

ORIGINAL PAPER

Алелопатичния ефект на слънчогледова синя китка (*Orobanche cumana* Wallr.) върху поникването и първоначалното развитие на *Lactuca sativa* L.

**Пламен Маринов-Серафимов¹ • Ирена Голубинова¹ •
Валентина Енчева² • Щелияна Калинова³**

¹ Институт по фуражните култури, Плевен, ул. Ген. Владимир Вазов, 5800, България

² Добруджански земеделски институт, 9521, Генерал Тошево, България

³ Аграрен университет, Пловдив, бул. Менделеев, 12, 4000, България

Автор за кореспонденция: Пламен Серафимов; E-mail: plserafimov@abv.bg

Allelopathic effect of sunflower broomrape (*Orobanche cumana* Wallr.) on the germination and initial development of *Lactuca sativa* L.

**Plamen Marinov-Serafimov¹ • Irena Golubinova¹ •
Valentina Entcheva² • Shteliana Kalinova³**

¹ Institute of Forage Crops, 89, Gen. Vladimir Vazov Str., 5800, Pleven, Bulgaria

² Dobrudzha Agricultural Institute, 9521, General Toshevo, Bulgaria

³ Agricultural University, 12, Mendeleev Str., 4000, Plovdiv, Bulgaria

Corresponding Author: Plamen Marinov-Serafimov; E-mail: plserafimov@abv.bg

Received: October 2018 / Accepted: November 2018 /

Published: December 2018 © Author(s)

Abstract

Marinov-Serafimov, P., Golubinova, I., Entcheva, V. & Kalinova, S. (2018). Allelopathic effect of sunflower broomrape (*Orobanche cumana* Wallr.) on the germination and initial development of *Lactuca sativa* L. *Field Crops Studies*, XI(2), 135-150.

The allelopathic effect of dry biomass of sunflower broomrape (*Orobanche cumana* Wallr.) collected from different regions of the Republic of Bulgaria was studied in laboratory conditions.

It was found that concentrations from 8.0, 16.0 and 32.0% w/v dry weed biomass of broomrape showed an inhibitory effect on the germination of seeds (from 3.8 to

37.2%) and on the initial development (from 13.1 to 84.2%) of test plants *Lactuca sativa* L.

Test samples sunflower broomrape (*Orobanchе cumana* Wallr.) are indicative of indifferent - to strong allelopathic effect on the development (GI) of the *Lactuca sativa* L. and can be conventionally grouped into three groups. First group – (strong allelopathic effect, GI to 39%) from the ecological geographic region of Kardam (first location) and the Dobrudzha Agricultural Institute, General Toshevo (infectious field), Second group - (weak allelopathic effect, GI from 40 to 59%) with locations Kardam (second location), Dyakovo, Radnevo and Sozopol - broomrape on *Artemisia maritima* L. and third group - (indigenous, GI over 60%) - from the ecological geographic region of Dobrudzha Agricultural Institute, General Toshevo (experimental field), Selanovtsi and Svishtov.

With the highest total allelopathic potential, the broomrape originating from Dobrudzha Agricultural Institute, General Toshevo (Infectious field) OAR (average) 0.6 and lowest in variants P5 and P9, respectively Tyulenovo and Radnevo OAR (mean) 0.3, probably due to their genetic differences

Key words: Allelopathic effect, Broomrape, *Lactuca sativa* L.

Въведение

Редица научни изследвания определят паразитните плевелни видове от семействата *Scrophulariaceae*, *Orobanchaceae*, *Santalaceae*, *Cuscutaceae*, *Viscaceae* и *Loranthaceae*, като основни паразитни видове с икономическо значение при селскостопанските култури в световен мащаб (Runyon et al., 2009; Blagojević et al., 2014; Macias et al., 2003; Reigosa et al., 2006; Willis, 2007; Pineda-Martos et al., 2014). Поради високата си конкурентна способност, паразитните плевелни видове причиняват значителни загуби при формирането на добива и влошават качеството на получената продукция (Shindrova et al., 1998; Encheva and Shindrova, 1994).

През последното десетилетие са създадени условия за широко разпространение и бързо изменение в популацията на синята китка (*Orobanchе cumana* Wallr., семейство *Orobanchaceae* Да се допълни семейството), което е един от основните ограничителни фактори при производството на слънчоглед в Република България (Encheva and Shindrova, 1994, Shindrova, 2006, Venkov and Shindrova, 2000), както и в много страни по света (Miladinovic et al., 2012; Molinero-Ruiz et al., 2015; Kaya et al., 2004).

