

Торенето като фактор определящ акумулирането на нитрати в продукцията от картофи (*Solanum tuberosum* L.)

Иванка Митова*, Теодора Томова

ИПАЗР „Н. Пушкарров“ – София, България
E-mail*: smolyanovci@abv.bg

Резюме

Представеният обзорен материал разглежда актуални въпроси свързани с факторите обуславящи акумулирането на нитрати в хранителни продукти и по конкретно в зеленчуците. Цитирана е информация за съществуващата нормативна уредба в ЕС и други страни (САЩ и Китай) по отношение допустимите съдържания на нитрати в различни селскостопански култури и продукти. Дискутирана е ролята на азотното торене като основен фактор за натрупването на нитрати в продукцията от картофи. Извършеният химичен анализ на картофени клубени за съдържание на нитрати в произволно подбрани проби от производители в цялата страна показват стойности до 276,5 mg NO₃⁻ kg⁻¹ свежа маса.

Ключови думи: абиотични фактори, нитратно съдържание, азотно торене, картофи

Plant nutrition as a factor determining the accumulation of nitrates in potato production (*Solanum tuberosum* L.)

Ivanka Mitova*, Teodora Tomova

ISSAPP „N. Poushkarov”, Sofia, Bulgaria
Corresponding author*: smolyanovci@abv.bg

Citation: Mitova, I., & Tomova, T. (2021). Plant nutrition as a factor determining the accumulation of nitrates in potato production (*Solanum tuberosum* L.). *Bulgarian Journal of Soil Science, Agrochemistry and Ecology*, 55(2), 12-20.

Abstract

The review article presented factors which determined accumulation of nitrates in food and more specifically in vegetables, as a one of problems in our days. Information has been cited on existing regulations in the EU and other countries (USA and China) regarding the permissible content of nitrates in different crops and products. The main role of nitrogen fertilization as a major factor in nitrate accumulation in potato production is discussed. Chemical analysis of potato tubers for nitrate content from samples, selected at random from producers from all over the country, showed values up to 276.5 mg NO₃⁻ kg⁻¹ fresh mass.

Key words: abiotic factors , nitrate content, nitrogen fertilization, potatoes

Въведение

Според проучванията на Министерството на икономическите и социални въпроси на ООН (2011 г.) прогнозираното увеличение на световното население до 2050 г. ще достигне 30%. Това представлява глобално предизвикателство по отношение на продоволствената сигурност. Добивите на основните хранителни култури трябва да се увеличат двукратно през следващите 50 години, за да се изпълнят хранителните изисквания на нарастващото население (Murchie et al., 2009). Прогнозираното увеличение на търсенето на храни се усложнява допълнително от намаляването на общата площ на земеделските земи поради опустиняването, урбанизацията и увеличаването на търсенето на зърно за изхранване на животните и производство на биогорива (Murchie et al., 2009; Zhu et al., 2010 г.).

Световното производство на картофи се изчислява на 382 милиона тона през 2014 г., като класира картофите като първа хранителна култура без зърнени култури и четвъртата най-произвеждана култура в света след пшеница, царевица и ориз (FAOSTAT, 2017; Dahal et al., 2019). Картофът се отглежда в над 100 страни, хранещи над милиард човека по целия свят. Той е богат източник на въглехидрати и осигурява други основни хранителни вещества, като хранителни фибри, витамини, минерали, протеини и антиоксиданти (Birch et al., 2012). Следователно, повишаването на производителността на картофената култура може да допринесе за задоволяване на хранителните нужди на нарастващото население (Birch et al., 2012). Предвижданията обаче са, че добивът на картофи ще намалее значително до 2055 г. поради глобалното затопляне и сушата (Holden et al., 2003). В друго проучване Hijmans (2003) предвижда, че световното производство на картофи ще намалее с 18–32% през прогнозирания период от 2040–2069 г. в

резултат на биотични и абиотични натоваарвания, свързани с изменението на климата.

