

## Износ на хранителни елементи с биологичния добив от картофи (*Solanum tuberosum* L.)

Иванка Митова

ИПАЗР „Н. Пушкиarov“, 1331 София, България

E-mail: smolyanovci@abv.bg

### Резюме

В условия на зеленчуково сеитбообращение е заложен опит с картофи - средно-ранно производство, след предшественик фасул. Почвата е Алувиално-ливадна (Alluvial-Meadow soil (Fluvisol)), с ниско остатъчното съдържание на минерален азот, ниско до депресиращо високо съдържание на подвижен фосфор и средна запасеност с подвижен калий.

Установено е влиянието на приложеното органично (компост), минерално и органо-минерално торене в съчетание с листно подхранване с органични и минерални торове върху износите на азот, фосфор и калий от единица площ и ефективността на използване на азота от културата. В съответствие с реализирания най-висок добив от картофи и износът на NPK от варианта със смесено органо-минерално торене е най-висок - 612,3 kg.ha<sup>-1</sup>, с 9,7% по-голям от осреднения износ за торените варианти. Разходът за формиране на единица продукция от торените варианти на опита е: от 36,8 до 40,0 kgN.da<sup>-1</sup>, от 12,5 до 17,1 kgP.da<sup>-1</sup> и от 132,9 до 140,6 kgK.da<sup>-1</sup>. Най-голям разход на NPK за формиране на единица продукция има при растенията с минерално торене с 4,4% N; 15,5% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и 2,5% K<sub>2</sub>O повече от осреднените стойности за износ с единица продукция от торените варианти. Вариантът със смесено торене има най-висока частична продуктивност на азота (164,85 kg.kg<sup>-1</sup>), агрономическа ефективност (90,85 kg.kg<sup>-1</sup>), частичен хранителен баланс на азота (0,627 kg.kg<sup>-1</sup>) и ефективност на възвращаемост на азота (0,487 kg.kg<sup>-1</sup>).

**Ключови думи:** картофи, полски опит, органично и минерално торене, усвояване на NPK, индикатори за ефективност.

## Uptake of nutrients with organic potato production (*Solanum tuberosum* L.)

Ivanka Mitova

ISSAPP N. Poushkarov, 1331 Sofia, Bulgaria

Corresponding author: smolyanovci@abv.bg

**Citation:** Mitova, I. (2021). Uptake of nutrients with organic potato production (*Solanum tuberosum* L.). *Bulgarian Journal of Soil Science Agrochemistry and Ecology*, 55(1), 46-58.

## Abstract

It has been established that the applied organic (compost), mineral and organo-mineral fertilization in combination with foliar nutrition with organic and mineral fertilizers has influence on the exports of nitrogen, phosphorus and potassium per unit area and the efficiency of crop nitrogen utilization. In accordance with the highest potato yields and the NPK exports of the mixed organo-mineral fertilizer variant is the highest - 612.3kg.ha<sup>-1</sup>, 9.7% higher than the average export for the fertilized variants. The cost of forming a unit of production from the fertilized variants of the experiment is: from 36.8 to 40.0 kgN.da<sup>-1</sup>, from 12.5 to 17.1 kgP.da<sup>-1</sup> and from 132.9 to 140.6 kgKda<sup>-1</sup>. The highest consumption of NPK per unit of production is for plants with mineral fertilization of 4.4%N; 15.5% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and 2.5% K<sub>2</sub>O more than the average values for export of unit production of the fertilized variants. The mixed fertilizer variant has the highest partial nitrogen productivity (164.85 kg.kg<sup>-1</sup>), agronomic efficiency (90.85 kg.kg<sup>-1</sup>), partial nitrogen nutrient balance (0.627 kg.kg<sup>-1</sup>) and nitrogen return efficiency (0.487 kg.kg<sup>-1</sup>).

**Key words:** potatoes, field experience, organic and mineral fertilization, exports of nutrients (N, P, K), efficiency indicators.

## Въведение

Производството и прилагането на минерални торове е скъпо струващо мероприятие както от финансова така и от екологична гледна точка, затова задължително изискване е да се да постигне максимална ефективност при използване им. Нивото на внесените торове (Nikolova, 2010) срещу дадена култура зависи от съдържанието на наличните хранителни вещества в почвата, сортовете особености (производствено направление), както и предназначението на продукцията (за прясна консумация или преработка). Адекватното и балансирано прилагане на минералните торове е една от най-застъпените практики за подобряване ефективността на хранителните елементи и е еднакво ефективна както в развиващите се, така и в развитите страни (Roberts, 2008). В 241 опити в Китай, Индия и Северна Америка, балансираното торене с азот, фосфор и калий увеличава средното ниво на възвращаемост до 54% в сравнение с възвращаемост от едва 21%, там където е

прилагано едностранно азотно торене (Fixen et al., 2005).

Цел на изследването е да се установи влиянието на приложеното органично (компост), минерално и органично-минерално торене в съчетание с листно подхранване с органични и минерални торове върху износите на азот, фосфор и калий от единица площ и ефективността на използване на азота при средно-ранно производство на картофи.

## Материал и методи

Опитът е заложен с картофи сорт „Сорая“ в края на месец април, като част от зеленчуково сеитбообращение.

