Journal of Mountain Agriculture on the Balkans, 2018, 21 (1), 179-191
Research Institute of Mountain Stockbreeding and Agriculture, Troyan
ISSN 1311-0489 (Print)
ISSN 2367-8364 (Online)

Разнообразие и патогенност на видове от род *Phytophthora*, изолирани от река Осъм

Петя Христова*, Анета Любенова, Калоян Костов, Славчо Славов

Агробиоинститут, бул. Драган Цанков № 8, 1164 София, България

Diversity and pathogenicity of *Phytophthora* species, isolated from Osam River

Petya Christova*, Aneta Lyubenova, Kaloyan Kostov, Slavtcho Slavov

AgroBioInstitute, 8 Dragan Tsankov Blvd., 1164 Sofia, Bulgaria

**E-mail: petyachristova@abi.bg*

Received: 16.04.2018 *Accepted:* 25.04.2018 *Published:* 30.07.2018

РЕЗЮМЕ

Род *Phytophthora* принадлежи към клас *Oomycetes* и се състои от над 150 вида. Някои от тях нанасят щети по горската растителност, докато други са патогени по земеделските култури. Част от видовете *Phytophthora* са свързани с водни местообитания, както и с влажни почвени среди.

Целта на настоящото изследване е изолиране и характеризиране на видове *Phytophthora* от горното течение на река Осъм. От четири различни местоположения по реката са събрани 20 изолата по метода на уловките. С помощта на класически морфологични методи и молекулярни анализи те са отнесени към четири вида *Phytophthora* – *P. lacustris, P. gonapodyides*, *P. chlamydospora* и *P. syringae. P. lacustris* е определен като най-често срещан и най-разпространен вид в проучвания район.

Изследвана е патогенността на изолираните видове *Phytophthora* към ягодоплодни растения (ягода, къпина, червена боровинка) чрез заразяване на

SUMMARY

Phytophthora is a genus of the class *Oomycetes*, consisting of more than 150 species. Some of them cause damage on forest vegetation, while others are pathogens on crop plants. Some *Phytophthora* species are related to aquatic habitats, as well as moist soil environments.

The aim of this study is isolation and characterization of *Phytophthora* species from the upper stream of the Osam River. Twenty *Phytophthora* isolates were recovered from four different locations in the river using a baiting method. Four species, *P. lacustris*, *P. gonapodyides, P. chlamydospora and P. syringae*, were indentified using classical morphological methods and molecular analyses. *P. lacustris* was defined as the most common and widely spread *Phytophthora* species in the investigated region.

Pathogenicity of isolated *Phytophthora* species to berry plants (strawberry, blackberry, cranberry) was analyzed by inoculation of detached

откъснати листа. Резултатите от анализите показват, че *P. lacustris*, *P. chlamydospora*, *P. gonapodyides* и *P. syringae* могат да заразяват както диворастящи, така и култивирани ягодоплодни растения. Изследваните патогени представляват потенциална заплаха за растителността в района на река Осъм и могат да засегнат различни растителни видове както в природните екосистеми, така и в селскостопанските райони.

Ключови думи: *Phytophthora*, разпространение, патогенност, водни екосистеми, ягодоплодни растения

leaves. Results of the analyses showed that *P. lacustris*, *P. chlamydospora*, *P. syringae* and *P. gonapodyides* can infect wild berry plants, as well as cultivated species. They are a potential threat for the vegetation in the region of the Osam River and can affect different plant species in both natural ecosystems and agricultural areas.

Key words: *Phytophthora*, distribution, pathogenicity, water ecosystems, berry plants

УВОД

През последните 15 години от открити водни басейни са изолирани около 16 нови вида *Phytophthora* (Yang et al., 2016). Някои от тях, като *P. lacustris* и *P. chlamydospora*, заедно с *P. gonapodyides*, са доминантни видове във водна среда. Екологичното въздействие на тези видове *Phytophthora* върху растителността в крайречните екосистеми не е добре проучено.

P. lacustris, *P. gonapodyides* и *P. chlamydospora* принадлежат към Клад 6 на род *Phytophthora*. Повечето от представителите на този клад, като *P. lacustris* и *P. chlamydospora*, са разпространени както в горските, така и в крайречните екосистеми, докато *P. gonapodyides* се свързва по-често със земеделски и овощни видове гостоприемници (Jung et al., 2011; Reeser et al., 2011; Dunstan et al., 2016; Stamler et al., 2016). Видът *P. lacustris* е широко разпространен в Европа, открит е още в Австралия, Нова Зеландия и САЩ. Доказана е неговата слаба до умерена агресивност към видове от родовете *Alnus*, *Prunus* и *Salix* (Nechwatal et al., 2013). Видът *P. gonapodyides* е открит в Европа, Северна и Южна Америка, и Австралия. Той причинява значителни щети на видове от род *Quercus* и *Castanea*. Негови гостоприемници са и видовете от семейства *Rosaceae* и *Pinaceae*. *P. gonapodyides* се счита за слаб патоген при редица декоративни растения (Cline et al., 2008). Видът *P. chlamydospora* е изолиран от потоци,

INTRODUCTION

About sixteen novel *Phytophthora* species have been recovered for the first time from open water resources in the last 15 years (Yang et al., 2016). Some of them, like *P. lacustris* and *P. chlamydospora*, along with *P. gonapodyides,* are dominant species in the water environments. Ecological impact of these *Phytophthora* species on the vegetation in riparian ecosystems is not well studied.

P. lacustris, *P. gonapodyides* and *P. chlamydospora* belong to Clade 6 of the *Phytophthora* genus. Most of Clade 6 members, such as *P. lacustris* and *P. chlamydospora*, show a strong association with both forests and riparian environments, while *P. gonapodyides* is more often associated with agriculture and horticulture host species (Jung et al., 2011; Reeser et al., 2011; Dunstan et al., 2016; Stamler et al., 2016). *P. lacustris* appears to be widespread in Europe and has also been detected in Australia, New Zealand and USA. This species has demonstrated a weak to moderate aggressiveness to *Alnus, Prunus* and *Salix* (Nechwatal et al., 2013). *P. gonapodyides* has been recorded in Europe, North and South America and Australia. It causes significant damage to roots of *Quercus* and *Castanea*. Hosts are also species from *Rosaceae* and *Pinaceae* families. It is considered a minor pathogen on a number of ornamentals (Cline et al., 2008). *P. chlamydospora* has been found реки, крайречни почви в умерените горски зони на Европа, Северна и Южна Америка, Азия, Африка и Австралия. Той е изолиран също така от корени и листа на растения от разсадници (Hansen et al., 2015).

P. syringae принадлежи към Клад 8 на род *Phytophthora*. Видовете от този клад са разпространени предимно в почвата и имат по-широк кръг от гостоприемници. *P. syringae* е изолирана в Европа, Северна и Южна Америка, Африка, Азия и Австралия. Доказано е, че заразява дървесни видове, особено ябълки и круши, но също така и цитрусови плодове и декоративни растения (Upstone, 1978; Thomidis 2001; Cline et al., 2008; Lolas et al., 2016).

Осъм е река в Северна България, формираща се от сливането на реките Бели Осъм и Черни Осъм, близо до град Троян. Дължината и е 314 km, което я определя като петата най-дълга река в България. Растителността в планинската част на река Осъм се състои предимно от широколистни гори, докато в равнинната част преобладават храстовидни и тревисти растения. В Дунавската равнина, където се отглеждат земеделски култури, водите на река Осъм се използват за напояване.

Целта на настоящото изследване е изолиране и характеризиране на видове *Phytophthora* от горното течение на река Осъм. Видовото разнообразие на събраните изолати е определено чрез класически морфологични методи и молекулярни анализи. Изследвана е патогенността на изолираните видове *Phytophthora* към диви и култивирани ягодоплодни растения (ягода, къпина, червена боровинка).

in streams, rivers and riparian soils in temperate forests in Europe, North and South America, Asia, Africa and Australia. It has been also isolated from bark cankers, roots, and foliage of nursery plants (Hansen *et al*., 2015).

P. syringae belongs to the Clade 8. Species of this clade are mainly soil-borne and have wider host spectrum. *P. syringae* has been isolated in Europe, North and South America, Africa, Asia and Australia. It is known to infect plant tree species, especially apple and pear, but also citrus fruit and ornamental plants (Upstone, 1978; Thomidis 2001; Cline et al., 2008; Lolas et al., 2016).

Osam is a river in north part of Bulgaria. It is formed by the merging of rivers Beli Osam and Cherni Osam, close to the town of Troyan. Its length is 314 km, which defines the Osam as the fifth longest river in Bulgaria. In the mountainous part of the Osam river the vegetation consists mainly of deciduous forests, whereas a low-vegetation prevails in the foothills. In the Danube Plain, where agricultural crops are grown, waters of Osam River are used for irrigation.

The aim of this study is isolation and characterization of *Phytophthora* species from the upper stream of the Osam River. Determination of the diversity was performed using classical morphological methods and molecular analyses. Pathogenicity of isolated *Phytophthora* species to wild and cultivated berry plants (strawberry, blackberry, cranberry) was investigated.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Изследването е проведено през периода 2016-2018г. Пробите са събрани от четири местоположения по горното течение на река Осъм по метода на уловките (Jung et al., 2011), при който се използват листа от рододендрон, поставени в плаваща мрежа за период

MATERIAL AND METHODS

The survey was conducted in the period 2016-2018. Samples were collected from four different locations of foothill region of the Osam River using a baiting method (Jung et al., 2011) via *Rhododendron* leaves enveloped in mesh bags that were floated in the river for 3 от 3 дни. Те имат способността да привличат намиращи се във водата зооспори на *Phytophthora*. Събраните листа са стерилизирани повърхностно със 70% етилов алкохол и са измити двукратно със стерилна дестилирана вода. Листни сегменти около некротиралите зони са изрязвани и са прехвърлени на селективна PARNHB среда (морковен агар с добавени: 10 mg Pimaricin, 250 mg Ampicilin, 10 mg Rifampicin, 50 mg Nistatin, 1.3 ml Tahigaren и 15 mg Benomyl/1l). Петритата са инкубирани при температура 23-25ºC в продължение на 2-5 дни. Агарово блокче от всяка мицелна колония с различен морфологичен тип е прехвърлено на воден агар. След нарастване на колониите за 3-4 дни, връхче от хифа е прехвърляно с микробиологична игла под микроскоп на свежа среда V8A (зеленчуков агар: 16 g agar, 3 g $CaCO_3$, 100 ml V8 juice/1 l) или PDA (картофен агар, Difco).

ДНК е изолирана от 10-дневна мицелна култура с кит DNeasy Plant Mini Kit (QIAGEN GmbH), съгласно протокола на фирмата производител. Амплификацията на ITS (internal transcribed spacer) региона е извършена чрез полимеразна верижна реакция (Polymerase Chain Reaction, PCR) с праймери ITS5 (5'-GGAAGTAAAAGTCGTAACAAGG-3') и ITS4 (5'-TCC TCC GCT TAT TGA TAT GC-3'), при следните условия: 96ºC – 2 мин., следвано от 35 цикъла на 96ºC – 1 мин., 55ºC – 1 мин., 72ºC – 2 мин. и финална елонгация на 72ºC – 10 мин. PCR реакцията е проведена с помощта на кит PuReTaq™ Ready-To-Go™ PCR beads (GE Healthcare Life Sciences), съгласно инструкциите на фирмата производител. Получените PCR продукти са пречистени и изпратени за секвениране в GATC Biotech AG, Германия. Получените резултати са обработени при сравняване в базата данни NCBI (National Center for Biotechnology Information) чрез BLAST (Basic Local Alignment Search Tool).

Отбрани изолати от всеки вид *Phytophthora* са култивирани на среди V8 и PDA за мицелен растеж и морфологично характеризиране. Образуването на спорангии е стимулирано чрез инкубира-

days. They have the ability to attract *Phytophthora* zoospores that floated in the water. Collected leaves were surface sterilized with 70% ethyl alcohol and rinsed twice in sterile water. Leaf segments around necrotic areas were excised and transferred to a selective PARNHB media (carrot agar supplemented with 10 mg Pimaricin, 250 mg Ampicilin, 10 mg Rifampicin, 50 mg Nistatin, 1.3 ml Tahigaren and 15 mg Benomyl/1l). Plates were incubated at 23-25ºC for 2-5 days. A mycelia plug of each colony with different morphological type was transferred on water agar. After a colony growth for 3-4 days, hyphae tip was taken with a needle under a microscope and was transferred to a fresh media V8A (vegetable agar: 16 g agar, 3 g $CaCO_3$, 100 ml V8 juice/1 l) or PDA (Potato Dextrose Agar, Difco), depending on future analyses.

A DNA was isolated from mycelia of 10-days old cultures using DNeasy Plant Mini Kit (QIAGEN GmbH). PCR amplification of the ITS (internal transcribed spacer) region was performed with primers ITS5 (5'-GGAAGTAAAAGTCGTAACAAGG-3') and ITS4 (5'-TCC TCC GCT TAT TGA TAT GC-3'), using the following PCR program: 96ºC – 2 mins, followed by 35 cycles of 96ºC – 1 min., 55ºC – 1 min., 72ºC – 2 mins. and final elongation at 72ºC – 10 mins.

PCR was performed using PuReTaq™ Ready-To-Go™ PCR beads (GE Healthcare Life Sciences), according to the manufacturer's instructions.

Purified PCR products were sent for sequencing to GATC Biotech AG (Germany). Sequencing data analyses was performed using BLAST search.

Selected isolates of each *Phytophthora* species were cultivated on V8A and PDA for a mycelia growth and a morphological characterization. Sporangia formation was stimulated by incubation of не на агарови блокчета от 7-дневна култура на среда V8A (15mmx20mm) от всеки изолат в изворна вода за период от 24-48 часа (Jung et al., 2011). Наблюде-нието на морфологичните структури е извършено с помощта на микроскоп Zeiss Axio Imager и програма AxioVision 4.8.2.

Патогенността на изолираните видове *Phytophthora* е изследвана спрямо дива и култивирана ягода и къпина, както и към диворастяща червена боровинка. Тестовете са проведени чрез заразяване на откъснати листа от ягодоплодните растения. От всеки вид *Phytophthora* е избран по един изолат както следва: *P. lacustris* – RLesh2016/81a, *P. syringae* – RDobrod2016/82d, *P. chlamydospora* – RChOs2016/83b and *P. gonapodyides* – RBOs2016/84a. Мицелни блокчета от 7-дневна култура на всеки изолат са поста-вени в петриеви блюда със стерилна дес-тилирана и изворна вода (1:1). Листа от изпитваните растения са поставени на повърхността на водата. Тази система позволява освобождаване на зооспори от зооспорангиите на изолатите *Phytophthora*, които могат да заразят чувствителни растения-гостоприемници. Симптомите на заразяване са наблюдавани 5-7 дни след инокулиране. Като контрола са из-ползвани листа от ягодоплодни растения потопени само в стерилна дестилирана и изворна вода (1:1).

agar blocks (15mmx20mm) of 7 days old culture on V8A of each isolate with spring water for 24 to 48 hours (Jung et al., 2011). Observation of morphological structures was performed by a microscope Zeiss Axio Imager and software AxioVision 4.8.2.

