



**ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА ОТГЛЕЖДАНЕ НА САФЛОР (*CARTHAMUS TINCTORIUS L.*) ВЪРХУ
ЗАМЪРСЕНИ С ТЕЖКИ МЕТАЛИ ПОЧВИ
OPPORTUNITIES FOR GROWING SAFFLOWER (*CARTHAMUS TINCTORIUS L.*) ON CONTAMINATED
WITH HEAVY METALS SOILS**

**Ваня Акова¹, Виолина Ангелова¹, Марияна Перифанова–Немска², Радка Иванова¹, Живко Тодоров¹,
Галина Узунова², Красимир Иванов¹
Vanja Akova¹, Violina Angelova¹, Mariana Perifanova-Nemska², Radka Ivanova¹,
Zhivko Todorov¹, Galina Uzunova², Krasimir Ivanov¹**

¹Аграрен университет – Пловдив

²Университет по хранителни технологии - Пловдив

¹Agricultural University - Plovdiv

²University of Food Technology - Plovdiv

*Email: vileriz@yahoo.com

Резюме

Проведено е сравнително изследване, което да ни позволи да определим количествата и депата на натрупване на Pb, Cd, Zn и Cd във вегетативните и репродуктивните органи на сафлора (*Carthamus tinctorius L.*). Разпределението на тежките метали в органите на сафлора има избиращ характер, който намалява в следния ред: листа > стъбла > корени > семена. Сафлорът е толерантен към тежките метали култура и успешно може да се отглежда в райони с умерено замърсяване с тежки метали. Тежките метали не влияят върху развитието на сафлора и върху качеството на семената, маслото и шрота.

Abstract

A comparative research has been carried out to allow us determine the quantities and the centres of accumulation of Pb, Cd, Zn and Cd in the vegetative and reproductive organs of safflower (*Carthamus tinctorius L.*). The accumulation depots follow the order: leaves > stems > roots > 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 the quantity and quality of the safflower seed and oil.

Ключови думи: тежки метали, усвояване, сафлор, замърсени почви.

Key words: heavy metals, uptake, safflower, polluted soils.

ВЪВЕДЕНИЕ

Сафлорът (*Carthamus tinctorius L.*, Asteraceae) е маслодайна култура, известна още в древността. Родина на сафлора са Етиопия и Афганистан, а в Европа и Русия става известен през XVIII век (Zlatanov i saavt., 1993; Weiss, 2000; Koutroubas and Papadoska, 2005; Dimitrov, 2007). Сафлорът се отглежда главно за маслото, което се съдържа в семената му. 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 с ниско съдържание на наситени мастни киселини, което е предпоставка за понижаване на холестерола в кръвта. Сафлоровото масло може да се използва за хранителни цели (Fernandez-Martinez, 2002). 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 в козметиката (Zlatanov i saavt., 1993; Dimitrov, 2007). Поради лесната му съхливост сафлоровото масло е търсено и в бояджийската промишленост (Karakaya et al., 2004).

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 продуктите, получени при преработката им (глицеридно масло и шрот). 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 проучване е да се проведе сравнително изследване, което да ни позволи да определим количествата и депата на натрупване 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 и използването му за целите на фиторемедиацията.

МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИ

В изследването е включен сафлор (*Carthamus tinctorius L.*), отглеждан в района на ОЦК – Кърджали. Полските опити са заложили по блоковия метод, в 4 повторения, с големина на опитната парцела 25 m². Сеитбата на сафлора е извършена през първата половина на месец март – на редове с разстояние между тях 60 cm, а вътре в реда – на 20 cm. Дълбочината на сеитбата е 5–6 cm.

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 сафлора чрез екстракция с апарата на Soxhlet. Маснокиселинният състав на маслото от сафлор е определено чрез газова хроматография (ISO 5508). Аминокиселинният състав на шрота е определен чрез аминокиселинния анализатор Т 339 М. Съдържанието на Pb, Cu, Zn и Cd в различните части на сафлора (корени, стъбла, листа и семена), в маслото и в шрота е определено по метода на сухата минерализация. Общото съдържание на тежките метали е определено в съответствие с изискванията на ISO 11466. Мобилните форми на тежките метали са екстрахирани с разтвор на АВ-ДТРА (1 M NH₄HCO₃ и 0.005 M ДТРА, pH=7.8) (Soultanpour & Schwab, 1977).

