

<https://doi.org/10.61308/TCEL6952>

Водопогълщателна способност на семена при видове от род *Monarda*

Ирена Голубинова*, Надежда Запрянова, Пламен Маринов-Серафимов, Ралица Гаврилова
Институт по декоративни и лечебни растения, 1222 Негован, София, Селскостопанска академия-София, България

*E-mail: golubinova@abv.bg

Ирена Голубинова ORCID ID: 0000-0003-0865-9873

Надежда Запрянова ORCID ID: 0000-0002-4589-4680

Пламен Маринов-Серафимов ORCID ID: 0000-0002-4849-3479

Резюме: В Институт по декоративни и лечебни растения – Негован, София, при лабораторни условия е проучена динамиката на водопогълщане на семена от видовете *Monarda fistulosa* L. и *Monarda didyma* L. при температура 15, 22 и 30 °C. Установено е, че максимумът на водопогълщане при проучваните видове настъпва до 2 h (от 103,6 до 120,4%), до 4 h намалява, а до 5-6 h се преустановява, като се увеличава общото количество на погълнатата вода, независимо от използвания температурен диапазон (15, 22 и 30 °C). Продължителността на съхранение на семена от *Monarda fistulosa* L. оказва влияние върху водопогълщателната им способност, докато при *Monarda didyma* L. не се установяват статистически значими ($P=0,05$) разлики. Необходими са по-нататъшни изследвания за установяване водопогълщателна способност на семената ($Ws\%$) на включените в изследването видове от род *Monarda* при различни времеви периоди на съхранение и при възможност да се идентифицират и профилират специфичните биохимични съединения в тях.

Ключови думи: имбибиране; водопогълщане; семена; *Monarda*

Water absorption capacity of seeds in accessions of the *Monarda* genus

Irena Golubanova*, Nadezhda Zapryanova, Plamen Marinov-Serafimov, Ralitzha Gavrilova
Institute of ornamental and medicinal plants, 1222 Negovan, Sofia, Agricultural Academy, Sofia, Bulgaria

*E-mail: golubinova@abv.bg

Irena Golubanova ORCID ID: 0000-0003-0865-9873

Nadezhda Zapryanova ORCID ID: 0000-0002-4589-4680

Plamen Marinov-Serafimov ORCID ID: 0000-0002-4849-3479

Citation: Golubanova, I., Zapryanova, N., Marinov-Serafimov, P. & Gavrilova, R. (2025). Water absorption capacity of seeds in accessions of the *Monarda* genus. *Bulgarian Journal of Crop Science*, 62(5) 109-119 (Bg).

Abstract: In the Institute of ornamental and medicinal plants, Negovan, Sofia under laboratory conditions, the dynamics of water absorption of seeds of the species *Monarda fistulosa* L. and *Monarda didyma* L. species at temperature 15, 22 and 30 °C were studied. It was found that the maximum of water absorption in the studied accessions occurs by 2 h (from 103.6 to 120.4%), by 4 h it decreases, and by 5-6 h it ceases, increasing the total amount of water absorbed, regardless of the used temperature range (15, 22 and 30 °C). The duration of storage of *Monarda fistulosa* L. seeds affects their water absorption capacity, while no statistically significant ($P=0.05$) differences were found for *Monarda didyma* L. Further research is needed to establish the water absorption capacity of the seeds ($Ws\%$) of the *Monarda* genus included in the study at different time periods of storage and if possible to identify and profile the specific biochemical compounds in them.

Key words: imbibing; water absorption; seeds; *Monarda*

ВЪВЕДЕНИЕ

Видовете от род *Monarda* (*Monarda fistulosa* L. и *Monarda didyma* L.) са тревисти многогодишни растения от сем. *Lamiaceae* (Устноцветни), познати с ароматното си и лечебно действие. В много страни на Европа и Америка са ценени като декоративни, ароматни, лечебни и медоносни растения с продължителен период на цъфтеж (Davidson, 2007; Ciuruşniuc and Robu, 2012; Dudchenko et al., 2020; Kriklivaya and Shorin, 2021). Назъбените ароматни листа се използват за чай, поради приятния им вкус, а цветовете на *M. didyma* се отглеждат и за консумация от човека (Marchioni et al., 2020). Растенията се развиват в относително по-неблагоприятни метеорологични и едафични условия върху тежка, влажна почва и в полусянка. Видовете род *Monarda* притежават съцветия с ярки багри и позволяват да бъдат използвани за зацветяване в скални кътове, в смесени бордюри и покрай водни басейни (Gavrilova and Zapryanova, 2023). Етеричното масло, съдържащо се в надземната част на растенията, се характеризира с висока бактерицидна активност, както и с противовъзпалително, имуномодулиращо и антимикробно действие, което позволява широкото му приложение не само в медицината, но и в парфюмерията и козметиката (Ghosh et al., 2020; Gontar et al., 2021; Fraternali et al., 2022).

