

УДК 581.5(477.87):631.842

Моніторинг вмісту нітратів в овочевих культурах Ужгородського району

І.І. Михайло, М.В. Кривцова, В.І. Ніколайчук

Ужгородський національний університет, Ужгород, Україна

Досліджено вміст нітратів в овочевих культурах Ужгородського району Закарпатської області України. На базі хіміко-токсикологічного відділу Обласної державної лабораторії ветеринарної медицини в Закарпатській області вивчено продукцію ранньовесняного (лютий – травень) та літнього (червень – вересень) періодів. Овочеві культури перевіряли на вміст нітратів за допомогою іонно-селективного методу, використовуючи іонмір лабораторний AI-123. Установлено тенденцію до збільшення виробництва рослинницької продукції з високим вмістом нітратів, вищим за ГДК. Результати дослідження свідчать про перевищення гранично допустимих концентрацій нітратів у 9 видах овочевих культур із 11 відібраних для дослідження, що становило 82% загальної кількості продукції. Найсуттєвіші перевищення (у 2 і більше разів) реєстрували в огірках звичайних ранньовесняного періоду (56% загальної кількості вимірювань), помідорах звичайних ранньовесняного (20%) та літнього періодів (4%) та редьці посівній ранньовесняного періоду (8%).

Ключові слова: моніторинг нітратів; овочеві культури; гранично допустима концентрація

Monitoring of nitrate content of vegetable crops in Uzhgorod district

I.I. Mykaylo, M.V. Kryvtsova, V.I. Nikolaichuk

Uzhgorod National University, Uzhgorod, Ukraine

The aim of our research was to conduct a monitoring study of nitrate content in plant products of Uzhgorod district and to accomplish comparative analysis of the survey results in different periods of crop ripening. Selection of vegetable samples was carried out in Uzhgorod district in the early spring and summer periods. Determination of the nitrate content was performed using an ion-selective method at the Chemical and Toxicological Department of the Regional State Veterinary Medicine Laboratory in the Transcarpathian region of Ukraine. Vegetables were tested for nitrate content using the ion-selective method with the laboratory ion meter AI-123. Core investigation samples were crushed and homogenized. A 10.0 g weight of the investigated product, which was prepared according to MIR № 5048-89, was placed in a flat-bottomed or a conical flask, which was then filled with 50 cm³ potassium alumens solution and shaken in a shaking-machine for 5 minutes and then transferred into a measuring glass. The nitrate weight fraction in milligrams per kilogram was obtained together with the weight concentration value of nitrate ions in solution. For our study we selected vegetables grown in both public and private gardens of Uzhgorod district, namely: common onions, radishes, garden parsley, cucumbers, tomatoes, bell peppers, white cabbages, carrots and table beets. 25 samples were selected for each type of vegetable. Nitrate content was determined in the early spring growing period (from February 9 to May 27, 2011) and in the summer growing period (from June 3 to September 28, 2011), because in these particular periods we recorded the most frequent cases of food poisoning from nitrates among the population of the region. A clear trend has been traced towards increasing the nitrate content in food plant production, at levels which exceed the maximum permissible concentration (MPC). The results of our research demonstrate that the nitrate content exceeded the maximum permissible concentration in 9 kinds of vegetables out of the 11 selected for the investigation, which composes 82% of total production. In particular, among the selected vegetables an excess of nitrate content, above MPC was recorded in 100% of cucumbers, 92% of carrots, 40% samples of green onions, 40% of radishes, 40% of tomatoes, 28% bell peppers, and 16% of early white cabbages. However, the most significant nitrate excess, which was more than double the MPC, was observed in 56% of cucumbers, 20% of tomatoes, 8% of radishes in the early spring period and 4% of tomatoes in the summer period. Consequently, it has been established that the consumption of early vegetable production contributes to the ingestion by humans of significant amounts of nitrates. The application of an agrochemical system based upon sound measurement of the nitrate content would allow

us to solve the task of increasing soil fertility and to form a deficit-free and positive balance of biogenic elements and humus in the "soil – plant – fertilizer" system and develop a system of crop production which is balanced in its chemical composition and nutritional value. To sum up, detailed determination of the factors that lead to the accumulation of nitrates in vegetable crops and the development of methods to reduce nitrate concentrations in crop production require further investigation.