Обобщените проучвания Runyon et al. (2009); Plakhine et al. (2012); Nabimana et al. (2014), Енчева и др. (2015) показват, че технологичните решения и ефективните средства за борба, чрез прилагане на конвенционални методи срещу синята китка са крайно ограничени, поради близката физиологична

връзка между паразита и растението гостоприемник (Bouwmeester et al., 2003; Matusova et al., 2000; Matusova et al., 2005; Abbes et al., 2008; Matusova 2014).

В проучванията си Jacobs and Rubery (1988); Serghini et al. (2001); Perez-de-Luque et al. (2001); Qasem (2006); Matusova, et al. (2005) и Kalinova (2010) установяват, че *Orobanche cumana* Wallr. е силно инвазивен паразитен вид.

Научните изследвания през последните години са съсредоточени основно върху създаването на устойчиви сортове и хибриди, както и върху разработването на високоефективни системи за борба срещу паразитните плевелни видове (Chittapur et al., 2001, Jain et al., 2017).

През последното десетилетия интересът към алолопатията в селското стопанство се засилва, тъй като тези взаимоотношения могат да се използват, като алтернативен метод за регулиране плътността на плевелите и намаляване вложенията за създаването на синтетични хербициди (Lopez-Raez, 2008).

Въпреки вниманието, което се отделя на алолопатичните взаимоотношения в агрофитоценозите от еколози, биолози, херболози и др., алолопатичните взаимоотношения в системата „плевел – културно растение“ не са напълно проучени, а при „растение гостоприемник – паразит“ са крайно ограничени. Целта на проучването е чрез използване на стандартни методи в лабораторни условия, да се установи и сравни относителния алолопатичен потенциал на надземна биомаса от популации *Orobanche cumana* Wallr., реколтирана от различни екологогеографски райони на страната.

Материали и методи

Изследването е проведено през 2017 - 2018 година в Института по фуражните култури – Плевен, България при лабораторни условия, а надземната биомаса от слънчогледова синя китка (*Orobanche cumana* Wallr.) е от работната колекция на Добруджански земеделски институт - Генерал Тошево.

Проучвани са два фактора: Фактор А – популации слънчогледова синя китка (*Orobanche cumana* Wallr.) с произход от различни екологогеографски райони на страната и Фактор В – концентрация на паразитна плевелна биомаса (Таблица 1). Пробовземането от надземната биомаса от слънчогледовата синя китка (*Orobanche cumana* Wallr) е извършено, съобразно фактор „А“ във фенофаза цъфтеж (ВВСН 65-69).

За оценяване алолопатичния потенциал на образците слънчогледова синя китка (*Orobanche cumana* Wallr.) при лабораторни условия е използван адаптиран метод на Fujii et al. (2005) „Rhizosphere Soil Method“ (RSM). В петриеве блюда (90 mm) е поставена паразитна плевелна биомаса, съобразно фактор В, върху която са пипетирани по 20 ml (0.8%) агар, като е добавен 1 ml/l тимол $C_{10}H_{14}O$, след което пробите са поставени в термостат за 72 h при $18\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Таблица 1. Екологогеографски райони на произход (локация) на синята китка (*Orobanche cumana* Wallr.)

Table 1. Ecologicalgeographic regions of origin (location) of sunflower broomrape (*Orobanche cumana* Wallr.)

Варианти / Treatments		Екологогеографски район, локация на синята китка (<i>Orobanche cumana</i> Wallr.) (Фактор А) Ecologicalgeographic regions of origin (location) of sunflower broomrape (<i>Orobanche cumana</i> Wallr.) (Factor A)
код/ code	Концентрация, % w/v (Фактор В) Concentration, % w/v (Factor В)	
P_1	8.0	Кардам (първа локация) Kardam (first location)
	16.0	
	32.0	
P_2	8.0	Добруджански земеделски институт, Генерал Тошево (опитно поле / инфекциозен участък) Dobroudja Agricultural Institute, General Toshevo (infection field)
	16.0	
	32.0	
P_3	8.0	Добруджански земеделски институт, Генерал Тошево (експериментално поле) Dobroudja Agricultural Institute, General Toshevo (experimental field)
	16.0	
	32.0	
P_4	8.0	Кардам (втора локация) Kardam (second location)
	16.0	
	32.0	
P_5	8.0	Тюленово Tyulenovo
	16.0	
	32.0	
P_6	8.0	Дяково Dyakovo
	16.0	
	32.0	
P_7	8.0	Селановци Selanovtsi
	16.0	
	32.0	
P_8	8.0	Свищов Svishtov
	16.0	
	32.0	
P_9	8.0	Раднево Radnevo
	16.0	
	32.0	
P_{10}	8.0	Созопол - синя китка по <i>Artemisia maritima</i> L. Sozopol - broomrape on <i>Artemisia maritima</i> L.
	16.0	
	32.0	

Върху така подготвените хранителни среди са поставяни по 10 бр. семена

от *Lactuca sativa* L. сорт „Great Lakes“ във всяко петриево блюдо. Пробите са инкубирани в термостат при температура $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ в продължение на пет дни. Всеки вариант е залаган в девет повторения. За контрола е използван 0.8% агар.

