

ПРОБЛЕМЫ ОТРАСЛЕЙ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА



Николай СОЛОВЦОВ

*ученый секретарь,
кандидат экономических наук, доцент*

Анатолий ЛОПАТНЮК

*ведущий научный сотрудник,
кандидат экономических наук, доцент
(Институт системных исследований
в АПК НАН Беларуси)*

Петр ТИВО

*заведующий лабораторией
Института мелиорации НАН Беларуси,
доктор сельскохозяйственных наук*

УДК 631.811.1:633/635:63-021.66

Влияние природно-экономических факторов на производство нитратобезопасной продукции растениеводства

До недавнего времени экономические факторы принимались в качестве единственных и важных, а экологический и социальный аспекты считались второстепенными. Сейчас последние являются в некоторой степени факторами сдерживания дальнейшего экономического роста при производстве высококачественной сельскохозяйственной продукции. Поэтому поиск условий, дающих возможность компромисса между экономическим развитием сельского хозяйства и производством экологически безопасных продуктов питания, является приоритетной задачей современного аграрного бизнеса.

Сельское хозяйство – один из самых активных природопользователей, экологическое влияние которого на окружающую среду постоянно растет и оказывает в большинстве случаев негативное воздействие не только на земледелие, но и на здоровье человека и его жизнедеятельность в целом. Поэтому в Беларуси предпринимаются определенные количественные и качественные изменения в использовании земель, а формирование оптимальной системы экологически обоснованного хозяйствования и их охраны является важным элементом рационального природопользования, прежде всего не только как средство высокоэффективного производства экологически чистой продукции, но и сохранения почвенных ресурсов и повышения плодородия почв.

Основным природным фактором, влияющим на производство экологически чистой продукции, является почвенный потенциал страны. «Чистота» сельскохозяйственных культур определяется самоочищающейся и буферной способностью почвы, что в зна-

чительной степени зависит от содержания в ней гумуса, кислотности, плотности, гранулометрического и минерального состава, окислительно-восстановительной реакции. В Республике Беларусь преобладают дерново-подзолистые и дерново-подзолистые заболоченные почвы (87,5%). По кадастровой оценке пахотные почвы в целом по республике оцениваются в 31,2 балла, почвы улучшенных сенокосов и пастбищ – 26,8, естественных луговых угодий – 15,2 балла. Пахотные земли, плодородие которых оценивается в 25–30 баллов, занимают 23,1% пашни, на долю почв с баллом 20,1–25 приходится 16,3%, а с баллом 20 и ниже – 7,6% пашни, которые по своему генезису обладают низким потенциалом плодородия и подлежат выведению из хозяйственного оборота.

Химизация земледелия оказывает разностороннее влияние на эффективность использования земельных ресурсов, являясь одним из ключевых факторов поддержания достигнутого уровня плодородия почв, формирования урожайности сельскохозяйственных культур и в то же время – одним из источников загрязнения окружающей среды. Как показал анализ данных за период с 1986 г. по 2015 г., внесение минеральных удобрений в 1991–1995 гг. составило 66,7% от уровня 1986–1990 гг. В последующие годы тенденция к снижению сохранилась и составила за 1996–2000 гг. – 49,4%, 2001–2005 гг. – 67,5%. В последние годы отмечен рост использования удобрений: в 2006–2010 гг. на 1 га пашни было внесено 250,5 кг, в 2011–2015 гг. – 262,8 кг, что обусловило рост продуктивности пахотных земель по сравнению с 1986–1990 гг. соответственно на 7,75% и 26,6%. В то же время за прошедшие годы резко снизились объемы внесения по основным видам удобрений. Так, фосфора в 2001–2005 гг. на 1 га пахотных земель приходилось 26,5 кг, что в 3,3 раза ниже, чем было внесено за период 1986–1990 гг. В 2011–2015 гг. использование фосфорных удобрений повысилось до 41,6 кг/га, однако это ниже их количества в 1986–1990 гг. на 36,4%. За анализируемый период (28 лет) применение азота увеличилось на 14%, калия – на 20,1% (см. табл. 1).