Keywords: nitrates; nitrates monitoring; vegetables; maximum permissible concentration

Вступ

Останні десятиліття характеризуються інтенсифікацією впливу ксенобіотиків (у тому числі нітратів) на всі ланки трофічних ланцюгів (Nikolaichuk, 2008). Водночас упровадження промислових технологій вирощування сільськогосподарських культур неможливе без застосування мінеральних добрив, яке забезпечує одержання високих урожаїв (Brito et al., 1999; Silgram and Shepherd, 1999). Серед антропогенних джерел надходження нітрогену до ґрунту слід відзначити азотні добрива, викиди промислових підприємств, транспорту тощо (Gabovich and Priputina, 1987). Потрапляючи у ґрунт, воду та атмосферне повітря, полютанти здійснюють міграцію та акумуляцію у трофічних ланцюгах (Brown, 1996; Firdevs et al., 2010; Erisman et al., 2013), беруть участь у міграційних і транслокаційних процесах у ґрунті, поверхневих і ґрунтових водах (Mudrij and Lep'oshkin, 2005; Cardenas et al., 2011). У зв'язку з інтенсифікацією надходження нітратів у ґрунт прослідковується чітка тенденція до збільшення виробництва рослинницької продукції (особливо овочевої) з умістом нітратів, що перевищує гранично допустиму норму (Kennedy, 2003; Rahmani, 2006; Susin et al., 2006; Gholami et al., 2012). Згідно з даними МОЗ України, вміст нітратів у 10% рослинної продукції постійно перевищує гранично допустимі концентрації (ГДК), тому їх вміст в овочевій продукції нормується (Prugar and Prugarova, 1990; Ciganenko, 2004). У цілому в Україні понад 30% сільськогосподарської продукції має вміст нітратів, що перевищує допустимий рівень.

Зростання продукції з умістом нітратів, вищим за ГДК, являє небезпечну загрозу у зв'язку зі збільшенням нітрат-нітритного навантаження на організм людини. Надходження нітратів до організму у високих дозах може викликати різноманітні порушення метаболізму: метгемоглобінемію, тканинну гіпоксію, зниження імунної резистентності організму (Sylvester-Bradley and Chambers, 1999; Romyanceva, 2001). Ще одна властивість нітритів – їх здатність утворювати з аліфатичними амінами нітрозаміни, що викликають канцерогенну дію та у подальшому зумовлюють ембріотоксичну та мутагенну дію (Luzhkov, 1990; Pikul', 2003; Ziarati and Bidgoli, 2012). Мішень дії великих доз нітратів – ядра гепатоцитів і нуклеїновий обмін (VanLoon and Duffy, 2005; Degodyuk, 2007).

У рослинних продуктах установлюється максимально допустимий рівень залишкових кількостей нітратів і нітритів – гранично допустима концентрація (ГДК), при дотриманні якої не спостерігається несприятливого впливу на здоров'я, самопочуття, працездатність і гігієнічні умови життя. Для уникнення токсичних ефектів нітратів і зменшення синтезу нітрозамінів затверджено гранично допустимий вміст нітратів у сільськогосподарській продукції (Mihals'ka and Gavrilenko, 2011). У зв'язку з вищевикладеним, нормування та моніторинг

вмісту нітратів у продуктах харчування, у тому числі в овочевій продукції, має велике практичне значення.

Мета роботи – оцінити вміст нітратів у продукції рослинного походження Ужгородського району, порівняти результати для різних періодів дозрівання сільськогосподарських культур.

Матеріал і методи досліджень

Проби овочевої продукції відбирали в Ужгородському районі у ранньовесняний та літній періоди. Визначення вмісту нітратів проводили іонно-селективним методом на базі хіміко-токсикологічного відділу Обласної державної лабораторії ветеринарної медицини в Закарпатській області. Овочеву продукцію перевіряли на вміст нітратів за допомогою іонно-селективного методу, використовуючи іономір лабораторний AI-123. Середні проби дослідних зразків подрібнювали та гомогенізували. Наважку 10,0 г досліджуваного продукту, підготовленого згідно з МВ 5048-89, поміщали у плоскодонну колбу, доливали 50 см³ розчину алюмокалієвих галунів, струшували на шутель-апараті протягом 5 хв, переносили у склянку для вимірювання. Масову частку нітратів (мг/кг) отримують із значенням масової концентрації нітрат-іонів у розчині (Mihals'ka and Gavrilenko, 2011).