### Схема на опита

- 1 вариант: Контрола – без торене
- 2 вариант: Органично торене - компост (17,87 t.ha<sup>-1</sup>)
- 3 вариант: Минерално торене – N<sub>200</sub>P<sub>100</sub>K<sub>180</sub>
- 4 вариант: Смесено торене – 50% компост + 50% минерален тор (N<sub>100</sub>P<sub>50</sub>K<sub>90</sub>)

Торовата норма  $N_{200}P_{100}K_{180}$  е определена въз основа на резултати от предходно изследване на колектива (Mitova et al., 2014) и литературни източници (Stoicheva, et al., 2002; Atanasova, 2005; Toader, et al., 2010; Boteva, 2013; Neshev & Manolov, 2016).

След преизчисляване въз основа на съдържанието на общия азот в компоста се определи, че нормата от  $200 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$  отговаря на  $17,87 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  компост. Така, че торените варианти са изравнени по съдържание на внесения азот, но не и за фосфор и калий. Във варианта с минерално торене азотът е внесен под формата на амониев нитрат, двукратно – половината в началото на вегетацията на растенията и другата половина като подхранване в началото на цъфтежа. Фосфорът и калият са внесени еднократно преди залагане на опита под формата на суперфосфат и калиев хлорид.

По време на вегетационния период са правени и по две листни подхранвания, във фази цъфтеж и грудкообразуване, с листни торове предоставени от Lebosol България ООД – Лебозол – Калий и Аминозол. Във 2-ри вариант растенията са третирани двукратно с Аминозол, във вариант – 3 с Лебозол – Калий, а във варианта със смесено торене – първото листно подхранване е с Аминозол, а второто с Лебозол – Калий. Лебозол – Калий е торов разтвор с рН стойност 9, съдържащ 31% водоразтворим калий ( $465 \text{ g/l K}_2\text{O}$ ) и 3% амиден азот ( $45 \text{ g/l N}$ ). Прилага се като 1% работен разтвор в норма  $5 \text{ l/ha}$ . Подобрява качеството на продукцията и има растително – защитен ефект. Аминозол е регистриран съгласно българското законодателство като „Органичен тор“. Представлява водоразтворима, безвредна за околната среда, жълто-кафява гъста течност с рН стойност между 5 и 7. Съдържа повече от 20 различни аминокиселини и пептиди (56-58%), съответно 9,4% N ( $116 \text{ g/l}$ ) органично свързан азот. При картофите подобрява усвояването на хранителните вещества, корено- и клубенообразуването, засилва имунитета. Прилага се в норма  $2-3 \text{ l/ha}$ .

В сеитбообращението картофите са засадени след предшественик фасул. Почвата в опитната

площ (0-30 cm) е Алувиално – ливадна (Alluvial-Meadow soil (Fluvisol)) - слабо хумусна със слабо алкална реакция (таблица 1). Остатъчното съдържание на минерален азот, независимо от това, че предшественика беше фасул – азот фиксираща култура е ниско – между  $21,5$  и  $24,8 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  почва. Съдържанието на подвижен фосфор варира от ниска запасеност -  $11,3 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  почва в не торения вариант до депресиращо висока -  $42,8 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  във варианта с органично торене. Подвижният калий в почвата на опитните варианти варира по-слабо и определя опитния участък като средно запасен ( $14,6-18,9 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  почва) с този хранителен елемент.

Химичните анализи на почвените и растителни проби в опита са направени по възприети в ИПАЗР “Н. Пушкиров” методики. В растенията общият азот е определен по метода на Келдал, чрез разлагане с концентрирана  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и 30%  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Останалите макроелементи са определени чрез “сухо” изгаране в муфелни пещи и последващо разтваряне в 20%  $\text{HCl}$  с отчитане на атомно-абсорбиционен спектрофотометър. Съдържанието на макроелементи в почвата е определено по стандартни методики (Aginushkina, 1970). Общият азот – по метод на Келдал; амониев и нитратен азот- колориметрично, подвижни форми на фосфор и калий – метод на П. Иванов, 1984; рН - потенциометрично, във воден извлек и разтвор на калиев хлорид.

Износ на азот, фосфор и калий за единица площ ( $\text{kg} \cdot \text{da}^{-1}$ ) и Разход за образуване на единица продукция (клубени) с прилежащата вегетативна маса ( $\text{kg} \cdot \text{t}^{-1}$ ). Информацията за износ и разход на азот, фосфор и калий за образуване на единица продукция е необходима за оценка на основните индикатори за ефективно използване на хранителните елементи. В изведения опит е отчетена ефективността на използване само на азота, тъй като опитните варианти са изравнявани само по количеството на внесения азот с минералния тор и компоста. На база получените резултати са проследени следните индикатори:

Частична продуктивност (ЧП) на азота:

$\text{ЧП} = \text{Д/Т}$ , където:

Д – добив ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ );

Т – норма на торене ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ).

Агрономическа ефективност (АЕ) на азота:

$AE = (D_t - D_0) / T$ , където:

$D_t$  – добив от торения вариант ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ );

$D_0$  – добив от неторения вариант ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ );

Т – норма на торене ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ).

Частичен хранителен баланс (ЧХБ) на азота:

$ЧХБ = И / Т$ , където:

И – износ на хранителния елемент ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ );

Т – норма на торене ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ).

Ефективност на възвращаемостта (ЕВ) на азота:

$EB = (I_t - I_0) / T$ , където:

$I_t$  – износ на хранителен елемент от торения вариант ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ );

$I_0$  – износ на хранителен елемент от неторения вариант ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ );

Т – норма на торене ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ).

Резултатите са обработени чрез статистически пакет Statgraphics (Anova). Регресионните и корелационните анализи са изготвени със софтуерен продукт MS Excel.

