

УДК 631.5 : 546.175

ПРОБЛЕМА НИТРАТОВ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ**П.Ф. Тиво**, доктор сельскохозяйственных наук,**Л.А. Саскевич**, старший научный сотрудник,**Е.А. Бут**, стажер младшего научного сотрудника

РУП "Институт мелиорации",

г. Минск, Беларусь

Аннотация

В статье на основании результатов собственных исследований и обобщения литературных данных приведена информация о зависимости содержания нитратов от различных факторов. Указывается, что накопление этих соединений в растениях значительно усиливается из-за дисбаланса элементов питания. Меньше их имеется при использовании для подкормки многолетних трав медленнодействующих азотных удобрений. Наоборот, на фоне аммиачной селитры, особенно возрастает содержание нитратов в растениях. Проявляется здесь и существенное влияние погодных условий. Установлена также суточная динамика содержания нитратов: минимальное их количество имеет место при уборке трав в вечернее время.

Ключевые слова: многолетние травы, зерновые культуры, картофель, виды минеральных удобрений, нитраты, нитриты, гидротермический коэффициент, погодные условия, тип почвы

Abstract**P.Ph. Tivo, L.A. Saskevich, E.A. But**
NITRATE CHALLENGE IN PLANT**GROWING**

The article itemizes various factors which affect nitrate level in plants according to research data and systemized information from literature. It is found that accumulation of these compounds in plants significantly increases due to the nutrition imbalance. We get the lowest nitrate level if perennial grasses are fertilized with nitrate top-dressing of delayed action. Potassium nitrate increases nitrate level in plants. Weather conditions influences nitrate content. Daily nitrate dynamics was fixed: the lowest nitrate level was during evening grass harvest.

Keywords: perennial grasses, seed crops, potato, variants of mineral fertilizers, nitrates, nitrites, hydro thermal coefficient, weather conditions, soil types

Введение

Как известно, основное количество нитратов поступает в организм человека с овощами, картофелем и водой, чего нельзя сказать о продукции животноводства (таблица 1). Можно предположить, что с водой меньше поглощает нитратов городское население, чем сельское, где шахтные колодцы нередко содержат значительное количество этих соединений.

При избытке NO_2 в крови образуется метгемоглобин, который из-за превращения двухвалентного

железа (Fe^{2+}) в трехвалентное (Fe^{3+}) не способен переносить кислород к тканям и органам. В результате организм испытывает кислородное голодание. Нитраты в повышенной концентрации влияют на активность ферментов, деятельность щитовидной железы, работу сердца. Хроническая интоксикация ими снижает содержание в организме витаминов, что неблагоприятно сказывается на здоровье и продуктивности животных. Не лучшее положение и у человека (рисунок 1).

Таблица 1 – Источники поступления нитратов в организм человека [1]

ИСТОЧНИК	Годовое потребление, кг	Содержание нитратов, мг/кг	Общее поступление в сутки, %
Мясные продукты	60	13,2	1,1...1,9
Хлеб	134	2	0,3...0,6
Молочные продукты	318	4,9	1,9...3,8
Овощи и бахчевые	106	54...1398	57...75
Картофель	110	57...75	11...15
Фрукты	46	10...24	1,2...1,4
Вода	800	10	10...20



Рисунок 1 – Воздействие повышенных количеств нитратов на организм человека [1]

Напомним, что для детей допустимая суточная доза NO_3 менее 2 мг на 1 кг массы тела, в то время как для взрослых людей – в 2,5 раза больше. В этой связи необходим очень тщательный контроль за содержанием нитратов в воде, используемой для разбавления молочных смесей. Для детского питания приняты в нашей республике и более строгие допустимые нормы нитратов. Аналогичная ситуация и в других странах, в частности в Российской Федерации. Там ПДК, например, нитратов в клубнях картофеля для детского питания – 80 мг/кг, в то время как для взрослого населения – 250 мг (против 150 мг в Беларуси).

