

ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ НИТРАТОВ РЕДЬКОЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ГЕНОТИПА И ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ

О.В. ЕЛИСЕЕВА, А.Ф. ЕЛИСЕЕВ

(Кафедра неорганической и аналитической химии, кафедра овощеводства)

В работе представлены данные о содержании нитратов в различных сортах редьки, об их распределении в различных частях листа данной культуры, рассмотрено влияние разных видов и доз азотных удобрений на накопление нитратов в продуктовой части растений редьки, а также приведены данные о суточной динамике концентрации нитратов в ассимиляционном аппарате растений.

Ключевые слова: редька, нитраты, азотные удобрения.

В настоящее время известно, что научно-технический прогресс сопровождается глобальным воздействием на окружающую среду, которое в ряде случаев оказывается негативным. Интенсификация сельского хозяйства, широкое использование агрохимикатов, особенно в производстве овощей, породило проблему выращивания экологически безопасной овощной продукции. Одним из вопросов, обращающих на себя внимание учёных и производителей, является контроль над содержанием нитратов в овощах, так как основным источником поступления нитратов в организм человека на 70—90% являются именно овощи [3, 14]. Накопление нитратной формы азота — одна из особенностей растительного организма. Азот является необходимым элементом питания растений, поэтому наличие в них нитратов — нормальное явление. Однако нитраты, поступающие в организм человека и животных с растительной пищей, могут привести к серьёзным нарушениям здоровья, поэтому важно знать уровни накопления нитратов теми или иными культурами.

Методика

В 2002-2004 гг. нами изучалось накопление нитратов растениями листовой редьки. Объектами исследований являлись 4 сорта листовой редьки южнокорейской селекции (VR-Tv-28, VR-Hy-235, VR-Hy-265, VR-Tv-18) и для сравнения был включён сортобразец корнеплодной редьки ТСХА-Р (тетраплоид). По литературным данным, возделываемые формы листовой редьки относятся к *Raphanus sativus subsp. sinensis Sazon. et Stankev. convar. oleiferus* (L.) Sazon. et Stankev. — редька посевная китайская масличная [19].

Исследования проводили в лаборатории овощеводства и на кафедре неорганической и аналитической химии РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева. Опыты проводили в весенне-летне-осенние периоды (посев 15 мая и 8 августа). Почва дерново-подзолистая среднесуглинистая. Агрохимическая характеристика почвы: гумус — 2,4%; pH_{KCl} — 6,5; H_T — 0,8 мгэкв/100 г почвы; $N_{гид}$ — 79, PA — 268, K_2O — 190 мг/кг почвы; V — 94,2%. Делян-

ка 1 м². Схема выращивания 20x6 см. Густота стояния — 68 раст/м². В фазу 1-го листа проводили прореживание посевов до заданной густоты.

Закладку опытов, наблюдения, учёты и анализы проводили в соответствии с принятыми методиками [1, 5, 6, 11].

Накопление нитратов за вегетацию и в течение суток определяли с помощью ионоселективного нитратного электрода на приборе иономер Экотест-2000. Данные о суточной динамике обрабатывали методом простой скользящей средней ($\bar{a}_i = (A_{i-1} + A_i + A_{i+1}) : 3$).

Результаты исследований

Сортовые различия в накоплении нитратов. На накопление нитратов влияют многие факторы: биологические особенности растения, видовые и сортовые особенности возделываемых культур, особенности распределения нитратов по органам растения, освещённость, температура, влажность, минеральное питание и другие [2, 4, 13, 18].

Существенное влияние на содержание нитратов оказывают сортовые особенности с.-х. культур, которые закреплены генетически [8, 10, 13] (табл. 1).