## Резултати и обсъждане

Растителният анализ, като метод за определяне нуждите на растенията от хранителни вещества се налага все по-широко в агрохимическата практика. В съчетание с почвени анализи, растителният анализ може да даде точна и навременна информация за обезпечеността и евентуални проблеми в хранителния статус на културата.

От таблица 2 и фиг. 1 се вижда, че съдържанието на калий във вегетативните и генеративни органи на картофите превишава значително това на азота и фосфора. В листната маса на растенията във фаза техническа зрялост калиевото съдържание е средно 66,5% от общото количество усвоени N, P и K, азотното - 27,1%, а на фосфора се падат само 6,5%. И в другите растителни органи тези пропорции се запазват приблизително: при стеблата на калия се падат - 79,7%, на азота - 15,2%, на фосфора - 5,1%. В корените

съдържанието е: калий - 70,6%, азот - 20,4%, фосфор - 9,0%, а в клубените съдържанието на калий е 72,3%, на азот - 18,1%, на фосфор - 9,6%. Прави впечатление високото калиево съдържание във всички растителни органи при неторените растения, като причина може да се посочи добата запасеност на алувиално-ливадната почва с достъпни за растенията калиеви съединения. В торените варианти обаче внасянето на органичен и минерални торове, както и извършените през вегетацията листни подхранвания балансират в голяма степен диспропорцията в постъпването и усвояването на хранителните елементи.

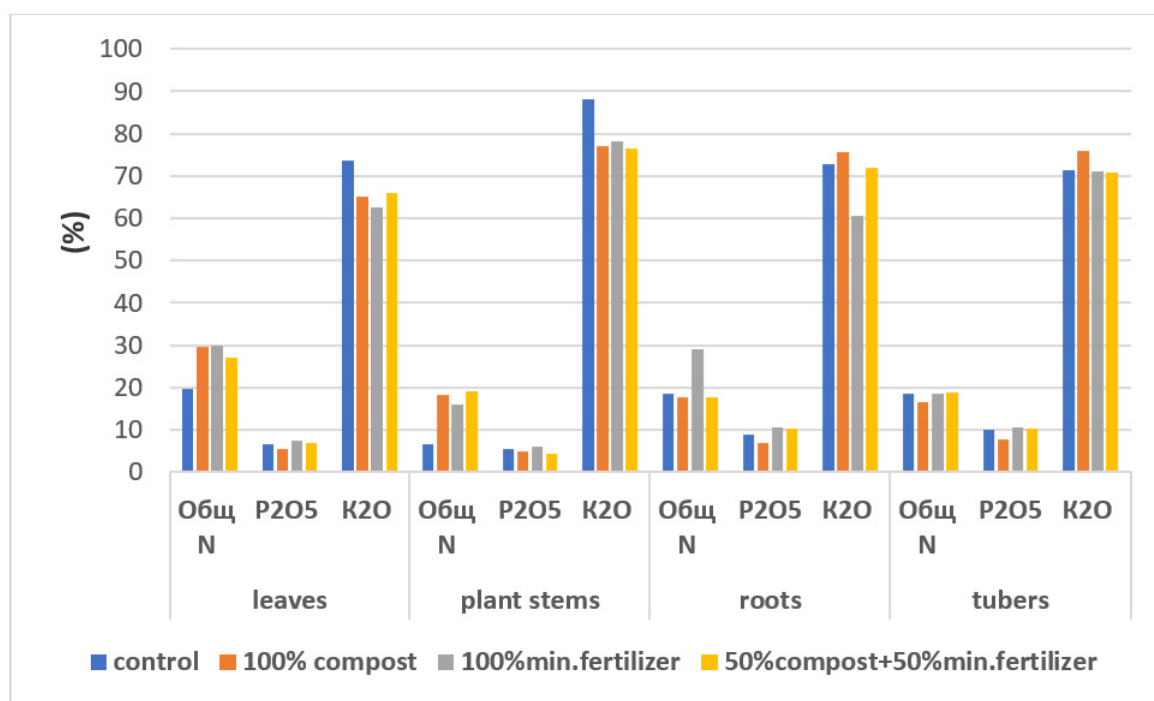
За сравнително краткия си вегетационен период (60-90 дни) картофите формират голям биологичен добив, с който извличат от почвата значителни количества хранителни елементи. В много от случаите при торене с високи азотни норми, количеството му за формиране на единица продукт нараства неефективно (Boteva, 2007). Ето защо е наложително ефективността на използване на хранителните елементи да се изразява чрез показатели, които са директна мярка за рационално и успешно торене (Ivanova, 2020; Stamenov, 2017; Cassman, et al., 2002).

В таблица 3 са представени износите на хранителни елементи с вегетативните маси и клубени на вариантите включени в опита. И във вегетативната маса и в клубените износа на N, P и K в торените варианти е значително по-висок от този на растенията без торене. С листната маса растенията с минерално торене изнасят с 11,9% повече общ азот, 21,3% повече фосфор и 4,4% повече калий от средното за вариантите с торене. При стеблата разпределението на хранителните елементи се променя растенията със смесено торене изнасят 31,6% повече общ азот и 21% повече калий от средното, докато съдържанието на фосфор в стеблата на минерално торените растения е с 29,2% по-голямо от средното за торените растения в опита. При клубените в съответствие с получените добиви – растенията с органо-минерално торене изнасят с 13,1% повече общ азот, 15,6% повече фосфор и 5,5% повече калий от средния износ на вариантите