При определяне на съдържанието на тежките метали в пробите е използван атомноемисионен спектрометър "Jobin Yvon Emission - JY 38 S".

РЕЗУЛТАТИ

Почвените проби, взети от района на ОЦК – Кърджали, се характеризират с кисела реакция (pH=6.2) 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.

В таблицата е дадено и процентното съдържание на подвижните форми, отнесено към общото количество на елементите в почвата. Общото съдържание на Pb и Cd е високо (130.4 mg/kg Pb и 3.3 mg/kg Cd) и превишава пределно допустимите концентрации (100 mg/kg Pb, 2.0 mg/kg Cd). Почвените характеристики са предпоставка за ниска до средна мобилност на металите, което се потвърждава от резултатите за екстрахираните с АВ-ДТРА количества Pb, Cd, Zn и Cu (слаба мобилност за Cu, средна за Pb, Zn и Cd).

В таблица 2 са представени получените резултати за съдържанието на тежки 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 2.9 mg/kg, Cu – 3.9 mg/kg, Zn – 24.7 mg/kg, и Cd – 0.35 mg/kg. Получените резултати може да бъдат обяснени с анатомичните и биологичните особености на изследваната култура. Сафлорът се отличава с добре развита коренова система, с главен корен, който прониква на дълбочина до 2-3 метра и странични разклонения, достигащи на 60-80 cm встрани и до 20-30 cm 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-голямо в сравнение с кореновата система, което показва, че тежките метали

Таблица 1. Общо съдържание и мобилни форми на Pb, Cu, Zn и Cd (mg/kg) в почвите от района на изследването
Table 1. Total content and mobile forms of Pb, Cu, Zn and Cd (mg/kg) in soils

Показател	Pb x±sd	Cu x±sd	Zn x±sd	Cd x±sd
Общо количество Total content	130.4±5.2	34.5±2.3	267.7±3.4	3.3±0.1
Мобилни форми Mobile forms	26.0±1.0	3.5±0.5	53.1±0.5	0.64±0.05
Мобилни форми/ Общо количество, % Mobile forms/Total content, %	19.9	10.1	19.8	19.4
ПДК (pH=6.0-7.4) /MPC	100	150	320	2.0

x - средна стойност (mg/kg) от измерването на 5 успоредни проби; sd – средно стандартно отклонение; ПДК – пределно допустими концентрации

x - average value (mg/kg) from 5 repetitions; sd - mean standard deviation; MPC - maximum permissible concentration (approved for Bulgaria)



Таблица 2. Съдържание на Pb, Cu, Zn и Cd (mg/kg) в сафлор
Table 2. Content of Pb, Cu, Zn and Cd (mg/kg) in safflower

Елемент Element	Корени Roots x±sd	Стъбла Stems x±sd	Листа Leaves x±sd	Семена Seeds x±sd	Масло Oil x±sd	Шрот Meal x±sd
Pb	2.9±0.8	4.9±0.5	79.1±2.1	0.49±0.1	0.11±0.03	0.51±
Cd	0.35±0.05	0.64±0.05	4.9±0.1	0.16±0.05	0.02±0.001	0.21±
Cu	3.9±0.1	5.8±0.1	20.3±0.5	16.8±0.5	1.2±0.1	19.4±0.3
Zn	24.7±0.5	34.3±0.5	744.8±5.6	61.8±1.0	2.4±0.1	74.5±0.5

x - средна стойност (mg/kg) от измерването на 5 успоредни проби; sd – средно стандартно отклонение
 x - average value (mg/kg) from 5 repetitions; sd - mean standard deviation

се придвижват по проводящата система от корените към надземните части. Съдържанието на Pb в стъблата достига до 4.9 mg/kg, Zn – 34.3 mg/kg, Cu – 5.8 mg/kg, и Cd – 0.64 mg/kg. Съотношението между тежките метали в стъблото и в корените при сафлора, отглеждан на замърсени с тежки метали почви при полски условия, е по-високо от 1. Получените от нас резултати са в съответствие с Sayyad et al. (2009), според които сафлорът акумулира умерено количество тежки метали в стъблата.