Вместе с тем сообщается, что при ограниченном поступлении нитратов в организме человека образуется полезный монооксид азота (NO). Он улучшает кровообращение в желудке и снижает артериальное давление. Кроме того, В.В. Зинчук и М.В. Борисюк отмечают положительную роль монооксида азота в защите организма от чужеродных соединений (свободных радикалов), если нет его избытка [2]. Не обнаружен специалистами США и канцерогенный эффект нитритов [3], хотя большинство учёных утверждает, что высокая концентрация нитратов неблагоприятно сказывается на здоровье человека и животных [4-13].

Указывается также, что несбалансированное минеральное питание растений является одной из причин избыточного количества этих соединений. Последнее обычно наблюдается на осушенных торфяных почвах, где из-за дефицита фосфора, калия и

микроэлементов растения не могут в полной мере утилизировать азот, высвобождающийся в процессе минерализации органического вещества, и он частично теряется, загрязняя воду и воздух. Дисбаланс элементов питания растений, в принципе, возможен и на других типах почв, где из-за этого также ухудшается качество урожая (рисунок 2).

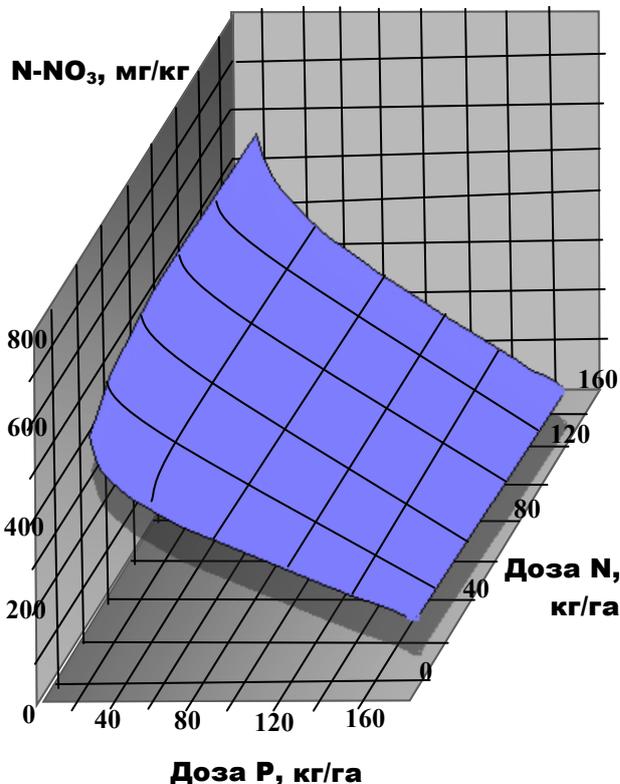


Рисунок 2 – Аккумуляция нитратного азота растениями кукурузы в зависимости от дозы фосфорных и азотных удобрений на дерново-подзолистых почвах [14]

Любопытный факт: часть населения ФРГ, покупающая овощи в магазинах, потребляет нитратов на четверть меньше, чем при использовании продукции с индивидуальных садовых участков. Достоверными же сведениями по нашей республике мы не располагаем, хотя приведенные выше данные наводят на грустные мысли. Может так случиться, что в погоне за прибылью или из-за недостатка экологических знаний производитель «забудет» о качестве урожая. Однако при этом не следует впадать в другую крайность и требовать от земледельца порой невозможного, поскольку содержание нитратов обусловлено многими факторами, часто не зависящими от человека. Сказываются здесь не только дозы удобрений, но и погодные условия (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние удобрений и погодных условий на содержание нитратов в клубнях картофеля на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве [15]

ВАРИАНТ	Содержание нитратов, мг/кг		
	ГТК 1,5	ГТК 0,5	ГТК 1,7
Без удобрений	15	57	32
Навоз, 60 т/га - фон	27	129	46
P ₉₀ K ₁₆₀	39	148	61
N ₆₀ P ₉₀ K ₁₆₀	43	193	65
N ₉₀ P ₉₀ K ₁₆₀	64	215	78
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₆₀	73	210	102
N ₁₅₀ P ₉₀ K ₁₆₀	95	246	192
N ₁₂₀₊₃₀ P ₉₀ K ₁₆₀	95	218	175
HCP ₀₅	16	47	18

По оценке Белорусского НИИ почвоведения и агрохимии, содержание NO₃ в клубнях картофеля определяется удобрениями и погодными условиями соответственно на 51 и 45 % [16]. Примерно то же установлено в ФРГ. Там на долю удобрений приходится 47 %, климатических факторов – 29 и сортовых особенностей картофеля 24 %.