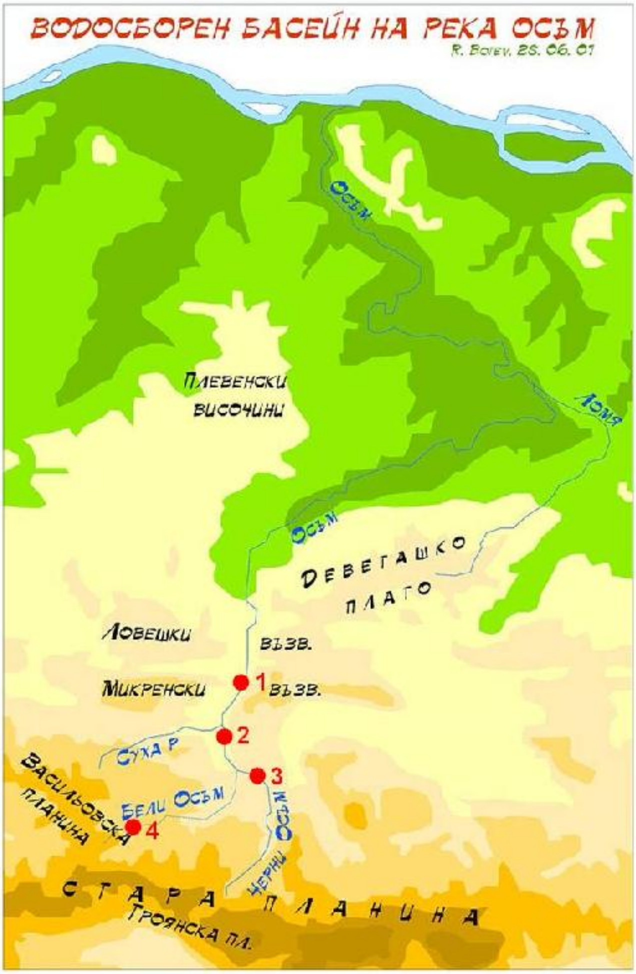
Pathogenicity of isolated *Phytophthora* species to wild and cultivated strawberry and blackberry, as well as wild cranberry was analyzed. Tests were performed by inoculation of detached leaves of berry plants. One isolate of each *Phytophthora* species was selected for analyses as follow: *P. lacustris* – RLesh2016/81a, *P. syringae* – RDobrod2016/82d, *P. chlamydospora* – RChOs2016/83b and *P. gonapodyides* – RBOs2016/84a. Mycelia plugs of 7-days old culture of each isolate were put in a Petri dish with sterile and spring water (1:1). The leaves of tested plants were placed to float into the Petri dishes. The system allows a release of zoospores that can infect sensitive host plants. Disease symptoms were observed 5 to 7 days post inoculation (dpi). Leaves of berry plants placed in a Petri dish with sterile and spring water (1:1) without *Phytophthora* were used as a control.

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

Разнообразието на видовете *Phytophthora* е изследвано в планинска-та и полупланинската част на река Осъм. Избрани са четири различни местоположения по реката: 1. река Осъм в село Лешница; 2. река Осъм в село Добродан; 3. река Черни Осъм в квартал Ливадето, гр. Троян; 4. река Бели Осъм в село Чифлик (Фигура 1).

RESULTS AND DISCUSSION

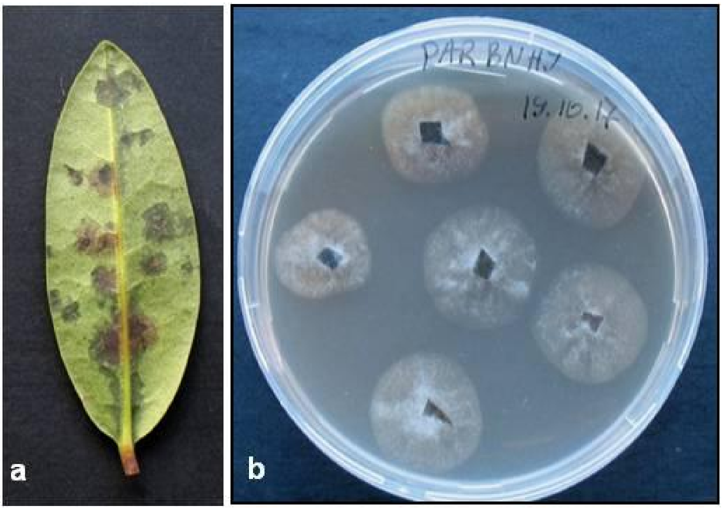
Diversity of *Phytophthora* species in a mountainous and foothill region of the Osam River was investigated in the study. Four different locations were chosen for the examination: 1. the Osam River at a village Leshnica; 2. the Osam River at a village Dobrodan; 3. the Cherni Osam River at a Livadeto district; 4. the Beli Osam River at a village Chiflik (Figure 1).



Фиг. 1. Места на залагане на уловки по горното течение на река Осъм: 1 – с. Лешница; 2 – с. Добродан; 3 – кв. Ливадето; 4 – с. Чифлик
Fig. 1. Locations of floating mesh bags placed in upper stream of the Osam River: 1 – Leshnica village; 2 – Dobrodan village; 3 – Livadeto district; 4 – Chiflik village

Наблюдавано е образуване на некро-тични петна върху повърхността на по-ставените като уловка листа от родо-дендрон (Фигура 2а). Изолирането на патогените е осъществено чрез селекция на PARNHB среда, благоприят-стваща растежа основно на видове от род *Phytophthora* (Фигура 2b). Общо 20 изолата са получени от четирите поста-вени уловки в река Осъм: 6 изолата от с. Лешница; по 5 изолата от с. Добродан и кв. Ливадето и 4 изолата от с. Чифлик.

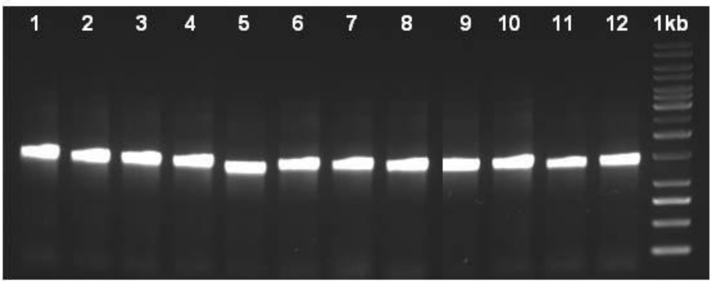
Necrotic spots on the surface of *Rhododendron* leaves from floating mesh bag were detected (Figure 2a). Isolation of pathogens was conducted by selection on PARNHB media that allow predominantly growth of *Phytophthora* species (Figure 2b). From all 4 locations, totally 20 isolates were selected as follow: 6 isolates from Leshnica village; 5 isolates per Dobrodan village and Livadeto district, and 4 isolates from Chiflik village.



Фиг. 2. Листа от уловки със симптоми от заразяване с *Phytophthora* (a) и отбор на изолати на селективна PARNHB среда (b)
Fig. 2. *Rhododendron* leaves floating mesh bag with symptoms of the *Phytophthora* infection (a) and selection of isolates on a selective PARNHB media (b)

За определяне на вида на събраните изолати са използвани специфични ДНК секвенции получени чрез PCR с праймери ITS5 и ITS4 (Фигура 3) и секвениране.

PCR amplification with primers ITS5 and ITS4 (Figure 3) and sequence analyses were performed for species identification of the isolates.



Фиг. 3. PCR амплификация на ITS региона на изолати *Phytophthora* от река Осъм
Fig. 3. PCR amplification of the ITS region of *Phytophthora* isolates from the Osam River

Резултатите от ДНК анализа са представени в Таблица 1. Всички изолати от р. Осъм при с. Леш-ница се отнасят към един вид – *P. lacustris*. При с. Добродан, освен *P. lacustris*, е изолиран и втори вид – *P. syringae*. От р. Черни Осъм в кв. Ливадето са изолирани *P. lacustris*, *P. gonapodyides* и *P.*

The results are presented in Table 1. In the Osam River at Leshnica village only *P. lacustris* was isolated. In the second spot of the river at Dobrodan village in addition to *P. lacustris*, *P. syringae* was recovered. In Cherni Osam River at Livadeto district *P. lacustris* was isolated together with *P. gonapodyides* *chlamydospora*. Същите 3 вида са определени и в р. Бели Осъм при с. Чифлик. Общо 13 изолата, от всички 20 проби, са идентифицирани като *P. lacustris*, което прави този вид *Phytophthora* най-разпространен в региона. Освен това, той се намира във всичките четири изследвани локации, което показва, че *P. lacustris* има най-голям ареал на разпространение в изследвания район. Три от изолатите са определени като *P. gonapodyides*, докато *P. chlamydospora* и *P. syringae* са представени с по два изолата.

and *P. chlamydospora*. The same 3 species were obtained from the Beli Osam River at Chiflik village. In total, 13 isolates of all 20 samples were identified as *P. lacustris*, which makes this *Phytophthora* species most common in the region. Furthermore, it is found in all the four locations, indicating that *P. lacustris* has the largest distribution range in the investigated region. Three of isolates were determined as *P. gonapodyides*, whereas *P. chlamydospora* and *P. syringae* were represented by two isolates each.

Таблица 1. Списък на изолатите *Phytophthora*, събрани от горното течение на р. Осъм
Table 1. List of *Phytophthora* isolates collected from the upper stream of the Osam River

No	Река / River	Локация / Location; GPS coordinates	Изолат / Isolate	Вид *Phytophthora* *Phytophthora* species
1.	Осъм Osam	с. Лешница Leshnica village; 43.017615/24.716778	RLesh2016/81a	*P. lacustris*
			RLesh2016/81b	*P. lacustris*
			RLesh2016/81d	*P. lacustris*
			RLesh2016/81d’	*P. lacustris*
			RLesh2016/81e	*P. lacustris*
			RLesh2016/81f	*P. lacustris*
2.	Осъм Osam	с. Добродан Dobrodan village; 42.957249/24.687510	RDobrod2016/82a	*P. lacustris*
			RDobrod2016/82b	*P. syringae*
			RDobrod2016/82c	*P. lacustris*
			RDobrod2016/82d	*P. syringae*
			RDobrod2016/82e	*P. lacustris*
3.	Черни Осъм Cherni Osam	кв. Ливадето, гр. Троян Livadeto district, Troyan town; 42.902689/24.738322	RChOs2016/83a	*P. gonapodyides*
			RChOs2016/83b	*P. chlamydospora*
			RChOs2016/83c	*P. lacustris*
			RChOs2016/83d	*P. lacustris*
			RChOs2016/83e	*P. lacustris*
4.	Бели Осъм Beli Osam	с. Чифлик Chiflik village; 42.826640/24.548904	RBOs2016/84a	*P. gonapodyides*
			RBOs2016/84b	*P. lacustris*
			RBOs2016/84c	*P. gonapodyides*
			RBOs2016/84d	*P. chlamydospora*

P. lacustris, *P. gonapodyides* и *P. chlamydospora* принадлежат към Клад 6 на род *Phytophthora*, докато *P. syringae* принадлежи към Клад 8. Тъй като видовете от Клад 6 преобладават в крайречни екосистеми, не е изненадващо, че представители на тази група съставят 90% от събраните изолати в това проучване. Видовете *Phytophthora* от

P. lacustris, *P. gonapodyides* and *P. chlamydospora* belong to Clade 6, whereas *P. syringae* belongs to the Clade 8. Since *Phytophthora* species of the Clade 6 are predominant in the riparian environment, it is not surprising that the representatives of this group form 90% of the collected isolates in the presented

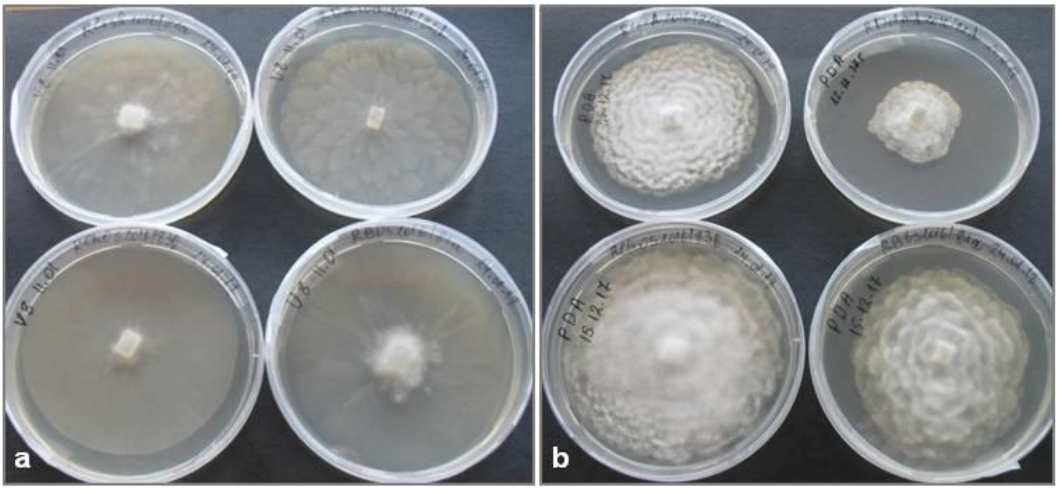
Клад 8 населяват основно почвата, което може да бъде причина за по-рядкото разпространение на *P. syringae* в изследваните проби от река Осъм.

При инкубиране на среда V8A, *P. lacustris* (RLesh2016/81a) и *P. syringae* (RDobrod2016/82d) формират сходни петалоидни колонии, докато *P. chlamydospora* (RChOs2016/83b) и *P. gonapodyides* (RBOs2016/84a) проявяват стелещ се тип на растеж, като при *P. gonapodyides* се наблюдава наличие на повече въздушен мицел към средата на Петриевото блюдо (Фигура 4a). На среда PDA четирите изолата образуват петалоидни към розовидни колонии, като *P. syringe* (RDobrod2016/82d) се отличава с по-уплътнен тип растеж на мицела (Фигура 4b).

study. *Phytophthora* species of the Clade 8 are mainly soil-borne and this could be a reason for the less frequent distribution of *P. syringae* in the Osam River.

P. *lacustris* and *P*. *syringae* (RDobrod2016/82d) form similar petaloid colonies on V8A media, while *P*. *chlamydospora* (RChOs2016/83b) and *P*. *gonapodyides* (RBOs2016/84a) exhibit more stellate pattern of growth (Figure 4a).

P. *gonapodyides* form aerial mycelium towards the centre of the plate. On PDA the four isolates form petaloid to rosaceous colonies, while distinctively *P. syringe* isolate grow in a denser pattern (Figure 4b).



Фиг. 4. Мицелен растеж на избрани изолати *Phytophthora* върху среди V8A (a) и PDA (b): *P. lacustris* (RLesh2016/81a), *P. syringae* (RDobrod2016/82d), *P. chlamydospora* (RChOs2016/83b), *P. gonapodyides* (RBOs2016/84a); (отгоре надолу и от ляво на дясно)

Fig. 4. The mycelium growth of selected *Phytophthora* isolates on V8A (a) and PDA (b) media: *P. lacustris* (RLesh2016/81a), *P. syringae* (RDobrod2016/82d), *P. chlamydospora* (RChOs2016/83b), *P. gonapodyides* (RBOs2016/84a); (from up to down and from left to right)

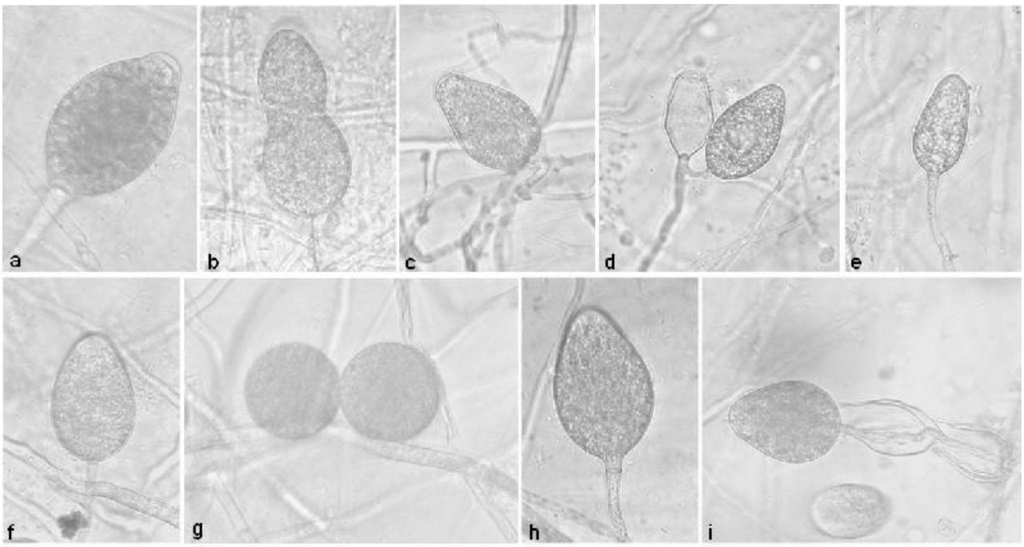
Четирите изследвани вида *Phytophthora* образуват спорангии върху наводнен морковен агар. Изолат *P*. *lacustris* (RLesh2016/81a) образува яйцевидни спорангии без папила (Фигура 5a, c), понякога с атипична форма (Фигура 5b). Спорангиите на изолат *P. syringae*

All four species produced sporangia in flooded carrot agar. Isolate *P. lacustris* form non-papillate ovoid sporangia (Figure 5a, c), sometimes with atypical forms (Figure 5b).

