**Токсичность нитратов в питании человека**

Интенсификация сельскохозяйственного производства – естественный процесс, присущий эпохе научно-технического прогресса. По сути, это качественно новый уровень антропогенного воздействия человека на окружающую среду, при котором достижения науки и техники направлены на увеличения уровня производства пищевых продуктов, в первую очередь растительных. В основе решения данной проблемы лежат не только современные агротехнические приемы, но и применение широкого спектра агрохимикатов: минеральных удобрений, химических средств ЗАРА, регуляторов роста и др. Это, в свою очередь, породило другую проблему – необходимость обеспечения химической безопасности и высокого качества продуктов питания. В последнее время появился большой интерес к остаточным количествам нитратов в продуктах питания и к тем нарушениям в состоянии здоровья человека, которые могут быть вызваны нитратным загрязнением.

Нитраты – соли азотной кислоты, являются элементом питания растений и естественным компонентом пищевых продуктов растительного происхождения. Их высокая концентрация в почве абсолютно не токсична для растений, напротив, она способствует усиленному росту надземной части растений, более активному протеканию процесса фотосинтеза, лучшему формированию репродуктивных органов и, следовательно, более высокому урожаю.

Нерациональное применение удобрений, как и несоблюдение других агротехнических требований, обуславливает увеличение остаточного содержания нитратов в растениях. Концентрация нитратов в овощах, зеленых культурах колеблется в широких пределах и может достигать очень больших величин (свекла – 1070 мг/кг, морковь – 180 мг/кг, молодой картофель – 170 мг/кг). В сочетании с нитратами питьевой воды это увеличивает нагрузку загрязнителя на население. Кроме того, нитраты широко используются в различных отраслях промышленности (пищевой, химической, текстильной, резиновой, металлургической) и фармакологии. Таким образом, нитросоединения могут поступать в организм человека с овощами и фруктами, колбасными и консервными изделиями, питьевой водой, вдыхаемым воздухом и лекарствами.

Наиболее чувствительны к избытку нитратов дети в первые месяцы жизни. Известны случаи отравления детей овощными соками и овощами с повышенной концентрацией нитратов. В организме кормящей матери существует механизм защиты от нитратов, но возможности его ограниченны. Если мать употребляет продукты с высоким содержанием нитратов, то они неизбежно попадают в грудное молоко, что приводит к серьёзным отравлениям, так как защитные механизмы против вредного воздействия нитратов формируются у человека только к концу первого года жизни.

Нитраты попадают и в коровье молоко. При кормлении животных силосом, содержащим 21 мг/кг нитратов, в 1л молока содержалось 800 мг нитратов.

Смертельная доза нитратов для взрослого человека составляет 8-14 г, острые отравления наступают при дозе в 1-4 г.

Одним из главных опасных явлений при отравлении нитратами является образование метгемоглобина в крови. Это вызвано тем, что нитраты, попадая в пищеварительную систему человека и восстанавливаясь до нитритов, взаимодействуют с гемоглобином крови, окисляя в нем двухвалентное железо в трехвалентное. В результате чего образуется метгемоглобин, не способный переносить кислород. Вследствие этого нарушается нормальное дыхание клеток и тканей организма, от чего накапливается молочная кислота, холестерин, резко падает количество белка в организме. Нитраты способствуют развитию патогенной кишечной микрофлоры, выделяющей токсины и приводящей к интоксикации организма.

Другая серьёзная опасность – способность нитрит-иона участвовать в реакции нитрозирования аминов и амидов, в результате чего образуются канцерогенные нитрозосоединения.

С ростом химизации увеличивается заболеваемость легочной формой туберкулеза у детей 7-14 летнего возраста. Среди взрослых отмечены заболевания бронхитом, гипертонией.

При остром отравлении нитратами у человека возникает метгемоглобиния различной степени тяжести (вплоть до летального исхода); при хроническом отравлении – рак желудка, нарушение работы нервной и сердечно-сосудистой систем. Чувствительность к нитратам повышают факторы кислородного голодания: высокогорье, повышенная концентрация угарного газа, присутствие окислов азота, алкоголь.