Ограничения по наличию нитратов в кормах

В Беларуси предельно допустимая концентрация (ПДК) нитратов в зеленой массе, силосе

(сенаже) составляет 500 мг/кг, в сене – 1000, травяной муке – 2000 мг/кг, или 0,05; 0,1; 0,2 % соответственно. Содержание этих соединений в рационах откормочных животных 0,83 и 1,78 % на сухое вещество отрицательно сказывается на биохимическом составе крови, ухудшает использование протеина корма, что в конечном итоге снижает их продуктивность [13]. По мнению специалистов Германии, для здоровых животных старше шести месяцев максимально допустимая доза этих соединений составляет 10 г на 100 кг живой массы в сутки при условии наличия в рационе 20 % концентратов по питательности. При этом обеспеченность кормов минеральными веществами, витаминами и особенно легкорастворимыми углеводами должна тщательно контролироваться, поскольку их недостаток усиливает токсичность нитритов [5].

Если на 100 кг живой массы приходится 10-15 г NO₃, то требуются дополнительные ограничения. Такие корма не включаются в рацион коров последнего периода стельности, а доля концентратов повышается до 30 %. Телятам до 6 месяцев и больным взрослым животным вообще противопоказаны даже меньшие уровни нитратов.

При наличии в сухом веществе до 0,4 % нитратов корма используются без ограничений. Растительная масса с уровнем NO₃ 0,4-0,65 % безвредна для здоровых животных, а для стельных коров ее можно включить в рацион в количестве не более 50 %. Если же корма содержат 0,66-0,87 % нитратов, то их удельный вес в рационе здоровых животных должен составлять только 50 % по сухому веществу. Более загрязненные этими соединениями растения запрещается скармливать стельным коровам, ограничивается их потребление и КРС на откорме (таблица 3).

Следовательно, допустимая концентрация нитратов во многом определяется физиологическим состоянием животных. Имеет значение и сбалансированность рационов по углеводам. При оптимальном сахаро-протеиновом отношении в кормах (0,8-1,5) вред токсикантов проявляется слабее.

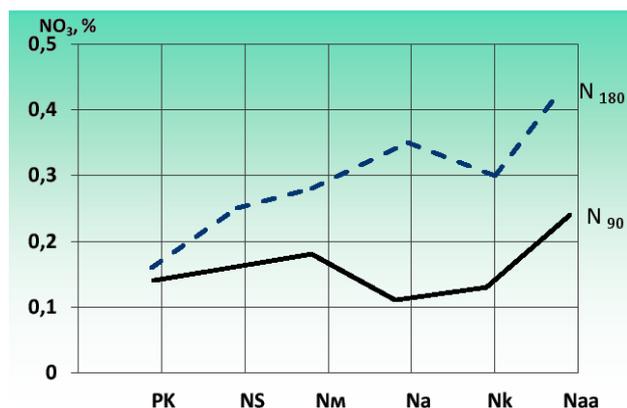
Следует заметить, что другие авторы называют допустимой величиной азота нитратов 0,2 % (или 0,88 % нитратов), но с учетом содержания их в питьевой воде [5,17].