P. syringae (RDobrod2016/82d) produce

(RDobrod2016/82d) са яйцевидни и обратнокрушовидни с полупапила (Фигура 5d, e). Изолатите *P. chlamydospora* (RChOs2016/83b) и *P. gonapodyides* (RBOs2016/84a) формират яйцевидни спорангии без папила и се характеризират с вътрешна пролиферация (Фигура 5f, g и h, I респективно).

semipapillate ovoid to obpyriform sporangia (Figure 5 d, e). Both isolates *P. chlamydospora* (RChOs2016/83b) and *P. gonapodyides* (RBOs2016/84a) form non-papillate ovoid sporangia which proliferate internally (Figure 5f, g and h, I respectively).



Фиг. 5. Морфологични структури на *P. lacustris* – RLesh2016/81a (a, b, c), *P. syringae* – RDobrod2016/82d (d, e), *P. chlamydospora* – RChOs2016/83b (f, g), *P. gonapodyides* – RBOs2016/84a (h, i)

Fig. 5. Morphological structures of *P. lacustris* – RLesh2016/81a (a, b, c), *P. syringae* – RDobrod2016/82d (d, e), *P. chlamydospora* – RChOs2016/83b (f, g), *P. gonapodyides* – RBOs2016/84a (h, i)

Патогенността на избраните за анализ изолати *Phytophthora* спрямо диви и култивирани ягодоплодни растения е представена на Фигура 6. Това е първоначално проучване на способността на изолираните видове *Phytophthora* да заразяват различни растения, разпространени в планинските и полупланинските зони на река Осъм. Резултатите от тестовете за патогенност показват, че *P. lacustris*, *P. syringae*, *P. gonapodyides* и *P. chlamydospora* могат да заразяват както диворастящи, така и култивирани ягодоплодни растения. Най-бързо развитие на симптомите на болестта, както и най-висока агресивност за период от 3-5 дни след инокулиране е отчетена за *P. chlamydospora* –

Pathogenicity analyses of selected *Phytophthora* isolates was performed using wild and cultivated berry plants (Figure 6). This is an initial screening for the ability of these *Phytophthora* species to infect various plants that are distributed in the mountainous and semi-mountainous areas of the Osam River. Results of the pathogenicity tests showed that *P. lacustris*, *P. syringae*, *P. gonapodyides* and *P. chlamydospora*, can infect wild berry plants, as well as cultivated species. *P. chlamydospora* – RChOs2016/83b shows the fastest development of the disease symptoms on tested leaves and severe infection 3-5 days post inoculation. Weaker symptoms

RChOs2016/83b. По-слаби симптоми и по-бавно развитие на болестта е установено при *P. syringae* –- RDobrod2016/82d. Не са наблюдавани симптоми на инфектиране при листата на контролните растения.

and a slower infection and a slower spread of disease symptoms were recorded for *P. syringae* – RDobrod2016/82d. No infection on control leaves was counted.

Фиг. 6. Патогенност спрямо диворастяща (a) и култивирана (b) ягода, диворастяща (c) и култивирана (d) къпина и диворастяща червена боровинка (e) на *P. lacustris* (RLesh2016/81a), *P. syringae* (RDobrod2016/82d), *P. chlamydospora* (RChOs2016/83b) и *P. gonapodyides* (RBOs2016/84a)

Fig. 6. Pathogenicity to wild (a) and cultivated (b) strawberry, wild (c) and cultivated (d) blackberry and wild cranberry (e) of *P. lacustris* (RLesh2016/81a), *P. syringae* (RDobrod2016/82d), *P. chlamydospora* (RChOs2016/83b) and *P. gonapodyides* (RBOs2016/84a)

Данните от проучването показват, че *P. lacustris*, *P. gonapodyides*, *P. chlamydospora* и *P. syringae* са патогени по изпитаните ягодоплодни растения. Изолираните видове *Phytophthora* представляват потенциална заплаха за дивите видове растения в крайречните екосистеми. В същото време, при благоприятни климатични условия, те могат да нанесат щети и на култивираните ягодоплодни видове в земеделските области, чрез разпространение на зооспори от *Phytophthora* при използване на водите на река Осъм за напояване.

Our data showed that *P. lacustris*, *P. gonapodyides*, *P. chlamydospora* and *P. syringae* are pathogens on tested berry plants. Isolated *Phytophthora* species are potential threat to wild plants in the riparian ecosystems. On the other hand, they can also cause damage to cultivated plants in agricultural areas under suitable climate conditions by releasing and spreading of zoospores during irrigation with Osam River water.

ИЗВОДИ

Четири вида *Phytophthora* (*P. lacustris*, *P. gonapodyides*, *P. chlamydospora* и *P. syringae*) са изолирани от горното течение на река Осъм. Това е първото съобщение за разпространението на тези видове във водна екосистема на територията на България. Изолираните видове *Phytophthora* проявяват патогенност към диви и култивирани ягодоплодни растения и представляват потенциална заплаха за растителността в района на река Осъм.

CONCLUSIONS

Four *Phytophthora* species (*P. lacustris*, *P. gonapodyides*, *P. chlamydospora* and *P. syringae*) were isolated from the upper stream of the Osam River. This appears to be the first record for the occurrence of these *Phytophthora* species in aquatic ecosystem on the territory of Bulgaria. Isolated *Phytophthora* species demonstrated pathogenicity to wild and cultivated berry plants and are potential threat to vegetation in the region of the Osam River.

БЛАГОДАРНОСТИ

Настоящото изследване е финансирано от проект „Responses of European Forests and Society to Invasive Pathogens (RESIPATH)" по програма BiodivERsA 2012-2013 Joint call.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work was funded by the project „Responses of European Forests and Society to Invasive Pathogens (RESIPATH)" of a programme BiodivERsA 2012-2013 Joint call.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. **Cline, E. T., D. F. Farr and A. Y. Rossman**, 2008. A synopsis of *Phytophthora* with accurate scientific names, host range, and geographic distribution. *Plant Health Progress*, doi:10.1094/PHP-2008-0318-01-RS.

2. **Dunstan, W. A., K. Howard, G. E. St. J. Hardy and T. I. Burgess**, 2016. An overview of Australia's *Phytophthora* species assemblage in natural ecosystems recovered from a survey in Victoria. *IMA Fungus*, 7(1), 47-58.

3. **Hansen, E. M., P. Reeser, W. Sutton and C. M. Brasier**, 2015. Redesignation of *Phytophthora* taxon Pgchlamydo as *Phytophthora chlamydospora* sp. nov. *North American Fungi,* 10(2), 1-14.

4. **Jung, T., M. J. C. Stukely, G. E. St. J. Hardy, D. White, T. Paap, W. A. Dunstan and T. I. Burgess**, 2011. Multiple new *Phytophthora* species from ITS Clade 6 associated with natural ecosystems. *Persoonia*, 26, 13-39.

5. **Lolas, M.**, **J. M. Contreras**, **R. Méndez**, **M. Cáceres and G. A. Díaz**, 2016. First Report of Phytophthora Fruit Rot in Apple Caused by Phytophthora syringae During Cold Storage in Maule Region, Chile. *Plant Disease*, 100(7), 1507.
6. **Nechwatal, J., J. Bakonyi, S. O. Cacciola, D. E. L. Cooke, T. Jung, Z. A. Nagy, A. Vannini, A. M. Vettraino and C. M. Brasier**, 2013. The morphology, behavior and molecular phylogeny of *Phytophthora* taxon Salixsoil and its redestination as *Phytophthora lacustris* sp. nov. *Plant Pathol*., 62, 355.
7. **Reeser, P. W., W. Sutton, E. M. Hansen, P. Remigi and G. C. Adams**, 2011. *Phytophthora* species in forest streams in Oregon and Alaska. *Mycologia*, 103, 22–35.
8. **Stamler, R. A., S. Sanogo, N. P. Goldberg and J. J. Randall**, 2016. *Phytophthora* Species in Rivers and Streams of the Southwestern United States. *Appl Environ Microbiol*., 82(15), 4696-4704.
9. **Thomidis, T.**, 2001. Testing variability in pathogenicity of *Phytophthora cactorum, P. citrophthora* and *P. syringae* to apple, pear, peach, cherry and plum rootstocks. *Phytoparasitica*, 29, 47.
10. **Upstone, M. E.**, 1978, Phytophthora syringae Fruit Rot of Apples. *Plant Pathology*, 27(1), 24-30.
11. **Yang, X., Y. Balci, N. J. Brazee, A. L. Loyd and C. X. Hong**, 2016. A unique species in Phytophthora clade 10, *Phytophthora intercalaris* sp. nov., recovered from stream and irrigation water in the eastern USA. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 66, 845-855.

Journal of Mountain Agriculture on the Balkans, 2018, 21 (1), 192-199 ISSN 1311-0489 (Print)
Research Institute of Mountain Stockbreeding and Agriculture, Troyan ISSN 2367-8364 (Online)

Икономическа оценка на технология за биологично производство на малини

Илияна Кришкова*, Елена Цолова

Институт по земеделие, 2500 Кюстендил, България

Economic evaluation of technology for organic production of raspberries

Iliyana Krishkova*, Elena Tsolova

Institute of Agriculture, 2500 Kyustendil, Bulgaria

**E-mail: krishkova@abv.bg*

Received: 04.052017 *Accepted:* 14.11.2017 *Published:* 06.08.2018

РЕЗЮМЕ

Опитът е проведен през периода 2013-2016 г. в експерименталното поле на гр. Костинброд към Институт по земеделие - Кюстендил. Проучват се два сорта Виламет и Люлин при схема на засаждане 2.5 x 0.5 m или 800 растения/da. Поливането е с капкова инсталация с поливна норма 80% ЕТ. Изпитват се четири варианта на торене.

Вложените средства при създаване на биологично малиново насаждение възлизат на 875.4 лв./da при варианта без торене, на 886.92 лв./da при торене с биохумакс, на 894.8 лв./da с хумустим и на 913.88 лв./da с хемозим био 5 + хемофол Н4.

През периода на плододаване с ниска себестойност на продукцията 1.24 лв./kg се характеризира варианта на торене с хумустим при сорт Люлин, а с най-висока при торене с хемозим +хемофол – 1.38 лв./kg за сорт Виламет.

От икономическа гледна точка направените допълнителни разходи за торене при биологично производство на малини са оправдани и водят до по-

SUMMARY

The investigations were carried out during the period 2013-2016 in the experimental field of the town Kostinbrod at the Institute of Agriculture - Kyustendil, Bulgaria. Cultivars Willamette and Lyulin has developed at a distance of 2.50 x 0.50 m or 880 plants/da. Drip irrigation rate of 80% ET was applied. The influence of four types of fertilization was examined.

Invested resources for creating biological raspberry plantation amounted to 875.4 BGN/da in variants without fertilization, to 886.92 BGN/da at fertilization with Biohumax, 894.8 BGN/da with Humustim and 913.88 BGN/da with Hemozym bio 5+ Hemofol H4.

During the fruiting period the variant with Humustim fertilization is characterized with low cost production – 1.24 BGN/kg and the highest is at fertilization with Hemozym+Hemofol – 1.38 BGN/kg.

From an economic point of view, the additional costs of fertilization in organic production of raspberries are justified and lead to greater economic

висока икономическа ефективност.

Ключови думи: малини, разходи, себестойност, ефективност

efficiency.

Key words: raspberries, costs, prime cost, effectiveness

УВОД

Биологичното земеделие е важен приоритет в политиката за развитие на земеделието в Република България и един от акцентите на Общата селско-стопанска политика за периода 2014-2020 г. Интересът към биологично про-изведените храни и напитки се засилва в световен мащаб. Биологично земеделие се практикува приблизително в 100 страни в света на повече от 24 млн. ha /Австралия – 10 млн. ha, Аржентина – 3 млн. ha, Латинска Америка – 100 000 ha/ (Ejeta, 2009, Atanasov et al., 2014). В България биологичното земеделие също се радва на постоянно растящ интерес от страна на производители и потребители. За разлика от останалите земеделски сектори биологичното производство расте не в проценти, а в пъти. Българските биопродукти имат добра реализация и са конкурентни на европейския пазар, докато вътрешният пазар може да се определи по-скоро като зараждащ се (Mitova, 2014).

Малината се наложи като доходен овощен вид за много райони в България с подходящи за отглеждането ú почвено-климатични условия. При оценка на икономическата ефективност на технологията за производство на малини в равнинните условия е установено, че производството на малинови плодове не е печелившо при цена на реализация от 1.50 лв./kg. При цени от 2.00 лв./kg и по-високи се осигурява много добра рентабилност. Срокът на възвръщаемост на разходите при цена от 2.00 лв./kg е през четвърта вегетация, а при цени от 2.50-3.00 лв./kg през трета вегетация (Koumanov et al., 2016).

Много изследователи използват различни икономически модели за определяне ефективността на земеделското производство (Thiam et al., 2001; Iraizoz et

INTRODUCTION

Organic farming is an important priority in the policy for the development of agriculture in the Republic of Bulgaria and one of the priorities of the Common Agricultural Policy 2014-2020. The interest in organic food and drinks is growing worldwide.

Organic farming is practiced in approximately 100 countries in the world at more than 24 million ha /Australia – 10 million ha, Argentina – 3 million ha, Latin America – 100 000 ha/ (Ejeta, 2009; Atanasov et al., 2014). Organic farming in Bulgaria also enjoys a constantly growing interest from producers and consumers.

Unlike other agricultural sectors, organic production grows not in percent, but in times. Bulgarian bioproducts have a good realization and are competitive on the European market, while the domestic market can be defined as a nascent one (Mitova, 2014).

Raspberry has become a profitable fruit species for many regions in Bulgaria with soil-climatic conditions suitable for its cultivation. When assessing the economic efficiency of the raspberry production technology, it has been found that raspberry production is not profitable at a selling price of 1.50 BGN/kg.

At prices of 2.00 BGN/kg and higher, a very good profitability is ensured. The payback period at a price of 2.00 BGN/kg is during the fourth vegetation and at prices from 2.50 to 3.00 BGN/kg during a third vegetation (Koumanov et al., 2016).

Many researchers using different economic models to determine the efficiency of agricultural production (Thiam et al., 2001; Iraizoz et al., 2003;

al., 2003; Chauhan et al., 2006). При малината е препоръчително отглеждането на по-големи площи, за да се осигури икономия от размера на производството и разширяване на мащабите му (Manolova, 2005). Чрез оптималното използване на суровините се постига максимизиране на икономическата възвращаемост (Coelli, 1998; Thanassoulis, 2001; Onut and Soner, 2006).

Във връзка с нарастващия интерес към биологичното производство си поставихме за цел да установим икономическия ефект от приложението на различно торене при малината.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Опитът е проведен през периода 2013-2016 г. в експерименталното поле на гр. Костинброд към Институт по земеделие - Кюстендил. Проучват се два сорта Виламет и Люлин при схема на засаждане 2.5 x 0.5 m или 800 растения/da. Поливането е с капкова инсталация с поливна норма 80% ET. Почвата е чернозем смолница, която се характеризира с твърде специфични водно-физични и химични свойства. По механичен състав е тежко глинеста със зърнесто-троховидна структура. Водно-физичните ú свойства се характеризират с добра влагоемност и със значителни запаси от усвоима за растенията влага. Мощността на хумусния хоризонт на почвата е над 80 cm, а запасеността ú с хумус в орния слой е 3.7%. Съдържанието на подвижните форми на основните хранителни елементи е: N – 35,7 mg/1000g, P_2O_5 – 16,7 mg/100g и K_2O 34 mg/100g. почва. Реакцията ú е неутрална до слабо алкална pH (H_2O) 6,9-7,1.

Изпитват се четири варианта на торене.

V0 – контрола
V1 – хумустим
V2 – хемозим био 5 + хемофол Н4
V3 – биохумакс

За сравнителния икономически анализ на технологията е използва система от показатели: среден добив, kg/da; брутна продукция, лв./da; произ-

Chauhan et al., 2006). For raspberry is advisable cultivation of larger areas, to ensure the saving of the amount of production and expansion of its magnitude (Manolova, 2005). By optimal use of raw materials is achieved to maximize the economic returns (Coelli, 1998; Thanassoulis, 2001; Onut and Soner, 2006).