В таблицах 1 и 2 представлены данные о содержании NO₃⁻ в продуктовой части растений листовой и корнеплодной форм редьки в разные годы исследований. В листьях растений сортов VR-TV-28 и VR-НУ-235 концентрация нитратов в 2002 и 2003 гг. оставалась на одном уровне. При этом содержание NO₃⁻ в листьях сорта VR-НУ-235 в 2 раза выше, чем в листьях сорта VR-TV-28. В корнеплодах редьки сорта ТСХА-Р так же, как и у двух предыдущих сортов листовой редьки, различия по содержанию нитратов несущественные.

У растений листовой редьки сортов VR-НУ-265 и VR-TV-18 в 2002 г.

Т а б л и ц а 1

Сортовые особенности накопления нитратов в продуктовой части растений редьки (2002 г.)

Показатель	Листовая редька (листья)				Корнеплодная редька (корнеплоды)	НСР _{0,05}
	VR-TV-28	VR-НУ-235	VR-НУ-265	VR-TV-18	ТСХА-Р	
Содержание NO ₃ ⁻ , мг/кг сырой массы ДУ, мг/кг сырой массы	1134	2248	1169	1031	1390	346
2000 (СанПиН 2.3.2.1078-01 от 14.11.01)						

Т а б л и ц а 2

Сортовые особенности накопления нитратов в продуктовой части растений редьки (2003 г.)

Показатель	Листовая редька (листья)				Корнеплодная редька (корнеплоды)	НСР _{0,05}
	VR-TV-28	VR-НУ-235	VR-НУ-265	VR-TV-18	ТСХА-Р	
Содержание NO ₃ ⁻ , мг/кг сырой массы ДУ, мг/кг сырой массы	1158	2336	1661	2518	1282	358
2000 (СанПиН 2.3.2.1078-01 от 14.11.01)						

в продуктовой части урожая нитратов накапливалось соответственно в 1,4 и 2,4 раза меньше, чем в 2003 г. По-видимому, это связано со значительными различиями в температуре окружающей среды в дни, предшествующие уборке растений. В 2002 г. температура воздуха была 22,6°C, а в 2003 г. — только 14°C. Низкая температура воздуха в предуборочный период способствовала повышенному накоплению нитратов у этих сортов. Продолжительность солнечного сияния в те же сроки в 2003 г. была в 2 раза меньше, чем в 2002 г., что также привело к увеличению содержания нитратов в листьях сортов VR-Ну-265 и VR-TV-18.

В среднем среди сортов редьки наибольшим содержанием нитратов в продуктовой части урожая отличался сорт VR-Ну-235 — 2292 мг/кг сырой массы, что в 1,3-2,0 раза больше по сравнению с другими сортами. На втором месте стоит сорт VR-TV-18, в котором содержание нитратов составило в среднем 1774 мг/кг. Наименьшая концентрация нитратов установлена у растений сорта VR-TV-28 — 1146 мг/кг.

Следует отметить, что у всех изучаемых сортов редьки, кроме VR-Ну-235, содержание нитратов как в листьях, так и в корнеплодах не превышало их допустимых уровней (ДУ) в овощах. Установлено, что у листовой редьки существуют сортовые различия в накоплении нитратов в целом, а также отмечены различия у сортов в накоплении нитратов в зависимости от температуры и освещённости.

Содержание нитратов в разных частях листа. Известно, что нитраты неравномерно распределяются по органам и тканям растений [3, 10, 15, 16]. В связи с этим в 2003 и 2004 гг. были проведены исследования по распределению NO_3^- в различных частях листа растений редьки сорта VR-TV-28. В листовых пластинках и черешках наименьшее содержание NO_3^-

отмечено в листовых пластинках (1290 мг/кг сырой массы). В черешках и центральных жилках концентрация NO_3^- составляла 2350 мг/кг сырой массы, что в 1,8 раза выше, чем в листовых пластинках.

Содержание нитратов в черешках и центральных жилках листьев листовой редьки возрастает от верхушки к основанию почти в 2 раза (рис. 1). Аналогичное распределение нитратов было в листовых пластинках: в нижней части их концентрация в 1,4 раза выше, чем в верхней.