Въвеждането на нови растителни видове, с разностранно приложение е от решаващо значение за развитие на многофункционално земеделие и значително повишаване на качеството на живот в урбанизираните територии. Видовете от род *Monarda* освен с традиционното си приложение, могат да се използват и в различни индустриални сектори (хранително-вкусова, микробиологична, медицинска и химическа) (Ferreira et al., 2013; Ghosh et al., 2020; Chung et al., 2022; Smeriglio et al., 2024). За да се разкрие потенциалът им за развитие при различни почвено-климатични условия, е необходимо, да се проучи степента на устойчивост на основните им биологич-

ни прояви в онтогенетичното им развитие. Характерна особеност при видовете от род *Monarda* е относително малкият размер на семената (0,018 - 0,020 g/ маса на 1000 семена) и относително бавният им темп на покълване - над 15 дни, след сеитбата (Vegetables in Family Meals: A Guide for Consumers, 1964; Murali et al., 2019; Liu, 2020; Gavrilova and Zapryanova, 2023). Продължителността на процеса на водопоглъщане на семената при видовете от род *Monarda* е видово обусловен и се определя от вида и размера на семената (фракции), фаза на зрелост, жизненост, промокаемост, водопопоскливост на семенната обвивка, кислородно поглъщане, химичен състав (съдържание на протеин, въглехидрати, липиди) и други (de Pinho et al., 2004; Azam-Ali et al., 2006; Taiz and Zeiger, 2009). Според Mwami et al. (2017), количеството вода, необходимо за покълване на семената, зависи от генотипа и вида. Kader and Jutzi (2002) установяват, че скоростта на водопоглъщане на семената е в корелационна зависимост от температурата при която се извършва имбибирането, т.е. с повишаване на температурата се повишава водопоглъщателната способност на семената. Според авторите, процеса на водопоглъщане е и в пряка зависимост от фотопериода.

В изчерпателен анализ Mayer and Poljakoff-Mayber (1982), Sapirstein et al. (2018), Wong et al. (2019) установяват, че водопоглъщателната способност на семената може да бъде ограничена от множество фактори, свързани с блокиране на специфични ензими, хидролизата на протеина, мазнини, дебелината на семена обвивка и др. В тази връзка в достъпната научна литература се съобщават данни за хидратирания капацитет на семена при редица култури Miano and Augusto (2018), Vidak et al. (2022), de Oliveira et al. (2023), Khan et al. (2024), но липсва информация, относно водопоглъщателната способност на семена при видове от род *Monarda* в зависимост от продължителността им на съхранение, необходима информация при извършване на скринингови лабораторни алелопатични проучвания в *in vitro* условия.

Целта на изследването е, да се определи водопогълщателната способност на семена при видове от род *Monarda* (*Monarda fistulosa* L. и *Monarda didyma* L.) при различни температури на имбибиране в зависимост от срока на съхранението им.

МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИ

Проучването е проведено през 2024 година при лабораторни условия в Институт по декоративни и лечебни растения – София. Обект на изследване са видове от род *Monarda*: *Monarda fistulosa* L. и *Monarda didyma* L. от работната колекция на института. За целите на проучването са използвани въздушно сухи семена с различен срок на съхранение (една и три години), съответно реколтирани през 2020 и 2023 година.

Семената от всеки вид, включени в изследването са ръчно калибрирани, като са отбрани по 1000 броя семена, претегляни са (g), след което са поставени в петриеви блюда с диаметър 40 mm между филтърна хартия Filtrak 383. В така подготвените Петриеви блюда е пипетирана 5 ml предварително темперирана дестилирана вода с температура 15, 20 и 30° C ± 2° C, запечатани са с парафинова лента Parafilm “M”, след което са поставени на тъмно в термостат при температура 15, 22 и 30° C ± 2° C. Всеки вариант е залаган в четири повторения. След изтичане на всяко абсорбционно време (t_{abs}) – 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 и 8 h, наличната дестилирана вода в петриевите блюда е отдекантирана, а семената са сепарирани, чрез използване на Бюхнерова фуния, свързана с вакуумна помпа. Непосредствено преди претеглянето им на аналитична везна (0,000 g), същите са повърхностно изсушени върху трислойна абсорбираща филтърна хартия, без да се притискат.

За определяне водопогълщателната способност ($Ws\%$) (g погълната H_2O /g семена) е използвана формулата на Hidayati et al. (2001): $Ws\% = [(w_i - w_d) / w_d] \cdot 100$; където: w_i – масата на семената (g) след всяко абсорбционно време

(t_{abs}) – 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 и 8 h, w_d – масата на въздушно сухите семена (g) и/или за всяко предходно абсорбционно време (t_{abs}), до запазване на постоянно тегло на пробите.

Математико-статистическата обработка на експерименталните резултати е извършена с програмния продукт STATGRAPHICS Plus for Windows Version 2.1. по метода на ANOVA, чрез еднофакторен, двуфакторен и трифакторен дисперсионен анализ, използвайки least significant difference (LSD), чрез Fisher's exact test при доверителен интервал 95% и грешка $\alpha = 0,05$. За установяване и количествено определяне на връзката между отделните показатели в зависимост от проучваните фактори е използван регресионен анализ с програмния продукт Staistika 10. Силата на влияние на факторите е определена чрез η^2 при достоверен факториален вариантс 99% (Plohinskii, 1967).

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЯ

Масата на 1000 броя семена на включените в изследването видовете от род *Monarda* варира в относително широк диапазон от 0,224 до 0,380 g. От анализа на експерименталните данни, представени в Таблица 1 е видно, че проучваният показател в зависимост от годината на реколтиране на семената се променя от 0,220 до 0,350 g при *Monarda didyma* L. и от 0,224 до 0,380 g при *Monarda fistulosa* L., което съставлява 159,1% и 169,6% по-голяма маса на 1000 бр. семена, като разликите са статистически значими при $P=0,05$, което вероятно се дължи на агрометеорологичните условия през вегетационния период на формирането им.