Таблица 3 – Использование кормов с различным содержанием нитратов [18]

В СУХОМ ВЕЩЕСТВЕ, %		РЕКОМЕНДАЦИИ К СКАРМЛИВАНИЮ
NO ₃	N-NO ₃	
0-0,4	0-0,1	Безопасно
0,4- 0,65	0,12- 0,15	Безопасно для здоровья животных. Для стельных животных допускается скармливание 50 % сухого вещества рациона
0,66-0,87	0,16- 0,20	Доля такого корма не более 50 % сухого вещества рациона
0,88-1,55	0,21-0,35	Запрещается скармливать стельным животным; остальным – не более 40 % сухого вещества рациона
1,56-1,78	0,36- 0,40	Не более 25 % сухого вещества рациона
Более 1,78	Более 0,40	Можно скармливать лишь откормочным животным в ограниченном количестве

Результаты экспериментов и их обсуждение

По нашим наблюдениям, из многолетних трав наименьшим содержанием NO₃ отличаются клевер, люцерна и другие бобовые. И наоборот, более склонны к накоплению этих соединений злаковые травы стои ранних стадий развития, особенно подкормленные аммиачной селитрой в годы с засушливым вегетационным периодом. В таких условиях на фоне фосфорных и калийных туков преимущество имели медленнодействующее азотно-серо-кальциевое удобрение (рисунок 3) и применение микроэлементов. Ведущую роль здесь играет молибден, который входит в состав фермента нитратредуктаза, участвующего в восстановлении нитратов до аммонийной формы.



PK – фосфорные и калийные удобрения;
 NS – азотно-серо-кальциевое удобрение;
 Nm – мочевина;
 Na – сульфат аммония;
 Nk – кристаллин;
 Naa – аммиачная селитра

Рисунок 3 – Содержание нитратов в костреце безостом на дерново-подзолистой почве при внесении различных видов удобрений

Не лучшим образом характеризуются злаковые травы в отношении нитратов и при внесении животноводческих стоков (рисунок 4,5). Поэтому следует исключать их передозировку, что прежде всего касается осушенных торфяных почв. Причем, чем мощнее торфяной слой, тем меньше должно вноситься там азотсодержащих (минеральных или органических) удобрений (рисунок 6).

Наряду с минеральным питанием важное значение имеет и влагообеспеченность растений. Из-за дефицита влаги многолетние травы на дерново-подзолистой супесчаной почве иногда содержат больше нитратов, чем даже на торфяно-глеевой. Причем повышение уровня грунтовых вод здесь со 100 до 70 и 40 см от поверхности почвы приводило к уменьшению содержания нитратов в многолетних травах соответственно на 25 и 42 %.

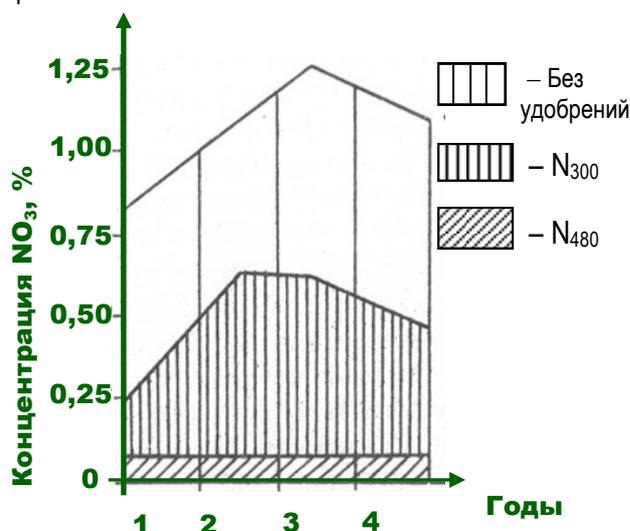


Рисунок 4 – Содержание нитратов в сухой массе трав на торфяно-глеевой почве в зависимости от доз азота стоков и возраста травостоя

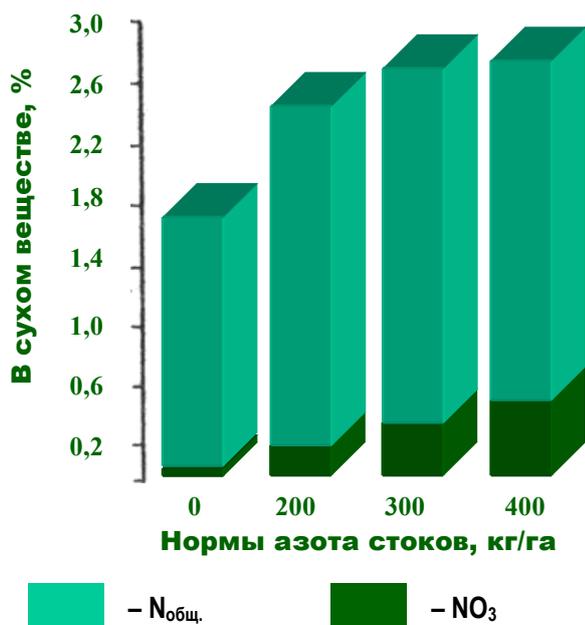


Рисунок 5 – Содержание общего азота и нитратов в многолетних травах на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве