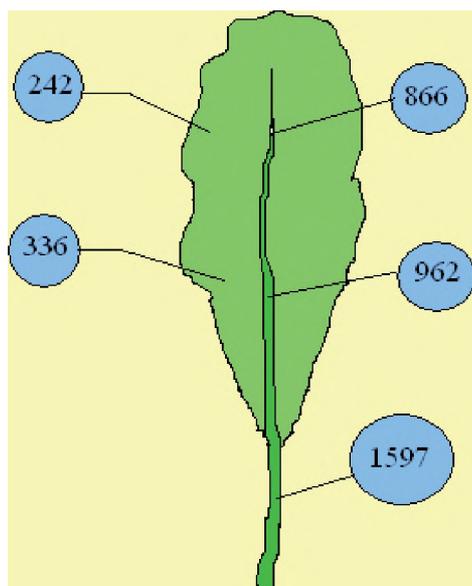


Рис. 1. Распределение нитратов в листе растений листовой редьки (сорт VR-TV-28)

Содержание нитратов на фоне азотных удобрений. Внесение азотных удобрений приводит к увеличению содержания нитратов в почве, что способствует повышению урожайности овощных культур. В то же время высокие нормы азотных удобрений обуславливают накопление ни-

тратов в урожае, в 1,5—2 раза превышающем ПДК [7, 9, 12].

В 2003-2004 гг. изучали влияние различных доз аммиачной селитры и мочевины, внесённых при посеве, на накопление нитратов растениями листовой редьки. Установлено, что на фоне аммиачной селитры содержание нитратов в растениях листовой редьки возрастало (табл. 3). В варианте с дозой 20 г/м² (0,5N) в 2003 г. концентрация нитратов в листьях была на 75% и в 1,4 раза больше, чем в других вариантах.

Т а б л и ц а 3

Содержание нитратов в продуктовой части растений листовой редьки (сорт VR-Tv-28) на фоне различных доз аммиачной селитры

Вариант	Доза, г/м ²	Содержание NO ₃ ⁻ , мг/кг сырой массы	
		2003 г.	2004 г.
Фон	0	832	896
0,5N	20	1455	1283
1N	40	1492	1559
2N	80	3304	3582
HCP _{0,05}		239	278

Увеличение дозы аммиачной селитры до 40 г/м² (1N) не привело к существенному возрастанию содержания нитратов в листьях как в 2003 г., так и в 2004 г. по сравнению с вариантом 0,5N. При возрастании дозы до 80 г/м² (2N) значительно увеличивалась концентрация нитратов в ассимиляционном аппарате растений редьки и была на 65 и 79% соответственно больше, чем допустимые уровни содержания нитратов в листовых овощах.

Использование мочевины (табл. 4) привело к существенному увеличению содержания NO₃⁻ в листьях редьки по сравнению с фоном во всех вариантах опыта. Причём результат применения карбамида был такой, что и при использовании аммиачной селитры. Возрастание содержания NO₃⁻ в

вегетативной массе редьки в вариантах 0,5N и 1N было существенным по сравнению с фоном и в 2003, и в 2004 г. При этом разница между данными вариантами в накоплении нитратов растениями была несущественной.

Т а б л и ц а 4

Содержание нитратов в продуктовой части растений листовой редьки (сорт VR-Tv-28) на фоне различных доз мочевины

Вариант	Доза, г/м ²	Содержание NO ₃ ⁻ , мг/кг сырой массы	
		2003 г.	2004 г.
Фон	0	832	896
0,5N	15	2755	2823
1N	30	2600	3015
2N	60	3297	3618
HCP _{0,05}		205	198

Внесение высоких доз мочевины (60 г/м²) привело к значительному увеличению концентрации нитратов в ассимиляционном аппарате растений листовой редьки (в 4 раза выше, чем на фоне).