**Таблица 1.** Агрохимичен анализ на почвата (0 – 30cm.) по варианти в сеитбообращението, след предшественик фасул

**Table 1.** Agrochemical analysis of soil (0 – 30cm.) by crop rotation variants after bean as preceding crop

Варианти/ Variants	pH		$\Sigma N-NH_4+NO_3$	$P_2O_5$	$K_2O$	Общ N/ Total N	Общ C/ Total C	Хумус/ Humus
	H <sub>2</sub> O	KCl	mg.kg <sup>-1</sup>	mg.100g <sup>-1</sup>		%		
1. Контрола/ Control	7,3	6,8	21,5	11,3	18,1			1,71
2. 100% компост/ 100% compost	7,3	6,9	21,3	42,8	14,8			1,71
3. 100% минерален топ/ 100% mineral fertilizer	7,2	6,7	10,9	18,0	18,9			1,53
4. 50% компост + 50% минерален топ/ 50% compost + 50% mineral fertilizer	7,3	6,9	24,8	26,8	14,6			1,54
Компост/compost	7,3	6,7	199,9	189,2	173,7	1,119	9,37	16,16



**Фиг. 1.** Процентно съдържание на хранителните елементи във вегетативните и репродуктивни органи на картофите в зависимост от торенето

**Fig. 1.** Percentage of nutrients in the vegetative and reproductive organs of potatoes depending on fertilization

**Таблица 2.** Съдържание на хранителни елементи (%) във вегетативна маса и клубени от картофи и относително съдържание на отделните елементи от общото количество усвоени N, P и K

**Table 2.** Nutrient content (%) in vegetative mass and potato tubers and the relative content of the individual elements of the total amount absorbed N, P and K

Варианти/ Variants	Общ N/ Total N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Общ N+ P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + K <sub>2</sub> O= 100% Total N + P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + K <sub>2</sub> O= 100%		
				Общ N/ Total N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Листа Leaves						
1. Контрола/Control	1,18	0,40	4,4	19,73	6,69	73,58
2. 100% компост/100% compost	2,49	0,45	5,5	29,50	5,33	65,17
3. 100% минерален топ/100% mineral fertilizer	2,35	0,58	4,9	30,01	7,41	62,58
4. 50% компост + 50% минерален топ/50% compost + 50% mineral fertilizer	2,18	0,55	5,3	27,15	6,85	66,00
Средно/Average	2,05	0,495	5,03	27,12	6,55	66,53
Стебла Stems						
1. Контрoла/Control	0,57	0,46	7,6	6,61	5,33	88,06
2. 100% компост/100% compost	1,78	0,47	7,5	18,26	4,82	76,92
3. 100% минерален топ/100% mineral fertilizer	1,39	0,52	6,8	15,96	5,97	78,07
4. 50% компост + 50% минерален топ 50% compost +50% mineral fertilizer	1,88	0,43	7,5	19,16	4,38	76,45
Средно/Average	1,405	0,47	7,35	15,23	5,09	79,67
Корени Roots						
1. Контрола/Control	0,71	0,34	2,8	18,44	8,83	72,73
2. 100% компост/100% compost	1,05	0,41	4,5	17,62	6,88	75,50
3. 100% минерален топ/100% mineral fertilizer	1,25	0,45	2,6	29,07	10,47	60,47
4. 50% компост + 50% минерален топ/50% compost +50% mineral fertilizer	0,88	0,52	3,6	17,6	10,4	72,00
Средно/Average	0,973	0,43	3,375	20,36	9,00	70,64
Клубени Tubers						
1. Контрола/Control	0,81	0,44	3,1	18,62	10,12	71,26
2. 100% компост/100% compost	0,91	0,43	4,2	16,43	7,76	75,81
3. 100% минерален топ/100% mineral fertilizer	1,01	0,58	3,9	18,40	10,57	71,04
4. 50% компост + 50% минерален топ/50% compost +50% mineral fertilizer	1,01	0,55	3,8	18,84	10,26	70,90
Средно/Average	0,935	0,5	3,75	18,03	9,64	72,32

с торене.

Определянето на биологичния износ на хранителни елементи с растителната маса има пряка връзка с оптимизиране на торенето на културите и свързания с тях балансов метод за определяне на торовите норми (Boteva, 2013). С най-голям износ на макроелементи с биологичния добив е варианта торен с равни норми компост и минерален тор. При осреднен износ на NPK – 558,2 kg.ha<sup>-1</sup> с общия добив от торените варианти на растенията със смесено торене се пада с 9,7% повече (612,3 kg.ha<sup>-1</sup>). В съответствие с реализирания най-висок добив от варианта със смесено торене и износите на общ азот и калий с биологичния добив са най-високи съответно с 11,5% и 9% по-високи от осреднените за торените варианти. При износа на фосфор варианта с минерално торене е водещ с 14,2% по-висок от средния износ за торените варианти. На фиг. 2 е представена графично връзката между реализираните добиви от клубени и биологичните износи от вариантите на опита. Връзката е описана чрез полиномно уравнение, а коефициента на детерминация  $R^2 = 0,987$  показва, че в 98% от случаите при аналогично торене, тази зависимост ще се наблюдава отново. Подобна зависимост между износи на хранителни елементи и добив е получена и в изследвания с ранно полско производство на картофи (Boteva, 2013).

В структурата на изнесените N, P, K с биологичния добив на общия азот се падат между 17,01 и 20,46% (ср. 20,11%), на P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> между 6,66 и 8,93% (ср. 7,75%), на K<sub>2</sub>O между 71,13 и 74,06% (ср. 72,14%). В свое изследване Vlagoeva, et al. (2004) установяват че картофите усвояват 1,5 пъти повече калий от азот и 4 пъти повече калий от фосфор. В нашето изследване както съдържанията, така и износите на калий с добивите от всички варианти на опита са значително по-високи от цитираните (Manolov, et al., 2014; Neshev & Manolov, 2016, A).