Для досліджень відбирали овочеву продукцію, вирощену в державних і приватних господарствах Ужгородського району: цибулю ріпчасту, редьку посівну, петрушку городню, огірки звичайні, помідори звичайні, перець овочевий, моркву посівну та буряк столовий (25 зразків для кожної овочевої культури). Вміст нітратів визначали у продукції ранньовесняного (лютий – травень) та літнього (червень – вересень 2011 року) періодів. Саме в літній період фіксували найчастіші випадки харчового отруєння нітратами серед населення.

Результати та їх обговорення

Результати лабораторного контролю свідчили про перевищення ГДК нітратів у значній кількості овочевих культур. Серед 11 видів овочевих культур у 9 реєстрували перевищення ГДК (82% загальної кількості культур). Серед відібраних овочів перевищення ГДК нітратів реєстрували у 100% огірків звичайних, 92% моркви посівної, 40% зразків листя цибулі ріпчастої, 40% редьки посівної, 40% помідорів звичайних, 28% перцю овочевого, 16% капусти білокачанної ранньовесняного періоду. Особливо суттєве перевищення ГДК нітратів (у 2 і більше разів) спостерігали у 56% огірків звичайних, 20% помідорів звичайних, 8% редьки посівної ранньовесняного періоду та 4% помідорів звичайних літнього періоду. ГДК для огірків звичайних ранньовесняного та літнього періодів становить 150 мг/кг, така сама норма і для помідорів звичайних аналогічних се-

зонних періодів. Реєстрована в цей період максимальна концентрація нітратів в огірках звичайних становила 838 мг/кг (в 5,5 раза вище норми), у зразків літнього періоду – до 215 мг/кг (в 1,4 раза вища за ГДК).

Значний відсоток перевищення ГДК фіксували для помідорів звичайних літнього періоду – 621 мг/кг (учетверо вище за ГДК) та ранньовесняного періоду – 408 мг/кг (майже утричі вище за ГДК). У цибулі ріпчастої літнього періоду реєстрували максимальну концентрацію нітратів 247 мг/кг (3 ГДК). Досліджуючи зразки пер цибулі ріпчастої фіксували майже у півтора раза вищі показники вмісту нітратів. ГДК нітратів для редьки посівної становить 1200 мг/кг, а реєстрована концен-

трація (2 820,4 мг/кг) у 2,3 раза перевищувала ГДК. Аналізуючи зразки перцю овочевого, фіксували перевищення майже вдвічі. Високі перевищення ГДК нітратів реєстрували у зразках моркви посівної літнього періоду (1,6 ГДК). Варто відзначити перевищення вмісту нітратів серед зразків капусти білокачанної ранньовесняного періоду (на 40 мг/кг вище ГДК). Найнижчий відсоток перевищення ГДК нітратів реєстрували серед буряка столового (4%), цибулі ріпчастої (4%), помідорів звичайних (зібраних у липні – серпні – 8%). Узагалі не реєстрували перевищення ГДК нітратів серед зразків картоплі, петрушки городньої та капусти білокачанної літнього періоду (табл.).

Таблиця

Аналіз вмісту нітратів в овочевій продукції Ужгородського району в ранньовесняний та літній періоди

Овочева культура	Періоди вирощення овочевих культур	M ± m	Min – Max концентрація, мг/кг	ГДК, мг/кг
Морква посівна	ранньовесняний період	140,6 ± 1,8	44,0–250,0	250
	літній період	303,6 ± 1,1	54,4–398,0	
Буряк столовий	ранньовесняний період	1264,3 ± 5,4	87,7–1408,0	1400
	літній період	1083,4 ± 6,3	108–1406,0	
Цибуля ріпчаста	ранньовесняний період	63,4 ± 1,9	41,3–81,0	80
	літній період	70,4 ± 1,8	36,5–247,0	
Цибуля ріпчаста – перо	ранньовесняний період	494,7 ± 3,2	110,0–838,0	600
Бульбоплоди картоплі	ранньовесняний період	164,3 ± 3,7	76,9–232,0	250
	літній період	185,4 ± 2,4	70,1–248,0	
Петрушка городня	ранньовесняний період	984,3 ± 2,5	196,0–1792,0	2000
Капуста білокачанна	ранньовесняний період	735,7 ± 3,1	156,0–940,0	900
	літній період	558,8 ± 3,5	51,7–858,0	
Редька посівна	ранньовесняний період	1316,3 ± 3,3	146,0–2820,4	1200
Огірок звичайний	ранньовесняний період	360,3 ± 3,8	183,0–838,0	150
	літній період	128,2 ± 3,3	43,0–215,0	
Помідор звичайний	ранньовесняний період	165,2 ± 1,6	50,5–408,0	150
	літній період	128,9 ± 2,6	24,0–621,0	
Перець овочевий	ранньовесняний період	185,4 ± 1,3	87,7–374,0	200

