЙ НАГРУЗКИ НА ЭКОСИСТЕМЫ И ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА НА ТЕРРИТОРИИ КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА
ЕВСТАФЬЕВА Е. В., КАРПЕНКО С. А., ТЫМЧЕНКО С. Л. 19

БАЛАНС АЗОТА В АГРОЦЕНОЗЕ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ НА СВЕТЛО-СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЕ
ЗАВАЛИН А. А., НАКАРЯКОВ А. М. 24

АЗОТСОДЕРЖАЩИЕ ГУМИНОВЫЕ И ПОЛИМЕРНЫЕ УДОБРЕНИЯ И ИХ ДЕЙСТВИЕ НА РАСТЕНИЯ
КОМАРОВ А. А., КОМАРОВ А. А. 28

НЕСИМБИОТИЧЕСКАЯ ФИКСАЦИЯ АЗОТА В СЕВООБОРОТАХ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ
ЛУКИН С. М. 34

ОЦЕНКА ВЫБРОСОВ АММИАКА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ
МАЛЬЧИХИНА А. В., КРУКОВСКАЯ О. Ю., КАКАРЕКА С. В. 38

ОСОБЕННОСТИ ВЕДЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА В КРЕСТЬЯНСКОЙ ЗАПОВЕДНОЙ ЗОНЕ ДОЛИНЫ РЕКИ СИМИТАРРА, КОЛУМБИЯ
СЕГУРА МАРТИНЕС В. Д. 42

АНАЛИЗ КОМПОНЕТОВ АЗОТНОГО ОБМЕНА В ПАХОТНЫХ ПОЧВАХ С ПОМОЩЬЮ МОДЕЛИ DNDC
СУХОВЕЕВА О. Э. 48

ФИТОСАНИТАРНОЕ СОСТОЯНИЕ ПОСЕВА ПРИ ВНЕСЕНИИ РАЗНЫХ ДОЗ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫЕ ПОЧВЫ СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ НА ПРИМЕРЕ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ
ФЕСЕНКО М. А., ШПАНЕВ А. М., ДЕНИСЮК Е. С. 54

БИОКИНЕТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ЦИКЛА ТРАНСФОРМАЦИИ АЗОТА В КРИОАРИДНЫХ УСЛОВИЯХ АЗИАТСКОЙ РОССИИ
БУДАЖАПОВ Л. 59

ЛУЧШИЕ МЕТОДЫ ВЕДЕНИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДЫ НИТРАТАМИ В ТУРЦИИ
КАРИОТИС Т., КАРИОТИ А. 63

УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНА ПОЛБЫ ПРИ НИЗКОМ СОДЕРЖАНИИ АЗОТА
ШУГАР Э., АРЕНДАШ Т., БОНИШ П., ФОДОР Н., ШАНДОР Р. 70

ИНТЕГРАЦИЯ СИСТЕМ РАСТЕНИЕВОДСТВА И ЖИВОТНОВОДСТВА: ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕИМУЩЕСТВА
ВАН ДЕР ХУК К. 75

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ 78

CONTENT

NFLUENCE OF AGROTECHNICAL METHODS ON THE ACCUMULATION OF NITRATES IN THE SOIL BEFORE SOWING IN THE CONDITIONS OF DRY STEPPE OF BURYATIA
BILTUEV A. S., ULANOV A. K. 3

MINERAL FERTILIZERS AND IRRIGATION ARE CONTRIBUTING TO INCREASING THE DECOMPOSITION OF SOIL ORGANIC MATTER AND GLOBAL WARMING
BOINCEAN B. P., STADNIC S. S., CEBANU D. P., MARTEA M. P. 7

ASSESSMENT OF EMISSION OF N_2O FROM THE AGRICULTURE SECTOR IN RUSSIAN FEDERATION
VERTYANKINA V. YU. 12

WAYS TO REGULATE NITRATE FLOWS IN VEGETABLE AGROCENOSES
VOLKOVA E. N. 16

PROSSESING OF APPROACHES TO COMPLEX ASSESSMENT OF NITROGEN LOAD ON ECOSYSTEMS AND HUMANS ON CRIMEAN PENINSULAR TERRITORIES
EVSTAFEVA E. V., KARPENKO S. A., TYMCHENKO S. L. 19

THE BALANCE OF NITROGEN IN WINTER WHEAT AGROCENOSIS IN A LIGHT GRAY FOREST SOIL
ZAVALIN A. A., NAKARIAKOV A. M. 24

NITROGEN-CONTAINING HUMIC AND POLYMER FERTILIZERS AND THEIR EFFECT ON PLANTS
KOMAROV A. A. (SENIOR), KOMAROV A. A. (JUNIOR) 28

NON-SYMBIOTIC NITROGEN FIXATION IN CROP ROTATIONS ON SOD-PODZOLIC SOILS
LUKIN S. M. 34

ESTIMATION OF AMMONIA EMISSIONS IN REPUBLIC OF BELARUS
MALCHYKHINA H. V., KRUKOWSKAYA O.Y., KAKAREKA S. V. 38

CHARACTERISTICS OF AGRICULTURAL PRODUCTION IN THE PEASANT RESERVE ZONE OF THE CIMITARRA RIVER VALLEY, COLOMBIA
SEGURA MARTINEZ W. D. 42

THE ANALYSIS OF NITROGEN EXCHANGE COMPONENTS IN ARABLE SOILS WITH THE MODEL DNDC
SUKHOVEEVA O. E. 48

PHYTOSANITARY CONDITION OF CROPS WHEN APPLYING DIFFERENT DOSES OF NITROGEN FERTILIZERS TO SOD-PODZOLIC SOILS OF THE NORTH-WEST OF RUSSIA. ON THE EXAMPLE OF SPRING BARLEY
FESENKO M. A., SHPANEV A.M., DENISYUK E. S. 54

BIOKINETIC PARAMETERS OF NITROGEN TRANSFORMATION CYCLE IN CRYOARID CONDITIONS OF ASIAN RUSSIA
BUDAZHAPOV L. V. 59

BEST FARMING PRACTICES TO MITIGATE NITRATES POLLUTION OF WATERS IN TURKEY
KARYOTIS TH., KARYOTI A. 63

SPELT GRAIN YIELD AT LOW N-LEVELS
SUGÁR E., ÁRENDÁS T., BÓNIS P., FODOR N., SÁNDOR R. 70

INTEGRATED CROP AND LIVESTOCK SYSTEMS: ENVIRONMENTAL BENEFITS
VAN DER HOEK K. W. 75

AUTHOR INDEX 79

ISBN 978-5-905200-45-8

Материалы международного научного семинара
«Вызовы и возможности управления азотом в сельском хозяйстве».
ФГБНУ АФИ, Санкт-Петербург, Россия, 23 марта 2021 г.

Технический редактор: А. Ю. Цивилев

Подписано в печать 22.03.2021
Подготовлено к печати в ФГБНУ АФИ
195220, Санкт-Петербург, Гражданский пр., д. 14.