Един от основните абиотични фактори определящи растежните и продуктивни възможности на картофите е минералното хранене и свързаното с него торене. Около 50% от увеличеното производство на културите, постигнато в съвременното селско стопанство, може да се дължи на използването на торове (Roberts, 2009). Известно е, че поради оскъдната си и плитка коренова система картофите са особено чувствителни към абиотични стресови влияния като суша и недостиг на хранителни вещества (Gálvez et al., 2016). Азотното торене влияе положително върху картофената биомаса, добива и качеството на грудките, особено в полета с ограничено естествено плодородие (Westermann, 2005; Zebarth & Rosen, 2007). Въпреки това, прекомерното азотно торене може да има два основни нежелани ефекти:

1) понижено качество на грудките, което може да ги направи по-малко подходящи за промишлено производство на храни (Long, et al., 2004) и

2) измиване на нитрати и замърсяване на подземните води, и отделяне на азотен оксид, които могат да причинят екологични щети (Zebarth & Rosen, 2007).

Цел на настоящото изследване е да се направи обзор върху нитратното замърсяване на картофите, както и да се очертаят начини и възможности за преодоляването на този проблем.

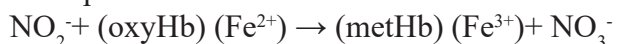
I. Нитратите и човешкото здраве

Нитратите са естествена форма на азота и са неразделна част от азотния цикъл в околната среда (Santamaria Pietro, 2006). Намират се във въздуха, почвата, водата и храната и се произвеждат по естествен начин в човешкото тяло (Speijers GJA, 1996). Трите основни източника на прием на нитрати са зеленчуците, водата и сушеното месо. Зеленчуците са основният

хранителен източник на нитрати, обикновено осигуряващ от 300 до 940 mg.g⁻¹ от дневния хранителен прием на нитрати (Santamaria Pietro, 2006). Техният принос към приема на нитрати е нисък, по-нисък отколкото този от сушени месни продукти (Walker, 1990). Нитритите се приемат с растителните храни, обикновено в количества 1-2 mg.kg⁻¹. Картофите обаче могат да съдържат до 60 mg.kg⁻¹ NO₂⁻ (Walker, 1996). Нитратите сами по себе си са относително нетоксични, но (Pannala et al., 2003) приблизително 5% от всички приети нитрати в слюнката и стомашно-чревния тракт се превръщат в токсични съединения (Pannala et al., 2003). Токсичният ефект на нитратите се състои в образуване на нитрити в резултат на реакция, която се извършва с помощта на бактериални ензими. Нитритите и N-нитрозо-съединенията, които се образуват, когато нитритите се свързват с други вещества, преди или след поглъщане (например амини, получени от протеини) са токсични и предизвикват тежки патологии при хората. Нитритите като такива и нитратите, когато се редуцират до нитрити, реагират с амини и амиди като се образуват канцерогенни N-нитрозо съединения (Mensinga et al., 2003). Нитризацията може да възникне в две ситуации:

1. По време на съхранение и узряване на хранителния продукт.
2. В стомаха под действието на слюнчения нитрат, произведен чрез ензимно ендогенно или екзогенно редуциране на нитратите.

Най-известната реакция на нитритите е способността им да реагират с хемоглобина (oxyHb) с образуване на метхемоглобин (metHb) и нитрати:



Като следствие от образуването на metHb се нарушава доставката на кислород към тъканите (Mensinga et al., 2003). След като дялът на metHb достигне 10% от нормалните нива на Hb, се появяват клинични симптоми (от цирроза, посиняване на кожата до поява на дезоксигенирана кръв и асфикция, задушаване). Това потенциално фатално състояние е известно като метхемоглобинемия или синдром на

синьото бебе (Knobeloch et al., 2000). Открита е положителна връзка между честотата на инсолинова зависимост и нивата на нитрати в питейните води (Parslow et al., 1997). Авторите считат, че прагът на ефекта е 15 mg.l⁻¹ NO₃⁻ (по-малко от една трета от границата на ЕО за нитрати в питейни води), което се счита за озадачаващо и обезпокоително (McKinney et al., 1999).

Торене и съдържание на нитрати в картофената продукция

Няколко фактора оказват влияние върху усвояването на NO₃⁻ в растителните тъкани: видови и сортови особености на културата; фаза на развитие; почвен тип и обща запасеност с хранителни вещества, прилагани хербециди; климатични фактори - температура, осветеност, валежи.

В експериментите си Zarzyńska & Wroniak (2007) доказват, че повече нитрати се натрупват в клубените на картофи, отглеждани върху по-тежки почви. От изследваните фактори азотното торене и интензитетът на светлината са определени като основни фактори, които определят натрупването на нитрати в зеленчуците (Santamaria et al., 2001). По съдържание на нитрати зеленчуковите органи могат да бъдат подредени както следва: дръжка>лист>стъбло >корен>съцветие>грудка>луковица>плод>се ме (Santamaria et al., 1999).