Резултатите от извършения двуфакторен дисперсионен анализ за установяване тежестта на факторите (η^2) при йерархичното разпределение на варирането в зависимост от проучваните фактори: Фактор А (вид) и Фактор В (година) се установява, че относително най-голям дял от общото вариране заема взаимовръзката между проучваните фак-

Таблица 1. Маса на 1000 бр. семена, g на включените в изследването образци от род *Monarda***Table 1. Seed weight per 1000 seeds, g of the accessions of the *Monarda* genus included in the study**

Видове / Accessions (Фактор А / Factor A)	Години / Years (Фактор В / Factor B)	Маса на 1000 бр. семена, g Seed weight per 1000 seeds, g	± SE	%, спрямо 2020 год. %, compared to 2020
<i>Monarda fistulosa</i> L.	2020	0,224a	0,0036	100,0
	2023	0,380b	0,0134	169,6
<i>Monarda didyma</i> L.	2020	0,220a	0,0112	100
	2023	0,350b	0,0115	159,1
Влияние на факторите / Influence of factors		MS	η^2	
A		0,00688	2,05	
B		0,000021	0,01	
AxB		0,247048	73,57	

Легенда: a, b - статистически значими разлики при $P=0,05$. Стойностите обозначени с една и съща буква са статистически незначими при $P=0,05$; $\pm SE$ - стандартна грешка ($P=0,05$); MS – средна сума на квадратите - ANOVA; η^2 - сила на влияние на факторите във факториалната равнина.

Legend: a, b - statistically significant differences at $P=0.05$. Values indicated by the same letter are statistically insignificant at $P=0.05$; $\pm SE$ - standard error (at $P=0.05$); MS – the mean sum of squares – ANOVA; η^2 - power of influence of the factors in the factorial plane.

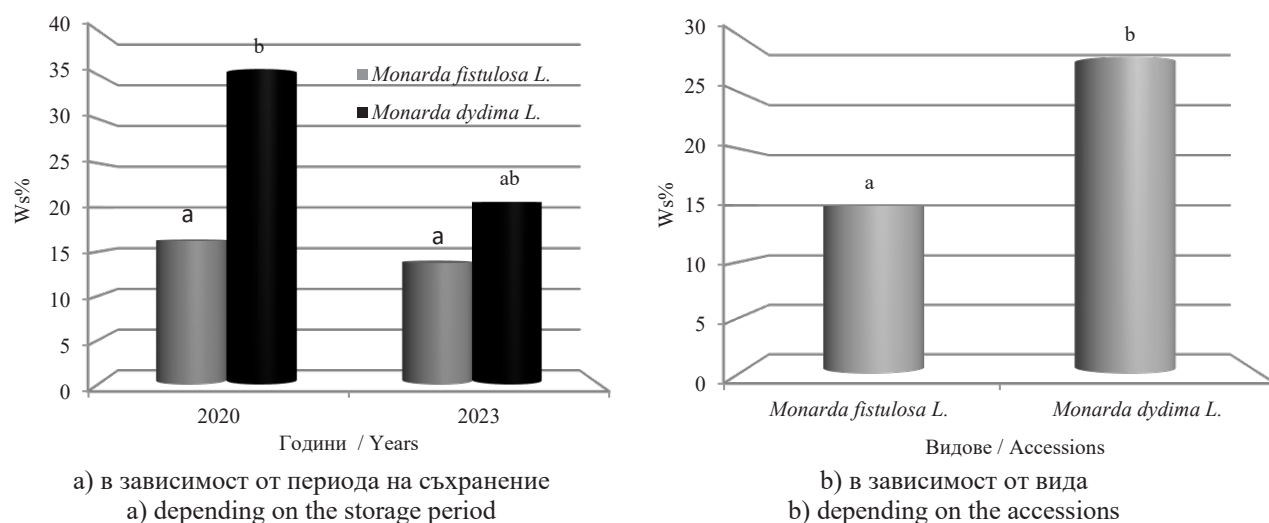
тори AxB (η^2 73,75%). Самостоятелното им действие, при формиране на масата на 1000 бр. семена на включените в изследването видове от род *Monarda* е относително слабо, като при Фактор А е по-изразено (η^2 е 2,05%) и незначително при Фактор В (η^2 0,01%), въпреки че влиянието им е статистически доказано при $P=0.05$.

Общата водопогълтателната способност на семената ($Ws\%$) на включените в изследването образци от род *Monarda* варира в широк диапазон - от 17,2 до 25,9%, независимо от установените различия в масата на 1000 броя семена в зависимост от годината на реколтиране, като се установява диференциация в общата водопогълтателна способност на семената ($Ws\%$). От резултатите отразени на Фигура 1а е видно, че водопогълтателната способност на семената варира от 13,7 до 16,2% при *Monarda fistulosa* L. и от 20,6 до 35,6% при *Monarda didyma* L. в зависимост от продължителността им на съхранение, като не се установяват статистически значими различия между видовете, докато по отношение

на видовата им принадлежност, разликите при проучвания показател са статистически значими ($P=0,05$) (Фигура 1b). Получените експериментални резултати са в унисон със съобщеното от Bewley et al. (2013), Ataíde et al. (2014) и da Silva and Dantas (2016), според които продължителното съхранение на семената оказва влияние върху метаболитните процеси в тях, които са пряко свързани с хидратацията капацитет на семената, респективно и върху водопогълтателната им способност.

От Таблица 2 е видно, че водопогълтателната способност на семената ($Ws\%$) зависи от използвания температурен диапазон (15, 22 и 30 °C) и варира от 99,4 до 185,4%, като при *Monarda fistulosa* L. е в границите от 114,9 до 185,4%, а при *Monarda didyma* L. е от 99,4 до 165,8%, непропорционално на повишаване на температурата.