Таблица 1. Внесение минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры в Беларуси за 1986–2015 гг., кг/га

Наименование	Годы					
	1986–1990	1991–1995	1996–2000	2001–2005	2006–2010	2011–2015
Азотные (N)	88,2	58,5	41,5	65,5	88,5	97,4
Фосфорные (P ₂ O ₅)	65,4	40,5	22,3	26,5	54,5	41,6
Калийные (K ₂ O)	114,0	79,5	68,5	88,5	107,5	123,8
Всего (NPK)	267,6	178,5	132,3	180,5	250,5	262,8

Примечание. Рассчитано авторами по данным Национального статистического комитета Республики Беларусь.

Основное количество нитратных соединений поступает в организм человека из почвы и удобрений с овощными, бахчевыми культурами, картофелем и водой [1]. По способности накапливать нитраты овощи, плоды и фрукты делятся на 3 группы:

с высоким содержанием (до 5000 мг/кг сырой массы) – салат, шпинат, свекла, укроп, листовая капуста, редис, зеленый лук, дыни, арбузы;

со средним содержанием (300–600 мг) – цветная капуста, кабачки, тыквы, репа, редька, белокочанная капуста, хрен, морковь, огурцы;

с низким содержанием (10–80 мг) – брюссельская капуста, горох, шавель, фасоль, картофель, томаты, репчатый лук, фрукты и ягоды.

Для детей допустимая суточная доза NO₃ составляет менее 2 мг на 1 кг массы тела, в то время как для взрослых людей – в 2,5 раза больше. В нашей республике для детского питания приняты более строгие допустимые нормы нитратов. Аналогичная ситуация наблюдается и в других странах. В Российской Федерации ПДК нитратов для взрослого населения составляет 250 мг (против 150 мг в Беларуси).

Вместе с тем в ограниченном количестве поступление нитратов в организм человека необходимо для образования полезного монооксида азота (NO). Он улучшает кровообращение и снижает артериальное давление. Кроме того, некоторые авторы отмечают положительную роль монооксида

азота в защите организма от чужеродных соединений (свободных радикалов), если не наблюдается его избытка [2].

В то же время при избытке диоксида азота (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 [1].

Содержание нитратов обусловлено также и погодными условиями. Как недостаток атмосферных осадков (гидротермический коэффициент 0,5), так и относительное переувлажнение (ГТК 1,7) способствуют накоплению нитратов в клубнях картофеля (см. табл. 2).

Таблица 2. Влияние удобрений и погодных условий на содержание нитратов в клубнях картофеля на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве

Варианты	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
$\text{P}_{90}\text{K}_{160}$	39	148	61
$\text{N}_{60}\text{P}_{90}\text{K}_{160}$	43	193	65
$\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{160}$	64	215	78
$\text{N}_{120}\text{P}_{90}\text{K}_{160}$	73	210	102
$\text{N}_{150}\text{P}_{90}\text{K}_{160}$	95	246	192
$\text{N}_{120+30}\text{P}_{90}\text{K}_{160}$	95	218	175
HCP_{05}	16	47	18

Примечание. Источник: [5].

По оценке Белорусского НИИ почвоведения и агрохимии, содержание NO_3 в клубнях картофеля определяется удобрениями и погодными условиями соответственно на 51% и 45% [6]. Примерно то же самое установлено в ФРГ. Там на долю удобрений приходится 47%, климатических факторов – 29% и сортовых особенностей картофеля – 24%.

Научными исследованиями установлено, 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. Сложность данной проблемы заключается еще и в том, что растения в случае необходимости способны превращать аммиак в нитраты, которые менее вредны для них [4].

В Беларуси предельно допустимая концентрация (ПДК) нитратов в зеленой массе, силосе (сенаже) составляет 500 мг/кг, в сене – 1000 мг/кг, травяной муке – 2000 мг/кг, или 0,05%, 0,1% и 0,2% соответственно. По мнению специалистов Германии, для здоровых животных старше 6-ти 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 нитратов [7].

Так, к примеру, если на 100 кг живой массы приходится 10–15 г NO_3 , то требуются дополнительные ограничения. Такие корма не включаются в рацион коров последнего периода стельности, а доля концентратов повышается до 30%. Телятам до 6-ти месяцев и больным взрослым животным вообще противопоказаны даже меньшие уровни нитратов (см. табл. 3).

Таблица 3. Использование кормов с различным содержанием нитратов

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

Примечание. Источник: [8].

