

УДК 633.2/3:546.175

Приемы снижения содержания нитратов в многолетних травах

П.Ф. Тиво, доктор с.-х. наук, Л.А. Саскевич, старший научный сотрудник,
П.Н. Казакевич, научный сотрудник, Е.А. Бут, младший научный сотрудник
Институт мелиорации

(Дата поступления статьи в редакцию 19.01.2017 г.)

В статье на основании результатов собственных исследований и обобщения литературных данных приведена информация о зависимости содержания нитратов в кормах от различных факторов. При этом 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 содержание нитратов в растениях возрастает. Проявляется здесь и существенное влияние погодных условий. Установлена также суточная динамика содержания нитратов: минимальное их количество содержится при уборке трав в вечернее время.

Введение

В связи с увеличением доз азотсодержащих удобрений, особенно жидкого навоза и животноводческих стоков, серьезные опасения вызывает проблема содержания нитратов в кормах. В пищеварительном тракте животных нитраты при наличии легкодоступных источников энергии (сахара, крахмал) через ряд промежуточных соединений восстанавливаются до аммиака. Однако часть нитратов может превратиться в нитриты, обладающие высокой токсичностью. В крови последние взаимодействуют с гемоглобином, образуя метгемоглобин, который не способен переносить кислород к органам животных из-за окисления двухвалентного железа в трехвалентное. Если 60 % от всего количества гемоглобина превратится в метгемоглобин, то тканевое дыхание затрудняется и животные погибают [1–3].

Вместе с тем, нет пока единого мнения о предельно допустимой концентрации (ПДК) нитратов. Одни называют её равной 0,31 % [4], другие [5] – 0,5 % NO_3 , третьи [6] – 1 %, или соответственно 3100, 5000, 10000 мг/кг сухого вещества корма. В нашей республике ПДК нитратов таковы: в зеленой массе трав и кукурузы, силосе и сенаже – 500 мг, сене – 1000, в искусственно высушенных кормах – 2000 мг/кг [7]. При оценке содержания нитратов в растительной продукции нужно иметь в виду, что различные авторы выражают его по-разному. Одни из них называют таким показателем NO_3 , другие – N-NO_3 , третьи – KNO_3 . Чтобы привести их к общему знаменателю, нужно запомнить, что 1 мг N-NO_3 соответствует 4,43 мг NO_3 или 7,21 мг KNO_3 . Не зная этого, можно прийти к ошибочным суждениям в отношении качества кормов.

На основании обобщения результатов исследований Г.А. Богданов пришел к выводу [8], что количество 0,65–1,0 г нитратов в расчете на 1 кг живой массы крупного рогатого скота является токсичным. Сублетальной считают дозу, равную 0,45–0,88 % NO_3 , или 0,1–0,2 N-NO_3 в сухом веществе рациона. При этом снижается молочная продуктивность коров и прирост живой массы молодняка, нарушается воспроизводительная способность, что особенно проявляется при недостаточном энергетическом, протеиновом и А-витаминном питании. Высокая концентрация нитратов может влиять также на активность ферментов пищеварительной системы, деятельность щитовидной железы, работу сердца, центральную нервную систе-

The article based on the results of its own research and summarize published data provides information about the dependence of the nitrate content of the various factors. This indicates that the accumulation of these compounds in plants is greatly enhanced due to the imbalance of power elements. Under them there using to feed perennial grasses slow-acting nitrogen fertilizer. Conversely, on the background of ammonium nitrate, especially increasing content of nitrates in plants. It is shown here and the significant influence of weather conditions. Installed as the daily dynamics of nitrate content: a minimum of the number occurs in harvesting herbs in the evening.

му [1, 2, 9]. Ухудшается также и качество молока, так как в нем возрастает концентрация NO_3 [10–11]. Снижение количества азота нитратов до уровня 0,07 % в сухой массе рациона улучшает ситуацию [4]. Возникают проблемы и с откормочным скотом, если их рационы содержат 0,83 и 1,78 % нитратов в сухом веществе. В этих условиях у животных снижается аппетит и потребление основных питательных веществ, изменяется биохимический состав крови [12].

Токсичность нитратов в сильной степени зависит от общего уровня и полноценности кормления животных. Исследователи Германии указывают, что при достаточном обеспечении легкопереваримыми углеводами крупный рогатый скот без вреда потребляет значительное количество NO_3 . Наоборот, в условиях недостаточного уровня энергетического питания негативные последствия возможны даже при содержании в сухом веществе рациона 0,3–0,5 % нитратов. Очень чувствительны к высокой концентрации NO_3 беременные и больные животные, а также телята до 6 месяцев. Следовательно, вопрос о ПДК нитратов должен решаться с учетом условий кормления, состояния здоровья животных и их возраста [1, 13].