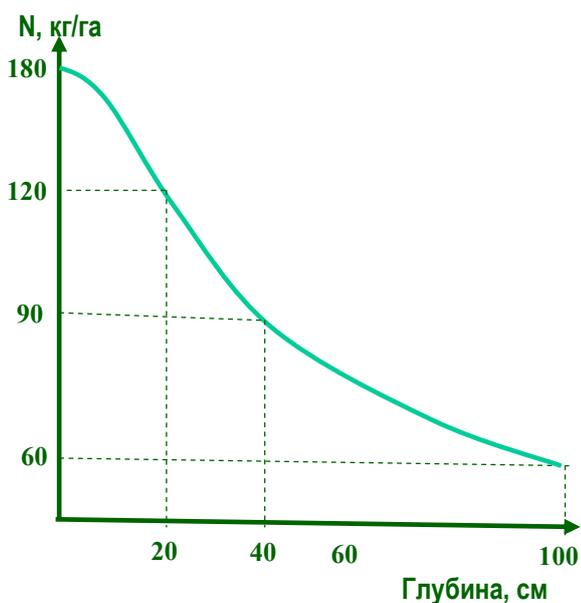


Рисунок 6 – Дозы азотных удобрений под многолетние травы в зависимости от глубины торфяных залежей

Отражается на наличии нитратов и технология заготовки кормов. Силосование заметно уменьшает их количество, прежде всего при пониженном содержании в зеленой массе сухого вещества [19-20]. Способствует этому и отсутствие сорных растений в посевах трав, склонных к накоплению NO₃. Так, крапива и осот розовый могут содержать по 10-19 тыс. мг нитратов в 1 кг сухой массы, что в несколько раз больше, чем, например, кострец безостый.

Установлена также суточная динамика нитратов: меньше их вечером и особенно ночью. Так, в наших опытах в 4, 10, 20 и 24 часа многолетние травы содержали NO₃ соответственно 2089, 3548, 2570 и 1023 мг на кг сухой массы. Поэтому для объективной оценки различных агротехнических приемов в отношении качества кормов в публикациях должно указываться время отбора проб растений для анализа.

Содержание нитратов снижается с возрастом трав. Так, в одном из наших опытов на фоне азотсодержащих удобрений тимopheевка луговая имела NO₃ в фазе кущения 0,61 %, стеблевания – 0,42 и начала колошения – 0,26 % на сухую массу. Проявилась эта зависимость и в условиях различных доз азота.

Особенно много нитратов накапливают травы в конце вегетационного периода, что, очевидно, обусловлено ослаблением фотосинтеза в растениях по мере снижения температуры. Это касается не только злаковых трав, но и других культур, в частности озимого рапса. Отмеченные особенности следует иметь в виду при удобрении животноводческими стоками. Под озимый рапс и последний укос трав их нормы необходимо регулировать с учетом складывающихся погодных условий.

Если проследить за накоплением нитратов отдельными органами растений, то минимальное количество их находится в плодах, семенах. В зерне озимой ржи и ячменя даже при внесении высоких доз жидкой органики содержание NO₃ в наших опытах было низким и не превышало 5-10 мг на 1 кг сухого вещества. И, наоборот, в побочной продукции (соломе) количество нитратов возрастало в десятки раз. Это в равной мере относится и к кукурузе, где основная часть этих соединений накапливается в стеблях, а не в зерне.

Значительные колебания в содержании NO₃ отмечались нами и в отношении многолетних трав. При этом погодные условия в отдельные годы оказали здесь большее влияние, чем применение азотных удобрений.