В изведен в полски условия многофакторен опит с картофи сорт „Satina N“ Pobereźny et al. (2015) доказват, че получените от традиционното земеделие (ор. тор + минерално торене) картофи, натрупват повече нитрати (156,9 mg.kg⁻¹ свежа маса) в сравнение със самостоятелното минерално торене (таблица 1). След шестмесечно съхранение, независимо от изследваните експериментални фактори, авторите съобщават за редуциране на нитратното съдържание в клубените с около 26%.

Имайки предвид действащите в момента нормативни документи, изследвайки съдържанието на нитрати в картофи, които се предлагат в търговската мрежа от традиционното земеделие, Murawa et al. (2008) определя картофа като

Таблица 1. Съдържание на нитрати в картофените клубени сорт Satina N в зависимост от изследването на факторите след прибиране на реколтата. Средно за 2009-2011 (mg. kg⁻¹ свежа маса), по Poberežny J. et al., (2015)

Table 1. Nitrate content of the potato tubers, depending of the research factors of Satina variety after the harvest . Average for 2009-2011 (mg. Kg⁻¹ fresh mass), by Poberežny J. et al., (2015)

Експериментални фактори		Минерално торене		
Органични материали -А	Почва – С	100% N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₁₅₀	50%	Средно
Контрола	Без торене	136,0±1,5	127,9±0,3	132,0±0,9
	С торене	121,3±15,8	120,5±15,6	120,9±15,7
	Средно	128,7±7,4	124,2±3,7	126,4±5,6
Стърнищни остатъци	Без торене	160,9±10,1	142,0±4,5	151,5±7,3
	С торене	151,8±8,1	148,2±8,6	150,0±8,4
	Средно	156,4±4,6	145,1±3,1	150,7±8,7
Слама	Без торене	154,6±7,7	144,9±9,0	149,8±8,4
	С торене	137,3±7,1	129,5±7,2	133,4±7,1
	Средно	146,0±8,7	137,2±7,7	141,6±8,2
Органичен тор(UGmax-1,2 l.ha ⁻¹)	Без торене	186,3±6,4	167,4±15,3	176,9±10,9
	С торене	144,5±3,3	129,5±3,8	137,0±3,6
	Средно	165,4±9,2	148,5±9,0	156,9±8,2

зеленчук, представляващ голяма заплаха за потребителите. През първата година от отчитането при 30% от пробите нормата за съдържание на нитрати е надвишена, а през втората година при 72% от пробите.

Lachman et al. (2005) не отбелязват значителен ефект от метода на отглеждане на картофи (органичен и традиционен) върху съдържанието на нитрати в клубените на осем сорта: „Импала“, „Карин“, „Агрия“, „Нимфа“, „Корела“, „Розела“, „Санте“ и „Орнела“. Трябва да се отбележи обаче, че те са наблюдавали тенденция към по-високо съдържание на нитрати в традиционното земеделие (153,9 mg.kg⁻¹) в сравнение с биологичното земеделие (136,9 mg.kg⁻¹).

Lombardo et al. (2020) опитно доказват, че оптимално азотно торене (140 kg.ha⁻¹ въз основа на почвения азотен баланс, сеитбоборота и

биологичните изисквания на картофите) може да осигури висок добив (таблица 2), да редуцира използваните азотни торове, съчетавайки това с важни хранителни характеристики на получената продукция, например високо ниво на сухо вещество, нишесте, общи полифеноли, аскорбинова киселина и ниско нитратно съдържание в сравнение с неторените и пренаторени участъци. Тези резултати могат да имат положителни последствия за отглеждането на картофи, което ще позволи на фермерите да повишат доходите си чрез по-добро качество и по-ниски производствени разходи. В допълнение получените резултати могат да помогнат в перспектива за ограничаване замърсяването на околната среда чрез намаляване нивото на азотното торене, особено при ранните картофи, тъй като производителите често прилагат азотно свръхторене (280 kg.ha⁻¹ или повече)

без научно обосновано решение.

