

Усвояване на Pb, Cu, Zn и Cd от сафлор, отглеждан върху замърсени с тежки метали почви

Виолина Ангелова, Марияна Перифанова–Немска, Галина Узунова,
Красимир Иванов, Ваня Иванова

Uptake of Pb, Cu, Zn and Cd from safflower grown in industrially polluted soils: *There has been carried out a comparative research, which to allow us to determine the quantities and the centers of accumulation of Pb, Cd, Zn and Cd in the vegetative and reproductive organs of safflower. The depots for accumulation follows the order: leaves > roots > stems > seeds. It can be concluded, that safflower is tolerant towards the heavy metals and could be successfully grown in regions of moderate level of contamination with heavy metals, without lowering of the quantity and quality of the safflower seed and oil.*

Key words: *Heavy metals, Uptake, Safflower, Polluted soils*

ВЪВЕДЕНИЕ

Сафлорът (*Carthamus tinctorius* L., Asteraceae) е маслодайна култура, известна още от древността. Родина на сафлора са Етиопия и Афганистан, а в Европа и Русия става известен през 18 век [1,2,3,4]. В зависимост от вида на плодната обвивка, съдържанието на масло в семената варира от 20 % до 45 %. Маслото се отличава с високо съдържание на линолова киселина и ниско съдържание на наситени мастни киселини, което е предпоставка за понижаване на холестерола в кръвта. Сафлоровото масло може да се използва за хранителни цели [5]. Освен в хранителната индустрия – за получаване на маргарин, като добавка към различни дресинги и като изходна суровина за хидрогениране, маслото се използва за технически цели, в медицината и козметиката [1,2]. Поради лесната му съхливост сафлоровото масло е търсено и в бояджийската промишленост [6].

Изследванията свързани с отглеждането на сафлор върху замърсени почви са твърде ограничени. Не е достатъчно изяснен и въпросът за влиянието на тежките метали върху развитието на растенията и върху глицеридното масло. По доброто разбиране и евентуално контролиране на това влияние изисква изясняването и на редица въпроси, свързани с начина на постъпване и депата на локализиране на тежките метали в растенията.

Целта на настоящото изследване е да се проведе сравнително изследване, което да ни позволи да определим количествата и депата на натрупването на Pb, Cu, Zn и Cd във вегетативните и репродуктивните органи на сафлора, продуктите получени при преработката му, както и да установим възможностите за отглеждането му върху замърсени с тежки метали почви.

ИЗЛОЖЕНИЕ

В изследването е включен сафлор (*Carthamus tinctorius* L.), отглеждан в района на КЦМ – Пловдив. Полските опити са заложили по блоковия метод в 4 повторения с големина на опитната парцела 25 м². Сеитбата на сафлора е извършена през първата половина на месец март на редове с разстояние между тях 60 см, а вътре в реда на 20 см. Дълбочината на сеитба е 5–6 см.

За изясняване на въпросите за усвояването, разпределението и натрупването на тежките метали във вегетативните и репродуктивните органи на сафлора са взети за анализ почви и растения във фаза технологична зрялост. В лабораторни условия е получено масло от семената на сафлор чрез екстракция с апарат на Соксле. Матноиселинният състав на рапичното масло е определен чрез газова хроматография (ISO 5508). Съдържанието на Pb, Cu, Zn и Cd в различните части на сафлора (корени, стъбла, листа и семена), в маслото и шрота е определено по метода на сухата минерализация. Общото съдържание на тежките метали е определено в съответствие на изискванията на ISO 11466. Мобилните форми на

тежките метали са екстрахирани с разтвор на АВ-ДТРА (1 М NH_4HCO_3 и 0.005 М ДТРА, рН 7.8) (Soultanpourg и Schwab,1977). При определяне съдържанието на тежките метали в пробите е използван атомно-емисионен спектрометър "Jobin Yvon Emission - JY 38 S".