На качестве растительной продукции сказывается и тип почвы. При прочих равных условиях корма, заготавливаемые на торфяниках, содержат больше нитратов, чем на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах, что обусловлено различием их

азотного режима. Органогенные почвы, как правило, богаче усвояемыми формами азота, чем минеральные. Это следует учитывать при определении норм удобрений, хотя в любом случае вносить с животноводческими стоками свыше 240-270 кг/га азота нецелесообразно из-за возможного загрязнения кормов токсичными соединениями, причем для самих растений высокая концентрация нитратов безвредна, чего нельзя сказать о животных.

Выяснилось, что накопление нитратов в растениях иногда носит акропетальный характер, то есть количество их убывает от основания к верхней части стебля (таблица 4).

Таблица 4 – Распределение нитратов в еже сборной на дерново-подзолистой супесчаной почве [21]

Высота отбора растительных образцов, см от поверхности почвы:	Среднее содержание NO ₃ , мг/кг сухой массы	Снижение концентрации нитратов в растениях	
		мг/кг	%
0...10	2521	-	-
11...30	1940	581	23,0
31...50	1168	1353	53,6
51...80	1067	1454	57,6
81...100	773	1748	69,3
НСП ₀₅		253	

Методы определения нитратов

При оценке содержания нитратов в растительной продукции нужно иметь в виду, что различные авторы выражают его по-разному. Одни из них называют таким показателем NO₃, другие – N–NO₃, третьи – KNO₃ (калийная селитра) и даже

NaNO₃ (натриевая селитра). Чтобы привести их к общему знаменателю, нужно не забывать, что 1 мг N–NO₃ соответствует 4,43 мг NO₃, 6,07 – NaNO₃ или 7,21 – KNO₃. Не зная этого, можно прийти к ошибочным выводам в отношении загрязнения кормов нитратами.

При этом имеет значение, каким методом определяются такие соединения (таблица 5). Так, при использовании кадмиевой колонки в кормовой свекле уровень NO₃ был в 2,2 раза, в силосе кукурузном – в 2,7, сене – в 2,5, травяной муке – в 3,2 раза больше, чем при определении по методу Грисса. Среднее положение занимал здесь экспрессный ионометрический метод, который в основном и применяется у нас на практике, хотя в дальнем зарубежье отдают предпочтение кадмиевой колонке [22].

Влияют на содержание нитратов и иные факторы, что подтверждается другими исследователями (рисунок 7) [23].

Выводы

Таким образом, по степени влияния различных факторов на содержание нитратов в кормах их можно расположить в такой последовательности: доза и форма азота, погодные условия, фаза развития и вид трав. Присутствие сорной растительности в посевах ухудшает качество корма из-за избыточного количества этих соединений. Содержание их существенно изменяется по годам наблюдений и в течение суток. Бывают случаи, когда наибольшие значения в накоплении NO₃ имеют погодные условия, а не применяемые азотные удобрения.

На склоне южной экспозиции растения, как правило, содержат меньше таких соединений, чем на северной. Имеет значение и метод определения нитратов, чтобы составить объективную картину по наличию их в кормах.

Таблица 5 – Сравнительная оценка различных методов определения нитратов, мг/кг

ВИД КОРМА	Экспрессный ионометрический метод	Колориметрический метод с использованием реактива Грисса	Колориметрический метод с кадмиевой колонкой
Свекла кормовая	2113	1589	3450
Силос кукурузный	484	308	820
Сено из разнотравья	3278	1998	5026
Солома	1490	1223	2088
Комбикорм для КРС	397	137	217
Гранулы травяной муки	5476	2600	8277