In connection with the growing interest in organic production, we have set ourselves the goal of identifying the economic effect of applying different fertilizers to raspberries.

MATERIAL AND METHODS

The experience was carried out during the period 2013-2016 in the experimental field of the town of Kostinbrod at the Institute of Agriculture - Kyustendil. Two varieties of Willamette and Lyulin are studied in a planting pattern of 2.5 x 0.5 m or 800 plants/da. Drip irrigation with rate of 80% ET is applied. The soil is a black-earth reed which is characterized by very specific water-physical and chemical properties. The mechanical composition is heavy clay with grainy-trout structure. Its water-physical properties are characterized by good moisture content and considerable preservation of moisture absorbed by plants. The soil's humus horizon power is over 80 cm and its humus content in the top layer is 3.7%. The content of the mobile forms of the main nutrients is: N – 35,7 mg/1000g, P_2O_5 – 16,7 mg/100g and K_2O of 34 mg/100 g of soil. Its reaction is neutral to slightly alkaline pH (H_2O) 6.9-7.1.

Four fertilization variants are tested.

V0 – control
V1 – Humostim
V2 – Hemozim bio 5 + Hemofol H4
V3 – Biohumax

For the comparative economic analysis of the technology is used a system of indicators: average yield, kg/da; Gross production, BGN/da; Production водствени разходи, лв./da; нетен доход, лв./da и норма на възвръщаемост, %

costs, BGN/da; Net income, BGN/da and rate of profitability,%

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

Получените резултати през периода на изследване от малиново насаждение със сорт Люлин, отглеждано при различни варианти на торене и растителна защита, дават възможност да бъде направена икономическа оценка на технологогията за биологично производство на малини.

Производствените разходи по създаването и първа година на отглеждане на биологично малиново насаждение възлизат на 875.4 лв./da за контролния вариант, 886.92 лв./da при торене с биохумакс, 894.8 лв./da с хумустим и 913.88 лв./da с хемозим био 5 + хемофол Н4. Подобни резултати са получени от Manolova (2005) при стан-дартно производство на малини. При анализа на структурата на ресурсоразходите е установено, че за посадъчен материал са изразходвани 69% от общите разходи по създаване на насаждението.

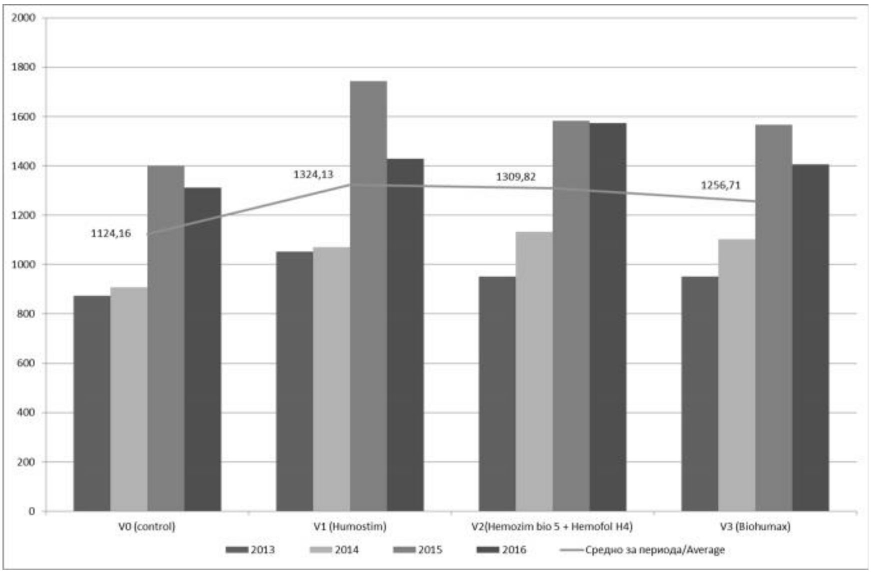
През отделните години и средно за периода направените производствени разходи при вариантите на торене са по-високи в сравнение с контролата (Фигура 1). С най-висока стойност са разходите при варианта торен с хумустим – 1324 лв./da, следван в низходящ ред от този торен с хемозим + хемофол – 1310 лв./da, биохумакс – 1257 лв./da и най-ниска при контролата – 1124 лв./da. Допълнителните производствени разходи при трите торени варианта са в рамките на 133-200 лв./da, които са в резултат на направените разходи за торене и получената допълнителна плодова продукция.

RESULTS AND DISCUSSION

The results obtained during the study period of a raspberry variety of Lulin, grown under different fertilization and plant protection options, make it possible to carry out an economic assessment of the organic production of raspberries.

The production costs for the establishment and the first year of organic raspberry cultivation amount to 875.4 BGN/da for the control variant, 886.92 BGN/da for Biohumax fertilization, 894.8 BGN/da with Humustim and 913.88 BGN/da for Hemozim bio 5 + Hemophol H4. Similar results were obtained from Manolova (2005) in standard raspberry production. In the analysis of the structure of the resource expenditures it was found that 69% of the total costs of planting were spent on propagating material.

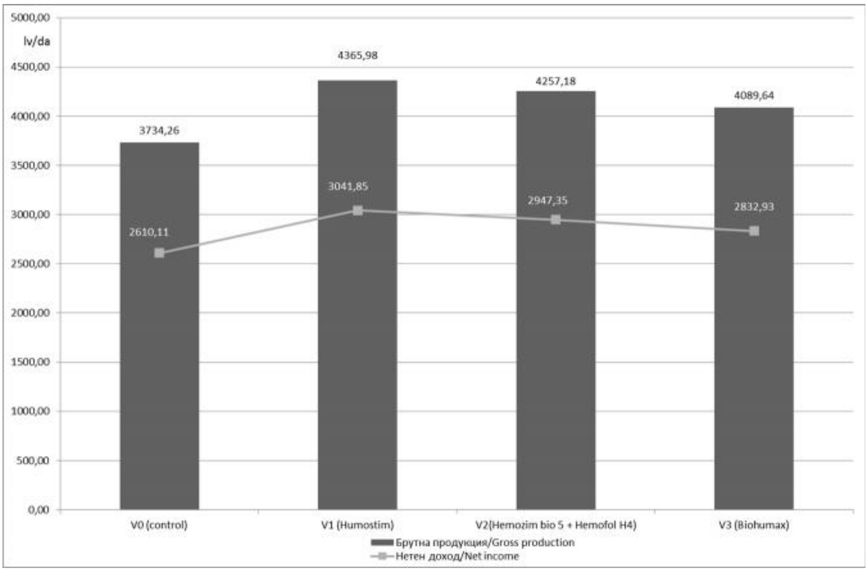
In individual years and on average over the period, the production costs of the fertilization variants are higher than the control (Figure 1). The highest value is the cost of the manure versus Humustim – 1324 BGN/da, followed in descending order by this Hemozim + Hemofol – 1310 BGN/da, Biohumax – 1257 BGN/da and the lowest at the control – 1124 BGN/da. The additional production costs for the three fertilized variants are within the range of 133-200 BGN/da, which are the result of the fertilization costs incurred and the resulting additional fruit production.



Фиг. 1. Производствени разходи, лв./da
Fig. 1. Production costs, BGN/da

Брутната продукция в стойностен израз, при изследваните варианти, следва тенденцията на изменение на средния добив. По-високи стойности са получени и при трите варианта на торене, в сравнение с контролата. През две от годините на изследване и средно за периода брутната продукция е най-голяма при торене с хумустим – 4366 лв./da (Фигура 2). Тя е по-висока с 14.5% от тази на контролата. През 2014 г. от варианта торен с биохумакс е получена по-висока брутна продукция в резултат на по-високия добив, а през 2016 при варианта порен с хемозим + хемофол.

Gross production in value expression, in the options examined, follows the trend of change in the average yield. Higher values were obtained for the three fertilizer variants compared to the control. Over the two years of the survey and on average over the period the gross production was the highest when fertilized with Humustim - 4366 BGN/da (Figure 2). It is 14.5% higher than the control. In 2014, the Biohumax fertilizer variant produced higher gross production as a result of the higher yield, and in 2016 in the variant with Hemizim + Hemophol.



Фиг. 2. Брутна продукция и нетен доход, лв./da
Fig. 2. Gross production and net income, BGN/da

Нетният доход следва тенденцията на изменение на брутната продукция и е в рамките на 2610-3042 лв./da. Полученият допълнителен нетен доход е 223 лв./da при торене с биохумакс, следван от варианта торен с хемозим + хемофол – 337 лв./da и най-висок при торене с хумустим – 432 лв./da.

Важен критерий за икономическата оценка на производството е и себестойността на продукцията, която се определя от равнището на средните добиви и размера на производствените разходи. От изпитваните варинти с ниска себестойност на продукцията 1.24 лв./kg се характеризира варианта торен с хумустим и със същата стойност е контролата. Най-висока себестойност на продукцията средно за периода на изследване е получена при торене с хемозим + хемофол – 1.28 лв./kg.

Икономическият показател норма на рентабилност при отглеждане на малини от сорт Люлин, варира в граници от 171% при торене с хемозим + хемофол през 2015 г. до 285.6% при торене с биохумакс през 2014 г. Производството при този вариант оба-

Net income follows the trend of gross production change and is within the range 2610-3042 BGN/da. The resulting net income is 223 BGN/da for Biohumax fertilization, followed by fertilizer with Hemizim + Hemophol – 337 BGN/da and the highest fertilization with humustim – 432 BGN/da.

Another important criterion for economic assessment is the cost of production, which is determined by the ratio between the average yields and production costs. It is noteworthy that the variants with humustim and the control had the lowest production cost (1.24 BGN/kg) among the examined variants. In contrast, the highest average value (1.28 BGN/kg) of production was obtained in the fertilization variant Hemizim + Hemophol.

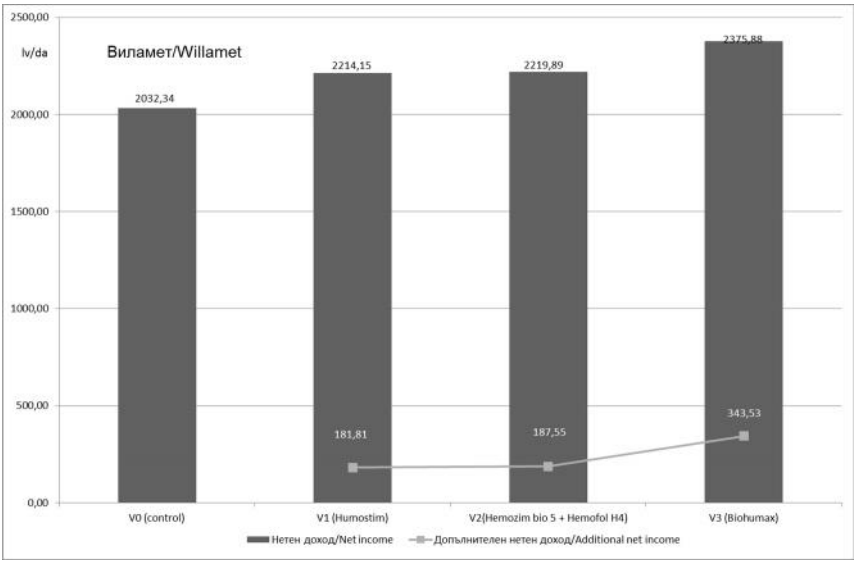
The economic performance rate for the cultivation of raspberries of the Lyulin variety ranged from 171% in fertilization with Hemozim + Hemophol in 2015 to 285.6% for Biohumax fertilization in 2014.

Production in this variant is however less че е по-ниско рентабилно в сравнение с данните средно за периода 2013-2016 г., където предимство има торенето с хумустим – 234%.

При сорт Виламет торенето с биохумакс дава по-добри икономически резултати. Нетният доход средно за периода е 2376 лв./da, следван в низходящ ред от този торен с хемозим + хемофол – 2220 лв./da, хумустим – 2214 лв./da и най-нисък при контролата – 2032 лв./da (Фигура 3). Допълнителният нетен доход при трите торени варианта е в рамките на 182-344 лв./da, който е в резултат на получената допълнителна плодова продукция.

profitable compared to the average data for the period 2013-2016, where the Humustim fertilization advantage is 234%.

For the Willamette variety, fertilizing with Biohumax gives better economic results. The net average income for the period is 2376 BGN/da, followed in descending order by this with Hemozim + Hemophol – 2220 BGN/da, Humustim – 2214 BGN/da and lowest at the control – 2032 BGN/da (Figure 3). The additional net income for the three fertilized variants is between 182-344 BGN/da, which is the result of the additional fruit production.



Фиг. 3. Нетен доход, лв./da
Fig. 3. Net income, BGN/da

От икономическа гледна точка направените допълнителни разходи за торене при биологично производство на малини са оправдани и водят до по-висока икономическа ефективност.

From an economic point of view, the additional costs of fertilization in organic raspberries are justified and lead to higher economic efficiency.

ИЗВОДИ

1. Производствените разходи за изграждане на биологично малиново насаждение са в рамките на 875.4 - 913.88 лв./da в зависимост от избрания вариант на торене.

CONCLUSIONS

1. The production costs for the construction of organic raspberry plantations are within the range 875.4-913.88 BGN/da depending on the fertilizer option chosen.

2. Най-подходящо от икономическа гледна точка при биологично производство на малини е торенето с хумустим при сорт Люлин, където полученият допълнителен нетен доход е в размер на 432 лв./da, а нормата на рентабилност – 234%.

3. При сорт Виламет торенето с биохумакс дава по-добри икономически резултати в сравнение с останалите варианти на торене.

2. The most suitable from the economic point of view in organic raspberry production is Humustim fertilization of the Lyulin variety, where the extra net income is 432 BGN/da and the rate of profitability is 234%.

3. For the Willamette variety, Biohumax fertilization provides better economic results than other fertilizing options.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. **Atanasov, A., M. Shishinova, G. Rakleova, I. Panchev, M. Vlahova, L. Carlier, R. Dimkov, T. Mitova, M. Todorov, Ts. Mihovski, R. Bachvarova and S. Apostolov**, 2014. Organic Farming – Problems and Perspectives. Reports of "Biological, Plant, Livestock and Food", SAA, 7-14 (Bg).
2. **Chauhan, N., P.K. Mohapatra and K. Pandey**, 2006. Improving energy productivity in paddy production through benchmarking – an application of data envelopment analysis. *Energy Conversion and Management*, 47: 1063-1085.
3. **Coelli, T.**, 1998. A multi-stage methodology for the solution of orientated DEA models. *Operations Research Letters*, 23: 143-149.
4. **Ejeta, G.,** 2009. Revitalizing agriculture research for global food security. *Food Security*, 1(4), 391-401.
5. **Iraizoz, B., M. Rapun and I. Zabaleta**, 2003. Assessing the technical efficiency of horticultural production in Navarra, Spain. *Agricultural Systems*, 78: 387-403.
6. **Koumanov, K.S., G.D. Kornov and D.E. Zyapkov**, 2016. Economics of primocane-fruiting raspberry production in lowland conditions. *Acta Hort. (ISHS),* 1139: 709-714.
7. **Manolova, V.**, 2005. Investment and efficiency in fruit growing. LAX advertising, Plovdiv, pp. 156 (Bg).
8. **Mitova, D.**, 2014. Organic farming – a component and instrument of eco-management of agriculture. Reports of "Biological, Plant, Livestock and Food", SAA, 15-22 (Bg).
9. **Onut, S. and S. Soner**, 2006. Analysis of energy use and efficiency in Turkish manufacturing sector SMEs. *Energy Conversion and Management*, 48: 384-394.
10. **Thanassoulis, E.**, 2001. Introduction to the theory and application of data envelopment analysis. Norwell: Kluwer Academic Publishers.
11. **Thiam, A., B.E. Bravo-Ureta and T.E.Rivas**, 2001. Technical efficiency in developing country agriculture: a meta-analysis. *Agricultural Economics*, 25: 235-243.