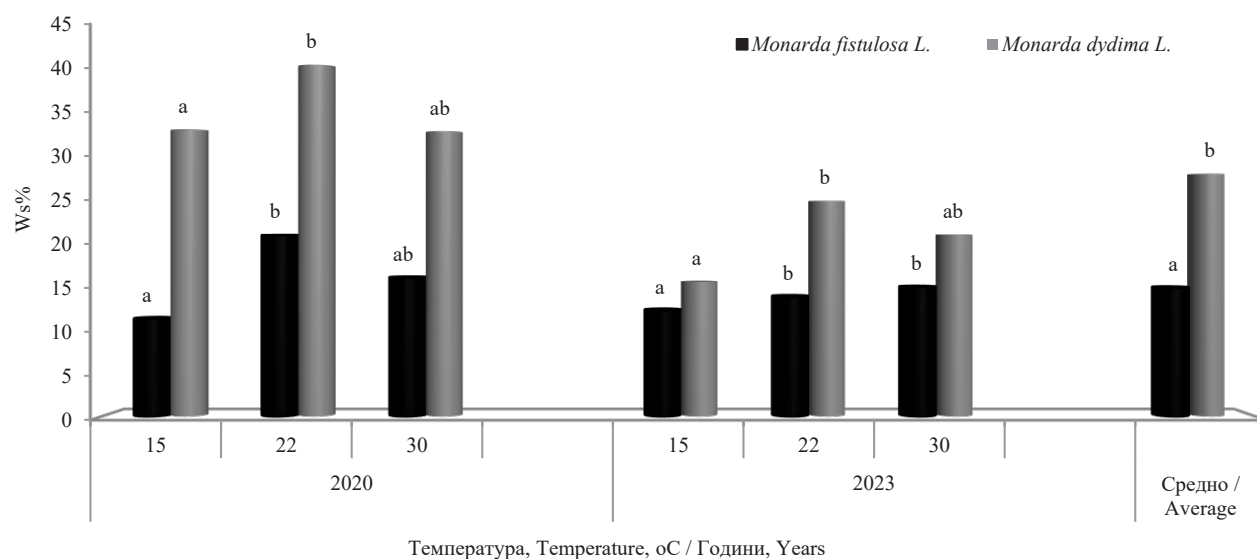
Най-висока е водопогълтателната способност на семената, когато процесът на водопоглъщане се извършва при 22 °C, като не се установяват съществени различия между видовете *Monarda fistulosa* L. и *Monarda didyma*



Легенда: a, b - статистически значими разлики при $P=0,05$. Стойностите обозначени с една и съща буква са статистически незначими при $P=0,05$

Legend: a, b - statistically significant differences at $P=0.05$. Values indicated by the same letter are statistically insignificant at $P=0.05$

Фигура 1. Водопогълщателна способност ($Ws\%$) на семена от видове на род *Monarda*
Figure 1. Water absorption capacity ($Ws\%$) of accessions of species of the *Monarda* genus



Легенда: a, b - статистически значими разлики при $P=0,05$. Стойностите обозначени с една и съща буква са статистически незначими при $P=0,05$

Legend: a, b - statistically significant differences at $P=0.05$. Values indicated by the same letter are statistically insignificant at $P=0.05$

Фигура 2. Водопогълщателна способност ($Ws\%$) на семена от видове на род *Monarda* в зависимост от приложените температури и продължителността на съхранение на семената
Figure 2. Water absorption capacity ($Ws\%$) of seeds of accessions of the *Monarda* genus depending on the applied temperatures and the duration of seed storage

L., както и по отношение на взаимовръзката между проучваните фактори „продължителност на съхранение – водопогълщателна способност” на семената. С увеличаване на температурата на 30 °C или понижаването ѝ до 15 °C, установените зависимости се запазват, с тази разлика, че са относително по-силно изразени при *Monarda didyma* L. Изключение от описаната зависимост се констатира при *Monarda fistulosa* L., където с увеличаване на температурния диапазон от 22 на 30 °C, разликите при проучвания показател са статистически незначими ($P=0,05$), но само при семената реколтирани през 2023 година (Фигура 2).

Резултатите от извършения двуфакторен дисперсионен анализ за установяване тежестта на факторите (η^2) при йерархичното разпределение на варирането върху водопогълщателната способност на семената на видовете от род *Monarda* (Фактор А) и влиянието на приложения температурен диапазон (Фактор С) се установява, че относително най-голям дял от общото вариране заема

Фактор С ($\eta^2 = 51,8\%$), следван от Фактор А ($\eta^2 = 9,90\%$). Стойностите на вариансите на взаимодействието на проучваните фактори АхС, определят незначително най-малък дял от общото вариране ($\eta^2 = 0,80\%$) въпреки, че влиянието им е статистически доказано при $P=0,05$ (Таблица 2).

От анализа на данните представени на Таблица 3 е видно, че водопогълщателната способност на семената ($Ws\%$) на включените в изследването видове от род *Monarda* нараства непропорционално, като най-интензивен е процеса във физико-химичната фаза на имбибиране до 1-2 h, с максимум на водопогълщане от 103,6 до 120,4%.