В таблица 4 са представени и резултатите за износ на хранителните макроелементи с 1000 kg биологичен добив от 36,8 до 40,0 kgN.da<sup>-1</sup>, от 12,5 до 17,1 kgP.da<sup>-1</sup> и от 132,9 до 140,6 kgK.da<sup>-1</sup>. Най-голям разход на NPK за формиране

на единица продукция има при растенията с минерално торене с 4,4% N; 15,5% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и 2,5% K<sub>2</sub>O повече от осреднените стойности за износ с единица продукция от торените варианти.

От изнесеният с биологичния добив азот в направеното изследване осреднено за торените варианти 48,2% е с клубените, 29,6% с листата и 22,2% със стеблата (таблица 5). Прави впечатление факта, че формата на приложеното торене не дава съществени разлики в разпределението на общия азот по органи в картофените растения. За разлика от неторения вариант при който 78,2% от азота е в клубените.

Разпределението на изнесения фосфор (таблица 5) с общата вегетативна и репродуктивна маса средно за торените варианти е 66,5% с клубените, 17,2% с листата и със стеблата 16,3%. И при фосфора подобно на азота разпределението по органи между торените растения, е с много близки стойности за разлика от контролата (81% от фосфора е изнесен с клубените).

Средно за торените варианти 54,7% от изнесения калий (таблица 5) се пада на клубените, 18,4% на листата и 26,9% на стеблата. С клубените на контролния вариант се изнася 68,9% от общия калий.

В агрохимичните изследвания за оценка на ефективността на приложените торове се използват показателите агрономическа ефективност (АЕ); частична продуктивност (ЧП); частичен хранителен баланс (ЧХБ); ефективност на възвращаемостта (ЕВ). Ефективността на използване на хранителните елементи се изразява с добавката върху добива, дължаща се на приложеното минерално торене. Ефективността на използване на хранителните елементи е в пряка зависимост от добива, нивото на запасеност на почвата с хранителни елементи, количество внесени торове и качеството на отглеждане на културата (Stamenov, 2017). В изведения опит е отчетена ефективността на използване само на азота, тъй като опитните варианти са изравнявани само по количеството на внесения азот с минералния тор и компоста.

*Частична продуктивност на азота (ЧП)*

Частичната продуктивност е показател, изразяващ ефекта от елемента на фона на пълната контрола (без никакво торене). Най-висока частична продуктивност (таблица 6) има варианта с 50% компост + 50% минерален тор - 164,85 kg.kg<sup>-1</sup>. При средна стойност на ЧП за торените варианти от 146,82 kg.kg<sup>-1</sup>, растенията със смесено торене имат с 12,3% по-висока частична продуктивност от средната за торените варианти в опита. В свои изследвания с картофи, с „добавяне“ и „изпускане“ на хранителни елементи върху плитки кафяви горски почви Neshev & Manolov (2016, B) постигат съпоставими с нашите резултати (между 80,10 и 180,36 kg.kg<sup>-1</sup>).

*Агрономическа ефективност на азота (АЕ).* Получените резултати (таблица 6) показват, че от 1 килограм внесен с тора азот се формира допълнителен добив от 55,95 до 90,85 kg.kg<sup>-1</sup>. Най-висока е измерената стойност на показателя отново във варианта със смесено торене - 90,85 kg.kg<sup>-1</sup>. Агрономическата ефективност на азота от варианта със органо-минерално торене е с 24,8% по-висока от средната за торените варианти в опита.

*Частичен хранителен баланс на азота (ЧХБ)*

Показателят дава информация доколко внесеният азот с минералното торене компенсира износа на елемента с продукцията. С най-висок получен частичен хранителен баланс на азота – 0,627 kg.kg<sup>-1</sup> е варианта със смесено торене или с 11,6% по-висок от осреднения ЧХБ за вариантите с торене. Резултатите показват че хранителния баланс на азота в опита е положителен т.е. количеството на внесения с торовете азот е повече от изнесеня с продукцията.

*Ефективност на възвращаемост на азота (ЕВ)*

Показателят дава информация каква част от елемента, внесен с тора е използван от културата. С най-висока ЕВ в изведения опит отново е варианта със смесено торене- 0,487 kg.kg<sup>-1</sup>, което е с 15,4% повече от средната ефективност (0,422 kg.kg<sup>-1</sup>) на възвращаемост на азота за опита.

Резултатите в края на изследването, от почвеният агрохимичен анализ в слоя 0- 30 cm показват (таблица 7) много слаба вариация на почвената реакция по варианти, в сравнение с изходните стойности. Както при минералния азот, чието съдържание се е понижало, така и количествата на достъпните форми на фосфор и калий в почвата на контролния вариант показват понижение в сравнение с изходните си нива.

Разнопосочни са резултатите от почвеният анализ във варианта с органично торене. Количеството на подвижният почвен азот в края на вегетацията на културата е много ниско - 9,2 mg.kg<sup>-1</sup>. Отрицателен е баланса и на почвения фосфор 40,9 mg.100 g<sup>-1</sup> спрямо 42,8 mg.100g<sup>-1</sup>, докато при подвижния калий остатъчното съдържание е малко по-високо - 15,6 mg.100 g<sup>-1</sup> от изходното -14,8 mg.100 g<sup>-1</sup>. За варианта с органично почвено торене и листно подхранване може да се каже, че приложената норма от предлагания компостен продукт и листен тор са достатъчни за формиране на добив от картофи - 26 t.ha<sup>-1</sup>, при положение че почвата има добра запасеност с подвижни форми на фосфор и калий. За реализиране на по-високи добиви би трябвало да се мисли за допълнително внасяне на азот тъй като количествата обезпечени чрез внесения компост са недостатъчни.