Определяни са следните показатели за всички варианти на опита: процент покълнали семена (%); дължина (mm) на корен, стебло и кълн и свежа биомаса (g) средно за един кълн.

Процентът на инхибиране (IR) е определян по формулата на Ahn and Chung (2000).

$$IR\% = [(C-T)/C] \cdot 100$$

където: C – показател отчетен в контролния вариант; T – показател отчетен в третираните варианти;

Относителна скорост на нарастване и натрупване на свежа биомаса (RGR) е определяна по формулата:

$$RGR = \frac{\frac{H_1}{H_2}}{\frac{t_1}{t_2}}$$

където: H_1 и H_2 – дължина на корен стебло и кълн (mm) и свежа биомаса (g) на кълн съответно в третираните и контролния вариант; H е средната стойност на проучваните показатели в зависимост от приложените концентрации плевелна биомаса; t_2 и t_1 – продължителност, дни;

Индекс на развитие (GI) е определян по формулата на Gariglio et al. (2002).

$$GI = \left[\left(\frac{G}{G_0} \right) \cdot \left(\frac{L}{L_0} \right) \right] \cdot 100$$

където: G и G_0 – покълнали семена съответно за третираните варианти и контролния вариант (%); L – дължина на кълна в третираните варианти, представен в процент; L_0 – дължина на кълна в контролния вариант, приет за 100%;

Жизненост на кълна (SVI) е определяна по формулата на Islam et al. (2009).

$$SVI = \left(\frac{S \cdot G}{100} \right)$$

където: S - дължина (mm) или формираната биомаса (g) на кълна за вариантите; G – покълнали семена, %;

Коефициент на алометрия (CA) е определян по формулата на Nasr and Mansour (2005).

$$CA = \frac{L_s}{L_r}$$

където: L_s - дължина (mm) или свежа биомаса (g) на стебло, L_r - дължина (mm) или свежа биомаса (g) на корен.

Общия алелопатичен потенциал е определен по формулата на Anushi et al. (2017).

$$OAP = IRG/100$$

където: IRG – степен на инхибиране при нарастването на кълна, 100 – коефициент.

Математико-статистическата обработка на експерименталните данни е направена след предварително трансформиране на процента покълнали семена по формулата: $Y = \arcsin\sqrt{(x\%/100)}$. Получените експериментални резултати са обработени математико – статистически с програмните продукти STATGRAPHICS Plus for Windows Version 2.1 и Statistica 10.

Резултати и обсъждане

Надземна суха биомаса от синя китка (*Orobanche cumana* Wallr.), колекционирана от различни екологогеографски райони на страната, оказва инхибиращ ефект (IR от 3.8 до 37.2) върху кълняемостта на семената на *Lactuca sativa* L. (Таблица 2).

С увеличаване на съдържанието на паразитната плевелна биомаса от 16.0 до 32.0% w/v, покълналите семена от *Lactuca sativa* L. намаляват непропорционално от 6.0 до 33.2%, като разликите са статистически доказано намалени при $P = 0.05$, а r варира в границите от -0.857 до -0.968.

Изключение от описаната зависимост се установява при най-ниската концентрация (8.0% w/v) при локации P_2 , P_3 , P_4 , P_8 и P_9 , като разликите са статистически недоказани при $P=0.05$ в сравнение с контролния вариант, а r е в диапазона -0.703 до 0.548. Кълняемостта на семената на *Lactuca sativa* L. при P_5 и P_6 практически не се влияе от приложените концентрации, което условно определя тестваните образци синя китка, реколтирани от екологогеографски райони на страната (Тюленово и Дяково), със слаб или индиферентен алелопатичен потенциал (Таблица 2).

Тези зависимости могат да бъдат обяснени с различия в съдържанието на алелохимикали в надземната биомаса на синята китка (*Orobanche cumana* Wallr.), реколтирана от различни екологогеографски райони на страната, което определя и относително различен алелопатичен потенциал (Perez-de-Luque et al., 2001).

Таблица 2. Алелопатичен ефект от надземна биомаса от слънчогледова синя китка (*Orobanchе cumana* Wallr.) върху покълването на семена от *Lactuca sativa* L.