В разработката си Lachman et al. (2005) определят ролята и влиянието на региона, сорта, годината и екологичния и конвенционален начин на отглеждане върху съдържанието на нитрати в тригодишни опити с картофи. Различните региони, сортове и години на отглеждане (таблица 3) предизвикват статистически значими ефекти, докато ефектът от екологичния начин на отглеждане е по-слабо изразен и показва тенденция без значение. Най-високо съдържание на нитрати е установено при сортовете Импала и Карин (199,2 и 167,6 mg/kg). Екологичният начин на отглеждане не показва значителна разлика (таблица 3) в съдържанието на нитрати в сравнение с традиционното конвенционално производство, като за отчетния период от 1995-1997 г. измереното нитратно съдържание в екологичния вариант на опита е намалено само със 17,0 mg/kg свежа маса.

В условия на зеленчуково сеитбообращение с „налагане“ на варианти с органично, минерално и смесено торене Mitova et al. (2014, 2020 A, 2020 B) получават най-високи добиви при смесеното органо-минерално торене. Получените резултати за съдържание на нитрати в картофени клубени в изведените опити (таблица 4) за разлика от Lachman et al. (2005) показват статистически доказани разлики

между органичното и минерално торене. При сорт Агата акумулираните нитрати в клубените с минерално торене са с 1,74 пъти повече от тези при растенията с оборски тор, а при сорт Сорая тази разлика е още по-голяма - 4,51 пъти повече нитрати при клубените с минерално почвено торене и листно подхранване (таблица 4).

Извършеният биохимичен анализ на проби от картофени клубени (таблица 5), които взехме на произволен принцип от кооперативни пазари показва вариране в съдържанието на нитрати от следи до 276,5 mg.kg⁻¹ свежа маса. Получените стойности за нитратно съдържание показват, че акумулирането им в продукцията от картофи зависи не само от приложеното азотно торене, а очевидно и от други фактори като почвен тип и запасеност на почвата с хранителни елементи, производствено направление, сорт, получени добиви, прилагана агротехника и др.

Ограничения за съдържанието на нитрати в зеленчуковата продукция

На 2 април 2002 г. Европейската комисия променя Регламент на ЕО № 194/97 (вече променен с известна перифраза от Регламент на ЕО № 864/199970 и 466/200171) и приема Наредба № 563/2002. Определените максимални нива от настоящия регламент са обобщени и се отнасят за нитратите (mg.kg⁻¹ свежа маса) в маруля

Таблица 2. Нитратно съдържание в картофени клубени сорт Bellini в зависимост от нормата на азотно торене (Lombardo et al., 2020)

Table 2. Nitrate content of the potato tubers, depending of the application rate of nitrogen of Bellini variety (Lombardo et al., 2020)

N-торене	Добив	NO ₃ ⁻ (g.kg ⁻¹ fm)
N ₀ P ₈₀ K ₁₄₀	45.8± 1.0 c	0.94 ± 0.06 c
N ₁₄ P ₈₀ K ₁₄₀	59.1 ± 1.3 a	1.01 ± 0.03 b
N ₂₈ P ₈₀ K ₁₄₀	50.8 ± 2.0 b	1.15 ± 0.09 a

Таблица 3. Нитратно съдържание в картофи в зависимост от годината, региона, сорта и начина на отглеждане (mg/kg), (Lachman et al., 2005)

Table 3. Nitrate content of the potato tubers, depending of year, region, variety and method of cultivation (mg/kg), (Lachman et al., 2005)

Област	1995 г.	1996 г.	1997 г.	1995-1997 г.
Долен регион	193.2	115.3	122.7	143.7
Горен регион	145.1	97.8	97.2	113.4
Разлика между регионите	48.1	17.5	25.5	30.3
Сорт картофи				
Impala	245,4	174,0	178,1	199,2
Agria	95,0	57,2	58,4	70,2
Karin	221,6	147,3	133,9	167,6
Santé	154,2	96,7	100,2	117,0
Rosella	177,2	81,1	105,2	121,2
Korela	166,6	109,7	114,9	130,4
Ornella	124,9	79,9	8,8	94,5
Начин на отглеждане				
Конвенционално-А	215,2	105,3	141,1	153,9
Органично-Б	182,5	98,5	129,8	136,9
Разлика м/у А и Б	32,7	6,8	11,3	17,0

Таблица 4 . Съдържание на нитрати в картофи в зависимост от сорта и приложеното торене, (Mitova et al., 2014, 2020 А, 2020 Б)

Table 4. Nitrate content of the potato tubers, depending of the variety and nutritionq (Mitova et al., 2014, 2020 А, 2020 Б)