Как известно, значительное содержание этих соединений отмечается в многолетних травах при внесении повышенных доз азота [14–17]. На накопление их в растениях, по-видимому, влияют и другие факторы. Для выяснения этих вопросов нужны дополнительные исследования. Сложность данной проблемы заключается ещё и в том, что ряд сельскохозяйственных культур способны в случае необходимости превращать в нитраты аммиак, который в повышенных количествах более вреден, чем NO_3 [18].

Методика и условия проведения исследований

Полевые опыты проводили в Пружанском районе на дерново-подзолистой супесчаной и торфяно-глеевой почвах. Последняя характеризовалась следующими данными: рН в KCl – 5,0, гидролитическая кислотность – 36 мг-экв, содержание подвижных форм фосфора – 470 мг, калия – 350 мг/кг почвы, степень насыщенности основаниями – 71 %, количество валового азота, P_2O_5 , K_2O , CaO соответственно 2,4; 0,45; 0,14; 2,2 %.

Пахотный слой дерново-подзолистой супесчаной почвы содержал гумуса 2,6 %, общего азота – 0,11, подвижных форм фосфора, калия, магния, цинка, меди, бора со-

ответственно 350, 215, 36, 5,3, 3,8, 0,4 мг/кг; молибдена и кобальта – следы. Гидролитическая кислотность – свыше 3 мг-экв на 100 г почвы, рН солевой вытяжки – около 5,0, степень насыщенности основаниями на уровне около 60 %. Доза фосфора и калия здесь составляла P₄₅K₉₀, что в 2 раза меньше, чем на торфяно-глеевой почве.

Погодные условия за время проведения полевых опытов существенно различались. В первый год исследований за вегетационный период выпало на 102 мм осадков больше средней многолетней нормы. В этой связи объемная влажность пахотного слоя дерново-подзолистой по-

чвы не опускалась ниже 10 % за исключением мая, когда она уменьшилась в два раза. На торфяно-глеевой почве этот показатель составлял 44–58 %. Следующий год был относительно сухим, недобор атмосферных осадков достиг 105 мм. Еще сильнее дефицит влаги ощущался на 3-й год исследований. Так, объемная влажность пахотного слоя (0–30 см) супесчаной почвы в июне–августе находилась в пределах 5,0–4,5 % против 56,6–36,6 % на торфяно-глеевой. Кроме того, в первом случае еще более сухим был подпахотный слой. На торфяно-глеевой почве наблюдалась обратная тенденция. Из-за недостатка вла-

Таблица 1 – Содержание нитратов в многолетних травах разных лет пользования на дерново-подзолистой супесчаной почве

Вариант	Количество NO ₃ в сухой массе, мг/кг			
	травы 1-го г. п.	травы 2-го г. п.	травы 3-го г. п.	среднее
P ₄₅ K ₉₀ (фон)	550	513	1498	853
Фон + Naa180	5492	839	4298	3543
Фон + Nm180	3723	778	1983	2161
Фон + Na180	3162	739	3425	2442
Фон + Ns180	3090	708	1271	1690
Naa180 + Mo	4849	743	1285	2292
Naa180 + Co	4835	702	1191	2243
Naa180 + Co, Mo, Cu	4660	627	1437	2241

Примечание – Naa – аммиачная селитра, Nm – мочевины, Na – сульфат аммония, Ns – азотносерокальциевое удобрение.

Таблица 2 – Содержание нитратов в многолетних травах на торфяно-глеевой почве, мг/кг сухой массы

Вариант	Количество NO ₃ по укосам на фоне N ₁₈₀			Среднее
	I	II	III	
Кострец безостый 1-го г. п.				
P ₉₀ K ₁₈₀ (фон)	832	1445	631	969
Фон + Naa	955	3020	3401	2459
Фон + Nm	2138	3236	1202	2192
Фон + Na	1862	3162	2692	2572
Фон + Ns	1175	1259	2884	1773
Кострец безостый 2-го г. п.				
P ₉₀ K ₁₈₀ (фон)	549	589	977	705
Фон + Naa	1964	4786	1905	2885
Фон + Nm	501	3020	1773	1751
Фон + Na	2435	4571	1373	2793
Фон + Ns	501	3890	777	1722
Кострец безостый 3-го г. п.				
P ₉₀ K ₁₈₀ (фон)	891	977	1479	1116
Фон + Naa	5370	4074	1738	3727
Фон + Nm	3890	1202	2291	2461
Фон + Na	6026	1000	1318	2782
Фон + Ns	3236	977	891	1701

Примечание – Обозначения те же, что и в таблице 1. Калий вносился дробно по 60 кг/га.