Съдържанието на Pb в листата на сафлора достига до 79.1 mg/kg, Zn – 744.8 mg/kg, Cu – 20.3 mg/kg, и Cd – 4.9 mg/kg. По-голямото им акумулиране в листата на сафлора вероятно се дължи на факта, че листата са покрити с восъчен налеп, което способства за закрепването на аерозолните замърсители и натрупването им там.

Акумулирането на тежките метали в семената от сафлор е вероятно по проводящата система. Съдържанието на Pb в семената достига до 0.49 mg/kg, Zn – 61.8 mg/kg, Cu – 16.8 mg/kg, и Cd – 0.16 mg/kg. Съдържанието на Pb, Cu, Zn и Cd в семената на сафлора е ниско и не достига до критичните стойности от 30 mg/kg Pb, 25 mg/kg Cu, 300 mg/kg Zn и 0.5 mg/kg Cd (Harke, 1991).

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 0.11 mg/kg, Cu – до 1.2 mg/kg, Zn – до 2.4 mg/kg, Cd – до 0.02 mg/kg. Съдържанието на Pb, Zn и Cd в сафлоровото масло е значително по-ниско от приетите пределно допустими концентрации за масла с растителен произход (0.1 mg/kg Pb, 0.4 mg/kg Cu и 10.0 mg/kg Zn). ПДК за съдържанието на Cu в рафинираните масла е 0.1 mg/kg, а в нерафинираните – 0.4 mg/kg. При нашите изследвания съдържанието на Cu в маслото достига до 1.2 mg/kg и количеството му е над ПДК.

След екстрахиране на маслото от семената на сафлора се получава сивкавокафяв на цвят шрот, богат

с незаменими аминокиселини, които 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 0.51 mg/kg, Zn – 74.5 mg/kg, Cu – 19.4 mg/kg, и Cd – 0.21 mg/kg. Количествата на Pb, Cu и Zn в шрота не достигат критичните стойности от 30 mg/kg Pb, 25 mg/kg Cu, 300 mg/kg Zn и 0.5 mg/kg Cd за фуражи.

Сафлоровото масло се отличава с високо съдържание на линолова киселина и с ниско съдържание на наситени мастни киселини, което е предпоставка за понижаване на холестерола в кръвта (Mensink et al., 1994; Osorio et al., 1995; Penumetcha et al., 2000; Velasco and Fernandez-Martinez, 2001; Lee et al., 2004). Стандартното сафлорово масло съдържа около 6-8% палмитинова киселина, 2-3% стеаринова киселина, 16-20% олеинова киселина и 71-75% линолова киселина (Koutroubas and Papadoska, 2005). Също така в сафлоровото масло може да се съдържат и незначителни количества миристинова (0.24%) и бехенова (0.43%) киселина (Fernandez-Martinez, 2002). Високоолеиновото сафлорово масло съдържа над 85% олеинова киселина (Karakaya et al., 2004; Sayyad et al., 2009).

В таблица 3 са представени получените резултати за мастнокиселинния състав на сафлоровото масло. Количеството на наситените мастни киселини в сафлоровото масло достига до 10.56%. Съдържанието на стеаринова и палмитинова киселина достига съответно до 1.67 и 8.45%. Минимално е количеството на лауриновата (0.13%) и миристиновата (0.31%) киселина. Сафлоровото масло се характеризира с високо съдържание на линолова киселина – 72.95%. Количеството на ненаситените мастни киселини достига до 89.44%.