2012 г. сорт „Агата“	Добив (t.ha ⁻¹)	нитрати (mg.kg ⁻¹)	2019 г. Сорт„Сорая“	Добив (t.ha ⁻¹)	Нитрати (mg.kg ⁻¹ fresh mass)
1. Неторено	14.25	22.35	1. Неторено	14,8	30.25
2. 100% об.тор	23.08	56.22	2. 100% компост+ Аминозол	26,0	44.70
3. 100% мин.тор	25.67	97.92	3. 100% мин. тор + Лебозол – Калий	29,1	201.4
4.50% об.тор+ 50% мин.тор	32.42	49.79	4. 50%компост+ 50%мин.тор	32,9	77,85

Таблица 5. Нитратно съдържание в проби от картофи
Table 5. Nitrate content of the potato tubers from samples

Проба	Торова норма (kg.ha ⁻¹)	Добив (t.ha ⁻¹)	Нитрати (mg.kg ⁻¹ fresh mass)
1.	50 t.ha ⁻¹	30	52.8
2.	279 kg N. ha ⁻¹ от комб.тор	40	120.8
3.	500 kg N. ha ⁻¹ от комб.тор	42	85.5
4.	10 t.ha ⁻¹ об.тор +100 kgN. ha ⁻¹	10- 15	35.7
5.	30 t.ha ⁻¹ об.тор + раст. Компост	20	65,2
6.	300 kg.ha-1NH ₄ NO ₃	35	35.0
7.	птичи тор 50- 55 t.ha ⁻¹ +400 kg.ha ⁻¹ NH ₄ NO ₃	45- 50	276,5
8.	около 300 kg.ha ⁻¹ NH ₄ NO ₃	15	105,7
9.	Без торене	15- 20	38,2
10	Без торене със заораване на растителни остатъци	10	следи

и спанак. На 7 април 2004 г. Европейската комисия постановява максимално разрешено ниво на нитрати в бебешки храни и преработени зърнени храни за кърмачета и малки деца.

Концепцията за ADI (максимални нива на нитрати) се определя от съвместната експертиза на Комитета по храните и земеделието (JECFA) и Европейската комисия, Научният комитет по храните (SCF). ADI (допустимо съдържание) за NO₃⁻ е 0-3,7 mg.kg⁻¹ телесно тегло. (Speijers & van den Brandt, 2003). Според Американската агенция за опазване на околната среда (EPA) референтната доза (RfD) за нитрати е 1,6 mg нитратен азот на kg⁻¹ телесно тегло (bw) на ден (еквивалентно на около 7,0 mg NO₃ kg⁻¹ bw на ден) (Mensinga et al., 2003). JECFA и SCF предложиха ADI за NO₂⁻ от 0 – 0,078,9 и 0-0,06 mg NO₂⁻ kg⁻¹ bw съответно (SCF-Scientific Committee on Food, 1997), докато EPA (Mensinga et al., 2003) е определила RfD на 0,1 mg нитритен азот kg⁻¹ bw на ден (еквивалент до 0,33 mg NO₂- kg⁻¹ bw на ден). SCF подкрепя тезата, че ADI са приложими за всички хранителни продукти (SCF – Scientific Committee on Food, 1992, 1995).

Ограничения за максимални нива на нитрати за търговия със зеленчуци са определени в някои европейски страни. Специално за картофите няколко европейски държави са изпратили предложения за „насоки“ за максимално съдържание на нитрати (например в Германия се приема съдържание на нитрати не повече от 200 mg.kg⁻¹ свежа маса, докато в Полша максималната граница е 183 mg.kg⁻¹ свежа маса). В САЩ няма въведени стандарти за допустимо максимално съдържание на нитрати в зеленчуци. В Китай предложението е максималното ниво на нитратно съдържание в зеленчуците да бъде 3100 mg.kg⁻¹ свежа маса (Zhou et al., 2000).

Заклучение

1. Извършеният биохимичен анализ на проби от картофени клубени взети на произволен принцип от кооперативни пазари показва вариране в съдържанието на нитрати от следи до 276,5 mg.kg⁻¹ свежа маса.

2. За да се реализира продукцията от картофи с високи добиви и качество е необходимо да се

набележат най-добрите производствени практики, които заедно с подходящия сортов избор ще се адаптират най-успешно в променящите се условия за производство.