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.

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

Нами установлено, что из многолетних трав наименьшим содержанием NO₃ отличаются клевер, люцерна и другие бобовые. И наоборот, более склонны к накоплению этих соединений злаковые травостой ранних стадий развития, особенно подкормленные аммиачной селитрой в годы с засушливым вегетационным периодом. В таких условиях на фоне фосфорных и калийных туков преимущество имело медленнодействующее азотно-серо-кальциевое удобрение (см. рис. 1). Кроме макроэлементов, ведущую роль здесь играет молибден, который входит в состав фермента нитратредуктаза, участвующего в восстановлении нитратов до аммонийной формы. На бедных усвояемой медью почвах положительно влияла на качество урожая и некорневая подкормка трав этим элементом.

Не лучшим образом характеризуются злаковые травы в отношении нитратов и при внесении животноводческих стоков. Поэтому следует исключать передозировку последних, что прежде всего касается осушенных торфяных почв.

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 см до 70 см и 40 см от поверхности почвы приводило к уменьшению содержания нитратов в многолетних травах соответственно на 25% и 42%.

Уменьшалось содержание нитратов в растениях по мере окультуривания почв в результате известкования и улучшения пищевого режима в отношении фосфора и калия. Сбалансированное питание обеспечивало повышение урожая, следовательно, и биологическое разбавление минеральных соединений азота в растениях. Это, в свою очередь, способствовало снижению концентрации нитратов в надземной массе. Меньше их было и при хорошей освещенности посевов. Затенение растений, наоборот, усиливало накопление в них нитратов. Не лучшим образом сказывается на качестве урожая и неравномерное внесение удобрений по площади поля.

Положительно влияло на качество урожая на супесчаных почвах дождевание: содержание NO₃ в растениях уменьшалось. Тот же эффект наблюдался при использовании ингибиторов нитрификации.

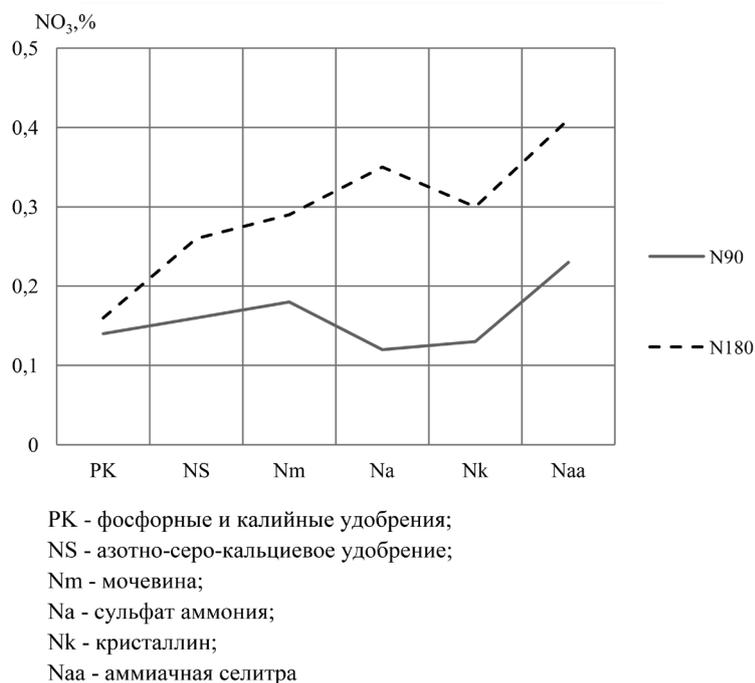


Рис. 1. Содержание нитратов в кострече безостом на дерново-подзолистой почве при внесении различных видов удобрений

Отражается на наличии в растениях нитратов и технология заготовки кормов. Силосование заметно уменьшает количество данных соединений, прежде всего при пониженном содержании в зеленой массе сухого вещества. Способствует этому и отсутствие сорных растений в посевах трав, склонных к накоплению NO_3 . 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, костреч безостый.

Установлена также суточная динамика нитратов: меньше их вечером и особенно ночью. Так, в наших опытах в 4, 10, 20 и 24 часа ежа сборная содержала NO_3 соответственно 2089 мг, 3548 мг, 2570 мг и 1023 мг на 1 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 NO_3 в фазе кушения в количестве 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. Под озимый рапс и последний укос трав нормы этих соединений необходимо регулировать с учетом складывающихся погодных условий.