Journal of Mountain Agriculture on the Balkans, 2018, 21 (1), 200-209
Research Institute of Mountain Stockbreeding and Agriculture, Troyan
ISSN 1311-0489 (Print)
ISSN 2367-8364 (Online)

Отбор на ягодови сортове – кратка помологична характеристика

Веселка Антонова

Институт по земеделие, 2500 Кюстендил, България

Strawberry breeding – short pomological characteristic

Vesselka Antonova

Institute of agriculture, 2500 Kyustendil, Bulgaria

E-mail: veselka__antonova@abv.bg

Received: 28.04.2017 *Accepted:* 14.11.2017 *Published:* 06.08.2018

РЕЗЮМЕ

Представените в статията сортове ягоди (Marmolada, Eva, Polka, Elegance, Fenella, Seneca, Serenity) са отбрани въз основа на изпитване от два сортови опита проведени, съответно 2009-2012 г. и 2011-2013 г. В резултат на проведеното изследване е установено, че устойчиви на късни пролетни студове са Marmolada, Eva, Polka. С най-добре изявени признаци брой цветоноси и брой цветове на растение са сортовете Marmolada (8.5 бр., 49.2 бр.), Polka (5.9 бр., 45.0 бр.) и Elegance (6.5 бр., 31.4 бр.). С най-голям среден брой цветове на цветонос е сорт Polka, 8.4. Най-едроплодни са сортовете Fenella (20.7 g), Elegance (18.1 g), Marmolada (17.3 g). С отличен добив се изявяват Polka (3238 kg/da), Elegance (2963 kg/da), Fenella (2956 kg/da), Marmolada (2769 kg/da), Seneca (2731 kg/da); с много добър е сорт Eva (2163 kg/da). Плодовете на сортовете Seneca, Marmolada, Polka, Eva, Elegance, Serenity и Fenella са много привлекателни и с много добри вкусови качества. Най-ароматни са тези на Elegance, а плътни на Seneca, Eva, Elegance.

SUMMARY

The strawberry varieties included in this paper were selected (Marmolada, Eva, Polka, Elegance, Fenella, Seneca, Serenity) on the basis of two research trials conducted respectively in the periods 2009-2012 and 2011-2013. As a result of the study, it was established that the varieties Marmolada, Eva and Polka are the most resistant to late spring cold spells. The highest number of inflorescences, and flowers per plant respectively were produced by Marmolada (8.5; 45.0), Polka (5.9; 45.0), and Elegance (6.5; 31.4). Polka had the highest number of flowers per inflorescence – 8.4. The varieties with the largest fruit were Fenella (20.7 g), Elegance (18.1 g), Marmolada (17.3 g). The highest yields were observed in Polka (3238 kg/da), Elegance (2963 kg/da), Fenella (2956 kg/da), Marmolada (2769 kg/da), Seneca (2731 kg/da); followed by Eva (2163 kg/da). The fruits of Seneca, Marmolada, Polka, Eva, Elegance, Serenity and Fenella had the highest taste qualities and visual appeal. Elegance was distinguished by excellent aromatic properties. Seneca, Elegance and Eva had the highest firmness flesh among all tested varieties.

Ключови думи: ягодови сортове, брой цветоноси и цветове, помологична характеристика, родовитост, средна маса

Key words: strawberry varieties, number of inflorescences and flowers, pomology characteristic, fruitfulness, average mass

УВОД

Ягодата (*Fragaria x ananassa* Duch.) е дребноплоден овощен вид с широк ареал на разпространение. Според Darow (1966) сортовете на градинската ягода може да виреят в райони с твърде различни екологични условия – от морското равнище до 3200 m над него, от Аляска до полутропичните райони, от Арктика до Еквадор. В нашата страна сортовият състав се състои единствено от интродуцирани сортове ягоди. През последните 10-15 години непрекъснато се внасят нови, по-приспособени и по-устойчиви сортове, чиито качества са познати главно от изследвания в други райони на света и по литературни данни. Това налага необходимостта от непрекъснато изучаване и изпитване за пригодността на тези сортове за отглеждането им при конкретните почвено-климатични условия. Новите сортове трябва да бъдат с висок и постоянен добив, приспособени към променливия климат на отделните райони, отговарящи възможно по-пълно на съвременните изисквания (Eremin et al., 2004; Bernardini, 2009; Lopez-Medina and Blanco, 2008). Продължават да се отглеждат и стари сортове като Senga Sengana, Cambridge favourite, Redgauntlet и Belrubi.

Целта на настоящето изследване е да се отберат по комплексна оценка най-добре изявилите се при конкретните почвено-климатични условия интродуцирани ягодови сортове.

INTRODUCTION

Strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) is a small fruit-bearing species with a wide range of geographical distribution. According to Darrow (1966), the varieties of the common garden strawberry can persist in regions with contrasting ecological and climatological conditions – from sea level to 3200 m, from Alaska to the Tropics, from the Arctic to Ecuador. In Bulgaria, the variety selection exclusively consists of introduced strawberry varieties. In the last 10-15 years there has been an increase in the rate of export of better-adapted and more resistant to pests varieties. Their characteristics, however, are known only thanks to studies conducted in other parts of the globe, and literature reviews. This has presented the need to conduct long-term studies investigating the varieties' response to the particular soil and climatological conditions. The new varieties introduced should have a high and constant yield, be adapted to the fluctuations in climate of particular regions, and bear all the modern characteristics of variety success (Eremin et al., 2004; Bernardini, 2009; Lopez-Medina and Blanco, 2008). There are still older varieties grown such as Senga Sengana, Cambridge favourite, Redgauntlet and Belrubi.

The purpose of the following study is to select the best-suited to the particular soil and climatological conditions introduced varieties.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Опитите са проведени в опитно поле Костинброд, ИЗ - Кюстендил по метода на латинския правоъгълник в четири повторения от по 20 растения. Първият опит е през периода 2009-2012 г. и включва 8 сорта (Seneca,

MATERIAL AND METHODS

The experimental trials were conducted in a test field located in Kostinbrod, Institute of Agriculture - Kyustendil, and the methodology used complies with the Latin rectangular rule, consisting of 4 rows of 20 plants each. The

Marmolada, Eva, Polka, Cesena, Gardena, Seascape, Miranda) и два стандарта (Senga Sengana, Belrubi). Вторият опит е през периода 2011-2013 г. и включва 12 сорта (Maya, Camino Real, Elegance, Serenity, Fenella, Onda, Selva, Camarosa, Ventana, Diamante, Gaviota, Tethis) и един стандарт (Redgauntlet). Схемата на засаждане е 1.00 m/0.25 m, почвата е излужен чернозем смолница с алкална до слабо алкална реакция при надморска височина 543 m.

Проведеното изследване включва показателите:

- фенологични наблюдения (цъфтеж и зреене);
- биологични изследвания (устойчивост на късни пролетни студове, брой цветоноси и цветове, родовитост);
- морфологични изследвания (признаци, характеризиращи плодовете);
- устойчивост на някои ягодови сортове към отделни гъбни болести в условията на естествено заразяване;
- оценка за толерантност към ягодовите хоботници (*Rhynchites germanicus* Herbst, *Anthonomus rubi* Herbst.).

Сортоизпитването е в съответствие с Методика за изучаване на растителните ресурси при овощните растения (Nedev et al., 1979) и Методика за извеждане на конкурсни сортови опити с ягодови сортове за биологични и стопански качества (Boytcheva and Lazarov, 2003).

first trial was in the period 2009-2012, and included 8 varieties (Seneca, Marmolada, Eva, Polka, Cesena, Gardena, Seascape, Miranda), and two standards (Senga Sengana, Belrubi). The second trial was in the period 2011-2013 and included 12 varieties (Maya, Camino Real, Elegance, Serenity, Fenella, Onda, Selva, Camarosa, Ventana, Diamante, Gaviota, Tethis), and one standard (Redgauntlet). The planting scheme is 1.00 m/0.25 m; soil is characterised as Euthric Chernozem Vertisols with strong to low alkaline reaction; at an altitude of 543 m.

The study included the following characteristics:

- phenological observations (flowering and maturation);
- biological studies (resistance to late spring cold spells, number of inflorescences and flowers, yield);
- morphological studies (qualities, distinctive of the articular variety);
- resistance to fungal infections in natural environmental conditions;
- resistance to strawberry weevils (*Rhynchites germanicus* Herbst., *Anthonomus rubi* Herbst.).

The study was conducted following the Methods for studying of planting resources of fruit crops (Nedev et al., 1979) and Methodology for Successful Agricultural and Biological Grading of Variety Trials using Strawberry Varieties (Boytcheva and Lazarov, 2003).

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

Въз основа на направения анализ на резултатите от сортовите опити, са излъчени сортове ягоди с качествени и количествени характеристики близки или по-високи от тези на стандартите. Произходът на отбраните сортове ягоди е посочен в Таблица 1.

RESULTS AND DISCUSSION

On the basis of the analysis conducted, strawberry varieties, with qualities better than the tested standards, were selected. The origin of the selected varieties is shown in Table 1 below.

Таблица 1. Произход на отбрани сортове ягоди
Table 1. Origin of select strawberry varieties

Сорт Variety	*Произход / Origin*	
	Родители / Lineage	*Държава / Country*
Marmolada	Gorella x Sel. Driscoll	Италия / Italy, 1989
Eva	Darselect x 89.384.20 (Marmolada x Irvine)	Италия / Italy, 2004
Polka	Induka x Sivetta	Холандия / Netherlands, 1980 (1987)
Elegance	EM 834 x EM 1033	Великобритания / UK, 2009
Fenella	EM 931 x EM 972	Великобритания / UK, 2009
Seneca	NY (Redcoat x NY844) x Holiday	САЩ / USA, 1992
Serenity	137A84 x Chandler	Канада / Canada, 2003

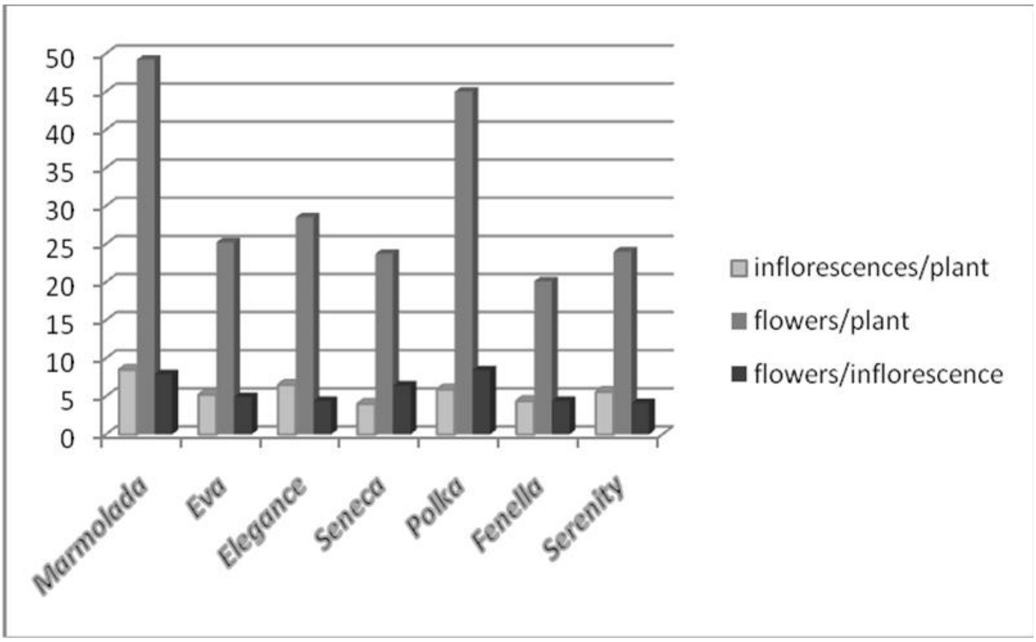
Marmolada

Сорт, създаден в Италия от кръстосването на Gorella x Sel. Driscoll (Faedi et al., 2002).

Цъфти през последната десет-дневка на април или първата на месец май, образува средно 8.5 цветоноси/раст., 49.2 цветове/раст. и 7.9 цветове/цветонос (Фигура 1).

Marmolada was created in Italy as a result of the cross of Gorella x Sel. Driscoll (Faedi et al., 2002).

It blooms in the last 10 days of April and the first 10 days of May; forms an average of 8.5 inflorescences/plant, 49.2 flowers/plant, and 7.9 flowers/inflorescence (Figure 1).



Фиг. 1. Показатели, формиращи добива
Fig. 1. Yield-forming indices

Плодът е с превъзходен външен вид, едър, средната маса е 17.3 g, като единични плодове могат да достигнат

The fruit has an excellent appearance with large berries, the average weight of each – 17.3 g, with

36 g. Формата им е преобладаваща удължено-конична (срещат се и с цилиндрична), интензивночервени до тъмночервено оцветени с блясък и с добре изразена шийка, трудно се отделя от чашката. Плодовото месо е светлочервено със сравнително голяма кухина, умерено плътно, с добре изразен аромат и много добър вкус. Средно зреещ (5-10.06.) сорт с висока родовитост – при нашите условия средния добив е 2769 kg/da т.е. 0.443 kg/раст.

Много устойчив на повратни мразове и устойчив на хоботници (*Anthonomus rubi, Rhynchites germanicus*).

some fruits weighting up to 36 g. The shape is an elongated – conical one, although cylindrical individual berries are seen, as well. The exterior is intense to dark red with a shine and a well-established calyx insertion above the fruit, and is difficult to separate from the calyx. The flesh is bright red with a significant hollow space, and is medium in density. The variety has a distinguishable aroma, and taste. It has middle ripening time (5-10 June) with a high yield in the climatic conditions tested (2 769 kg/da, 0.443 kg/plant).

Marmolada is highly resistant to cold spells and weevils (*Anthonomus rubi, Rhynchites germanicus*).

Eva

Италиански сорт [Darselect x 89.384.20 (Marmolada x Irvine)] (Finn, 1999; Lewers and Maas, 2006).

Цъфти в края на април и формира среден брой 5.2 цветоноси/раст., 25.2 цветове/раст. и 4.9 цветове/цветонос (Фигура 1).

Плодът е с привлекателен външен вид, средно едър до едър (средна маса – 16.7 g, единични плодове – 39 g), с конична форма, интензивночервен с блясък, шийка и повърхностно разположени жълти семенца. Плодовото месо е светлочервено, почти без кухина или с много малка, плътно, с добре изразен аромат и отличен вкус. Плодът трудно се отделя от чашката. Сортът е средно зреещ (5-10.06.) с висока родовитост (2163 kg/da, 0.346 kg/раст.).

Много устойчив на повратни мразове, устойчив на бели листни петна (*Mycosphaerella fragariae)* и на хоботници (*Anthonomus rubi, Rhynchites germanicus*).

Eva is an Italian variety [Darselect x 89.384.20 (Marmolada x Irvine)] (Finn, 1999; Lewers and Maas, 2006).

It blooms at the end of April and forms an average number of 5.2 inflorescences/plant, 25.2 flowers/plant, and 4.9 flowers/inflorescence (Figure 1).

The fruit has a good appearance; is medium large to large (average. weight – 16.7 g, individual fruits up to 39 g.); has a conical shape; intense red in colouring with a shine; has a fruit level calyx insertion, and yellow seeds located along the surface. The fruit flesh is bright red, having very little hollow space to none, and is of high density with a well-distinguished aroma and excellent flavour. The fruit is difficult to separate from the calyx. The variety has middle ripening time (5-10 June) with a high yield (2 163kg/da, 0.346 kg/plant).

Eva is highly resistant to cold spells, as well as to common sport of strawberry (*Mycosphaerella fragariae)* and weevils (*Anthonomus rubi, Rhynchites germanicus*).

Elegance

Английски сорт, получен при кръстосването на елитите EM 834 x EM 1033 (Lewers, 2010).

Цъфти в началото на май и формира среден брой 6.5 цветоноси/раст., 28.5 цветове/раст. и 4.4 цветове/цветонос (Фигура 1).

Плодът е средно едър до едър (средна маса – 18.1 g), с конична форма и интензивен червен цвят, без шийка и с повърхностно разположени семенца. Плодовото месо е светло-червено до оранжево, сочно със средна кухина, средно плътно с много добър до отличен аромат и много добър вкус. Плодовете се откъсват сравнително лесно. Сортът е средно зреещ (5-10.06.) с висока родовитост (2963 kg/da, 0.474 kg/раст.).