Примітка: * n = 25 зразків кожної культури.

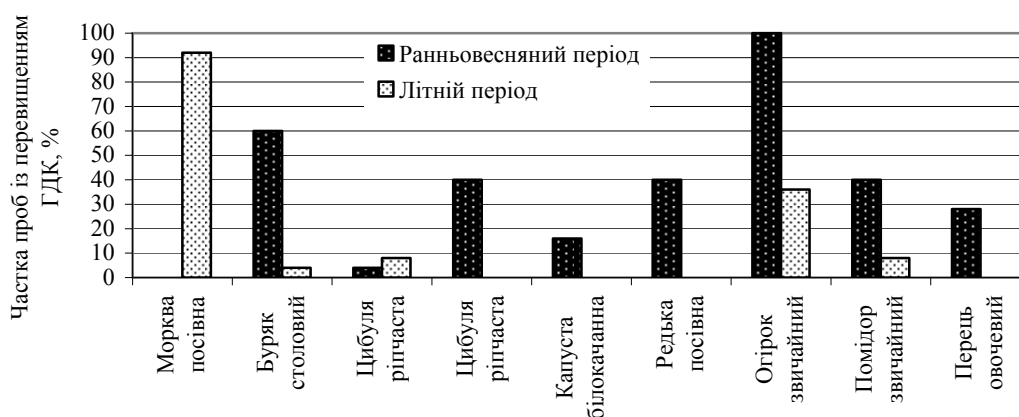


Рис. Частка зразків (%) овочевої продукції, що перевищують гранично допустимі концентрації нітратів: у зразках моркви посівної, картоплі, петрушки городньої ранньовесняних періодів і цибулі ріпчастої, картоплі, петрушки городньої, капусти білокачанної, редьки посівної, перцю овочевого літніх періодів перевищення ГДК нітратів не реєстрували

Аналогічна тенденція до збільшення продукції з підвищеним вмістом нітратів, згідно з даними літератури, реєструється в інших регіонах України та за кордоном (Romanchik et al., 2009; Du et al., 2011). Отримані результати дослідження виявлених перевищень гранично допустимих концентрацій нітратів в овочевій продукції підтверджуються працями інших

дослідників (Guardian et al., 2005; Grishina and Panasenko, 2009; Ziarati and Bidgoli, 2012). Нами показано, що найнебезпечнішою для споживання виявилась продукція ранньовесняного періоду. Така тенденція може бути пов'язана з вирощуванням овочевих культур у закритому ґрунті та їх раннім їх збиранням (див. рис.). На сьогодні відомо, що вміст нітратів у рослинах являє собою

динамічну рівновагу між темпами поглинання, асиміляції та транслокації (Maynard et al., 1976) та корелює з численними екологічними чинниками. При цьому рівень асиміляції нітратів залежить не тільки від дози внесеного добрива, а і від сортових ознак рослин, рівня родючості ґрунтів, температури, вологості ґрунту та повітря, інтенсивності та тривалості освітлення, технології вирощування. Згідно з даними літератури (Cantliffe, 1973), ключовими факторами, що впливають на вміст нітратів в овочах, є саме рівень, строки внесення азотних добрив та інтенсивність освітлення. У зв'язку з цим все більшої актуальності набувають дослідження, спрямовані на оптимізацію вмісту нітратів в овочевій продукції з урахуванням кліматично-ґрунтових умов, рівня родючості ґрунту, сортових властивостей культури, агротехнічних умов. При цьому найважливішим резервом подолання дефіциту нітрогену у землеробстві є розширення застосування бактеріальних добрив – препаратів, основою яких є азотфіксувальні бактерії (Chambers et al., 1999; Kumar et al., 2010).