Если проследить за накоплением нитратов отдельными органами растений, то минимальное их количество находилось в плодах, семенах. В зерне озимой ржи и ячменя даже при внесении высоких доз жидкой органики содержание NO_3 в наших опытах было низким и не превышало 5–10 мг на 1 кг сухого вещества. И наоборот, в побочной продукции (солومه) 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 NO_3 отмечались нами и в отношении многолетних трав. При этом в отдельные годы погодные условия 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. Однако и в последнем случае нормы животноводческих стоков в расчете на азот не должны превышать под многолетние злаковые травы 240–270 кг/га при дробном их внесении.

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

Таблица 4. Распределение нитратов в еже сборной на дерново-подзолистой супесчаной почве

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
58–80	1067	1454	57,6
81–100	773	1748	69,3
НСП ₀₅	–	253	–

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 иметь в виду, 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. Так, при использовании кадмиевой колонки уровень NO₃ в кормовой свекле был в 2,2 раза, кукурузном силосе – 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 [9].

В концентрированном виде влияние различных факторов на накопление нитратов в растениях можно представить в виде схемы (см. рис. 2) [10].

Согласно представленным данным, в растениях присутствует метаболический пул азота, который используется при синтезе органических N-соединений. Запасной же пул во многом определяет наличие нитратов в растениях. Приведенные на этом рисунке данные свидетельствуют также о том, что при достаточном количестве углеводов, образовавшихся в процессе фотосинтеза, поглощенные растениями нитраты превращаются в аммиак, который затем используется для образования белковых веществ.

Таким образом, по степени влияния различных факторов на содержание нитратов в растениеводческой продукции и кормах их можно расположить в такой последовательности: почвенный потенциал, 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. Снижению концентрации нитратов в растениях способствует сбалансированное питание не только по макро-, но и по микроэлементам.

Как уже отмечалось, в зерне, семенах различных культур, как правило, содержится незначительное количество нитратов, чего нельзя сказать о побочной продукции (соломе). Улучшению качества растительной продукции способствует и общая культура земледелия. На кислых почвах при прочих равных условиях возрастает содержание нитратов в растениях. Этому же способствует и неравномерное распределение минеральных удобрений по площади.