Почвените проби, взети от района на КЦМ се характеризират с кисела реакция (рН 5.8) и средно съдържание на органично вещество (2.2%). В таблица 1 са представени получените резултати за общото съдържание и подвижните форми на Pb, Cu, Zn и Cd.

Таблица 1. Общо съдържание и мобилни форми на Pb, Cu, Zn и Cd (mg/kg) в почвите от района на изследване

Показател	Pb	Cu	Zn	Cd
Общо количество	876.5	125.8	1430.7	31.4
Мобилни форми	512.2	45.4	243.0	17.4
Мобилни форми/ общо количество, %	58.4	36.1	17.0	55.3
ПДК (рН < 6)	60	80	200	1.5

В таблицата е дадено и процентното съдържание на подвижните форми отнесено към общото количество на елементите в почвата. Общото съдържание на Zn, Pb и Cd е високо (1430.7 mg/kg Zn, 876.5 mg/kg Pb и 31.4 mg/kg Cd) и значително превишават пределно допустимите концентрации (200 mg/kg Zn, 60 mg/kg Pb, 1.5 mg/kg Cd). Резултатите за подвижните форми на металите, определени с АВ-ДТРА, показват, че подвижните форми на Pb и Cd в замърсените почви са най-голяма част от общото им съдържание и достигат съответно до 58.4% и 55.3 %, следвани от Cu (36.1%) и Zn (17.0 %).

В таблица 2 са представени получените резултати за съдържание на тежките метали в сафлора. Установени бяха съществени различия в разпределението на елементите в отделните му части. Незначителна част от тежките метали се натрупва в корените на сафлора. Съдържанието на Pb в тях достига до 142.8 mg/kg, Cu – 28.9 mg/kg, Zn – 436.0 mg/kg и Cd - 52.4 mg/kg. Сафлорът се отличава с добре развита коренова система, и главен корен, който прониква на дълбочина до 2 – 3 метра, и странични разклонения достигащи на 60- 80 см встрани и до 20-30 см дълбочина.

Придвижването и натрупването на тежките метали във вегетативните органи на сафлора се различава съществено. Съдържанието на Pb, Cu, Zn и Cd в стъблата на сафлора е по-малко в сравнение с кореновата система, което показва, че придвижването им по проводящата система е силно ограничено [7]. Съдържанието на Pb в стъблата достига до 86.3 mg/kg, Zn – 207.5 mg/kg, Cu – 19.9 mg/kg и Cd – 29.4 mg/kg. Съотношението между тежките метали в стъблото и корените при сафлора, отглеждан на замърсени с тежки метали почви при полски условия, е пониско от 1. Получените от нас резултати са в съответствие с Sayuad [7] според които сафлора акумулира умерено количество тежки метали в стъблата.

Съдържанието на Pb в листата на сафлора достига до 580.5 mg/kg, Zn – 651.9 mg/kg, Cu – 34.9 mg/kg и Cd - 148.1 mg/kg. По-голямото им акумулиране в листата на сафлора вероятно се дължи на факта, че листата са покрити с восъчен налеп, което способствува за закрепването на аерозолните замърсители и натрупването им там.

Акумулирането на тежките метали в семената на сафлора е вероятно по проводящата система. Съдържанието на Pb в семената достига до 3.57 mg/kg, Zn – 109.6 mg/kg, Cu – 14.67 mg/kg и Cd – 2.0 mg/kg. Съдържанието на Pb, Cu и Zn в семената не достига до критичните стойности от 30 mg/kg Pb, 25 mg/kg Cu и 300

mg/kg Zn препоръчвани за фураж. Cd обаче се акумулира в количества значително превишаващи максималните стойности препоръчвани за фураж (0.5 mg/kg Cd) [8].