Сафлоровото масло по вкус не отстъпва на слънчогледовото масло. В състава на сафлоровото масло се съдържа линолова киселина до 72.95%, която е незаменима и трябва да се набави чрез храната. Консумирането на храни с високо съдържание на линолова киселина се отразява благоприятно за понижаване на съдържанието на холестерола (особено

Таблица 3. Маснокиселинен състав на сафлоровото масло
Table 3. Oil content and fatty acid composition of safflower meal

Показател	%	Референтни стойности за олеиново масло Codex standard for oleic oil
Съдържание на масло/ Oil content	23.2	23 – 40
Наситени киселини/ saturated acid	10.56	
Лауринова / Lauric acid C 12:0	0.13	не се съдържа (nd)
Миристинова C 14:0	0.31	0.2 - 0.4
Палмитинова/ Palmitic acid C 16:0	8.45	5.3 - 8.0
Стеаринова / Stearic acid C 18:0	1.67	1.9 – 2.9
Ненаситени киселини /unsaturated acid	89.43	
Палмитолеинова /Palmitoleic acid C16:1	-	<0.2
Олеинова / Oleic acid C 18:1	16.49	8.4 – 21.3
Линолова / Linoleic acid C 18:2	72.95	67.8 – 83.2
Линоленова C 18:3	-	<0.1
Наситени:ненаситени Saturated:Unsaturated	10.56 : 89.44	

LDL – холестерина), подобряване на ритъма на сърдечната дейност, регулиране на хормоналната обмяна, и има важно значение при профилактиката и лечението на атеросклерозата и други сърдечно-съдови заболявания.

Аминокиселинният състав на шрота е представен в таблица 4. От данните се вижда, че най-високо е съдържанието на глутаминова (26.07%) и аспарагинова киселина (10.51%), следвано от аргинин (8.19%), левцин (6.80%), пролин (6.18%), аланин (4.85%), валин (4.65%), серин (4.43%) и фенилаланин (4.08%).

В таблица 5 е представен сравнителен анализ на съдържанието на суров протеин и аминокиселинния

състав в шрота на сафлора с това на соевия, рапичния, памучния, слънчогледовия, кокосовия, палмовия и кокосовия шрот. Съдържанието на протеин в шрота от сафлор достига до 31.5%, което е значително по-високо от данните, представени в литературата (20-22%) (Weiss, 2000). Шротът от сафлор се отличава с по-ниско съдържание на протеини в сравнение с рапичния (44%), памучния (45%), соевия (47.5) и слънчогледовия (50.3%) шрот, които се използват при храненето на животните.

Аминокиселинният състав на сафлоровия шрот се доближава до състава на соевия, рапичния и памучния шрот. От данните, представени в таблица 5, се вижда, че количеството на валин, глицин, фенил-

Таблица 4. Аминокиселинен състав на шрот от сафлор
Table 4. Amino acid content in safflower meal

Показател/Parameter	%	Референтни стойности Codex standard
Аспарагинова к-на/Asparagine acid	10.51	9.22
Треонин/Threonine*	3.16	2.93
Серин/Serine	4.43	4.17
Глутаминова к-на/Glutamic acid	26.07	18.56
Пролин/Proline	6.18	3.68
Цистин/Cystine	2.04	1.63
Глицин/Glycine	5.03	5.27
Аланин/Alanine	4.85	3.97
Валин/Valine*	4.65	5.32
Метионин/Methionine*	2.61	1.38
Изолевцин/Isoleucine*	3.05	3.80
Левцин/Leucine*	6.80	5.86
Тирозин/Tirosine*	2.57	2.39
Фенилаланин/Phenylalanine*	4.08	4.29
Хистидин/Hystidine	2.66	2.23
Лизин/Lysine*	3.10	2.63
Аргинин/Arginine	8.19	8.34



Таблица 5. Съдържание на суров протеин, минерални вещества и аминокиселинен състав на шрот (% спрямо суров протеин)

Table 5. Content of crude protein, mineral substances and amino acid content in meal, % compared to crude protein