Независимо от използвания температурен диапазон (15, 22 и 30° C), не се установяват статистически значими разлики ($P=0,05$) в максимума на водопогълщане, които при *Monarda didyma* L. настъпва на 1 h, както и по отношение продължителността на съхранение на семената, докато при *Monarda fistulosa* L. се констатира различия. Максимумът на водопогълщане на семената от

Таблица 2. Анализ на варианса и степен на влияние на факторите върху водопогълщателната способност ($Ws\%$) на включените в изследването видове от род *Monarda*

Table 2. Analysis of variance and degree of influence of the factors on the water absorption capacity ($Ws\%$) of the accessions of the *Monarda* genus included in the study

Влияние на факторите / Influence of factors		Водопогълщателна способност, $Ws\%$ Water absorption capacity, $Ws\%$
Видове / Accessions (Фактор А / Factor A)	<i>Monarda fistulosa</i> L.	14,93a
	<i>Monarda didyma</i> L.	28,09b
Температура, °C / Temperature, °C (Фактор С / Factor C)	15	18,11a
	22	25,14b
	30	21,14ab
Влияние на факторите / Influence of factors	MS	η^2
A	198,55	9,90
C	2077,7	51,8
AxC	16,07	0,80

Легенда: a, b - статистически значими разлики при $P=0,05$. Стойностите обозначени с една и съща буква са статистически незначими при $P=0,05$; MS – средна сума на квадратите - ANOVA; η^2 - сила на влияние на факторите във факториалната равнина

Legend: a, b – statistically significant differences at $P=0.05$. Values indicated by the same letter are statistically insignificant at $P=0.05$; MS – the mean sum of squares – ANOVA; η^2 - power of influence of the factors in the factorial plane

Monarda fistulosa L., реколтирани през 2020 година настъпва на 1 h, а тези реколтирани през 2023 година на 2 h от имбибрането им.

Следователно, продължителността на съхранение на семена от *Monarda fistulosa* L. оказва частично влияние върху водопогълщателната

Таблица 3. Динамика на водопогълщателна способност ($Ws\%$) на семена от род *Monarda* в зависимост от проучваните фактори

Table 3. Dynamics of water absorption capacity ($Ws\%$) of seeds of the *Monarda* genus depending on the studied factors

Видове/ Accessions (Фактор A/ Factor A)	Години / Years (ФакторB / Factor B)	Температура, °C / Temperature, °C (Фактор C / Factor C)	Имбибиционно време, h / Imbibition time, h						
			1	2	3	4	5	6	7
			Погълната вода, <i>Ws</i> % / Absorbed water, <i>Ws</i> %						
<i>M. fistulosa</i>	2020	15	5,263f	2,470e	1,815d	0,610c	0,581b	0,568b	0,0 [#] a
		22	11,110d	7,53c	2,330b	2,290b	0,0 [#] a		
		30	7,794e	5,43d	1,744c	0,568b	0,556b	0,0 [#] a	
	2023	15	2,580f	5,083e	2,441d	1,409c	0,714b	0,0 [#] a	
		22	3,527e	6,000d	3,223c	1,190b	0,0 [#] a		
		30	4,223e	6,100d	2,926c	0,893b	0,0 [#] a		
<i>M. didyma</i>	2020	15	13,340f	10,284e	4,010d	2,827c	1,926b	0,833a	0,0 [#] a
		22	22,903g	12,150f	3,086e	1,291d	0,714c	0,543b	0,0 [#] a
		30	19,820d	9,143c	4,148b	4,123b	0,0 [#] a		
	2023	15	7,518e	2,831d	2,392d	1,660c	0,658b	0,0 [#] a	
		22	10,687f	7,457e	3,193d	1,832c	1,190c	0,610b	0,0 [#] a
		30	10,738e	6,978d	2,033c	1,310b	0,0 [#] a		
Самостоятелно действие на факторите/ Self-contained action of the studied factors									
Фактор A / Factor A			Фактор B Factor B		Фактор C Factor C				
<i>Monarda fistulosa</i> L			2,49a	15	2,99a	2020	4,39b		
<i>Monarda didyma</i> L.			4,73b	22	3,66b	2023	2,84a		
				30	4,19bc				
Влияние на факторите / A Study of Factors Influence					<i>MS</i>	η^2			
A					356,046	6,16			
B					171,901	2,97			
C					69,201	1,20			
Взаимовръзка на факторите / A Study of Factors interrelationship									
AxB					94,743	1,64			
AxC					1,776	0,06			
BxC					4,636	0,08			
AxBxC					9,017	0,16			

Легенда: a, b, c, d, e, f, g – статистически значими разлики при $P=0.05$. Стойностите обозначени с една и съща буква са статистически незначими при $P=0.05$; # - не се установен процес на водопогълчане от семената. не се установява увеличение на масата (g) на 1000 семена с предходния час на имбибиране; MS – средна сума на квадратите - ANOVA; η^2 - тежест на факторите във факториалната равнина

Legend: a, b, c, d, e, f, g – statistically significant differences at $P=0.05$. Values indicated by the same letter are statistically insignificant at $P=0.05$; # - no process of water absorption by the seeds has been established. No increase in weight (g) per 1000 seeds was found with the preceding hour of imbibition; MS – the mean sum of squares – ANOVA; η^2 - power of influence of the factors in the factorial plane

им способност. Получените експериментални резултати са в съответствие с установеното от Zeinelabdin and Mohammed (2016), Pyar et al. (2019) и Bahwireth et al. (2023), според които продължителността на съхранение на семената, оказва субординиращ ефект върху водопогълщателната им способност и е в пряка връзка с жизнеспособността на семената (Ali-Rachedi et al., 2004; Kermode, 2005; Matilla and Matilla-Va'zquez, 2008).