Внесение аммиачной селитры и мочевины приводило к увеличению содержания NO₃⁻ в листьях во всех вариантах опыта по сравнению с фоном (рис. 2).

Причем в вариантах 0,5N и 1N различия в накоплении нитратов были несущественные, но прослеживалась тенденция к увеличению содержания NO₃⁻ в продукции при повышении вносимой дозы. В этих же вариантах опыта наблюдалось различие в содержании нитратов при использовании разных видов азотных удобрений. Применение мочевины приводило к большему накоплению NO₃⁻, чем внесение аммиачной селитры. Так, в варианте 0,5N превышение по содержанию NO₃⁻ составило 49%, а в варианте 1N — 54%.

Мочевина неядовита для растений и хорошо усваивается ими в ходе ме-

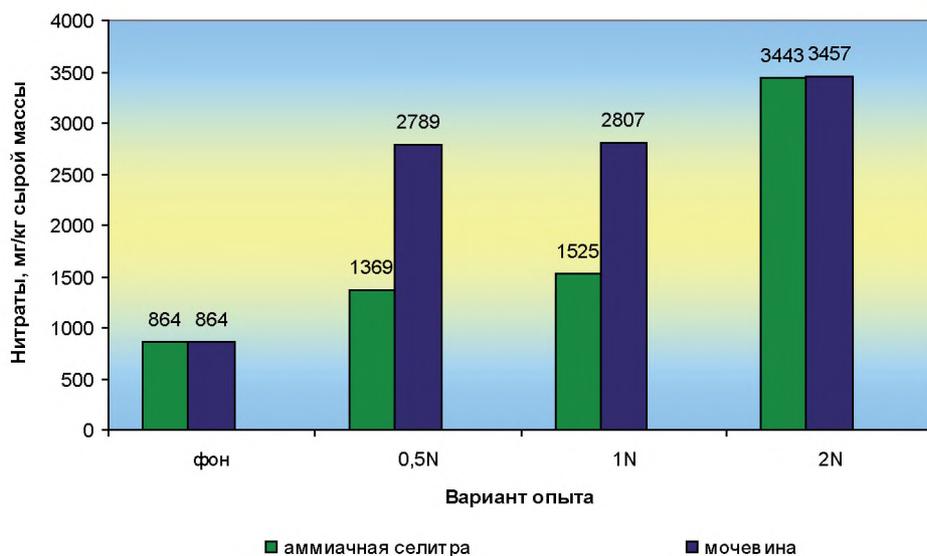


Рис. 2. Влияние различных видов и доз азотных удобрений на накопление нитратов в растениях листовой редьки (сорт VR-Tv-28)

таболизма. Под действием фермента уреазы она расщепляется до NH_3 , избыток которого в растении может привести к аммиачному отравлению. Для предотвращения нарушения обмена веществ в растительном организме происходит окисление избыточного количества аммония, которое приводит к образованию нитратов [17], что, вполне возможно, и способствовало большему накоплению нитратов при применении мочевины в наших опытах. Однако при высоких дозах аммиачной селитры и мочевины (2N) содержание нитратов в растениях редьки было на одном уровне (3443 и 3457 мг/кг сырой массы соответственно).

Следует отметить, что внесение аммиачной селитры в вариантах 0,5N и 1N способствовало накоплению нитратов растениями в пределах ДУ. Однако при применении мочевины концентрация NO_3^- в листьях была выше допустимых уровней нитратов в листовых овощах во всех вариантах опыта. В варианте 2N отмечено значительное накопление нитратов ас-

симиляционным аппаратом растений листовой редьки, превышающее ПДК в 1,7 раза.

Суточная динамика нитратов. Установлено, что накопление нитратов растениями связано, в том числе, с активностью фермента нитратредуктазы, с участием которой происходит восстановление NO_3^- -ионов. Активность данного фермента непостоянна и зависит от ряда факторов внешней среды (освещённость, температура воздуха и др.), которые меняются в течение дня [13, 16, 17]. Следовательно, содержание нитратов в растениях будет колебаться в зависимости от времени суток.