ги на супеси на 3-й год пользования был получен практически один укос трав.

Методика исследований общепринятая. Размер учетных делянок – 50 м² при 4-кратной повторности. Азотные туки вносили дробными дозами под каждый укос, за исключением азотно-серо-кальциевого удобрения, полученного на основе фосфогипса и мочевины, которое вносили однократно весной. Некорневая подкормка костреца безостого, согласно схеме опыта, проводилась молибдатом аммония, сернокислым кобальтом и медным купоросом из расчета 0,2, 0,3 и 0,5 кг/га соответственно.

Результаты исследований и их обсуждение

Из многолетних трав наименьшим содержанием NO₃ отличаются клевер, люцерна и другие бобовые. И наоборот, более склонны к накоплению этих соединений злаковые травостои ранних стадий развития, особенно подкормленные аммиачной селитрой в годы с засушливым вегетационным периодом. В таких условиях на фоне фосфорных и калийных туков преимущество имели медленней действующее азотно-серо-кальциевое удобрение (таблица 1–2) и применение микроэлементов. Ведущую роль здесь играет молибден, который входит в состав фермента нитратредуктаза, участвующего в восстановлении нитратов до аммонийной формы.

Не лучшим образом характеризовались злаковые травы в отношении нитратов и при внесении животноводческих стоков (таблица 3). Поэтому следует исключить 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 1). Недопустим здесь и дефицит фосфора, калия и микроэлементов. В противном случае высвобождающийся азот в процессе минерализации органического вещества будет неэффективно использоваться и загрязнять окружающую среду. Нельзя допускать избыточного внесения стоков и на легкосуглинистой почве (рисунок 2).

Наряду с минеральным питанием большое 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. При этом повышение уровня грунтовых вод в последнем случае со 100 до 70 и 40 см

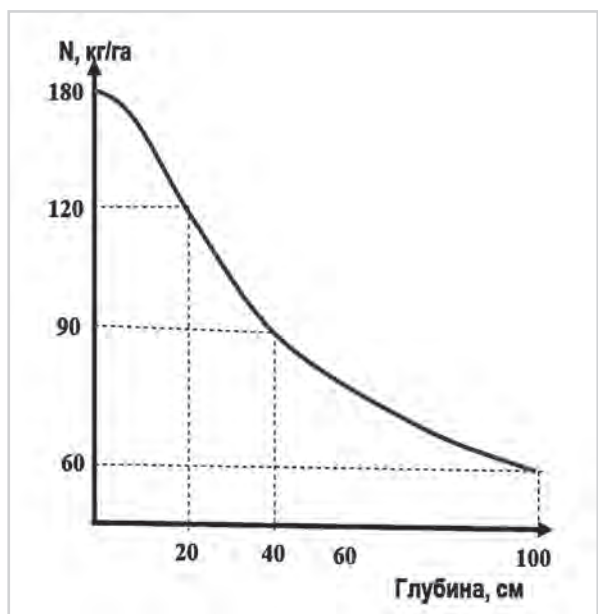


Рисунок 1 – Дозы азотных удобрений под многолетние травы в зависимости от глубины торфяных залежей

от поверхности почвы приводило к уменьшению содержания нитратов в многолетних травах соответственно на 25 и 42 %.

Отражается на наличии нитратов и технология заготовки кормов. Силосование заметно снижает количество таких соединений, хотя полностью их не устраняет [20–22]. Способствует этому и отсутствие сорных растений в посевах трав, склонных к накоплению NO₃. Так, крапива двудомная и осот розовый могут содержать по 10–19 тыс. мг нитратов в 1 кг сухой массы, или в несколько раз больше, чем, например, кострец безостый.

Установлена также суточная динамика нитратов: меньше их вечером и особенно ночью. Так, по нашим наблюдениям, 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 в сухой массе тимopheевки луговой в фазе ку-

Таблица 3 – Влияние орошения животноводческими стоками на содержание нитратов в сухой массе трав (среднее за 4 года)

Нормы стоков в расчёте на NPK	Содержание	Пределы колебаний
<i>Торфяно-глеевая почва</i>		
Без удобрений	0,08	0,07–0,10
N ₃₀₀ P ₁₁₀ K ₂₀₀	0,52	0,35–0,62
N ₄₈₀ P ₁₈₀ K ₃₀₀	1,11	0,90–1,28
<i>Дерново-подзолистая супесчаная почва</i>		
Без удобрений	0,05	0,01–0,05
N ₃₀₀ P ₁₁₀ K ₂₀₀	0,34	0,10–0,41