С удължаване продължителността на имбибиране t_{imb} от 3 до 4 h водопогълщателната способност на семената при *Monarda fistulosa* L. и *Monarda didyma* L. намалява непропорционално и към 5-6 h се преустановява, като се установяват статистически значими различия ($P=0,05$) при проучвания показател в сравнение с предходните часове на водопогълщане. Независимо, че се формира тренд на намаляване на водопогълщането, с удължаване продължителността му, общото количество на погълнатата вода от семената се увеличава. Получените експериментални резултати са в унисон със съобщеното от Costa et al. (2022) според които, водопогълщателната способност ($Ws\%$) на семената е най-висока в началните часове (1, 5 и 3 h) на експозицията им във вода и намалява с удължаване на периода на имбибиране.

Резултатите от извършения трифакторен дисперсионен анализ за установяване тежестта на факторите (η^2) при йерархичното разпределение на варирането върху водопогълщателната способност на семената на включените в изследването видове от род *Monarda* (Фактор А), години (Фактор В) и влиянието на приложения температурен диапазон (Фактор С) се установява, че относително най-голям дял от общото вариране заема Фактор А ($\eta^2 = 6,16\%$), следван от Фактор В ($\eta^2 = 2,97\%$) и незначително за Фактор С ($\eta^2 = 1,20\%$). Стойностите на вариансите на взаимодействието на проучваните фактори, определят незначителен дял от общото вариране (η^2 е в интервала от 0,06 до 0,16%), като относително по-висок процент на участие във факториалната равнина заема взаимовръз-

ката АхВ ($\eta^2 = 1,64\%$) въпреки, че самостоятелното им влияние е статистически значимо при $P=0,05$.

От извършения регресионен анализ по отношение водопогълщателната способност на семената ($Ws\%$) и имбибиционно време (h) на включените в изследването видове от род *Monarda* по отношение използвания температурен диапазон (15, 22 и 30 °C) и продължителността на съхранение на семената се установява линейна зависимост ($Y = a \pm b \cdot x$) с много високи отрицателни коефициенти на корелация (r е в границите от -0,819 до -0,994) и коефициенти на детерминация (R^2), вариращи в диапазона от 67,132 до 98,865% при относително ниски коефициенти на индетерминация (К) – от 1,135 до 32,868%. По отношение на самостоятелното действие на факторите се установява квадратична зависимост (квадратна функция) $Y = (a \pm b \cdot x)^2$ с много високи стохастични отрицателни коефициенти на корелация (r е в границите от -0,808 до -0,906) при коефициенти на детерминация (R^2) от 65,216 до 82,145% и относително ниски коефициенти на индетерминация (К) – от 17,855 до 34,784%, които са статистически значими при $P=0,01$ (Таблица 4).

ИЗВОДИ

Водопогълщателната способност на семената ($Ws\%$) от видовете *Monarda fistulosa* L. и *Monarda didyma* L. нараства непропорционално с удължаване на периода на имбибиране, като максимума на водопогълщане (от 103,6 до 120,4%) настъпва до 2 h, независимо от използвания температурен диапазон (15, 22 и 30 °C).

При имбибиране на семената при *Monarda fistulosa* L. и *Monarda didyma* L. до 4 h, водопогълщателната им способност намалява, а до 5-6 h се преустановява, като се увеличава общото количество на погълнатата вода.

Продължителността на съхранение на семената на *Monarda fistulosa* L. оказва влияние върху водопогълщателната им способност,

Таблица 4. Регресионен анализ на водопоглъщането на семена от род *Monarda* в зависимост от времето на водопоглъщане и проучваните фактори**Table 4. Regression analysis of the water absorption of seeds of the *Monarda* genus depending on the inhibition time and the studied factors**

Видове / Accessions (Фактор А / Factor A)	Години /Years (Фактор В / Factor B)	Температура, °C / Temperature, °C (Фактор С / Factor C)	Функционални зависимости (Y ≈ f (X, ε) / Functional dependencies (Y ≈ f (X, ε)	R ²	K	r
M. fistulosa	2020	15	Ws% = 4,913 - 0,865.h	77,924	22,076	-0,883
		22	Ws% = 15,776 - 4,393.h	98,865	1,135	-0,994
		30	Ws% = 9,0195 - 1,934.h	88,802	11,198	-0,942
	2023	15	Ws% = 4,213 – 0,597.h	67,132	32,868	-0,819
		22	Ws% = 5,254 – 0,780.h	71,139	28,861	-0,843
		30	Ws% = 5,567 – 0,820.h	76,351	23,649	-0,874
M. didyma	2020	15	Ws% = 14,416 – 2,537.h	87,810	12,19	-0,937
		22	Ws% = 21,571 – 4,226.h	76,543	23,457	-0,878
		30	Ws% = 26,776 – 7,886.h	95,995	4,005	-0,980
	2023	15	Ws% = 10,132 – 1,641.h	78,491	21,509	-0,885
		22	Ws% = 10,855 – 1,913.h	78,790	21,21	-0,888
		30	Ws% = 12,138 – 2,642.h	86,018	13,982	-0,928
Фактор А / Factor A						
Monarda fistulosa L.		Ws% = (2,963 – 0,483.h) ²	78,480	21,520	-0,886	
Monarda didyma L.		Ws% = (3,980 – 0,618.h) ²	77,569	22,431	-0,881	
Фактор В / Factor B						
2020		Ws% = (3,868 – 0,622.h) ²	74,020	25,980	-0,863	
2023		Ws% = (3,076 – 0,479.h) ²	75,700	24,300	-0,870	
Фактор С / Factor C						
15		Ws% = (2,935 – 0,412.h) ²	65,216	34,784	-0,808	
22		Ws% = (3,824 – 0,633.h) ²	72,833	27,167	-0,853	
30		Ws% = (3,656 – 0,606.h) ²	82,145	17,855	-0,906	

Легенда: R² – коефициент на детерминация, K – коефициент на индетерминация, r – корелационен коефициент
 Legend: R² – coefficient of determination, K – coefficient of indeterminacy, r – correlation coefficient

докато при *Monarda didyma* L. не се установяват статистически значими (P=0,05) разлики.