Устойчив на повратни мразове, чувствителен на хоботници (*Anthonomus rubi, Rhynchites germanicus*).

Elegance is an English variety, resulting from the cross between the elites EM 834 x EM 1033 (Lewers, 2010).

It blooms at the beginning of May and forms an average of 6.5 inflorescences/plant, 28.5 flowers/plant, and 4.4 flowers/inflorescence (Figure 1).

The fruits are medium large to large (average weight – 18.1 g), with a conical shape and a deep red colour. There is no fruit level calyx insertion, and the seeds are situated along the surface. The flesh is bright red to orange, succulent, and with a medium hollow space in size. The fruit has an average density, as well as a good to excellent aroma, and very good taste. Fruits are easily separated from the calyx. Elegance has middle ripening time (5-10 June), and a high yield (2 963 kg/da, 0.474 kg/plant).

The variety is resistant to cold spells, but susceptible to weevils (*Anthonomus rubi, Rhynchites germanicus*).

Seneca

Американски сорт, получен от кръстосването на [NY (Redcoat x NY 844) x Holiday] (Faedi et al., 2002).

Цъфти през последната десетдневка на месец април или първите дни на май, формира среден брой 4.0 цветоноси/раст., 23.7 цветове/раст. и 6.4 цветове/цветонос (Фигура 1).

Плодът е средно едър (средна маса – 13 g, единични плодове – 35 g) коничен, тъмночервен със силно изразена шийка. Плодовото месо е светлочервено, със средна кухина, плътно, слабо ароматно и с много добър вкус. Плодовете се отделят сравнително трудно от чашката. Сортът е средно зреещ (5-10.06.) с висока родовитост (2731 kg/da, 0.437 kg/раст.).

Устойчив на повратни мразове и на хоботници (*Anthonomus rubi,*

Seneca is an American variety, resulting from the cross between [NY (Redcoat x NY 844) x Holiday] (Faedi et al., 2002).

The variety blooms between the last 10 days of April and the first 10 days of May, and forms an average of 4.0 inflorescences/plant, 23.7 flowers/plant, and 6.4 flowers/inflorescence (Figure 1).

The fruits are medium large (average weight – 13 g, with individual fruits up to 35 g), have a conical shape, and are deep red with a well-formed calyx insertion above the fruit. The flesh is bright red, with a medium hollow space; and has a high density. Seneca has a faint aroma, and a very good taste. Fruits are difficult to separate from the calyx. The variety has middle ripening time (10-15 June) and a high yield (2 731 kg/da, 0.437 kg/plant).

Seneca is resistant to cold spells

Rhynchites germanicus). Чувствителен на червенокафяви листни петна *(Dendrophoma obscurans)*.

and weevils (*Anthonomus rubi, Rhynchites germanicus*). It is susceptible to leaf blight (*Dendrophoma obscurans*).

Polka

Холандски сорт, резултат от кръстосването на Induka x Sivetta. Създаден е като алтернатива на Senga Sengana (стар немски сорт, създаден през 1954 г.) за нуждите на преработвателната индустрия (Fresh Forward).

Сортът е средно цъфтящ (последните дни на месец април или първата десетдневка на май), образува средно 5.9 цветоноси/раст., 45.0 цветове/раст. и 8.4 цветове/цветонос (Фигура 1).

Плодът е дребен до средно едър (средна маса – 13.3 g, единични плодове – 33 g), коничен, тъмночервен, с шийка, която при отделни плодове е много слабо изразена, повърхностно разположени семенца. Плодовото месо е оранжевочервено, без кухина, умерено плътно, със слаб аромат и отличен вкус. Плодовете се отделят сравнително лесно от чашката. Сортът е къснозреещ (10-15.06.) с много висока родовитост (3238 kg/da, 0.518 kg/раст.).

Много устойчив на повратни пролетни мразове, устойчив на бели листни петна *(Mycosphaerella fragariae)* и на хоботници (*Anthonomus rubi, Rhynchites germanicus*). Чувствителен на червени листни петна *(Marssonina fragariae)*.

Polka is a Dutch variety, resulting from the cross between Induka x Sivetta. It was created as an alternative to Senga Sengana (an old German variety, introduced in 1954) as a response to the needs of the processing industry (Fresh Forward).

The variety blooms between the last days of April and the first 10 days of May, forming an average of 5.9 inflorescences/plant, 45.0 flowers/plant, and 8.4 flowers/inflorescence (Figure 1).

The fruit is small to medium large (average weight – 13.3 g, with individuals up to 33 g); has a conical shape, and is deep red with a fruit level calyx insertion, which in some fruits is non-distinguishable; it has seeds situated along the surface. Polka’s flesh is orange-red, without a hollow, and has a medium density. The variety has a weak aroma, and an excellent taste. Fruit is easily separated from the calyx. Polka has late ripening time (10-15 June) with a high yield (3 238 kg/da, 0.518 kg/plant).

Polka is highly resistant to cold spells, common spot of strawberry (*Mycosphaerella fragariae),* and weevils (*Anthonomus rubi, Rhynchites germanicus*). It is susceptible to strawberry leaf scorch (*Marssonina fragariae).*

Fenella

Сорт, създаден във Великобритания [EM 931 x EM 972] (Lewers, 2010).

Започва да цъфти през първата десетдневка на месец май, образува среден брой 4.4 цветоноси/раст., 20.1 цветове/раст. и 4.4 цветове/цветонос (Фигура 1).

The variety was created in the United Kingdom (EM 931 x EM 972) (Lewers, 2010).

Fenella starts to bloom in the first 10 days of May, and forms and average of 4.4 inflorescences/plant, 20.1 flowers/plant, and 4.4 flowers/inflorescence (Figure 1).

Плодът е едър (средна маса – 20.7 g) със заоблено конична форма, оранжевочервен до светлочервен, без шийка, с повърхностно разположени семенца. Плодовото месо е светло, със средна кухина, средно плътно, сочно, леко кисело-сладко, с добър аромат и много добър приятен вкус. Плодовете се откъсват сравнително лесно. Сортът е късно зреещ (10-15.06.) с висока родовитост (2956 kg/da, 0.473 kg/раст.).

Устойчив на повратни мразове, чувствителен на хоботници (*Anthonomus rubi, Rhynchites germanicus*).

The fruits are large (average weight – 20.7 g) with a rounded conical shape. The colour is orange-red to bright red. There is no fruit level calyx insertion and the seeds are situated along the surface. The flesh is bright with a medium hollow space, has a medium density. Fenella is succulent, slightly sour-sweet, has a good aroma, and a very pleasant taste. Fruits are easily separated. The variety has late ripening time (10-15 June) and a high yield (2 956 kg/da, 0.473 kg/plant).

Fenella is resistant to cold spells, but susceptible to weevils (*Anthonomus rubi, Rhynchites germanicus*).

Serenity

Канадски сорт [137A84 x Chandler] (Finn, 2004).

Късно цъфтящ (края на първата десетдневка на месец май), образува 5.6 цветоноси/раст., 24.0 цветове/раст. и 4.1 цветове/цветонос (Фигура 1).

Плодът е средно едър (средна маса – 14.8 g), заоблено-коничен, светлочервен, с шийка и повърхностно разположени семенца. Плодовото месо е светлооранжево, със средна до голяма кухина, умерено плътно, с добър аромат и добър до много добър вкус. Плодовете се отделят сравнително трудно от чашката. Сортът е много късно зреещ (след 15.06.) с висока родовитост (2538 kg/da, 0.406 kg/раст.).

Средно устойчив на повратни мразове, чувствителен на хоботници (*Anthonomus rubi, Rhynchites germanicus*).

Serenity is a Canadian variety (137A84 x Chandler) (Finn, 2004).

It blooms late (the end of the first ten days of May), and forms an average of 5.6 inflorescences/plant, 24.0 flowers/plant, and 4.1 flowers/inflorescence (Figure 1).

The fruits are medium large (average weight – 14.8 g); have a rounded conical shape; are bright red in colour; have a fruit level calyx insertion, and the seeds are located along the surface. The flesh is bright orange in colour, with a hollow space of medium size. The fruits have a high density, good aroma, and good to very good taste. The fruits are difficult to separate from the calyx. Serenity is with late ripening time (after 15 June), and has a high yield (2 538 kg/da, 0.406 kg/plant).

It has a medium resistance to cold spells, and is susceptible to weevils (*Anthonomus rubi, Rhynchites germanicus*).

ИЗВОДИ

✓ Отбрани са седем сорта ягоди, които притежават качествени и количествени характеристики близки или по-високи от тези на стандартите – Marmolada, Eva, Polka, Elegance, Fenella, Seneca, Serenity;

CONCLUSIONS

✓ Seven varieties were selected on the basis of their characteristics being close or above the standard ones – Marmolada, Eva, Polka, Elegance, Fenella, Seneca, Serenity;

✓ Устойчиви на късни пролетни студове са Marmolada, Eva, Polka;

✓ С най-добре изявени признаци брой цветоноси и брой цветове на растение са сортовете Marmolada (8.5 бр., 49.2 бр.), Polka (5.9 бр., 45.0 бр.) и Elegance (6.5 бр., 31.4 бр.). С най-голям среден брой цветове на цветонос е сорт Polka, 8.4;

✓ Най-едроплодни са сортовете Fenella (20.7 g), Elegance (18.1 g), Marmolada (17.3 g). С отличен добив се изявяват Polka (3238 kg/da), Elegance (2963 kg/da), Fenella (2956 kg/da), Marmolada (2769 kg/da), Seneca (2731 kg/da); с много добър е сорт Eva (2163 kg/da);

✓ Плодовете на сортовете Seneca, Marmolada, Polka, Eva, Elegance, Serenity и Fenella са много привлекателни и с много добри вкусови качества. Най-ароматни са тези на Elegance, а плътни на Seneca, Eva, Elegance;

✓ Всички тези сортове с изявени едно или повече ценни качества могат да бъдат използвани в селекционната дейност като желани донори и за включване в ягодопроизводството.

✓ The most resistant to late spring cold spells are Marmolada, Eva, Polka;

✓ The following varieties had the highest number of inflorescences and flowers per plant: Marmolada (8.5, 49.2), Polka (5.9, 45.0), and Elegance (6.5, 31.4). Polka had the highest number of flowers per inflorescence with 8.4;

✓ The varieties with the largest fruits are Fenella (20.7 g), Elegance (18.1 g), and Marmolada (17.3 g). The varieties which had the highest yield are Polka (3238 kg/da), Elegance (2 963 kg/da), Fenella (2956 kg/da), Marmolada (2769 kg/da), Seneca (2731 kg/da); Eva was characterised by a very good yield (2163 kg/da);

✓ The fruits of Seneca, Marmolada, Polka, Eva, Elegance, Serenity, and Fenella had an attractive appearance and excellent food qualities. The most aromatic variety was Elegance; Seneca, Eva and Elegance had the highest density;

✓ All of the above-mentioned varieties have one or more distinguishable characteristic, and can be used for future selective breeding in strawberry agricultural production.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. **Bernardini, D.**, 2009. The variety network as expected by the nursery organization in the southern area. COST 863 Euroberry ‘Small berry variety evaluation’, 28-30 January 2009, Lithuania.

2. **Boytcheva, R. and I. Lazarov**, 2003. Methodology for Successful Agricultural and Biological Grading of Variety Trials using Strawberry Varieties (Bg).

3. **Darrow, G.M.**, 1966. The strawberry: History, breeding and physiology. New York: Holt, Rinehart and Winston, pp. 463.

4. **Eremin, V., A. Isachkin, I. Kazakov, E. Kuminov, M. Plehanova and E. Sedov**, 2004. General and specific selection and sorting of fruit and berry crops (Ru).

5. **Faedi, W., G. Baruzzi, F. Lovati, P. Sbrighi and P. Lucchi**, 2002. Monografia di variety di fragola. Roma: Instituto Sperimentale per la Frutticoltura.

6. **Finn, Ch., E.**, 1999. Onebor. *HortScience*, 34 (2), p. 200, April. USDA – ARS, Northwest Center for Small Fruit Research Corvallis, Ore.

7. **Finn, Ch.**, 2004. Serenity. *HortScience*, 39 (6), pp. 1520, October. USDA – ARS, HCRL Northwest Center for Small Fruit Research, Corvallis, Ore.

8. **Fresh Forward**. Polka. Wageningen, The Netherlands. http://www.fresh-forward.nl/

9. **Lewers, Kim, S.**, 2010. Elegance. *HortScience*, 45 (5), pp. 749, May. USDA – ARS, Genetic Improvement of Fruits and Vegetables Laboratory, Beltsville, MD.

10. **Lewers, Kim, S.**, 2010. Fenella. *HortScience*, 45 (5) May, pp. 750. USDA – ARS, Genetic Improvement of Fruits and Vegetables Laboratory, Beltsville, MD.
11. **Lewers, K. and J. Maas**, 2006. Eva. *HortScience*, 41 (5) August 2006, pp. 1126. USDA-ARS Beltsville Agricultural Research Center Fruit Laboratory, Beltsville, Md. 1126.
12. **Lopez-Medina, J. and C. Blanco**, 2008. Production systems in southern Europe: Huelva (Spain). Pomologia croatica, vol. 14, 253-258.
13. **Nedev, N., Yo. Grigorov, Hr. Baev, S. Serafimov, Al. Strandzhev, L. Kavardzhikov, Kr. Lazarov, N. Nikolov, V. Dzhuvinov, L. Popov, N. Slavov, R. Iliev, D. Stoyanov, Il. Kanev, H. Hrinkov, Yo. Vishanska, M. Topchiyska and L. Petrova**, 1979. Methods for studying of planting resources of fruit crops. Plovdiv (Bg).

Journal of Mountain Agriculture on the Balkans, 2018, 21 (1), 210-221 ISSN 1311-0489 (Print)
Research Institute of Mountain Stockbreeding and Agriculture, Troyan ISSN 2367-8364 (Online)

Сорбционни изотерми на сушена арония

Тодорка Петрова[1]*, Христо Христов[2], Светослав Александров[1], Николай Пенов[2], Иван Бакалов[1], Милена Рускова[1], Кристина Иванова[1], Здравко Манев[1]

[1]*Институт за изследване и развитие на храните, 4000 Пловдив, България*
[2]*Университет по хранителни технологии, 4000 Пловдив, България*

Moisture sorption isotherms of dried black chokeberry

Todorka Petrova[1]*, Hristo Hristov[2], Svetoslav Aleksandrov[1], Nikolay Penov[2], Ivan Bakalov[1], Milena Ruskova[1], Kristina Ivanova[1], Zdravko Manev[1]

[1]*Food Research and Development Institute, 4000 Plovdiv, Bulgaria*
[2]*University of Food Technologies, 4000 Plovdiv, Bulgaria*

**Email: dorrapetrova@abv.bg*

Received: 17.04.2018 *Accepted:* 19.07.2018 *Published:* 06.08.2018

РЕЗЮМЕ

Осмотично дехидратирани плодове от арония са подложени на конвективно и термопомпено сушене. Получени са сорбционните изотерми на изсушените плодове при температура 25 °C и водна активност в диапазона от 0.113 до 0.843, като е използван статичния гравиметричен метод. За описание на изотермите са използвани двупараметричните модели на Chung-Pfost, Halsey, Oswin и Henderson.

Ключови думи: арония, сорбционни изотерми, емпирични модели, осмотична дехидратация, конвективно сушене, термопомпено сушене

SUMMARY

Osmotic dehydrated black chokeberry fruits were subjected to convective and heat pump drying. The sorption isotherms of the dried black chokeberry fruits were obtained at 25 °C and relative humidity in the range of 0.113 to 0.843. The static gravimetric method was applied. The Chung-Pfost, Halsey, Oswin, and Henderson models were applied for analyzing the experimental data.

Key words: black chokeberry, sorption isotherms, empirical models, osmotic dehydration, convective drying, heat pump drying

УВОД

Аронията (*Aronia melanocarpa*) е многогодишно храстовидно и декоративно растение, достигащо до 2 - 2.5 m височина. Принадлежи към семейство Розоцветни.

INTRODUCTION

Aronia melanocarpa is a perennial bushy and decorative plant reaching 2 - 2.5 m height. It belongs to the family *Rosaceae*.