Във варианта с минерално торене баланса и на трите изследвани елементи е положителен, т.е. количествата останали в слоя 0-30 cm е по-голям от изходните съдържания.

При растенията със смесено торене, където е отчетен и най-висок добив данните от агрохимичния анализ отново потвърждават констатацията направена и при органичното торене, а именно че количествата на достъпния за растенията азот внесени с торовете са недостатъчни - 24,8 mgN.kg<sup>-1</sup> почва в слоя 0-30 cm, в изходните проби, спрямо 17,4 mgN.kg<sup>-1</sup> в края на изследването. Съдържанието на подвижен калий след приключване на опита също е по-ниско от изходното. Макар че изходните данни на почвата от този вариант показват средна запасеност с подвижен калий,



**Таблица 3.** Износ на хранителни елементи с вегетативна маса и клубени (kg.ha<sup>-1</sup>)  
**Table 3.** Uptake of macroelements by potatoes vegetative biomass (kg.ha<sup>-1</sup>)

Варианти/ Variants	Добив/ yield (t.ha <sup>-1</sup> )	Листа/ Leaves			Стебла/ Stems			Клубени/Tubers		
		Общ N Total N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Общ N Total N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Общ N Total N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1. Контрoла/ Control	14,80	4,5	1,5	16,8	1,6	1,3	21,1	21,9	11,9	84,0
2. 100% компост/ 100% compost	26,0	31,3	5,7	69,2	17,7	4,7	74,5	46,6	22,0	215
3. 100% минерален тор/100% mineral fertilizer	29,1	36,8	9,1	76,7	24,9	9,3	121,8	54,7	31,4	211
4. 50%компост + 50% минерален тор/ 50% compost + 50% mineral fertilizer	32,9	30,7	7,7	74,6	33,3	7,6	132,7	61,3	33,4	231
Средно/ Average	29,4	32,9	7,5	73,5	25,3	7,2	109,7	54,2	28,9	219

**Таблица 4.** Износ на хранителни елементи с биологичния добив от картофи  
**Table 4.** Uptake of nutrients with biological production by potatoes

Варианти/ Variants	Износ с биологичния добив (kg. ha-1)/ Uptake of nutrients with bio- logical production (kg.ha <sup>-1</sup> )				Структура на изнесените N, P, K (%)с биологичния добив/ Structure of uptake N, P, K (%) with biological yield			Износ с 1000 кг биологичен добив/ Up- take with 1000kg yield		
	Общо NPK/ Total uptake	Общ N/ Total N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Общ N/ Total N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Общ N/ Total N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1. Контрола/Control	164,6	28,0	14,7	121,9	17,01	8,93	74,06	18,9	10	82,4
2. 100% компост/100% compost	486,7	95,6	32,4	358,7	19,64	6,66	73,70	36,8	12,5	138,0
3. 100% жминерален тор/100% mineral ferti- lizer	575,7	116,4	49,8	409,5	20,22	8,65	71,13	40,0	17,1	140,6
4. 50% компост + 50% минерален тор/50% compost +50% mineral fertilizer	612,3	125,3	48,7	438,3	20,46	7,95	71,58	38,0	14,8	132,9
Средно/Average	558,2	112,4	43,6	402,2	20,11	7,75	72,14	38,3	14,8	137,2

**Таблица 5.** Структура на износа на N, P, K (%) с биологичния добив  
**Table 5.** Structure of uptake N, P, K (%) with biological yield