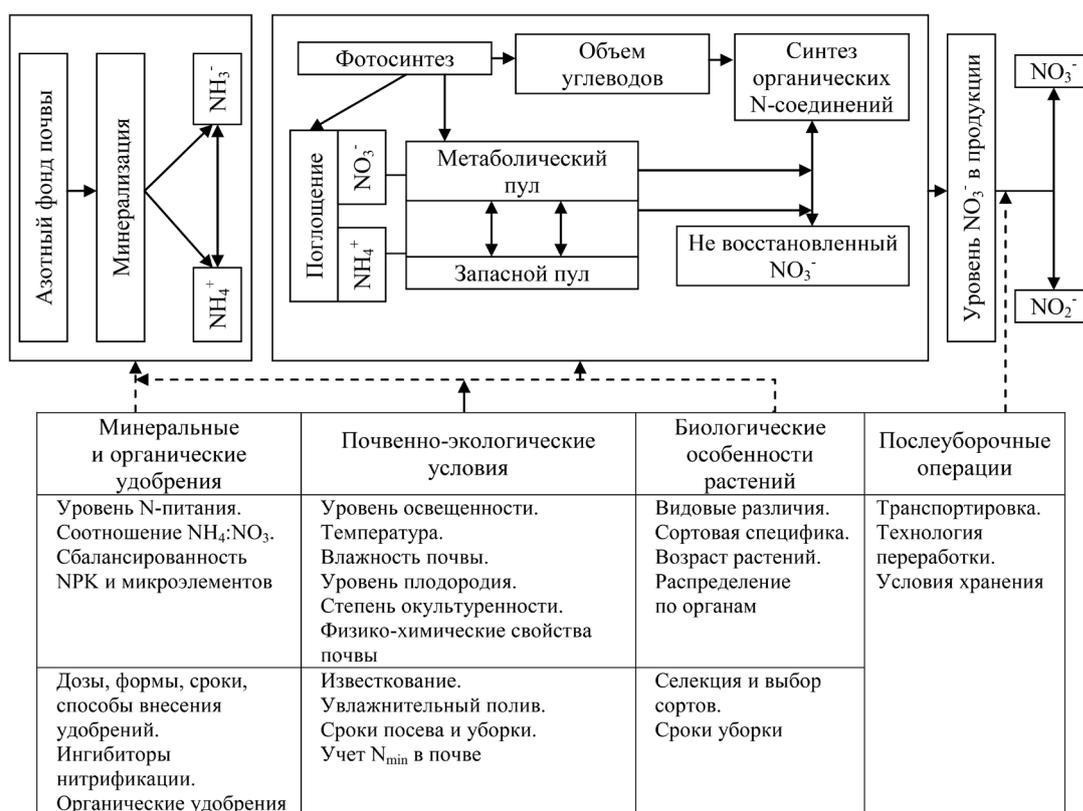


Рис. 2. Почвенно-агрохимические и физиологические этапы регуляции содержания нитратов в продукции растениеводства

Поэтому актуальной задачей в этом плане будет обеспечение применения наравне с азотными фосфорных, калийных и микроудобрений в научно обоснованных объемах, учитывающих потребности не только планируемой урожайности сельскохозяйственных культур, но и качества продуктов питания.

Расчеты показывают, что при таком подходе годовая потребность сельского хозяйства в минеральных удобрениях на период до 2020 г. составит: азотных 450–500 тыс. т д.в., фосфорных – 300–350 тыс. т д.в., калийных – 650–700 тыс. т д.в., что позволит производить нитратобезопасную продукцию растениеводства и довести запас макроэлементов в почвах не менее 200 мг/кг фосфора и калия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Черников, В. А. Экологически безопасная продукция / В. А. Черников, О. А. Соколов. – М.: КолосС, 2009. – 438 с.
2. Зинчук, В. В. Роль окиси азота в процессах перекисного окисления липидов / В. В. Зинчук, М. В. Борисюк // Здоровоохранение. – 1996. – № 11. – С. 47–50.
3. Резник, Н. Л. Спасительные нитриты / Н. Л. Резник // Химия и жизнь. XXI век. – 2011. – № 12. – С. 22–25.
4. 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 // Агрохимия. – 2016. – № 7. – С. 81–95.
5. 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.
6. Лимантова, Е. М. Накопление нитратов в картофеле / Е. М. Лимантова, В. В. Лапа, О. Ф. Рыбик // Химизация сельского хозяйства. – 1990. – № 7. – С. 20–22.
7. Вракин, В. Ф. Влияние нитратов на организм жвачных / В. Ф. Вракин, И. С. Ковальчук. – Москва: ВНИИТЭИСХ, 1984. – 69 с.
8. Hein, E. Zum Nitratgehalt im Grünfütter und dessen Bedeutung für die Fütterung / E. Hein // Veterinär-medizin. – 1970. – Bd. 25. – H. 19. – S. 745–747.

9. Оганесян, С. Г. Определение нитратов в кормах и кормовых культурах / С. Г. Оганесян // Ветеринария. – 1988. – № 10. – С. 62–63.

10. Семенов В. М. Закономерности накопления нитратов в продукции растениеводства / В. М. Семенов, В. А. Агаев, О. А. Соколов // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1989. – № 1. – С. 122–129.

РЕЗЮМЕ

В статье дается оценка влияния природно-экономических факторов на производство нитратобезопасной продукции растениеводства на основании результатов собственных исследований и обобщения литературных данных. Выявлено, что накопление нитратных соединений в растениях значительно колеблется в зависимости от почвенного генезиса, погодных условий и из-за дисбаланса элементов питания. Обосновываются возможности по снижению концентрации нитратов в растениях на основании сбалансированного обеспечения не только по макро-, но и по микроэлементам.

SUMMARY

The impact assessment of natural economic factors on production nitration safe products of crop production based on results of own researches and generalization of literary data is given in the article. It is revealed that accumulating of nitrate connections in plants considerably fluctuates depending on soil genesis, weather conditions and batteries disbalance. The decrease opportunities in concentration of nitrates in plants based on the balanced providing not only on macro- but also microelements are proved.

Поступила 22.02. 2017