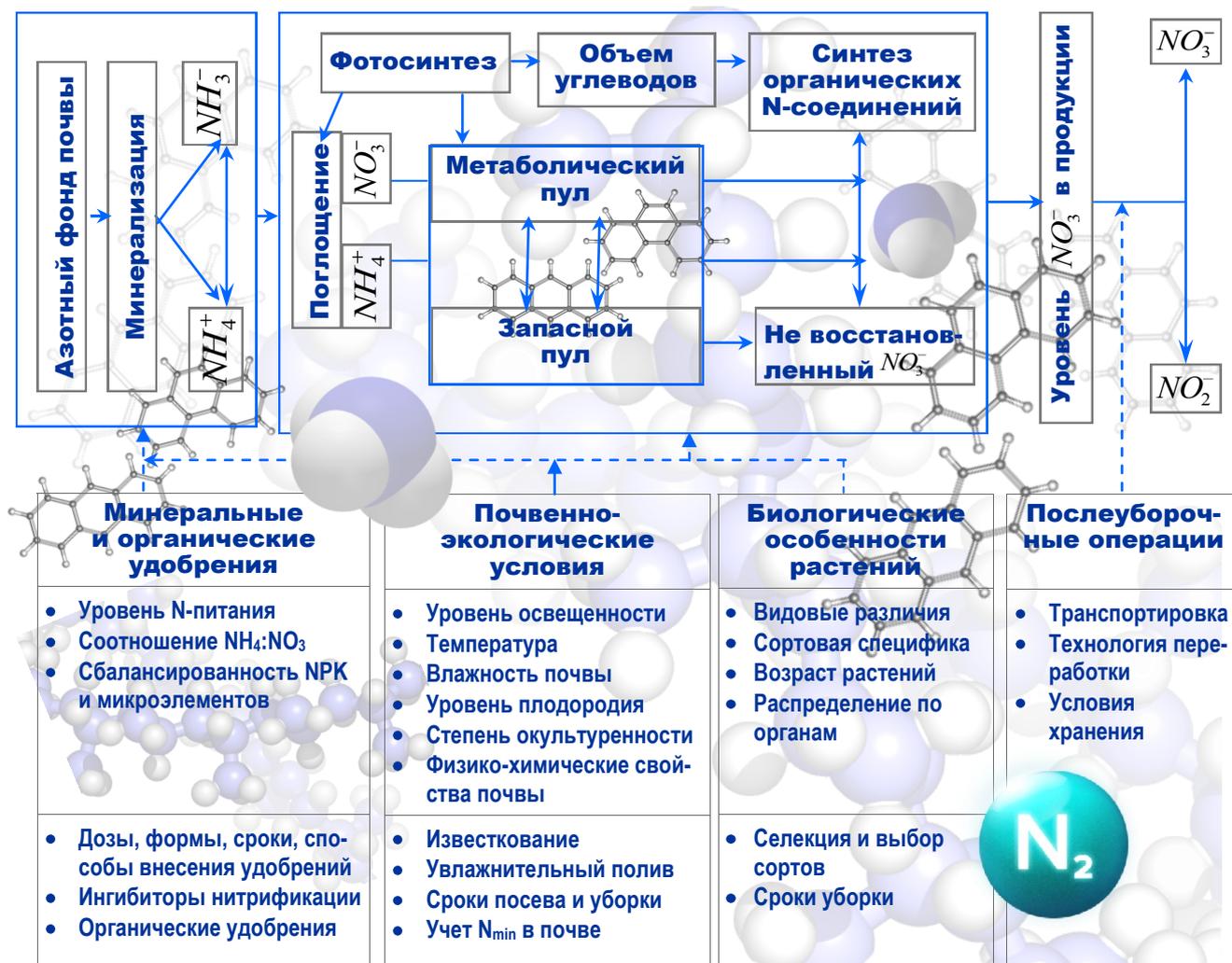


Рисунок 7 – Почвенно-агрохимические и физиологические этапы регуляции содержания нитратов в продукции растениеводства