Показател Parameter	Сафлор Safflower meal	Соев Soybean meal	Рапичен Canola meal	Памучен Cottonseed meal	Фъстъчен Peanut meal	Слънчогледов Sunflower meal	Кокосов Coconut meal	Палмов шрот Palm meal
Суров протеин Crude protein, %	31.5	47.5	44.0	45.0	49.3	50.3	21.9	-
Ca, g/kg	3.60	3.80	7.20	1.70	2.70	4.00	2.00	3.40
P, g/kg	6.90	7.20	10.10	13.10	6.70	11.00	6.60	7.10
Mg, g/kg	3.89	3.10	6.0	5.9	1.7	5.9	3.4	3.6
K, g/kg	10.2	21.9	12.0	15.1	12.7	17.4	16.9	7.7
Fe, mg/kg	66.3	191	200	172	155	279	742	360
Mn, mg/kg	17.4	36	60	24	35	31	68	-
Аспарагинова киселина Asparagine acid	10.51	11.20	8.03	-	-	-	-	3.63
Треонин/Threonine*	3.16	3.80	4.50	3.30	2.60	3.20	3.10	2.75
Серин/Serine	4.43	5.0	4.39	-	-	-	-	4.11
Глутаминова к-на Glutamic acid	26.07	18.00	16.69	-	-	-	-	16.80
Пролин/Proline	6.18	4.89	7.00	-	-	-	-	-
Глицин/Glycine	5.03	4.60	4.96	-	-	-	-	4.17
Аланин/Alanine	4.85	-	-	-	-	-	-	3.83
Валин/Valine*	4.65	5.00	5.11	4.30	4.00	4.10	4.90	5.05
Цистин/Cystine	2.04	0.65	1.23	1.50	1.00	2.30	1.40	1.13
Метионин/Methionine*	2.61	1.40	1.78	1.70	1.00	1.70	1.30	1.75
Метионин/Methionine*+ Цистин/Cystine	4.64	2.05	3.01	3.20	2.00	4.00	2.70	2.88
Изолевцин/Isoleucine*	3.05	4.69	3.98	3.10	3.60	3.40	3.40	3.22
Левцин/Leucine*	6.80	7.49	6.97	6.00	5.80	5.50	6.20	6.07
Тирозин/Tirosine*	2.57	2.80	2.46	2.70	3.70	2.30	2.00	2.60
Фенилаланин Phenylalanine*	4.08	4.80	4.01	5.10	4.70	4.40	4.10	3.96
Фенилаланин/Phenylalanin e*+Тирозин/Tirosine*	6.65	7.60	6.47	8.30	8.50	6.40	6.50	6.56
Хистидин/Hystidine	2.66	2.40	2.81	2.80	2.30	2.20	1.80	1.91
Лизин/Lysine*	3.10	6.22	5.98	3.00	3.30	3.60	2.60	3.00
Аргинин/Arginine	8.19	6.44	6.11	11.00	10.40	6.90	10.90	11.56

аланин и хистидин е съизмеримо. Съдържанието на аргинин, метионин, пролин, цистин е по-високо, докато съдържанието на лизин, левцин, изолевцин е по-ниско. Прави впечатление, че съдържанието на незаменимата аминокиселина лизин е два пъти по-ниско в сравнение със соевия и с рапичния шрот.

Сафлоровият шрот е добър източник на протеини и може да се използва като фураж за животните. Сафлоровият шрот е близък по качество до палмовия шрот, защото съдържа много сурови влакнини (Weiss, 2000). Сафлоровият шрот съдържа по-малко минерали от соевия шрот, но е добър източник на калций, фосфор и желязо. Съдържанието на витамини в сафлоровия шрот е малко по-високо от соевия,

въпреки че съдържа много малко витамин В6 и е беден на витамин Е. Сафлоровият шрот може да се използва като добавка на растителни протеини в храните за животни и частично да замени памучния шрот, като по този начин се намали токсичността и горчивината на фуража (Weiss, 2000).