Определено беше и съдържанието на тежки метали в сафлоровото масло. Получените резултати показват, че основната част от тежките метали съдържащи се в семената при преработката им не преминават в маслото, поради което съдържанието им в маслото е значително по-ниско. Pb в сафлоровото масло достига до 0.21 mg/kg, Cu до 0.64 mg/kg, Zn до 14.18 mg/kg, докато съдържанието на Cd е под границите на откриване на използвания метод. Въпреки че, съдържанието на тежките метали в маслото е по-ниско в сравнение със семената, количествата на Pb, Cu, и Zn в сафлоровото масло са по-високи от приетите пределно допустими концентрации (0.1 mg/kg Pb, 0.4 mg/kg Cu и 10.0 mg/kg Zn).

След екстрахиране на маслото от семената на сафлора се получава сивкаво кафяв на цвят шрот, богат на незаменими аминокиселини, който е ценна храна за животните. Представените резултати в табл.2 показват, че основната част от тежките метали съдържащи се в семената след екстрахиране на маслото се концентрират в шрота. Съдържанието на Pb в него достига до 3.86 mg/kg, Zn – 155.2 mg/kg, Cu – 21.1 mg/kg и Cd – 2.58 mg/kg. Количествата на Pb, Cu и Zn в шрота не достигат критичните стойности от 30 mg/kg Pb, 25 mg/kg Cu и 300 mg/kg Zn за фуражи. Cd се акумулира в количества значително превишаващи максималните стойности препоръчвани за фуражи (0.5 mg/kg Cd) [8].

Таблица 2. Съдържание на Pb, Cu, Zn и Cd (mg/kg) в сафлор

Елемент	Корени	Стъбла	Листа	Семена	Масло	Шрот
Pb	142.8	84.3	580.5	3.57	0.21	3.86
Cd	52.4	29.4	148.2	2.0	0	2.58
Cu	28.9	19.9	34.9	14.7	0.64	21.1
Zn	436.0	207.5	651.9	109.6	14.2	155.2

Сафлоровото масло се отличава с високо съдържание на линолова киселина и ниско съдържание на наситени мастни киселини, което е предпоставка за понижаване на холестерола в кръвта [9, 10,11,12,13]. В табл. 3 са представени получените резултати за мастно–киселинния състав на сафлоровото масло. Съдържанието на стеаринова и палмитинова киселина достига съответно до 1.91 и 6.04 %. Минимално е количеството на лауринова (0.09 %), арахиднова (0.32 %), линоленова С18:3 (0.08%), гадолеинова С20:1 (0.13%) и ерукова С22:1 (0.20%) киселини. Количеството на наситените мастни киселини достига до 8.36 %. Сафлоровото масло се характеризира с високо съдържание на линолова киселина – 76.22 %. Количеството на ненаситените мастни киселини достига до 91.64 %.

Таблица 3. Мастно - киселинен състав на сафлоровото масло

Показател	%	Референтни стойности
Съдържание на масло	27.15	23 – 40
Наситени киселини	8.36	
Лауринова С 12:0	0.09	не се съдържа
Палмитинова С 16:0	6.04	5.3 - 8.0
Стеаринова С 18:0	1.91	1.9 – 2.9
Арахиднова С 20:0	0.32	0.2 – 0.4
Ненаситени киселини	91.64	
Палмитолеинова С16:1	0.07	<0.2
Олеинова С 18:1	14.93	8.4 – 21.3
Гадолеинова С 20:1	0.15	0.1 – 0.3
Ерукова С 22:1	0.20	<1.0
Линолова С 18:2	76.22	67.8 – 83.2

Линоленова С 18:3	0.07	<0.1
Наситени : ненаситени	8.36 : 91.64	

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

От получените резултати за съдържанието на тежките метали в сафлор, отглеждан в района на КЦМ - Пловдив, могат да се направят следните основни изводи:

1. Сафлорът може да бъдат отнесен към толерантните култури и успешно да бъде отглеждан върху замърсени с тежки метали почви (Pb – 876.5 mg/kg, Zn – 1430.7 mg/kg, Cd – 31.4 mg/kg).
2. Съществува ясно очертана особеност в натрупването на тежките метали във вегетативните и репродуктивните органи на сафлора. Разпределението на тежките метали в органите на сафлора има селективен характер, който намалява в следния ред: листа >корени >стъбла > семена.
3. Основната част от тежките метали, съдържащи се в семената, при преработката им не преминава в маслото.
4. Тежките метали не влияят върху развитието на сафлора, както и върху качеството и количеството на полученото масло.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Димитров, И. *Сафлор (Carthamus tinctorius)*, Земеделие Плюс, 2007, 6-7, 33-34.
- [2] Златанов, М., Ст. Иванов, Г. Паскалев, Сафлорово масло, Хранителна промишленост, 1993, 3, 16-18.
- [3] Weiss, E.A. *Oilseed Crops* (second edition). Blackwell Science, Oxford, 2000.
- [4] Koutroubas, S.D., D.K. Papadoska (2005). Adaptation, grain yield and oil content of safflower in Greece. VIth International Safflower Conference, Istanbul 6-10 June 2005, 2005, 161-167.
- [5] Fernández- Martínez, J.M. Sesame and Safflower Newsletter 17 - 2002. www.fao.org, IAS, 2002.
- [6] Karakaya, A., D. Başalma, S. Uranbey. Response of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) genotypes to rust disease. Ankara Univ., Faculty of Agriculture, Journal of Agricultural Sciences, 2004, 10, 93-95.
- [7] Sayyad, G., M. Afyuni, S. Mousavi, K. C. Abbaspour, M A. Hajabbasi, B. K. Richards, R. Schulin. Effects of cadmium, copper, lead, and zinc contamination on metal accumulation by safflower and wheat. *Soil & Sediment Contamination*, 2009, 18, 216–228.
- [8] Napke, H. J. Metal accumulation in the food chain and load of feed and food. in: *Metals and their Compounds in the Environment. Occurrence, Analysis, and Biological Relevance*, Ed. Merian, E., Weinheim, New York, NY, USA, 1991, 469–479.
- [9] Osorio, J., J. Fernandez-Martinez, M. Mancha, R. Garcés. Mutant sunflower with high concentration of saturated fatty acids in the oil. *Crop Sci.* 1995, 35, 739-742.
- [10] Velasco, L., J.M. Fernandez-Martinez. Breeding for oil quality in safflower. (ed. Bergman, J.W., H.H. Mündel). Proceedings of the 5th International Safflower Conference. Williston, North Dakota and Sidney, Montana, USA, 2001, 133-137.
- [11] Mensink, R. P., E. H. M. Temme, G. Hornstra. Dietary saturated and trans fatty acids and lipoprotein metabolism. *Ann. Med.* 1994, 26, 461–464.
- [12] Penumetcha, M., M. Khan, S. Parthasarathy. Dietary oxidized fatty acids: an atherogenic risk. *J. Lip. Res.*, 2000, 41, 1473-1480.
- [13] Lee, Y.C., S.W. Oha, J. Changa, I.H. Kimb. Chemical composition and oxidative stability of safflower oil prepared from safflower seed roasted with different temperatures. *Food Chem.*, 2004, 84, 1–6.

Благодарност: Изследванията са проведени с финансовата подкрепа на Фонд „Научни изследвания“ към МОМН (договор ДО-02-87/08).

За контакти:

доц. д-р Виолина Ангелова – Аграрен университет, Пловдив, катедра „Обща химия“, тел.: 032/654 242, e-mail: vileriz@yahoo.com;

доц. д-р Марияна Перифанова – Немска – УХТ, Пловдив, Катедра „Технология на тютюна, захарта, растителните и етерични масла“, тел. 032/603 882, mariyana.perifanova@abv.bg

гл. ас. д-р Галина Узунова - УХТ, Пловдив, Катедра „Технология на тютюна, захарта, растителните и етерични масла“, тел. 032/603 882

проф. д.т.н. Красимир Иванов – Аграрен университет, Пловдив, катедра „Обща химия“, тел. 032/654 240, kivanov1@abv.bg

докторант Ваня Иванова – Аграрен университет, Пловдив, катедра „Обща химия“, тел.: 032/654 242

Докладът е рецензиран.