3. Като съществена част от добрите земеделски практики е необходимо научно разработване на устойчиви системи за управление на азота, да се повиши ефикасността на използване на азота от растенията. Оптимизиране на азотната норма до ниво необходимо за поддържане растежа и реализиране на икономически и екологично изгодни добиви.

4. Максимално допустимото съдържание на нитрати в продукцията не трябва да надвишава нивата съответстващи на добрите земеделски практики, а като допълнителен бонус оптимизирането на приложеното торене ще се отрази положително и върху останалите показатели за качество.

5. Основният акцент в бъдещите изследвания трябва да бъде върху влиянието на абиотичните фактори върху растежа, развитието и добива на картофите, както и върху възможните стратегии за адаптиране на културата към тези натоварвания.

Литература

- Birch, P. R., Bryan, G., Fenton, B., Gilroy, E. M., Hein, I., Jones, J. T., ... & Toth, I. K. (2012). Crops that feed the world 8: potato: are the trends of increased global production sustainable?. *Food Security*, 4(4), 477-508.
- FAOSTAT (2017). Available at: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (accessed June 6, 2018).
- EC (European Commission). (1997). Commission Regulation (EC) No 194/97 of 31 January 1997 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. *Official Journal of the European Communities*, L31, 48–50.
- EC (European Commission). (1999). Commission Regulation (EC) No 864/99 of 26 April 1999 amending Regulation (EC) No. 194/97 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. *Official J Eur Commun L108*, 16–18.
- EC (European Commission). (2001). Commission Regulation (EC) No 466/2001 of 8 March 2001 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. *Official J Eur Commun L77*, 1–13.
- Gálvez, J. H., Tai, H. H., Lagüe, M., Zebarth, B. J., & Strömvik, M. V. (2016). The nitrogen responsive transcriptome in potato (*Solanum tuberosum* L.) reveals significant gene regulatory motifs. *Scientific reports*, 6(1), 1-15.
- Hijmans, R. J. (2003). The effect of climate change on global potato production. *Am. J. Pot. Res.* 80, 271–279.
- Holden, N., Breerton, A., Fealy, R., & Sweeney, J. (2003). Possible change in Irish climate and its impact on barley and potato yields. *Agric. For. Meteorol.*, 116, 181–196.
- Dahal, K., Li, X. Q., Tai, H., Creelman, A., & Bizimungu, B. (2019). Improving potato stress tolerance and tuber yield under a climate change scenario—a current overview. *Frontiers in plant science*, 10, 563.
- Knobeloch L., Salna B., Hogan A., Postle J. & Anderson H. (2000). Blue babies and nitrate-contaminated well water. *Environmental health perspectives*, 108(7), 675–678.
- Lachman, J., Hamouz, K., Dvorák, P., & Orsák, M. (2005). The effect of selected factors on the content of protein and nitrates in potato tubers. *Plant Soil and Environment*, 51(10), 431.
- Lombardo, S., Pandino, G., & Mauromicale, G. (2020). Optimizing nitrogen fertilization to improve qualitative performances and physiological and yield responses of potato (*Solanum tuberosum* L.). *Agronomy*, 10(3), 352. DOI: 10.3390/agronomy10030352, 2-16.
- Long, C. M., Snapp, S. S., Douches, D. S., & Chase, R. W. (2004). Tuber yield, storability, and quality of Michigan cultivars in response to nitrogen management and seedpiece spacing. *American journal of potato research*, 81(5), 347-357.
- McKinney, P. A., Parslow, R., & Bodansky, H. J. (1999). Nitrate exposure and childhood diabetes. *Special Publication-Royal Society of Chemistry*, 237, 327-339.
- Mensinga, T. T., Speijers, G. J., & Meulenbelt, J. (2003). Health implications of exposure to environmental nitrogenous compounds. *Toxicological reviews*, 22(1), 41-51.
- Mitova, I., Dinev, N., & Katsarova, A. (2020A). Growth indicators and yield of potatoes - medium – early growth production, *Bulgarian Journal of Soil Science Agrochemistry and Ecology*, 54(1), 33-43.
- Mitova, I., Dinev, N., & Vassileva, V. (2014). Effects of mineral and organic fertilization on early potato production. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 20(5), 1182-1188.
- Mitova, I., & Dinev, N. (2020B). Quality of potatoes average early field production depending on the fertilization, *Bulgarian Journal of Soil Science Agrochemistry and Ecology*, 54(2), 51-61.
- Murawa, D., Banaszkiwicz, T., Majewska, E., Blaszcuk, B., & Sulima, J. (2008). Nitrate and nitrite content in selected vegetables and potatoes commercially available in Olsztyn. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 41(1), 67 (Pl).
- Murchie, E. H., Pinto, M., & Horton, P. (2009). Agriculture and the new challenges for photosynthesis research. *New Phytologist*, 181(3), 532-552.
- Pannala, A. S., Mani, A. R., Spencer, J. P., Skinner,