Висновки

Проведені дослідження показали перевищення гранично допустимих концентрацій нітратів у більшості овочевих культур, відібраних для аналізу: у 9 з 11 відібраних для дослідження видів реєстрували підвищений вміст нітратів. Особливо небезпечними для вживання виявилися овочеві культури, в яких фіксували найвищі перевищення ГДК нітратів: в огірках звичайних (56%), помідорах звичайних ранньовесняного періоду (20%) та літнього періоду (4%), а також редьці посівній (8%) ранньовесняного періоду. Дана тенденція свідчить про необхідність жорсткого державного регулювання та контролю внесення азотних добрив на сільськогосподарських угіддях, розробки раціональних засад контролю поллютантів, дослідження міграції нітратів у трофічних ланцюгах. Отримані результати вказують на актуальність та необхідність розробки оптимальних норм і строків внесення мінеральних добрив у кліматично-ґрунтових умовах Закарпаття, що дозволить при одночасному рості врожайності забезпечити підвищення якості овочевій продукції з умістом нітратів, який не перевищує ГДК.

Бібліографічні посилання

Brito, J.M.C., Ferreira, D., Guerrero, C.A.C., Machado, A.V., Beltrão, J., 1999. Soil pollution by nitrates using sewage sludge and mineral fertilizers. *Dev. Plant Soil Sci.* 6(86), 223–227.

Brown, J.R., 1996. Soil fertilization and nitrate accumulation in vegetables. *Agron. J.* 58, 209–212.

Cantliffe, D.J., 1973. Nitrate accumulation in table beets and spinach as affected by nitrogen, phosphorous and potassium nutrition and light intensity. *Agron. J.* 65, 563–565.

Cardenas, L.M., Cuttle, S.P., Crabtree, B., Hopkins, A., Shepherd, A., Scholefield, D., del Prado, A., 2011. Cost effectiveness of nitrate leaching mitigation measures for grassland livestock systems at locations in England and Wales. *Sci. Total Environ.* 409, 1104–1115.

Chambers, B.J., Lord, E.I., Nicholson, F.A., Smith, K.A., 1999. Predicting nitrogen availability and losses following application of organic manure to arable land. *Soil Use Manage.* 15, 137–143.

Ciganenko, O.I., 2004. Nitrates in food products [Nitrati v harchovih produktah]. *Zdorov'ya, Kyiv* (in Ukrainian).

Degodyuk, E.G., 2007. Viroshchuvannya ekologichno chystoji produkciji roslinnictva [Ecologically clean crop production growing]. *Urozhaj, Kyiv* (in Ukrainian).

Du, L., Zhao, T., Zhang, C., An, Z., Wu, Q., Liu, B., Li, P., Ma, M., 2011. Investigations on nitrate pollution of soil, groundwater and vegetable from three typical farmlands in Beijing region, China. *Agric. Sci. China* 10(3), 423–430.

Erismann, J.W., Galloway, J.N., Seitzinger, S., Bleeker, A., Dise, N.B., Petrescu, A.M., Leach, A.M., de Vries, W., 2013. Consequences of human modification of the global nitrogen cycle. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.* 368, 1621.

Firdevs, M., Sahindokuyucu, F., Erdogan, N., 2010. Nitrate and nitrite contents of some vegetables consumed in south province of Turkey. *Agric. J.* 5(3), 142–145.

Gabovich, R.D., Pripulina, L.S., 1987. Gigienicheskie osnovy ohrany produktov pitaniya ot vrednyh himicheskikh veschestv [Food protection hygienic basics from harmful chemicals]. *Zdorov'e, Kyiv* (in Russian).

Gholami, A., Forouzmand, P., Afrous, A., Panahpour, E., 2012. Studying the condition of nitrate pollution in lettuce product. *Int. J. Agri. Crop. Sci.* 4 (17), 1276–1280.

Grishina, I.O., Panasenko, T.V., 2009. Viznachennya vmistu nitrativ v ovochah [Nitrate determination in vegetables]. *Pitannya Bioindikacii ta Ekologii* 14(2), 236–241 (in Ukrainian).