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Черников, В.А. Экологически безопасная продукция / В.А. Черников, О.А. Соколов. – М.: КолосС, 2009. – 438 с.
- Зинчук, В.В. Роль окиси азота в процессах перекисного окисления липидов / В.В. Зинчук, М.В. Борисяк // Здоровоохранение. – 1996. – № 11. – С. 47-50.
- Резник, Н.Л. Спасательные нитриты / Н.Л. Резник // Химия и жизнь. XXI век. – 2011. – № 12. – С. 22-25.
- Баранников, В.Д. Экологическая безопасность сельскохозяйственной продукции / В.Д. Баранников, Н.К. Кириллов. – М.: КолосС, 2005. – 352 с.
- Богданов, Г.А. Кормление сельскохозяйственных животных / Г.А. Богданов. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1990. – 624 с.
- Проблема нитратов в животноводстве и ветеринарии / И.Г. Арестов, Н.Г. Золотова, Н.Г. Токач [и др.] // Республик. конф.–Киев: Изд-во УСХА, 1990. – С. 3-4.
- Брыло, И.В. Нитраты и воспроизводства животных / И.В. Брыло // Современные технологии сельскохозяйственного производства: материалы XIV междунар. науч.-практ. конф. – Гродно: ГГАУ, 2011. – Ч. 2. – С. 9-11.
- Панилов, Н.А. Влияние нитратов и кислотности сенажа в рационе коров-матерей на жизнеспособность телят / Н.А. Панилов // Ветеринария. – 1987. – № 4. – С. 54-55.
- Карпуть, И.М. Иммунология и иммунопатология болезней / И.М. Карпуть. – Минск: Ураджай, 1993. – 288 с.

10. Кузнецов, А.Ф. Гигиена кормления сельскохозяйственных животных / А.Ф. Кузнецов. – Л.: Агропромиздат, Ленингр. отд-ние, 1989. – 160 с.
11. Хмельницкий, Г.А. Ветеринарная токсикология / Г.А. Хмельницкий, В.Н. Лактионов, Д.Д. Полоз. – М.: Агропромиздат, 1987. – 319 с.
12. Радыцяця, нітраты і чалавек / М.І. Федзюкевіч [і інш.]. – 2-е выд. – Мінск: Ураджай, 1998. – 112 с.
13. Яцко, Н.А. Выращивание и откорм животных при высоком уровне нитратов в рационах / Н.А. Яцко, В.Ф. Радчиков, С.Л. Яблочкина // НТИ и Рынок. – 1996. – № 4. – С. 45-46.
14. Амелин, А.А. Влияние фосфорных удобрений на аккумуляцию нитратного азота в растения в зависимости от сопутствующих факторов / А.А. Амелин // Агрохимия. – 1999. – № 8. – С. 13-17.
15. Босак, В.Н. Содержание нитратов в растениеводческой продукции в зависимости от погодных условий и применения удобрений на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / В.Н. Босак, Е.Г. Мезенцева, Т.В. Дембицкая // Почвоведение и агрохимия. – 2007. – № 1. – С. 167-171.
16. Лимантова, Е.М. Накопление нитратов в картофеле / Е.М. Лимантова, В.В. Лапа, О.Ф. Рыбик // Химизация сельского хозяйства. – 1990. – № 7. – С. 20-22.
17. Максаков, В.Я. Нитраты и кормление животных / В.Я. Максаков, Г.Н. Шевцова. – Киев: Урожай, 1990. – 72 с.
18. Hein, E. Zum Nitratgehalt im Grünfütter und dessen Bedeutung für die Fütterung / E.Hein // Veterinärmedizin. – 1970. – Bd. 25. – H. 19. – S. 745-747.
19. Зелепукин, В.С. Крупный рогатый скот: справочник / В.С. Зелепукин. – М.: Аквариум-Принт, 2006. – 461 с.
20. Буряков, Н.П. Профилактика нитратных отравлений / Н.П. Буряков, М.А. Бурякова // Зоотехния. – 1995. – № 5. – С. 13-15.
21. Тиво, П.Ф. Считаём содержание нитратов в кормах / П.Ф. Тиво // Белорусское сельское хозяйство. – 2016. – № 7. – С. 38-39.
22. Оганесян, С.Г. Определение нитратов в кормах и кормовых культурах / С.Г. Оганесян // Ветеринария. – 1988. – № 10. – С. 62-63.
23. Семёнов, В.М. Закономерности накопления нитратов в продукции растениеводства / В.М. Семёнов, В.А. Агаев, О.А. Соколов // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1989. – № 1. – С. 122-129.

Поступила 16.09.2016 г.