Установени са статистически значими (P=0,01) много високи отрицателни коефициенти на корелация (r от -0,808 до -0,994), детерминация (R²) от 65,2 до 98,9% при относително ниски коефициенти индетерминация (K) – от 1,1 до 34,8% по отношение на водопоглъщателната способност (Ws%) на семена-

та при видове *Monarda fistulosa* L. и *Monarda didyma* L. в зависимост от периода на съхранението им и използвания температурен диапазон.

Необходими са по-нататъшни изследвания за установяване водопоглъщателната способност на семената (Ws%) на включените в изследването видове от род *Monarda* при различни времеви периоди на съхранение и при

възможност да се идентифицират и профилират специфичните биохимични съединения в тях.

ЛИТЕРАТУРА

- Ali-Rachedi, S., Bouinot, D., Wagner, M. H., Bonnet, M., Sotta, B., Grappin, P., & Jullien, M. (2004). Changes in endogenous abscisic acid levels during dormancy release and maintenance of mature seeds: studies with the Cape Verde Islands ecotype, the dormant model of *Arabidopsis thaliana*. *Planta* 219, 479–488.
- Ataíde, G., Borges, E., Flores, A., & Castro, R. (2014). Avaliação preliminar da embebição de sementes de jacarandá-da-bahia. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 34(78), 133–139.
- Azam-Ali, S., Bonkougou, E., Bowe, C., deKock, C., Godara, A., & Williams, J. T. (2006). Ber and other jujubes. In: Williams et al. (Eds.), *International Centre for Underutilized Crops*, Southampton, UK.
- Bahwireth, M. A., Pyar, H., Maqram, D. A., & Bamsaoud, S. F. (2023). The effect of seeds age and chilling on water imbibition and germination for *Ziziphus spina-christi* seeds. *International Journal of Agricultural Research*, 18(1), 11-16.
- Bewley, J., Bradford, K., Hilhorst, H., & Nonogaki, H. (2013). *Seeds: Physiology of development, germination and dormancy* (3rd edition) 392 pp. Springer, New York – Heidelberg – Dordrecht – London.
- Chung, C., Wahyudi, B., Chelovna, C., Soetanto, F., Anggasta, G., Zafira, Q., & Crystalia, A. (2022). A review on the pharmacological activity of *Monarda fistulosa* L. *Indonesian Journal of Life Sciences*, 4(2), 87-107. DOI: 10.54250/ijls.v4i2.142.
- Ciuruşniuc, A. M., & Robu, T. (2012). Study of the behaviour of cultivated species of the genus *Monarda* L. in Vaslui County, to introduce them in cultivation as medicinal, aromatic and decorative plants. *Revista Lucrari stiintifice - Seria Agronomie*, 55, 309–312.
- Costa, R., Pedroso, V., Madeira, T., & Gândara, J. (2022). Water uptake kinetics in soaking of grass pea. *Food Sci. Technol.*, 42, e24320, DOI: <https://doi.org/10.1590/fst.24320>
- da Silva, F., & Dantas, B. (2016). Quantification of storage proteins during seed imbibition of native species from the brazilian Caatinga vegetation. *Ciências Agrárias, Londrina*, 37(4), 1733-1744.
- Davidson, C. G. (2007). *Monarda*, Bee-balm. In *Flower Breeding and Genetics*; Anderson, N.O., Ed.; Springer: Dordrecht, The Netherlands,; pp. 756–779. ISBN 978-1-4020-4427-4.
- de Oliveira, L., Balbinoti, T., Alvarez, D., Jorge, L., & Jorge, R. (2023). Modeling and thermodynamic analysis of the hydration and germination of triticale seeds. *Journal of cereal science*, 113, 103756.
- de Pinho, S., de Carvalho, L., & Delachave, M. (2004). Limit between stages I and II of a seed imbibition curve. *Sci. agric. (Piracicaba, Braz.)*, Vol.61, № 1, Jan./Feb., Piracicaba.
- Dudchenko, V. V., Svydenko, L. V., Markovska, O. Y., & Sydiakina, O. V. (2020). Morphobiological and biochemical characteristics of *Monarda* L. varieties under conditions of the southern steppe of Ukraine. *J. Ecol. Eng.*, 21, 99–107.
- Ferreira, M., Gendron, F., & Kindscher, K. (2013). Chapter 21 - Bioactive prairie plants and aging adults: Role in health and disease, Editor(s): Ronald Ross Watson, Victor R. Preedy, Bioactive food as dietary interventions for the aging population. Academic Press, pp. 263-275. ISBN 9780123971555.
- Fraternal, D., Dufat, H., Albertini, M., Bouzidi, C., D'Adderio, R., Coppari, S., Di Giacomo, B., Melandri, D., Ramakrishna, S., & Colomba, M. (2022). Chemical composition, antioxidant and anti-inflammatory properties of *Monarda didyma* L. essential oil. *PeerJ*, 10, e14433. doi: 10.7717/peerj.14433.
- Gavrilova, R., & Zapryanova, N. (2023). Influence of light on the sowing qualities of seeds in two species of the genus *Monarda*. *Bulgarian Journal of Crop Science*, 60(2), 63-68.
- Ghosh, M., Schepetkin, I., Özek, G., Özek, T., Khlebnikov, A., Damron, D., & Quinn, M. (2020). Essential oils from *Monarda fistulosa*: Chemical composition and activation of transient receptor potential A1 (TRPA1) channels. *Molecules*, 25(21), 4873. doi:10.3390/molecules25214873.
- Gontar, L., Herman, A., & Osinska, E. (2021). *Monarda* essential oils as natural cosmetic preservative systems. *Natural Volatiles and Essential Oils*, 8(1), 29-38. <https://doi.org/10.37929/nveo.772848>.
- Hidayati, S., Baskin, J., & Baskin, C. (2001). Dormancy-breaking and germination requirements for seeds of *Symplocarpos orbiculatus* (Carifoliaceae). *American Journal of Botany*, 88(8), 1444-1451.
- Kader, M., & Jutzi, S. (2002). Time-course changes in high temperature stress and water deficit during the first three days after sowing in hydro-primed seed: germinative behaviour in sorghum. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics*, 103, 157–168.
- Kermode, A. (2005). Role of Abscisic Acid in Seed Dormancy. *Journal of Plant Growth Regul.*, 24, 319–344.
- Khan, T., Jamil, M., Ali, A., Rasheed, S., Irshad, A., Maqsood, M., Zulfiqar, U. Chaudhary, T., Ali, M., & Elshikh, M. (2024). Exploring water-absorbing capacity: a digital image analysis of seeds from 120 wheat varieties. *Scientific Reports*, 14, 6757.