В 2003 г. проводили изучение суточной динамики концентрации нитратов в ассимиляционном аппарате растений листовой редьки (рис. 3).

Установлено, что наибольшее содержание NO_3^- в листьях редьки отмечалось рано утром (455 мг/кг сырой массы). В дневные часы при увеличении освещённости до 28000 лк и температуры воздуха до $27,4^\circ\text{C}$ наблюдалось постепен-

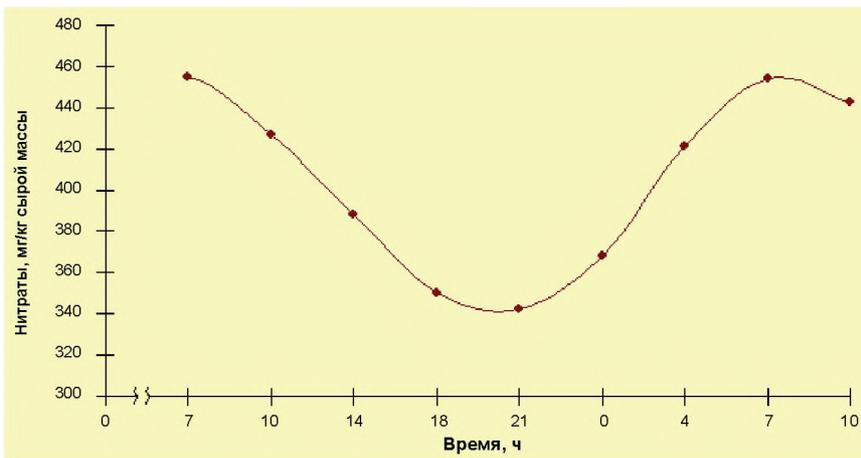


Рис. 3. Суточная динамика содержания нитратов в ассимиляционном аппарате растений листовой редьки (сорт VR-НУ-235)

ное снижение их уровня, а к 14⁰⁰ ч их концентрация составила 388 мг/кг сырой массы. В дальнейшем продолжалось её уменьшение вплоть до 21⁰⁰ ч. В это время отмечалось наименьшее содержание нитратов 342 мг/кг или в 1,3 раза меньше по сравнению с утром.

В поздние вечерние и ночные часы концентрация NO_3^- в редьке вновь возрастала и к 7^м ч утра следующего дня достигла значения 454 мг/кг сырой массы. К 10⁰⁰ ч утра этот показатель снижился и составил 443 мг/кг листьев.

В целом суточные колебания содержания нитратов в листовой редьке между максимальным (7 ч) и минимальным (21 ч) значением их концентрации составили почти 25%.

Выводы

1. В продуктовой части листовой редьки накапливалось значительное количество нитратов 1150-2290 мг/кг сырой массы (ДУ 2000 мг/кг). Наименьшие средние значения по данному показателю зафиксированы у сорта редьки VR-Тв-28 — 1150 мг/кг сырой массы.

2. Выявлены различия по содержанию нитратов в разных частях листа (концентрация нитратов возрастала от верхней части листа к его основанию в 1,8 раза) и суточные колебания содержания нитратов в ассимиляционном аппарате растений листовой редьки. При этом минимум отмечен в вечерние часы, максимум — в ночные и ранние утренние часы*.

3. Внесение аммиачной селитры и мочевины приводило к увеличению содержания нитратов в листовой редьке. Высокие дозы аммиачной селитры (80 г/м²) и мочевина в дозах 15-60 г/м² обуславливали накопление нитратов в растениях листовой редьки выше допустимых уровней.

Библиографический список

1. *Белик В.Ф.* Методика опытного дела в овощеводстве и бахчеводстве. М.: Агропромиздат, 1992.