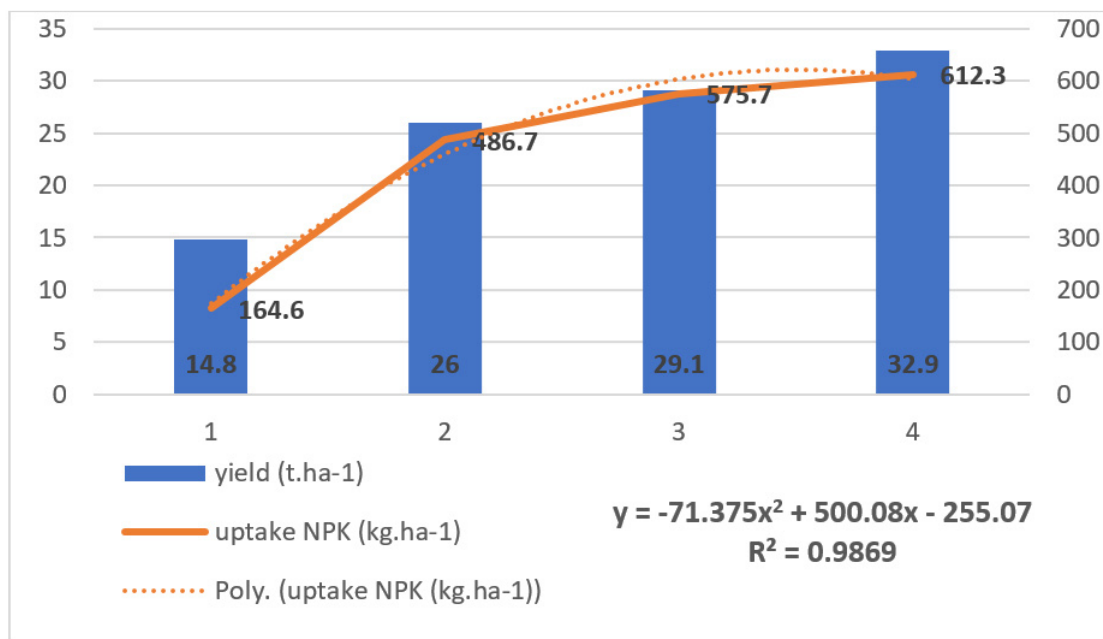
Варианти/ Variants	Общ N/Total N			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			K <sub>2</sub> O		
	Листа/ Leaves	Стебла/ Stems	Клубени/ Tubers	Листа/ Leaves	Стебла/ Stems	Клубени/ Tubers	Листа/ Leaves	Стебла/ Stems	Клубени/ Tubers
1. Контрoла/ Control	16,07	5,71	78,20	10,20	8,84	80,95	13,78	17,31	68,91
2. 100% компост/ 100% compost	32,74	18,52	48,75	17,59	14,51	67,90	19,29	20,77	59,94
3. 100% минерал top/100% mineral fertilizer	31,62	21,39	46,99	18,27	18,68	63,05	18,73	29,74	51,53
4. 50% компост + 50% минерален top/ 50%compost + 50% mineral fertilizer	24,50	26,58	48,92	15,81	15,61	68,58	17,02	30,28	52,70
Средно/ Average	29,62	22,16	48,22	17,22	16,27	66,51	18,35	26,93	54,72

**Таблица 6.** Влияние на приложеното торене върху индикаторите за ефективност на азота.  
**Table 6.** Effect of fertilizer applied on nitrogen efficiency indicators.

Варианти/ Variants	ЧП/Partial nitrogen productivity kg.kg <sup>-1</sup>	АЕ/Agronomic ef- ficiency of nitrogen kg.kg <sup>-1</sup>	ЧХБ/Partial nutrient balance of nitrogen kg.kg <sup>-1</sup>	ЕВ/Nitrogen recovery efficiency kg.kg <sup>-1</sup>
1. Контрoла/Control				
2. 100% компост/100% com- post	129,95	55,95	0,478	0,338
3. 100% минерален top/100% mineral fertilizer	145,65	71,65	0,582	0,442
4. 50% компост + 50% минерален топ/50% compost +50%mineral fertilizer	164,85	90,85	0,627	0,487
Средно/Average	146,82	72,82	0,562	0,422

**Таблица 7.** Агрохимичен почвен анализ (0- 30 cm) след прибиране на реколтата от картофи  
**Table 7.** Agrochemical soil analysis (0-30 cm) after potato harvest

Вариант/ Variants	pH		$\Sigma N-NH_4+NO_3$ (mg.kg <sup>-1</sup> )	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg.100g <sup>-1</sup> )	K <sub>2</sub> O	Хумус/ Humus %
	H <sub>2</sub> O	KCl				
1.Контрола/ Control	7,2	6,4	9,8	10,2	11,3	1,69
2. 100% компост/100% compost	7,4	6,7	9,2	40,9	15,6	1,76
3. 100% минерален тор/100% min- eral fertilizer	7,1	6,3	19,0	22,3	20,5	1,53
4. 50% компост + 50% минерален тор/50% com- post +50% min. fertilizer	7,2	6,4	17,4	29,8	10,5	1,60



**Фиг. 2.** Зависимост между величините на добивите и износите на хранителни елементи (N,P,K) с биологичния добив

**Fig. 2.** Dependence between the quantities of yields and exports of nutrients (N, P, K) with biological yield

а и прилагания компост съдържа значителни количества от елемента баланса му в почвата е отрицателен, причина за което може да бъде и факта че като култура от семейство Solanaceae, картофите са калиеволюбива култура (Neshev & Manolov, 2015). С изключение на контролния вариант - без торене при който баланса на фосфора е отрицателен при торените варианти остатъчните съдържания на фосфор след приключване на опита са по-големи в сравнение с изходните, което се потвърждава от изследванията на други автори (Boteva, 2013; Neshev & Manolov, 2015), а именно че картофите усвояват малко фосфор за формиране на биологичния си добив. Някои автори (Atanasova, 2005; Fedotova, 2003) препоръчват като оптимално съотношение за отглеждане на картофи върху леки почви N: P: K= 1: 1-1,3: 1,2-1,3. Данните от почвените анализи в края на изследването сочат като най-близки до цитираните като оптимални съотношенията на N:P:K= 1:1,17:1,08 във варианта с минерално торене, които са най- близки като пропорции и до получените от неторения вариант - N: P:K= 1:1,04:1,15.

## Изводи

В съответствие с реализирания най-висок добив и износът на NPK от варианта със смесено торене е най-висок - 612,3kg.ha<sup>-1</sup>, с 9,7% по-голям от осреднения износ за торените варианти, и износите на общ азот и калий с биологичния добив са най- високи съответно с 11,5% и 9% по-високи от осреднените за торените варианти. При износа на фосфор варианта с минерално торене е водещ с 14,2% по-висок от средния износ.

Връзката между реализираните добиви от клубени и биологичните износи от вариантите на опита се описана с полиномно уравнение, с коефициента на детерминация R<sup>2</sup>= 0,987.