Смята се, че родината на аронията е Северна Америка, а в България се отглежда като културирано и лечебно растение (Kulling and Rawel, 2008).

Правят се все повече изследвания относно химичния състав на плодовете и ефекта им върху човешкия организъм. Плодовете представляват богат източник и държат първенство по наличие на много вещества (полифеноли, антоцианини, флавоноиди и феноли), имащи благоприятно въздействие върху човешкото здраве. Редица изследвания доказват, че аронията е богата на витамини – B, C, PP, E, K, и минерални вещества – калий, калций, фосфор, магнезий, желязо, рекордно количество йод, манган, молибден (Benvenuti et al., 2004; Konczak and Zhang, 2004; Koponen and Ritta, 2007; Walther and Schnell, 2009).

Многобройните лечебни свойства на аронията определят приложението ѝ за превенция от различни заболявания. Освен това плодовете са много вкусни, използват се сушени или за направата на консерви, в т. ч. конфитюри, сокове, нектари, освежителни напитки, и като естествен оцветител на хранителни продукти (Plocharski and Zbroszczyk, 1989; Jeppsson and Niklas, 1998).

Равновесната влажност е важна сорбционна характеристика на хранителните продукти. Познаването ѝ позволява правилно да бъдат разчетени режимите и начините на обработка, съхранение и опаковане на храните. Поглъщането или отделянето на влага от продукта при съхранение се изобразява чрез сорбционни изотерми, които дават възможност да се установят критичните стойности на водната активност. Много изследователи подчертават значението ѝ за стабилността на хранителните продукти. Намаляването на водната активност може да подобри срока на годност и качеството на храните (Erbas et al., 2005; Limousin et al., 2007).

Различните храни могат да обменят вода със заобикалящата ги

It is believed that the country of the black chokeberry is North America, and in Bulgaria is grown as cultivated and healed plant (Kulling and Rawel, 2008).

More and more researches have been done on the chemical composition of fruits and their effects on the human body. Fruits are a rich source and occupy the first place regarding availability of many substances (polyphenols, anthocyanins, flavonoids, and phenols) that have a beneficial effect on human health. A number of studies prove that black chokeberry is rich in vitamins – B, C, PP, E, K, and minerals – potassium, calcium, phosphorus, magnesium, iron, a record amount of iodine, manganese, and molybdenum (Benvenuti et al., 2004; Konczak and Zhang, 2004; Koponen and Ritta, 2007; Walther and Schnell, 2009).

Numerous healing properties of aronia determine its application for the prevention of various diseases. In addition, the fruits are very delicious, they are used dried or for canned foods, including jams, juices, nectars, fresh drinks, and as a natural food colourant (Plocharski and Zbroszczyk, 1989; Jeppsson and Niklas, 1998).

The equilibrium humidity is an important sorption characteristic of the food products. Knowing the equilibrium humidity allows proper explanation of the modes and methods of processing, storing and packaging the foods. Sorption isotherm defines product moisture gain or loss from/to the ambience for storage purpose and allows finding critical water activity values.

Many researchers have stressed the importance of the stability of the water activity of foodstuffs. Reduction of water activity can improve the shelf life and the quality of foods (Erbas et al., 2005; Limousin et al., 2007).

Different foods could exchange water with the surrounding medium. If среда. Ако те са хигроскопични, имат способността да свържат водата от въздуха, което е предпоставка за възникване на микробна развала. По-високото влагосъдържание в храните променя тяхната текстура, а някои могат да се разтворят (Blahovec and Yanniotis, 2008; Ocieczek, 2012).

Храната в среда от сух въздух е в състояние да отдели вода и продуктът става по-твърд, което оказва влияние върху текстурата му. Някои вещества могат да кристализират (захар, сол) чрез изсушаване. За определяне условията на съхранение, запазване свойствата на хранителните продукти и предотвратяване на тяхното разваляне е важно да се знаят сорбционните изотерми (Caurie, 2006; Dushkova et al., 2014).

Сорбционната изотерма е графика, показваща промяната на водната активност при адсорбция и десорбция на влага в хранителен продукт при постоянна температура. Тази взаимовръзка е сложна и специфична за всеки един продукт. Водната активност почти винаги се увеличава, тъй като съдържанието на влага се увеличава, но връзката не е линейна. В действителност изотермите за сорбция на влага за повечето храни имат S-образна форма и J-образна форма за храни с високо съдържание на мазнини.

S-образните изотерми са равновесни изотерми на колоидни капилярно-порести тела от втори тип по класификацията на Brunauer, които описват характера и количеството на различните видове свързана вода (Mathlouthi, 2001; Toshkov et al., 2015).

Целта на настоящето изследване е експериментално получаване на равновесни сорбционни изотерми на конвективно и термопомпено сушени плодове от арония при температура 25 °C.

they are hygroscopic they are able to bind water from the air which is a prerequisite for microbial spoilage. At higher moisture content the texture of food is going to change, some would dissolve (Blahovec and Yanniotis, 2008; Ocieczek, 2012).

In dry air food is going to lose water, and the product become harder, texture is influenced. By drying some substances it could crystallise (sugar, salt). It is important to know the sorption isotherm for defining the condition for keeping aliments for conservation of properties and preventing food spoilage (Caurie, 2006; Dushkova et al., 2014).

A moisture sorption isotherm is a graph showing how water activity changes as water is adsorbed into and desorbed from a food product held at constant temperature. This relationship is complex and specific for each product. Water activity almost always increases as moisture content increases, but the relationship is not linear. In fact, moisture sorption isotherms are S-shaped (sigmoidal) for most foods and J-shaped for foods that contain crystalline materials or high-fat content.

The S-isotherms are equilibrium isotherms of the second-type colloidal capillary-porous bodies of the Bruneau classification, which describe the nature and quantity of the different types of connected water (Mathlouthi, 2001; Toshkov et al., 2015).

The object of present study is to obtain experimental equilibrium sorption isotherms of convective and heat pump dried black chokeberry fruits at 25 °C.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Суровини и подготовка на пробата

Плодове от арония (*Aronia melanocarpa*) със съдържание на раз-

MATERIAL AND METHODS

Raw materials and sample preparation

Chokeberry (*Aronia melanocarpa*) fruits with soluble solids of 24-27 °Brix творими сухи вещества 24-27 °Brix са предоставени от Опитна станция по животновъдство и земеделие, Смолян, България. Пресните плодове се сортират и съхраняват в хладилник при 3 °C до използване.

Осмотични агенти: концентриран сок от вишни (63 °Brix), концентриран ябълков сок (72 °Brix) и инулин (олигофруктоза 87%, средна степен на полимеризация 8, захароза, глюкоза и фруктоза 12%) са закупени съответно от Кричимфрукт ООД (България), Агробиотех ЕООД (България) и Фуудс Консултинг ЕООД (България). Концентрираният сок от вишни и концентрираният ябълков сок се съхраняват в хладилник при 3 °C до използване.

Плодовете от арония се сортират, измиват с течаща вода, след което се прорязват.

Осмотична дехидратация

Осмотичният разтвор се приготвя в концентрация 58 °Brix, като се използва концентриран сок от вишни (60%), концентриран ябълков сок (20%) и инулин (20%). Концентрацията на осмотичния разтвор се контролира чрез рефрактометър.

Процесът на осмотична дехидратация на арония се провежда във водна баня "VEB MLW Prúfgarate-werk", за да се постигне необходимата температура на разтвора от 55 °C. Плодовете се потапят за 3 часа в осмотичния разтвор. Съотношението плод : разтвор е 1:4 (w/w). След приключване на про-цеса по-нататък плодовете се отстра-няват от разтвора, бързо се изплакват с гореща вода и внимателно се под-сушават с хартиена кърпа, за да се отстрани разтвора от повърхността на плодовете.

Конвективно или термопомпено сушене

След това осмотично обработените плодове от арония се поставят на тави в лабораторна камера или термопомпена сушилня. Температурата на сушене и натоварването на

were supplied by the Agricultural and stockbreeding experimental station, Bulgaria. The fresh fruits were sorted and stored in a refrigerator at 3 °C until used.

Osmotic agents: concentrated sour cherry juice (63 °Brix), concentrated apple juice (72 °Brix), and inulin (oligofructose 87%, average degree of polymerization 8; sucrose, glucose, and fructose 12%) were purchased from Krichimfrukt Ltd. (Bulgaria), Agrobiotech Ltd. (Bulgaria), and Food consulting Ltd. (Bulgaria), respectively. The containers of concentrated sour cherry juice and concentrated apple juice were stored in a refrigerator at 3 °C until used.

Black chokeberries were sorted, washed with tap water, and then subjected to splitting.

Osmotic dehydration

Osmotic solution was prepared in concentration 58 °Brix using concentrated sour cherry juice (60%), concentrated apple juice (20%), and inulin (20%). The concentration of the osmotic solution was monitored using a refractometer.

Osmotic dehydration of black chokeberry was performed in a water bath ‘’VEB MLW Prúfgarate-werk’’ to achieve the necessary solution temperature of 55 ºC. The fruits were dipped in osmotic solution for 3 hours. Black chokeberry : solution ratio was 1:4 (w/w).

Further, fruits were removed from the solution, quickly rinsed with hot water and gently blotted with a paper towel to remove surface solution.

Convective (OD+CD) or heat pump drying (OD+HPD)

After that, osmotically treated fruits of black chokeberry were placed on trays in a laboratory chamber drier or a laboratory heat pump dryer. The drying temperature and the load density of the лесите варират в зависимост от плана на експеримента (Таблица 1). Пробите се сушат до равновесна влажност.

trays varied according to the experimental design (Table 1). The samples were dried to equilibrium moisture content.

Таблица 1. План на експеримента
Table 1. Experimental design

Проба Sample №	Конвективно сушене Convective drying		Термопомпено сушене Heat pump drying	
	Температура на сушене Drying temperature (ºC)	Натоварване на лесите Load density of the trays, (kg/m^2)	Температура на сушене Drying temperature (ºC)	Натоварване на лесите Load density of the trays, (kg/m^2)
1	50	5	40	5
2	70	5	50	5
3	50	15	40	15
4	70	15	50	15
5	60	10	45	10

Получаване на експериментални равновесни сорбционни изотерми

Равновесните сорбционни изотерми на изсушените плодове от арония са определени при температура 25 ± 0.1 °C. Приложен е статичният гравиметричен метод (Spiess and Wolf, 1987). За процеса на адсорбция, плодовете се изсушават в камерна вакуумна сушилна при температура 60 °C за 24 часа. Претеглените проби (три паралелни проби от по 1 ± 0.05 g) се поставят в хигростати на поставки над наситени разтвори на соли (LiCl, CH_3COOK, $MgCl_2$, NaBr, NaCl, KCl), поддържащи над повърхността си определени константни водни активности (относителни влажности на въздуха) в диапазона 0.113 до 0.843 (Greenspan, 1977; Weisser, 1986; Maroulis et al., 1988). Хигростатите се държат в термостат при температура 25 ± 0.1 °C. След достигане на равновесие, установено чрез претегляне на пробата (везна с точност ± 0.0001 g) през три дни, докато три последователни измервания покажат разлика по-малка от ± 0.001 g. Равновесната влажност се определя на електронна везна “Sartorius” (сушене при температура 105 °C до постоянно тегло).

Obtain experimental equilibrium sorption isotherms

The equilibrium moisture contents (EMCs) of the dried chokeberries were determined at 25 ± 0.1 °C. The static gravimetric method was applied (Spiess and Wolf, 1987). For the adsorption process, the fruits were dehydrated in a vacuum drying chamber at 60 °C for 24 h. The weighted samples (three parallel samples of 1 ± 0.05 g) were then put in hygrostats with saturated salt solutions (LiCl, CH_3COOK, $MgCl_2$, NaBr, NaCl, KCl), used to obtain constant relative humidities environments (in the range of 0.113 to 0.843) (Greenspan, 1977; Weisser, 1986; Maroulis et al., 1988). The hygrostats were kept in a thermostat at 25 ± 0.1 °C. Samples were weighed (balance, sensitivity ± 0.0001 g) every three days. Equilibrium was acknowledged when three consecutive weight measurements showed a difference less than 0.001 g. The moisture content of each sample was determined by the electronic balance “Sartorius” (drying at 105 °C to constant weight).

Анализ на данните

За описание на сорбционните изотерми са използвани двупараметричните модели на Chung-Pfost, Halsey, Oswin и Henderson:

Analysis of data

The description of the EMC/a_w relationship was verified by applying the following modified models of Chung-Pfost, Halsey, Oswin, and Henderson:

Chung-Pfost
$$\ln\left(a_w\right) = -A.\exp\left(-B.M\right) \quad (1)$$

Halsey
$$a_w = -\exp\left(A.M^B\right) \quad (2)$$

Oswin
$$M = A.\left(\frac{a_w}{1-a_w}\right)^B \quad (3)$$

Henderson
$$\ln\left(1-a_w\right) = -A.M^B \quad (4)$$

където: M е равновесна влажност, % суха маса; a_w – водна активност; A, B – коефициенти.

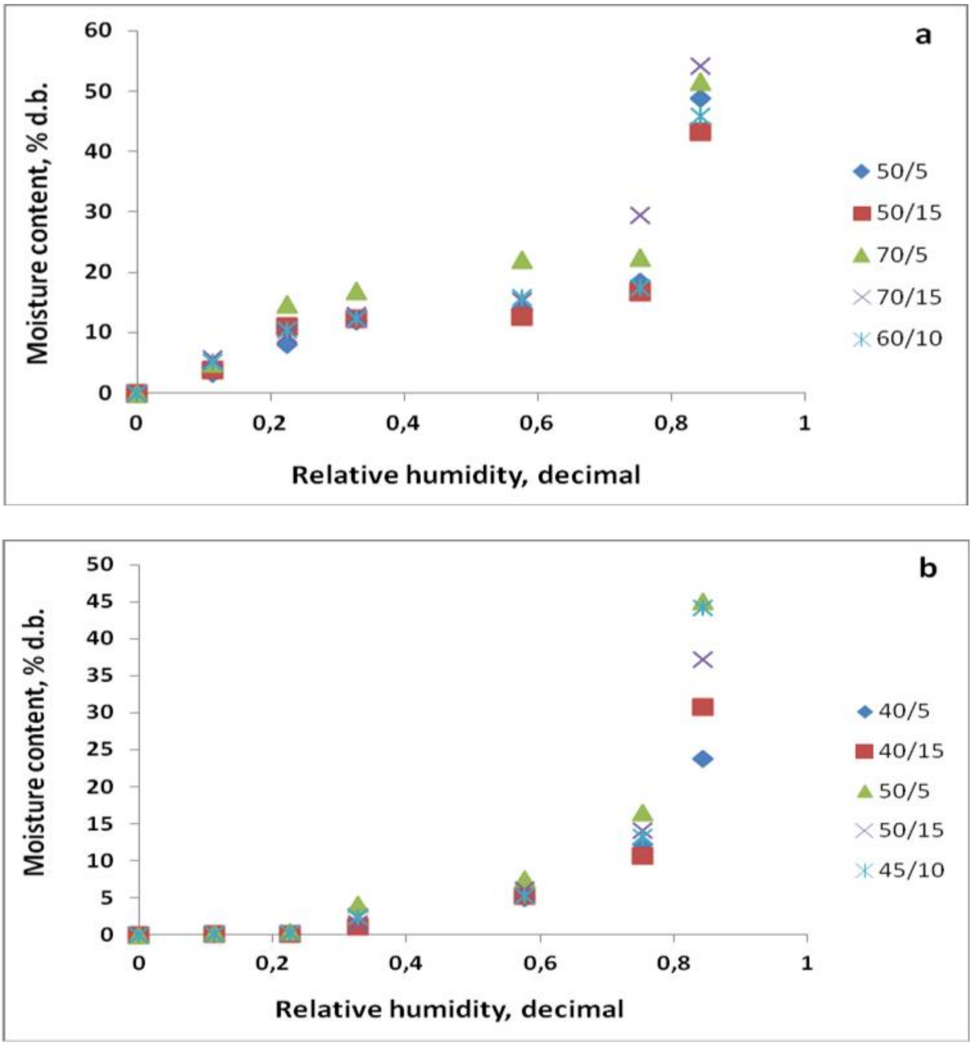
where M is the moisture content (% d. b.); a_w is the water activity (decimal); A, B are coefficients.