* С учетом этих данных уборку экологически безопасной продукции следует проводить в вечернее время.

2. Вендило Г.Г., Чередниченко И.Н. Влияние удобрений на урожайность овощных культур, качество и лёжкость овощей // Удобрение и качество овощных культур (Тезисы докл.). Вильнюс, 1990. С. 13-15.

3. Воронина Л.П. Нитраты в овощной продукции // Картофель и овощи, 1997. № 5. С. 28-29.

4. Глуцков Н.М., Дмитриева Л.В., Макарова С.Л. Агрохимические аспекты накопления нитратов в тепличных овощах // Удобрение и качество овощных культур (Тезисы докл.). Вильнюс, 1990. С. 15-17.

5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985.

6. Ермаков А.И., Арасимович В.В., Ярош Н.П. и др. Методы биохимического исследования растений. 3-е изд., перераб. и доп. Л.: Агропромиздат, Л. отд-ние, 1987.

7. Карова И.А., Шваев М.А. Накопление нитратов в растениях кукурузы в зависимости от уровня минерального питания // Междунар. сельскохоз. жур., 2004. № 2. С. 58-59.

8. Круг Г. Овощеводство / Пер. с нем. В.И. Леунова. М.: Колос, 2000.

9. Лесовая Г.М., Кныр Л.Л., Столяров А.И. Оптимизация содержания нитратов в растениеводческой продукции // Агро XXI, 2001. № 12. С. 21-23.

10. Лихоманова Л.М., Трубина Н.К. Факторы, влияющие на накопление нитратов в овощах // Вестник ОмГАУ, 1998. № 4. С. 71-72.

11. Моисейченко В.Ф., Заверюха А.Х., Трифонова М.Ф. Основы научных исследований в плодоводстве, овощеводстве и виноградарстве. М.: Колос, 1994.

12. Пешкова А.А., Дорофеев Н.В., Бояркин Е.В. Влияние уровня азотного питания на активность нитратредуктазы и накопление нитратов в органах растений редьки масличной // Агрехимия, 2005. № 7. С. 19-24.

13. Пругар Я., Пругарова А. Избыточный азот в овощах / Пер. со словацк. И.Ф. Бугаенко. М.: Агропромиздат, 1991.

14. Скорина В.В., Козлов Н.А., Латушкина А.А. Влияние сотовых особенностей на содержание нитратов и тяжёлых металлов в луке репчатом // Сост. и перспектива развития плодоводства и овощеводства в современных условиях // Сб. науч. тр. Горки, 1998. С. 106-110.

15. Соколов О.А., Бубнова Т.В. Атлас распределения нитратов в растениях. Пушкине, 1989.

16. Соколов О.А., Семёнов В.М., Агаев В.А. Нитраты в окружающей среде. Пушкино, 1990. С. 87-284.

17. Третьяков Н.Н. Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений. М.: Колос, 2000.

18. Хвощева Б.Г. Накопление нитратов в продукции растениеводства и водоисточниках (обзорная информ.). М.: Колос, 1979. С. 3-15.

19. Шебалина М.А., Сазонова Л.В. Культурная флора СССР. Т. XVIII. Корнеплодные растения. Л.: Агропромиздат, Л. отд-ние, 1985.

Рецензент — д. б. н. И.Г. Тараканов

SUMMARY

Data on nitrate content in various (Raphanus) radish varieties, its distribution in parts of leaves have been presented in the article. The influence of both various kinds and doses of nitrogenous fertilizers upon nitrate accumulation in edible radish part has been studied. Data on daily nitrate concentration dynamics in plant assimilation processes are also provided in this article.

Key words: radish (Raphanus), nitrates, nitrogen fertilizers.

Елисеева Ольга Владимировна — к. б. н, РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева. Тел. 976-16-28. Эл. почта: elysoltc@rambler.ru

Елисеев Александр Фёдорович — к. с.-х. н, РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева. Тел. 977-56-17.