Table2. Allelopathic effect of sunflower broomrape (*Orobanchе cumana* Wallr.) on dray above ground biomass on seeds germination sunflower of *Lactuca sativa* L.

Варианти Treatments	Концентрация, % w/v Concentration, % w/v	Кълняемост % Germination seeds, %	IR
код/code			
P_0	0.0	80.8ef	0.0
P_1	8.0	60.1abc	25.6
	16.0	67.5cd	16.4
	32.0	50.8a	37.2
P_2	8.0	71.6de	11.4
	16.0	57.1abc	29.3
	32.0	60.1abc	25.6
P_3	8.0	90.0f	-11.4
	16.0	60.1abc	25.6
	32.0	63.4bcd	21.5
P_4	8.0	71.6de	11.4
	16.0	71.6de	11.4
	32.0	56.8ab	29.7
P_5	8.0	90.0f	-11.4
	16.0	71.6de	11.4
	32.0	67.5cd	16.4
P_6	8.0	80.8ef	0.0
	16.0	80.8ef	0.0
	32.0	71.6de	11.4
P_7	8.0	63.4bcd	21.5
	16.0	56.8ab	29.7
	32.0	67.5cd	16.4
P_8	8.0	71.6de	11.4
	16.0	56.8ab	29.7
	32.0	56.8ab	29.7
P_9	8.0	71.6de	11.4
	16.0	63.4bcd	21.5
	32.0	56.8ab	29.7
P_{10}	8.0	67.5cd	16.4
	16.0	67.5cd	16.4
	32.0	63.4bcd	21.5

В зависимост от екологогеографския район на произход на синята китка и степента на инхибиране IR (Таблица 2) при покълване на семената на *Lactuca sativa* L., тестваните видове могат да бъдат ранжирани в следния възходящ ред: P_6 ($IR_{average}$ 3.8%) \rightarrow P_5 ($IR_{average}$ 5.5%) \rightarrow P_3 ($IR_{average}$ 11.9%) \rightarrow P_4 ($IR_{average}$ 17.5%) \rightarrow P_{10} ($IR_{average}$ 18.1%) \rightarrow P_9 ($IR_{average}$ 20.9%) \rightarrow P_2 и P_7 ($IR_{average}$ 22.1 и 22.5%) \rightarrow P_8 ($IR_{average}$ 23.9%) \rightarrow P_1 ($IR_{average}$ 26.4%).

Данните в биометричните измервания на дължината на корена, стъблото и кълна (mm) на *Lactuca sativa* L. позволяват обективно да се сравни и оцени алелопатичния потенциал на слънчогледовата синята китка (*Orobanchе cumanа* Wallr.) в зависимост от проучваните фактори – екологогеографски район и приложена концентрация (Таблица 3).

Степента на инхибиране IR върху дължината на кълна при нарастване на *Lactuca sativa* L. варира в диапазона от 13.1 до 84.2%, като най-силна е степента (IR) при нарастването на корена (от 31.2 до 93.2%) и относително по-слаба при стъблото (от 0.4 до 62.1%) в сравнение с контролният вариант с дестилирана вода (Таблица 3).

По отношение на концентрационните зависимости е видно, че с увеличаване съдържанието на паразитна плевелна биомаса (от 16.0 до 32.0% w/v) намалява непропорционално дължината на кълна на *Lactuca sativa* L. при всички варианти на опита в сравнение с контролния вариант, като разликите са статистически доказано намалени при $P=0.05$ (Таблица 3).

Натрупването на свежа биомаса в g за един кълн в началните етапи от развитието на слънчогледа зависи от същите фактори (вид на синята китка и приложените концентрации) и следва установените зависимости при нарастването на дължина на корен, стъбло и кълн (mm) с тази разлика, че се по-слабо изразени (Таблица 3).