Признаки отравления нитратами появляются через 1-6 часов. Острое отравление начинается с тошноты, рвоты, диареи. Увеличивается и болезненно реагирует на пальпацию печень, снижается артериальное давление, нарушается деятельность сердца, учащается дыхание и т. д. В случае легкого отравления появляется сонливость и общая депрессия организма.

Отравления нитратами отмечаются, как правило, среди лиц, страдающих сопутствующими заболеваниями: расстройствами желудочно-кишечного тракта, хроническими заболеваниями верхних дыхательных путей. Кроме того, отравления тяжелее протекают у людей, страдающих заболеваниями печени, почек и крови.

**Механизм трансформации нитратов в тканях растений**

Преобладающей формой минерального азота, поступающей в растения, являются нитраты. Судьба поглощенного растениями нитрата может быть различной. Поступившие нитраты либо запасаются в вакуолях корня, либо подаются с пасокой в надземную систему. Включаться в органические соединения они могут как в корнях, так и в листьях. Причем метаболизация нитратов начинается с их восстановления до аммония. Поэтому были основания полагать, что аммонийное питание энергетически более выгодно, чем нитратное. Однако термодинамические расчеты показали, что у райграса затраты энергии на транспорт из среды в корень и усвоение нитрата только на 8% выше, чем на использование аммония. К тому же, аммоний усваивается сразу и требует активного притока углеводов в корни и достаточной аэрации.

Азот входит в состав органических соединений только в восстановленной форме. Поэтому включение нитратов в обмен веществ начинается с их восстановления, которое может осуществляться в корнях и в листьях. Относительная доля участия этих органов в первичной ассимиляции нитратов является видовым признаком. В связи с этим выделяют три основные группы растений:

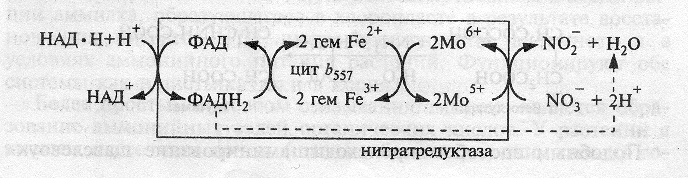
1. Растения, практически полностью восстанавливающие нитраты в корнях и транспортирующие азот к листьям в органической форме (горох, люпин, черника)
2. Растения, практически не проявляющие нитратредуктазной активности в корнях и ассимилирующие нитраты в листьях (сахарная свекла, хлопчатник)
3. Растения, способные восстанавливать нитраты как в корнях, так и в листьях (кукуруза, овощи, зерновые культуры)

По современным представлениям, восстановление нитрата происходит в два этапа:

Восстановление нитрата до нитрита, сопряженное с переносом двух электронов и катализируемое нитратредуктазой (в цитозоле), восстановление нитрита до аммиака путем переноса шести электронов и катализируемое ферментом нитритредуктазой (в пластидах):



Нитратредуктаза представляет собой гем- и молибденсодержащий флавопротеин, участвующий в переносе электрона от НАД•Н к нитрат-иону:



Этот фермент синтезируется в клетках в ответ на поступление нитратов; им особенно богаты молодые листья и кончики корней.

Химизм первого этапа восстановления нитратов:



Восстановление нитратов до нитритов происходит в цитозоле клеток корня и листа. Не исключается возможность локализации нитратредуктазы на плазмалемме и на мембранах органелл, граничащих с растворимой фазой клетки. Но эти ассоциации удерживаются слабыми связями и легко разрушаются при выделении органелл.

Второй этап восстановления минерального азота осуществляется при участии нитритредуктазы и ферридоксина (в листьях) или НАДФ•Н (в корнях):



**Причины накопления нитратов в растениеводческой продукции**

Размеры потребления азота растениями зависят от биологических особенностей вида и сорта, гидротермического режима, вводно-физических и агрохимических свойств почвы, агротехники. В основных овощных и кормовых культурах в виде нитратов накапливается значительное количество азота, достигающее 38-43 кг/га (до 47 кг/га). Зачастую факторы, способствующие накоплению нитратов, воздействуют в комплексе.