Guadagnin, S.G., Rath, S., Reyes, F.G., 2005. Evaluation of the nitrate content in leaf vegetables produced through different agricultural systems. *Food Addit. Contam.* 22(12), 1203–1208.

Kennedy, D., 2003. Leafy vegetables and nitrates in nitrate and nitrite in food and water. *Harwood Publishers, London*.

Kumar, V., Chandra, A., Singh, G., 2010. Efficacy of fly-ash based bio-fertilizers vs perfected chemical fertilizers in wheat (*Triticum aestivum*). *Int. J. Eng. Sci. Technol.* 2(7), 31–35.

Luzhkov, A.D., 1990. Skorost' vosstanovleniya nitratov do nitritov v syroj masse nekotoryh rastenij [Nitrate recovery rate to nitrite in the fresh weight of some plants]. *Gigiena i Sanitariya* 1, 29–30 (in Russian).

Maynard, D.N., Baker, A.V., Minotti, P.L., Peck, N.H., 1976. Nitrate accumulation in vegetables. *Adv. Agron.* 28, 71–118.

Mihals'ka, O.M., Gavrilenko, O.S., 2011. Vpliv sistem udobrennya na vmistu nitrativ v ovochevih kul'turah [Fertilization systems effect on nitrate content in vegetable crops]. *Naukovi Dopovidi NUBiP* 7(29), 11–17.

Mudrij, I.V., Lep'oshkin, I.V., 2005. Deyaki aspekty problemy viroshchuvannya yakisnoji roslinnoji produkciji pri zastosuvanni mineral'nih dobriv ta metodichni pidhodi schodo toksikologo-gigijenichnoji jih ocinky [Some aspects of high quality plant production growing problem with the mineral fertilizers application and methodological approaches to their toxicological-hygienic evaluation]. *Problemy Harchuvannya* 4, 44–47 (in Ukrainian).

Nikolaichuk, V.I., 2008. Ecological problems in the Carpathian mountains and possible ways to overcome them. *Acta Agron. Hung.* 56(2), 235–246.

Pikul', K.V., 2003. Anomaliji rozvitku u ditej z nitratnozabrudnenoji teritoriji [Childrens abnormal development in nitrate-polluted area]. *Dovkillya ta Zdorov'ya* 2, 18–20 (in Ukrainian).

Prugar, Y., Prugarova, A., 1990. Izbytochnyj azot v ovoschah [Nitrates excess in vegetables]. *Moscow* (in Russian).

- Rahmani, H.R., 2006. Investigation of nitrate pollution in the soil, water and plants in some agricultural fields in Baraan (Esfehan Prevalence). *Env. Sci.* 11, 23–34 (in Persian).
- Romanchik, L.D., Annamammedova, O.O., Annamammedova, A.O., 2009. Osoblivosti nakopichennya nitrativ ovochevimi kul'turami v osobistih pidsobnih gospodarstvah gromadyan v pivnichnih rajonah Zhitomirshini [Nitrate accumulation features in vegetable crops of citizens private farms in the northern parts of Zhytomyr]. *Visnik Nacional'nogo Universitetu Vodnogo Gospodarstva ta Prirodokoristuvannya* 4(48), 87–94 (in Ukrainian).
- Rumyancheva, G.I., 2001. Hygiene [Gigiena]. *Geotar Medicina*, Moscow (in Russian).
- Silgram, M., Shepherd, M., 1999. The effects of cultivation on soil nitrogen mineralization. *Adv. Agron.* 65, 267–311.
- Susin, J., Kmecl, V., Gregoric, A., 2006. A survey of nitrite content of fruit and vegetables grown in Slovenia during 1996–2002. *Food Add. & Contem.* 23(4), 385–390.
- Sylvester-Bradley, R., Chambers, B.J., 1992. The implications of restricting use of fertiliser nitrogen for the productivity of arable crops, their profitability and potential pollution by nitrate. *Aspect Appl. Biol.* 30, 85–94.
- VanLoon, G.W., Duffy, S.J., 2005. *Environmental chemistry – A global perspective*. Oxford University Press.
- Ziarati, P., Bidgoli, S.A., 2012. Evaluation of the nitrate content in leafy vegetables of southern parts of Tehran: A four seasonal study. *Scientific reports*. OMICS Publishing Group.

Надійшла до редколегії 14.09.2013