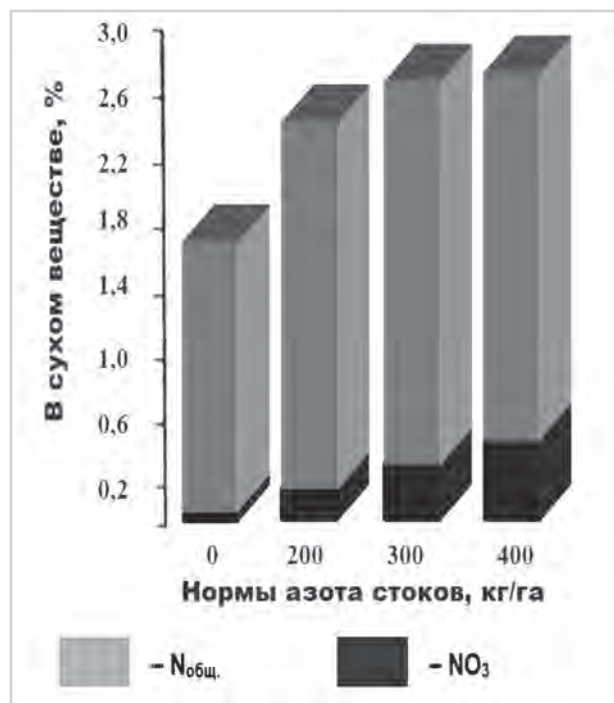


Рисунок 2 – Содержание общего азота и нитратов в многолетних травах на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве [19]

щения содержалось 0,61 % NO₃, стеблевания – 0,42 и начала колошения – 0,26 %. Проявилась эта зависимость и при внесении различных доз азота. При этом очень важно контролировать фосфорно-калийное питание растений. При его оптимизации снижается накопление нитратов в травах в 1,5 раза [23]. Наиболее эффективно в этом отношении действует калий на мощных торфяниках.

Особенно много нитратов накапливают травы в конце вегетационного периода, что, очевидно, обусловлено ослаблением фотосинтеза в растениях по мере снижения температуры. Отмеченные особенности следует иметь в виду при удобрении сенокосов и пастбищ азотом.

На качестве растительной продукции сказывается и тип почвы. При прочих равных условиях корма, заготавливаемые на торфяниках, содержат больше нитратов, чем на дерново-подзолистых 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 в процессе дождевания свыше 240–270 кг/га азота (дробными дозами) нецелесообразно даже на дерново-подзолистых почвах 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 носит акропетальный характер, то есть количество их убывает от основания к верхней части стебля. В нашем случае в растительных образцах ежи сборной, отобранных в приземном слое (около 10 см) содержалось NO₃ 2521 мг/кг, или в 3,3 раза больше, чем на максимальной высоте трав (81–100 см).

Имеет значение, каким методом определяются нитраты. Так, при использовании кадмиевой колонки уровень NO₃ был 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 в республике на практике, хотя за рубежом отдают предпочтение кадмиевой колонке [24].

Нельзя допускать длительного хранения зеленой массы в кучах, поскольку при согревании увеличивается концентрация наиболее опасных соединений – нитритов. Поэтому в идеале она должна доставляться на ферму в течение 3-х часов после сенокоса [5].

Заключение

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 NO₃ существенно изменяется по годам наблюдений и в течение суток. При дисбалансе по фосфору и калию концентрация NO₃ в растениях может повышаться в 1,5 раза.

Уменьшается содержание нитратов при силосовании трав. Безусловно, меньше будет проблем с такими соединениями при возделывании многолетних бобовых трав, хотя из-за повышенных доз навозных стоков продуктив-

ное их долголетие может сократиться. Поэтому в зоне действия крупных животноводческих комплексов нередко отдается предпочтение злаковым травостоям. Имеет значение также и метод определения нитратов, чтобы составить объективную картину по наличию их в кормах.