- V., Bruckdorfer, K. R., Moore, K. P., & Rice-Evans, C. A. (2003). The effect of dietary nitrate on salivary, plasma, and urinary nitrate metabolism in humans. *Free Radical Biology and Medicine*, 34(5), 576-584.
- Parslow, R. C., McKinney, P. A., Law, G. R., Staines, A., Williams, R., & Bodansky, H. J. (1997). Incidence of childhood diabetes mellitus in Yorkshire, northern England, is associated with nitrate in drinking water: an ecological analysis. *Diabetologia*, 40(5), 550-556.
- Pobereźny, J., Wszelaczyńska, E., Wichrowska, D., & Jaskulski, D. (2015). Content of nitrates in potato tubers depending on the organic matter, soil fertilizer, cultivation simplifications applied and storage. *Chilean journal of agricultural research*, 75(1), 42-49. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392015000100006>
- Roberts, T. L. (2009). The role of fertilizer in growing the world's food. *Better crops*, 93(2), 12-15.
- Santamaria, P., Gonnella, M., Elia, A., Parente, A., & Serio, F. (2001). Ways of reducing rocket salad nitrate content. *Acta Horticulturae*, 529-536.
- Santamaria, P., Elia, A., Serio, F., & Todaro, E. (1999). A survey of nitrate and oxalate content in fresh vegetables. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79(13), 1882-1888.
- Santamaria, P. (2006). Nitrate in vegetables: toxicity, content, intake and EC regulation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(1), 10-17.
- SCF (Scientific Committee on Food). (1997). Assessment of dietary intake of nitrates by the population in the European Union, as a consequence of the consumption of vegetables. In Reports on tasks for scientific cooperation: report of experts participating in Task 3.2.3., European Commission, Brussels, p. 34.
- SCF (Scientific Committee on Food). (1992). Opinion on nitrate and nitrite, expressed on 19 October 1990. (26th series), European Commission, Brussels, 23-32.
- SCF (Scientific Committee on Food). (1995). Opinion on nitrate and nitrite, expressed on 22 September 1995 (Annex 4 to Document III/5611/95), European Commission, Brussels, p. 20.
- Speijers, G., & Van den Brandt, P. A. (2003). Nitrite and potential endogenous formation of N-nitroso compounds; safety evaluation of certain food additives, JECFA. *WHO food additives series*, 50, 49-74.
- Speijers GJA. (1996). *Nitrate, in Toxicological evaluation of certain food additives and contaminants in food*, ed by World Health Organization, Food Additives Series 35, Geneva, p. 325-360.
- United Nations Department of Economic and Social Affairs (2011). *World Population Prospects: The 2010 Revision, Highlights and Advance Tables*. Working Paper ESA/P/WP.220. New York, NY: United Nations Department of Economic and Social Affairs
- Walker, R. (1996). The metabolism of dietary nitrites and nitrates. *Biochemical society transactions*, 24(3), 780-785.
- Walker, R. (1990). Nitrates, nitrites and N-nitroso-compounds: A Review of the Occurrence in Food and Diet and the Toxicological Implications. *Food Additives & Contaminants*, 7(6), 717-768.
- Westermann, D. T. (2005). Nutritional requirements of potatoes. *American journal of potato research*, 82(4), 301-307.
- Zarzyńska, K., & Wroniak, J. (2007). Differences in quality of potato tubers growing in organic system depending on some agronomical factors. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 52(4), 108-113.
- Zebarth, B. J., & Rosen, C. J. (2007). Research perspective on nitrogen BMP development for potato. *American Journal of Potato Research*, 84(1), 3-18
- Zhou, Z. Y., Wang, M. J., & Wang, J. S. (2000). Nitrate and nitrite contamination in vegetables in China. *Food Reviews International*, 16(1), 61-76.
- Zhu, X. G., Long, S. P., & Ort, D. R. (2010). Improving photosynthetic efficiency for greater yield. *Annual review of plant biology*, 61, 235-261.