- Kriklivaya, A., & Shorin, N.** (2021). The potential of using the new species *Monarda didyma* L. for introduction in Western Siberia in International research conference on Challenges and advances in farming, food manufacturing, agricultural research and education, *KnE Life Sciences*, pages 350–360. DOI 10.18502/kl.v0i0.8966.
- Liu, N.** (2020). Response of seed germination of *Monarda didyma* to environmental factors. *Hubei agricultural sciences*, 59(5): 101-105.
- Marchioni, I., Najar, B. Ruffoni, A. Copetta, L., & Pistelli, L.** (2020). Pistelli, Bioactive compounds and aroma profile of some *Lamiaceae* edible flowers. *Plants*, 9, 691.
- Matilla, A. J., & Matilla-Vázquez, M. A.** (2008). Involvement of ethylene in seed physiology. Review. *Plant Science*, 175, 87–97.
- Mayer, A., & Poljakoff-Mayber, A.** (1982). Chapter 3 - Factors affecting germination. Editor(s): A.M. Mayer, A. Poljakoff-Mayber, The germination of seeds (Third Edition), Pergamon, 22-49. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-028853-6.50010-3>.
- Miano, A., & Augusto, P.** (2018). The hydration of grains: a critical review from description of phenomena to process improvements. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 17, 352-370.
- Murali, C.N., Jain S.K., Joshi M.A., Pandey A., & Sunil, Kumar.** (2019). Seed development and maturation in french Marigold (*Tagetes patula* L.). *International Journal of Agriculture Sciences* 11(3) 7781-7783.
- Mwami, B. M. Ngululu, S. N., Kimiti, J. M., & Kimatu, J. N.** (2017). Effects of water imbibition of selected bean varieties on germination. *International Journal of Agricultural Research and Review*, 5(1), 579-587.
- Plohinskii, N.** (1967). Algorithms of biometry. Publishing House of the Moscow University, 74-78. (Ru).
- Pyar, H., Bahwirth, M., & Obad, G.** (2019). Effect of *Setaria verticillata* aqueous extracts on germination and growth of different varieties of wheat. *Trends in Applied Sciences Research*, 14(4): 283-287.
- Sapirstein, H., Wu, Y., Koksel, F., & Graf, R.** (2018). A study of factors influencing the water absorption capacity of Canadian hard red winter wheat flour. *Journal of Cereal Science*, 81, 52-59. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2018.01.012>.
- Smeriglio, A., Ingegneri, M., Germanò, M., Miori, L., Battistini, G., Betuzzi, F., Malaspina, P., Trombetta, D., & Cornara, L.** (2024). Pharmacognostic evaluation of *Monarda didyma* L. growing in Trentino (Northern Italy) for cosmeceutical applications. *Plants*, 13(1), 112. <https://doi.org/10.3390/plants13010112>.
- Taiz, L., & Zeiger, E.** (2009). Fisiologia vegetal. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 819 p.
- Vegetables in Family Meals: A Guide for Consumers.** (1964). United States: U.S. Department of Agriculture. https://www.google.bg/books/edition/Vegetables_in_Family_Meals/RW4i5jOGG4AC?hl=en&gbpv=0
- Vidak, M., Lazarević, B., Javornik, T., Šatović Z., & Carović-Stanko, K.** (2022). Seed water absorption, germination, emergence and seedling phenotypic characterization of the common bean landraces differing in seed size and color. *Seeds*, 1(4), 324-339.
- Wong, K., Lee, L., Yeo, L., & Tan, M.** (2019). Enhancing rate of water absorption in seeds via a miniature surface acoustic wave device. *Royal Society Open Science*, 6(3), 181560. <http://dx.doi.org/10.1098/rsos.181560>
- Zeinelabdin, Z., & Mohammed, S.** (2016). The effect of dormancy breaking treatments among four provenances on twin seedling emergences of *Ziziphys spina-christi* (L.) *International Journal of Agriculture and Forestry*, 6(2), 99-102.

Received: July, 28, 2025; Approved: September, 05, 2025; Published: October, 2025