Литература

1. Вракин, В.Ф. Влияние нитратов на организм жвачных: обзор. информ. / В.Ф. Вракин, И.С. Ковальчук. – М.: ВНИИТЭСХ, 1984. – 69 с.
2. Хисматуллин, М.М. Изучение накопления нитратов в зеленой массе многолетних трав / М.М. Хисматуллин // *Агробиохимический вестник*. – 2010. – №3. – С. 28-29.
3. Повышение качества и эффективности использования кормов / В.Г. Игловиков [и др.]; под ред. М.А. Смургина. – М.: Колос, 1983. – 317 с.
4. Нитраты и качество продуктов растениеводства / А.П. Лешков [и др.]. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1991. – 168 с.
5. Применение комплексной системы оценки кормов в растениеводстве: перевод с нем. Г.Н. Мирошниченко; под ред. и предисл. В.В. Попова. – М.: Колос, 1982. – 271 с.
6. Производство грубых кормов: в 2 кн. / Под ред. Д. Шпаара. – Торжок: ООО «Вариант»; 2002. – Книга 2. – 374 с.
7. Пономаренко, Ю.А. Безопасность кормов, кормовых добавок и продуктов питания; монография / Ю.А. Пономаренко, В.И. Фисинин, И.А. Егоров. – Минск: Эксперспектива, 2012. – 864 с.
8. Богданов, Г.А. Кормление сельскохозяйственных животных / Г.А. Богданов: – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1990. – 624 с.
9. Брыло, И.В. Нитраты и воспроизводство животных / И.В. Брыло // *Современные технологии сельскохозяйственного производства: материалы XIV междунар. науч.-практ. конф.* – Гродно: ГГАУ, 2011. – Ч. 2. – С. 9–11.
10. Баранников, В.Д. Экологическая безопасность сельскохозяйственной продукции / В.Д. Баранников, Н.К. Кириллов. – М.: КолосС, 2005. – 352 с.
11. Черников, В.А. Экологически безопасная продукция / В.А. Черников, О.А. Соколов. – М.: КолосС, 2009. – 438 с.
12. Яблочкина, С.Л. Влияние рационов с различной концентрацией нитратов на продуктивность и качество мяса бычков / С.Л. Яблочкина // *НТИ и рынок*. – 1996. – №9. – С. 35–37.
13. Hein, E. Zum Nitratgehalt im Grünfütter und dessen Bedeutung für die Fütterung / E. Hein // *Veterinär-medizin*. – 1970. – Bd. 25. – H.19. – S. 745–747.
14. Krauze, A. Wpływ intensywnego nawożenia pastwiska na poziom azotanów w runi i dawce pokarmowej krów mlecznych / A. Krauze, Z. Benedycka, D. Domska // *Roczniki nauk rolniczych. Seria B-Zootechniczna*. – 1988. – T. 103 – Z. 3. – S. 9–17.
15. Кулаков, В.А. Нитраты в пастбищном корме / В.А. Кулаков, Е.Г. Седова // *Научное обеспечение кормопроизводства России: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 100-летию ВНИИ кормов имени В. Р. Вильямса (ГНУ ВИК Россельхозакадемии, 12–13 июня 2012 г.)*. – М., 2012. – С. 416–422.
16. Тамм, У. Динамика содержания нитратов в траве злаковых культурных пастбищ / У. Тамм, Х. Нийне, В. Хейн // *Вопросы кормопроизводства в Эстонии: науч. тр. ЭстНИИЗ и М.* – Таллин: Валгус, 1988. – Т. LXIII. – С. 76–88.
17. Щеглов, В.В. Нитраты в кормах и предотвращение их токсического действия / В.В. Щеглов, Г.Н. Цыганова // *Зоотехния*. – 1989. – №7. – С. 24–26.
18. Верниченко, И.В. Эндогенное образование нитратов в растительных тканях в различных условиях внешней среды и роль нитратной формы азота в жизни растений / И.В. Верниченко // *Агробиохимия*. – 2016. – № 7. – С. 81–95.
19. Желязко, В.И. Использование бесподстилочного навоза на мелиорируемых агроландшафтах. Теория и практика: монография / В.И. Желязко, П.Ф. Тиво. – Минск: ИООО «Право и экономика», 2006. – 296 с.
20. Буряков, Н.П. Профилактика нитратных отравлений / Н.П. Буряков, М.А. Бурякова // *Зоотехния*. – 1995. – № 5. – С. 13–15.
21. Победнов, Ю.А. Консервирование и хранение кормов / Ю.А. Победнов // *Всероссийский научно-исследовательский институт кормов на службе российской науке и практике*. – М.: Россельхозакадемия, 2014. – С. 694–746.
22. Hein, E. Abbauvorgänge und Wirkungen des Nitrats bei Silierung von Grünfütter / E. Hein, F. Weisbach // *XIII Internationaler Graslandkongreß Leipzig, DDR, 18-27 mai 1977*. – Section 8-9-10. – S. 244–248.
23. Андреев, Н.Г. Кострец безостый / Н.Г. Андреев, В.А. Савицкая. – 2-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 1988. – 184 с.
24. Оганесян, С.Г. Определение нитратов в кормах и кормовых культурах / С.Г. Оганесян // *Ветеринария*. – 1988. – № 10. – С. 62–63.