Ключевым ферментом, определяющим ассимиляцию нитратов, является нитратредуктаза, активность которой в 5-20 раз ниже, чем нитритредуктазы. Поэтому нитриты, образующиеся на первом этапе редукции нитратов, не накапливаются, а быстро восстанавливаются до аммиака. Степень ассимиляции аммонийной формы азота зависит от многих факторов, благоприятного сочетания которых, как правило, не бывает. Для растений существует реальная опасность аммиачного отравления, приводящего к хлорозу листьев, подвяданию, угнетению роста и гибели. При усилении нитратного питания активность нитратредуктазы растет до определенного предела и часть нитратов остается невосстановленной, что предохраняет растения от накопления токсичных промежуточных продуктов ассимиляции.

Образование нитратов может быть также связано с окислением избыточного количества аммония в растении, что не только предотвращает нарушение обмена веществ, но и позволяет сохранить азот в минеральной форме для дальнейшего использования в процессах ассимиляции.

Видовые различия накопления нитратов часто обусловлены локализацией нитратов в отдельных органах растений, что, в свою очередь, связано с физиологической специализацией и морфологическими особенностями отдельных органов, типом и расположением листьев, размером листовых черешков и жилок, диаметром центрального цилиндра в корнеплодах. Нитраты практически отсутствуют в зерне злаков и сосредоточены, в этом случае, в листьях и стеблях. Зеленые культуры накапливают большое количество нитратов в стеблях и черешках листьев. Это вызвано тем, что стебли и черешки являются путями транспорта нитратов к другим органам растений.

Накопление нитратов меняется в зависимости от типа органа растения. В клубнях картофеля низкий уровень содержания нитратов обнаружен в мякоти клубня, тогда как в кожуре и сердцевине их содержание было больше по сравнению со средней частью в 1-1,3 раза.

Сердцевина, кончик и верхушка столовой свеклы отличаются от остальных частей корнеплода повышенным содержанием нитратов.

В белокочанной капусте наибольшая концентрация нитратов наблюдается в верхней части стебля. Верхние листья содержат в два раза больше нитратов больше, чем внутренние. Особенно велико содержание нитратов в черешках листьев.

В моркови высокое содержание нитратов наблюдается в верхушке и на конце корнеплода, а также в сердцевине, причем содержание нитратов уменьшается от кончика к верхушке.

Содержание нитратов в сочных плодах семейства Тыквенные уменьшается от плодоножки к верхушке. Семенные камеры отличаются более низким содержанием нитратов, чем мякоть и кора.

Одной из причин видовых и сортовых различий в накоплении нитратов является физиологическая спелость растения к моменту уборки. Количество нитратов особенно велико, когда период товарной зрелости наступает раньше физиологического созревания.

Причиной накопления нитратов в растениях служат также условия минерального питания, отличающиеся большим разнообразием. Здесь огромная роль принадлежит правильному выбору доз азотных удобрений.

В случае несбалансированного питания растений нитраты также накапливаются в различных органах и тканях, так как при этом нарушается нормальный ход ассимиляции азота. Недостаток фосфора косвенно способствует накоплению нитратов потому, что он стимулирует активность нитратредуктазы. Калий, участвуя в процессах углеводного обмена, влияет на синтез белков. В зависимости от доз, условий и содержания прочих элементов калий и фосфор могут стимулировать накапливание нитратов или наоборот подавлять.

Среди факторов внешней среды на содержание нитратов в растении сильное влияние оказывает влажность, свет, температура воздуха и почвы. Интенсивное увлажнение усиливает поглощение нитратов, что в сочетании с пониженными температурами ведет к накоплению нитратов. С другой стороны, высокий уровень нитратов в растении в засушливый период можно снизить поливами, так как они стимулируют рост и способствуют вымыванию нитратов из почвы.