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

На Фигура 1 са дадени експерименталните данни, получени за сушените плодове от арония. Всяка опитна точка в графиките представлява средноаритметична стойност от три повторения. Според класификацията BET получените изотерми за сушените плодове са от тип 2 (осмотична дехидратация, последвана от конвективно сушене) или тип 3 (осмотична дехидратация, последвана от термопомпено сушене). Подобни изотерми за хранителни продукти са описани в литературата (Yu, 1998; Menkov et al., 2009; Toshkov et al., 2014).

RESULTS AND DISCUSSION

Figure 1 gives the experimental data obtained for the dried black chokeberries. Each experimental point in the graphs is an arithmetic mean of three replicates. According to BET classification the obtained isotherms for the dried fruit are of type 2 (osmotic dehydration followed by convective drying) or type 3 (osmotic dehydration followed by heat pump drying). Similar isotherms for food materials have been reported in the literature (Yu, 1998; Menkov et al., 2009; Toshkov et al., 2014).

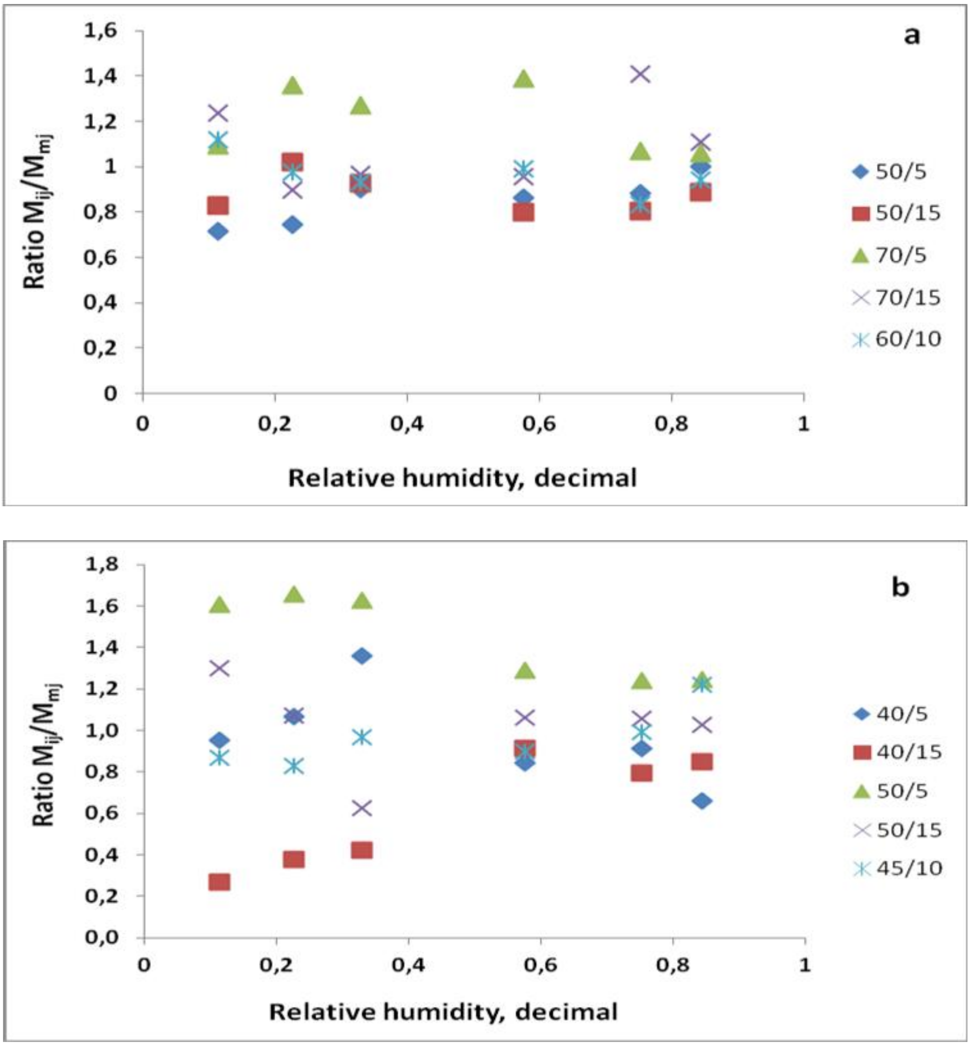


Фиг. 1. Сорбционни изотерми на сушена арония. Осмотична дехидратация на плодовете, последвана от: (a) конвективно сушене; (b) термопомпено сушене

Fig. 1. Moisture sorption isotherms of dried black chokeberries. Osmotic dehydration followed by: (a) convective drying; (b) heat pump drying

Анализът на данните чрез еднофакторен дисперсионен анализ показва, че сушенето има статистически значимо влияние върху равновесната влажност на изсушените плодове. Варирането на съотношението M_{ij} / M_{mj} (i = 1 ... 5 сушена проба; j = 1 ... 6 a_w) с промяна на водната активност е представено на Фигура 2. При a_w < 0.40 вариациите между съотношенията са по-значителни от тези при a_w > 0.40 (Фигура 2 b).

Analysis of the data by single-factor dispersion analysis indicates that drying effect on the equilibrium moisture of the dried fruit is statistically significant. The variation of the ratio M_{ij} / M_{mj} (i=1 …5 dried sample; j = 1 … 6 a_w) with the change of a_w is given in Figure 2. At a_w < 0.40 the variations between the ratios are more considerable than those at a_w > 0.40 (Figure 2 b).



Фиг. 2. Промяна на съотношението между измерената влажност на пробата и средната влажност (M_{ij} / M_{mj}) с промяна на водната активност (a) конвективно сушене; (b) термопомпено сушене

Fig. 2. Variation of the ratio between measured moisture content and sample mean moisture content (M_{ij} / M_{mj}) with the change of water activity (a) convective drying; (b) heat pump drying

Получените коефициенти на модифицираните модели на Chung-Pfost, Halsey, Oswin и Henderson са дадени в Таблица 2 (осмотична дехидратация на плодовете, последвана от конвективно сушене) и Таблица 3 (осмотична дехидратация на плодовете, последвана от термопомпено сушене). В таблиците също са дадени средните относителни

The coefficients of the modified equations of Chung-Pfost, Halsey, Oswin, and Henderson for dried black chokeberries are given in Table 2 (osmotic dehydration followed by convective drying) and Table 3 (osmotic dehydration followed by heat pump drying). Mean relative error (*MRE*) and грешки (*MRE*) и стандартните отклонения (*SEM*). От четирите модела за сушените плодове от арония (осмотична дехидратация на плодовете, последвана от конвективно сушене) този на Halsey прогнозира сорбционни изотерми с най-ниска стойност на *SEM*, докато този на Oswin – с най-ниска стойност на *MRE*. От четирите модела за сушените плодове от арония (осмотична дехидратация на плодовете, последвана от термопомпено сушене) този на Oswin прогнозира сорбционни изотерми с най-ниска стойност на *SEM*.

standard error (*SEM*) are also given in the tables. Among the four equations for dried black chokeberries (OD+CD), the modified Halsey equation predicts the isotherms with the smallest *SEM* value, whereas the modified Oswin equation predicts the isotherms with the smallest *MRE* value. Among the four equations for dried black chokeberries (OD+HPD), the modified Oswin equation predicts the isotherms with the smallest *SEM* value.

Таблица 2. Коефициенти на моделите (*A, B*), средна относителна грешка (*MRE*, %) и стандартно отклонение (*SEM*) за сушена арония (осмотична дехидратация на плодовете, последвана от конвективно сушене)
Table 2. Estimated values of coefficients (*A, B*), mean relative error (*MRE*, %), and standard error of moisture (*SEM*) for dried black chokeberries (osmotic dehydration followed convective drying)

Проба Sample	Параметър Parameter	Модел / Equation			
		Chung-Pfost	Halsey	Oswin	Henderson
50/5	*A*	1.7010	9.2092	13.6604	0.0337
	B	0.053	-1.0338	0.5951	1.1042
	*MRE**	82.85	51.89	25.86	27.21
	*SEM***	10.38	5.89	7.44	8.32
50/15	*A*	1.8754	12.0396	13.9127	0.0252
	B	0.0613	-1.1251	0.4967	1.2032
	MRE	68.91	31.21	30.71	32.00
	SEM	9.65	6.54	7.30	7.88
70/5	*A*	2.3131	18.9272	19.0525	0.0141
	B	0.0557	-1.159	0.4886	1.2728
	MRE	40.21	31.09	25.74	25.26
	SEM	9.30	9.17	7.27	8.47
70/15	*A*	1.9733	18.8573	17.3432	0.0173
	B	0.0506	-1.2009	0.5506	1.2467
	MRE	49.48	14.03	13.56	19.39
	SEM	8.49	3.48	6.01	7.39
60/10	*A*	1.9406	19.9854	15.2427	0.0155
	B	0.0591	-1.2757	0.4697	1.3451
	MRE	27.37	23.07	22.05	25.77
	SEM	14.00	6.05	7.58	8.10

$$MRE = \frac{100}{N}\sum\left|\frac{M_i - \hat{M}_i}{M_i}\right|$$

$$SEM = \sqrt{\frac{\sum(M_i - \hat{M}_i)^2}{df}}$$

Таблица 3. Коефициенти на моделите (*A, B*), средна относителна грешка (*MRE*, %) и стандартно отклонение (*SEM*) за сушена арония (осмотична дехидратация на плодовете, последвана от термопомпено сушене)
Table 2. Estimated values of coefficients (*A, B*), mean relative error (*MRE*, %), and standard error of moisture (*SEM*) for dried black chokeberries (osmotic dehydration followed heat pump drying)

Проба Sample	Параметър Parameter	Модел / Equation			
		Chung-Pfost	Halsey	Oswin	Henderson
40/5	*A*	1.4375	0.9463	2.7503	0.3789
	B	0.1012	-0.4223	1.4537	0.4661
	*MRE**	13.38	61.60	42.25	37.68
	*SEM***	3.95	17.17	4.20	3.98
40/15	*A*	1.2184	0.7367	1.7010	0.4999
	B	0.0737	-0.3429	1.8927	0.3747
	MRE	90.96	68.27	45.95	37.32
	SEM	7.11	20.38	5.51	2.78
50/5	*A*	1.2716	1.1443	4.1946	0.3094
	B	0.0513	-0.4328	1.4699	0.4719
	MRE	21.53	51.62	35.69	34.67
	SEM	10.04	18.57	3.66	4.19
50/15	*A*	1.2452	0.9795	2.9642	0.3689
	B	0.0615	-0.4325	1.5446	0.4641
	MRE	23.74	39.36	26.83	28.51
	SEM	8.21	10.01	1.95	3.03
45/10	*A*	1.1640	0.9301	2.8651	0.3889
	B	0.0497	-0.394	1.6392	0.426
	MRE	49.05	51.23	35.37	43.05
	SEM	11.71	15.30	2.46	4.42

$$MRE = \frac{100}{N}\sum\left|\frac{M_i - \hat{M}_i}{M_i}\right|$$

$$SEM = \sqrt{\frac{\sum(M_i - \hat{M}_i)^2}{df}}$$

ИЗВОДИ

Равновесните сорбционни изотерми на изсушените плодове от арония са определени чрез статичния гравиметричен метод при температура 25 °C. Получените изотерми за сушените плодове са от тип 2 (осмотична дехидратация, последвана от конвективно сушене) или тип 3 (осмотична дехидратация, последвана от термопомпено сушене).

CONCLUSIONS

The equilibrium moisture contents of the dried black chokeberries have been determined by the static gravimetric method at 25 °C. The obtained isotherms for the dried fruit are of type 2 (osmotic dehydration followed by convective drying) or type 3 (osmotic dehydration followed by heat pump drying).

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. **Benvenuti, S., F. Pellati, M. Melegari and D. Bertelli**, 2004. Polyphenols, anthocyanins, ascorbic acid, and radical scavenging activity of Rubus, Ribes and Aronia. *Journal of Food Science*, 69 (3), 164-169.

2. **Blahovec, J. and S. Yanniotis**, 2008. GAB Generalized equation for sorption phenomena. *Food Bioprocess Technology*, 1, 82-90.

3. **Caurie, M.**, 2006. The derivation of the GAB adsorption equation from the BDDT adsorption theory. *International Journal of Food and Technology*, 41, 173-179.

4. **Dushkova, M., N. Toshkov and K. Balkanski**, 2014. Effect of the temperature under convective drying of Goji berry (*Lycium barbarum* L.) on its sorption characteristics. *Food processing industry magazine,* 5, 33-36 (Bg).

5. **Erbas, M., M. Ertugay and M. Certel**, 2005. Moisture adsorption behavior of semolina and farina. *Journal of Food Engineering*, 69, 191-198.

6. **Greenspan, L.**, 1977. Humidity Fixed Points of Binary Saturated Aqueous Solutions. *Journal of Research of the National Bureau Standards – A. Physics and Chemistry*, 81 A (1), 89-96.

7. **Jeppsson, N. and J. Niklas**, 1998**.** Evaluation of black chokeberry. Aronia melanocarpa, germplasm for production of natural food colourants. *Acta Horticulturae*, 484, 193-198.

8. **Konczak, I. and W. Zhang**, 2004. Anthocyanins-more than nature's colours. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*, 5, 239-240.

9. **Koponen, J. and A. Ritta**, 2007. Contents of anthocyanins and ellagitannins in selected foods consumed in Finland. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55 (4), 1612-1619.

10. **Kulling, S. and H. Rawel**, 2008. Chokeberry (*Aronia melanocarpa*) – A Review on the characteristic components and potential health effects. *Planta Med*, 74, 1625-1634.

11. **Limousin, G., J.-P. Gaudet, L. Charlet, S. Szenknect, V. Barthès and M. Krimissa**, 2007. Sorption isotherms: A review on physical bases, modeling and measurement. *Applied Geochemistry*, 22, 249-275.

12. **Maroulis, Z., E. Tasami, D. Marinos-Kouris and G. Saravacos**, 1988. Application of the GAB Model to the Moisture Sorption Isotherms of Dried Fruits. *Journal of Food Engineering*, 7 (l), 63-78.

13. **Mathlouthi, M.**, 2001. Water content, water activity, water structure and the stability of foodstuffs. *Food Control*, 12, 409-417.

14. **Menkov, N., K. Dinkov, A. Durakova and N. Toshkov**, 2009. Sorption Characteristics of Buckwheat Grain. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 15 (4), 281-285.

15. **Ocieczek, A.**, 2012. Sorption properties of various types of commercial wheat flour. *Acta Agrophysica,* 19(2), 365-377.

16. **Plocharski, W. and J. Zbroszczyk**, 1989. Aronia fruit (Aronia melanocarpa Elliot) as a natural source of anthocyanin colourants. Pt. 1. Recovery of anthocyanins from aronia fruit by using alcoholic extraction. *Fruit science reports*, 16, 33-39.

17. **Spiess, W. and W. Wolf**, 1987. Critical evaluation of methods to determine moisture sorption isotherms. In: L. B. Rockland & L. R. Beuchat, Water activity: theory and applications to food, New York: Marcel Dekker.

18. **Toshkov, N., N. Delchev and S. Kozludzhova**, 2014. Sorption characteristics of pectin isolated from Jerusalem Artichoke tubers (*Helianthus tuberosus* L.). *Ukrainian Food Journal*, 3 (2), 185-192.
19. **Toshkov, N., I. Panchev and A. Simitchiev**, 2015. Sorption characteristics of extrudate from corn meal and cocoa shells. In: Nauchni trudove na Universitet po hranitelni tehnologii – Plovdiv, vol. LXII, 759-762 (Bg).
20. **Walther, E. and S. Schnell**, 2009. Black chokeberry (*Aronia melanocarpa*) - a special crop fruit. *Zeitschrift für Arznei und Gewurzpflanzen*, 14, 179-182.
21. **Weisser, H.**, 1986. Influence of temperature on sorption isotherms. In M. Le Maguer & P. Jelen, Food engineering and process applications, New York: Elsevier.
22. **Yu, L.**, 1998. Osmotic-air dehydration of cherries and blueberries. PhD thesis, University of Manitoba, Winnipeg, Manitoba.