В структурата на изнесените N, P, K с биологичния добив на общия азот се падат между 17,01 и 20,46% (ср. 20,11%), на P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> между 6,66 и 8,93% (ср. 7,75%), на K<sub>2</sub>O между 71,13 и 74,06% (ср. 72,14%).

Разходът за формиране на единица продукция от торените варианти на опита е от 36,8 до 40,0 kgN.ha<sup>-1</sup>, от 12,5 до 17,1 kgP.ha<sup>-1</sup> и от 132,9 до 140,6 kgK.ha<sup>-1</sup>. Най-голям разход на NPK за формиране на единица продукция има при растенията с минерално торене с 4,4% N; 15,5% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и 2,5% K<sub>2</sub>O повече от осреднените стойности за износ с единица продукция от торените варианти.

От изнесените с биологичния добив N,P,K в направеното изследване осреднено за торените варианти 48,2% от азота, 66,5% от фосфора и 54,7% от калия е с клубените, 29,6% от азота, 17,2% от фосфора и 18,4% от калия е с листата и 22,2% от азота, 16,3% от фосфора и 26,9% от калия е със стеблата.

Варианта със смесено торене има най-висока частична продуктивност на азота (164,85 kg.kg<sup>-1</sup>), агрономическа ефективност (90,85 kg.kg<sup>-1</sup>), частичен хранителен баланс на азота (0,627 kg.kg<sup>-1</sup>) и ефективност на възвращаемост на азота (0,487 kg.kg<sup>-1</sup>).

## Литература

- Arinushkina, E. V.** (1970). Guidance to Chemical Analysis of Soils (in Russian). Moscow State University Publishers, Published by "Colossus", Moscow (Ru).
- Atanasova, E.** (2005). Quality of Potatoes in Dependence of Mineral Fertilization. *Bulgarian Journal of Soil Science Agrochemistry and Ecology*, XL(1), 45-48.
- Blagoeva, V., Plev, E., & Nikolova, E.** (2004). Potatoes – cultivation, diseases and pests, and storage. Publisher „Enjovche” Sofia, pp. 105.
- Boteva, H.** (2013). Relationship between Yield and Nutrient Uptake from Early Potatoes at Increasing Norms Fertilization. *Bulgarian Journal of Soil Science Agrochemistry and Ecology*, XLVII(4), 54-59.
- Boteva, H.** (2007). Influence of mineral fertilization on biological export of nutrients with the yield of early potatoes. *Soil science, Agrochemistry and Ecology*, XLI(2), 38-44.
- Cassman, K. G., Dobermann, A., & Walters, D. T.** (2002). Agroecosystems, nitrogen use efficiency, and nitrogen management. *Ambio*, 31, 132–140. PMID:12078002.
- Fedotova, L. S.** (2003). Conditions of mineral nutrition, productivity and quality of potatoes. *Agrochemistry*, 2, 31-36.
- Fixen, P. E., Jiyun, J., Tiwari, K. N., & Stauffer, M. D.** (2005). Capitalizing on multi-element interactions through balanced nutrition—A pathway to improve nitrogen use efficiency in China, India and North America. *Science in*

*China Series C: Life Sciences*, 48(2), 780-790.

**Ivanova, D.** (2020). Agronomic evaluation of new organic fertilizers and bioactivators with a view to their application in agriculture. Dissertation thesis, IPASR „N. Pushkarov”, Sofia, pp. 155.

**Manolov, Iv., Neshev, N., & Yordanova, N.** (2014). Nitrogen fertilization influences productivity and nutrient content in plant biomass of potatoes. 3rd Conference with International Participation Conference VIVUS – on Agriculture, Environmentalism, Horticulture and Floristics, Food Production and Processing and Nutrition. 14th and 15th November 2014, Biotechnical Centre Naklo, Strahinj 99, Naklo, Slovenia, 216-222.

**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.

**Neshev N., & Manolov, I.** (2016 A). Potassium fertilizer rate and source influence content, uptake and allocation of nitrogen, phosphorus and potassium in potato plants. 4th Conference with International Participation Conference VIVUS – on Agriculture, Environmentalism, Horticulture and Floristics, Food Production and Processing and Nutrition . 21st April 2016, Biotechnical Centre Naklo, Strahinj 99, Naklo, Slovenia, 1-6.

**Neshev N., & Manolov, I.** (2016 B). Effect of Fertilization on Soil Fertilizy and Nutrient Use Efficiency at Potatoes, General Assambly of the European Geosciences Union (EGU), Soil Systems Science Division, 18-22.04.2016, Wien, Austria.

**Neshev, N., & Manolov, I.** (2015). Content and uptake of nutrients with plant biomass of potatoes depending on potassium fertilization. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 6, 63-66.

**Nikolova, M.** (2010). Potassium – a Nutrient for High Yields and Quality. International Institute of Potassium, Horgen, Switzerland, pp. 87.

**Roberts, T. L.** (2008). Improving nutrient use efficiency. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 32(3), 177-182.

**Stamenov, Y.** (2017). Sustainable management of the nutrition of field crops with phosphorus and potassium. Thesis, Faculty of Agriculture, Department of Agriculture and Herbology, pp. 212.

**Stoicheva, D., Alexandrova, P., Donovan, D., Stoichev, D., Angelov, G., & Raikova, L.** (2002). Ecological assessment of different nitrogen fertilizer rates in a vegetable crop rotation. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 8, 141-150.

**Toader, C., Rusu, M., Mărghitaș, M., & Fiț, E.** (2010). Research on the effect of mineral fertilization on potato. *Research Journal of Agricultural Science*, 42(3), 334-339.