Во многих странах мира в 1988 г. были разработаны предельно допустимые концентрации (ПДК) нитратов в сельскохозяйственной продукции.

|  |  |
| --- | --- |
| Культура | ПДК, мг/кг  сырой массы |
| Картофель | 250 |
| Томаты:  открытого грунта  закрытого грунта | 150  300 |
| Капуста белокочанная | 700 |
| Лук зеленый | 600 |
| Огурцы:  открытого грунта  закрытого грунта | 150  400 |
| Свекла столовая | 1400 |
| Лук репчатый | 80 |
| Морковь:  ранняя  поздняя | 400  250 |
| Петрушка на зелень | 2000 |
| Кресс-салат | 2000 |
| Арбузы | 60 |
| Дыни | 90 |
| Яблоки | 60 |

**Пути снижения накопления нитратов в растениеводческой продукции**

Для снижения содержания нитратов в сельскохозяйственной продукции применяют комплекс селекционно-генетических, агрохимических и технологических мероприятий.

Перспективным является поиск и выведение сортов, отличающихся высокой эффективностью использования азота почвы на формирование урожая с низким уровнем содержания нитратов, что позволит не только снизить дозы удобрений, но и предотвратить загрязнение окружающей среды. В тоже время внедрение в практику сортов с высоким потенциалом ассимиляции нитратов обеспечивает, как правило, повышение содержания белка в урожае. Поэтому актуальным остается изучение механизмов наследования признака низкого содержания нитратов или высокой скорости их ассимиляции.

В связи с тем, что ведущим фактором накопления нитратов в растении является избыточное азотное питание, рекомендуют использовать дозы удобрений, которые обеспечивают урожай растений на 5-10% ниже максимального. Уменьшить содержание нитратов можно путем применения медленнодействующих полимерных форм удобрений на основе мочевиноформальдегидных соединений и конденсированных фосфатов, карбамидоформальдегидных удобрений, а также с помощью покрытия гранул защитными пленками. Это снижает скорость растворения удобрений и обеспечивает пролонгированное равномерное снабжение азотом растений в течение весей вегетации. Эффективным средством являются ингибиторы нитрификации (дециандиамиддидин, сероуглерод), использование которых обеспечивает временную консервацию в почве аммонийного азота, что снижает потери азота удобрений и уменьшает накопление нитратов в урожае зеленых овощей и редиса.

В тоже время, эффективно решить проблему нитратов способно дробное и локальное применение азотных удобрений под овощные и кормовые культуры. Для получения овощной продукции с высоким урожаем и низким содержанием нитратов необходимы умеренное азотное питание растений в молодом возрасте, усиленное снабжение азотом в период интенсивного роста листьев и ограниченное обеспечение азотом при созревании кочанов и корнеплодов.

В снижении содержания нитратов может помочь выбор оптимальных сроков уборки урожая. В процессе вегетации картофеля количество нитратов в клубнях снижается. При поздних сроках уборки содержание нитратов в клубнях на 50-60% ниже, чем при ранних. Уборку листовых овощей следует производить вечером, так как в это время в них содержится на 30-40% меньше нитратов за счет их активного восстановления в светлый период.

Библиография

1. Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений /Н.Н. Третьяков, Е.И. Кошкин, Н.М. Макрушин и др.; под ред. Н.Н. Третьякова. – М.: Колос, 2000
2. Боговский П.А. Азотные удобрения и проблемы рака. – Л.: 1980
3. Полевой В.В. Физиология растений. – М.: Высшая школа, 1989
4. Зарубин Г.П., Дмитриев М.Т., Приходько Е.И., Мищихина В.А. Гигиеническая оценка нитратов в пищевых продуктах.- М.: Гигиена и санитария, 1990
5. Крохалева С.И. Нитраты в продуктах растениеводства Еврейской автономной области.- электронный журнал «Исследовано в России» (http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2004/061.pdf), 2004
6. Нитраты, нитриты и N-нитрозные соединения.- Женева: Всемирная организация здравоохранения. Совместное издание программы ООН по окружающей среде и Всемирной организации здравоохранения, 1981
7. Химическая энциклопедия. В 5 т.- М.: 1985
8. Большая Российская энциклопедия, 3 т.- М.:1992