ИЗВОДИ

От получените резултати за съдържание на тежки метали в сафлор, отглеждан в района на ОЦЗ – Кърджали, може да се направят следните изводи:

1. Сафлорът може да бъде отнесен към толерантните култури и успешно да бъде отглеждан върху слабо замърсени с тежки метали почви.

2. Съществува ясно очертана особеност в натрупването на тежки 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 >стъбла>корени >семена.
3. Основната част от тежките метали, съдържащи се в семената, при преработката им не преминава в маслото, поради което съдържанието им в маслото е значително по-ниско. В сафлоровото масло съдържанието на тежки метали е значително по-ниско от приетите ПДК, и то може да се използва за хранителни цели.
4. Тежките метали не влияят върху развитието на сафлора, както и върху качеството и количеството на полученото масло и шрот.
5. Сафлорът може да се използва като потенциална култура при фиторемедиация на замърсени с тежки метали почви. Преработването на семената до масло и използването на полученото масло и шрот за хранителни цели значително ще намали разходите за фиторемедиация.

LITERATURA

- Dimitrov, I.*, 2007. Saflor (*Carthamus tinctorius*), Zemedelie Plyus, 6-7, 33-34.
- Zlatanov, M., St. Ivanov, G. Paskalev*, 1993. Saflorovo maslo, Hranitelna promishlenost, 3, 16-18.
- Fernández-Martínez, J.M.*, 2002. Sesame and Safflower Newsletter 17 - 2002. www.fao.org, IAS.
- Hapke, H. J.* Metal accumulation in the food chain and load offeed and food. – In: Metals and their Compounds in the Environment. Occurrence, Analysis, and Biological Relevance, Ed. Merian, E., Weinheim, New York, NY, USA, 469-479.
- Karakaya, A., D. Başalma, S. Uranbey*, 2004. Response of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) genotypes to rust disease. Ankara Univ., Faculty of Agriculture. – Journal of Agricultural Sciences, 10, 93-95.
- Koutroubas, S.D., D.K. Papadoska*, 2005. Adaptation, grain yield and oil content of safflower in Greece. – In: VIth International Safflower Conference, Istanbul 6-10 June 2005, 161-167.
- Lee, Y.C., S.W. Oha, J. Changa, I.H. Kimb*, 2004. Chemical composition and oxidative stability of safflower oil prepared from safflower seed roasted with different temperatures. – Food Chem., 84, 1–6.
- Mensink, R. P., E. H. M. Temme, G. Hornstra*, 1994. Dietary saturated and trans fatty acids and lipoprotein metabolism. – Ann. Med., 26, 461-464.
- Osorio, J., J. Fernandez-Martinez, M. Mancha, R. Garcés*, 1995. Mutant sunflower with high concentration of saturated fatty acids in the oil. – Crop Sci. 35, 739-742.
- Penumetcha, M., M. Khan, S. Parthasarathy*, 2000. Dietary oxidized fatty acids: an atherogenic risk. – J. Lip. Res., 41, 1473-1480.
- Sayyad, G., M. Afyuni, S. Mousavi, K. C. Abbaspour, M.A. Hajabbasi, B. K. Richards, R. Schulin*, 2009. Effects of cadmium, copper, lead, and zinc contamination on metal accumulation by safflower and wheat. – Soil & Sediment Contamination, 18, 216-228.
- Soltanpour, P.N., Schwab, A.P.*, 1977. A new test for the simultaneous extraction of macro and micro nutrients in alkaline soils. – Commun. Soil. Sci. Plant Anal., 8, 195-207.
- Velasco, L., J.M. Fernandez-Martinez*, 2001. Breeding for oil quality in safflower. (ed. Bergman, J.W., H.H. Mündel). – In: Proceedings of the 5th International Safflower Conference. Williston, North Dakota and Sidney, Montana, USA, 133-137.
- Weiss, E.A.*, 2000. Oilseed Crops (second edition). Blackwell Science, Oxford, 2000.

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

Статията е приета на 14.09.2012 г.
Рецензент – доц. д-р Нуреттин Тахсин
E-mail: ntt@au-plovdiv.bg