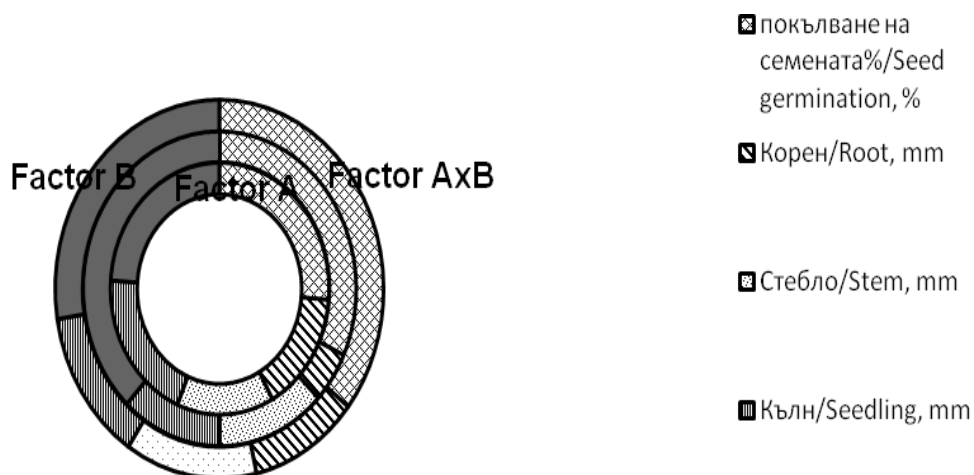
Подобен е и ходът на относителната скорост на нарастване (RGR) на корена, стеблото и кълна и натрупване на свежа биомаса на кълна при *Lactuca sativa* L. (Таблица 3). Относителната скорост на нарастване (RGR) на корен, стъбло и кълн е най-висока при най-ниската концентрация 8.0% w/v и с увеличаването ѝ до 32.0% w/v RGR намалява от 0.4 до 4.5 пъти.

Резултатите от извършените дисперсионни анализи за установяване тежестта на проучваните фактори (η_2) върху лабораторната кълняемост на семената, показват, че най-голям дял от общото вариране ($\eta_2=35.2$) се дължи на фактор „А“ – екологогеографски райони на произход на слънчогледовата синя китка и относително по-слабо по отношение на фактор „В“ – приложена концентрация ($\eta_2=26.7$). Стойностите на вариансите при взаимодействие на проучваните фактори заемат относително висок дял от общото вариране ($\eta_2=27.1$), като разликите са статистически доказано ($P=0.05$) намалени.

Таблица 3. Алелопатичен ефект на надземна биомаса на образци синя китка (*Orobanchе cumana* Wallr.) върху динамиката на нарастване на *Lactuca sativa* L.
Table 3. Allelopathic effect of sunflower broomrape (*Orobanchе cumana* Wallr.) on dray above ground biomass on sunflower seedling length *Lactuca sativa* L.

Варианти Treatments	Концентрация, % w/v Concentration, % w/v	Дължина/Length, mm									Свежа биомаса, g French biomass, g		
		корен root	IR	RGR	стебло stem	IR	RGR	кълн seedling	IR	RGR	кълн seedling	IR	RGR
P_0	0.0	18.58n	0.0	-0.48	24.05jk	0.0	-0.12	42.63o	0.0	-0.22	0.016k	0.0	0.0
P_1	8.0	6.39c-h	65.7	-0.36	19.28f-i	4.7	-0.06	25.67g-k	39.8	-0.15	0.01i-k	13.2	-0.04
	16.0	7.38d-i	60.3	-0.33	16.31c-f	17.0	-0.09	23.69d-i	44.4	-0.16	0.01b-g	37.5	-0.11
	32.0	6.50c-h	65.1	-0.36	13.75bc	27.7	-0.13	20.25c-e	52.5	-0.19	0.008a-d	48.9	-0.15
P_2	8.0	6.78c-h	63.6	-0.62	17.11d-g	13.7	-0.12	23.89d-i	44.0	-0.25	0.013f-j	20.1	-0.07
	16.0	3.43ab	81.6	-0.79	11.07b	38.8	-0.23	14.50b	66.0	-0.37	0.008a-c	50.5	-0.19
	32.0	1.27a	93.2	-0.91	5.47a	62.1	-0.33	6.73a	84.2	-0.48	0.005a	66.5	-0.25
P_3	8.0	5.20b-e	72.0	-0.48	15.20c-e	21.6	-0.12	20.40c-e	52.1	-0.22	0.009b-e	41.4	-0.16
	16.0	6.65c-h	64.3	-0.43	14.41b-d	24.9	-0.13	21.06c-f	50.6	-0.22	0.007ab	55.3	-0.21
	32.0	4.93b-d	73.5	-0.49	13.25bc	29.8	-0.15	18.18bc	57.3	-0.25	0.008a-d	47.9	-0.19
P_4	8.0	8.25f-j	55.6	-0.34	22.50i-k	-8.7	-0.02	30.75k-m	27.9	-0.10	0.01h-k	14.1	-0.04
	16.0	5.13bc	72.4	-0.44	15.92c-e	18.6	-0.09	21.05c-e	50.6	-0.18	0.011d-j	31.1	-0.08
	32.0	4.88bc	73.8	-0.45	15.81c-e	19.1	-0.09	20.69c-e	51.5	-0.18	0.011c-i	33.6	-0.09
P_5	8.0	12.80m	31.2	-0.11	24.25k	-16.0	0.00	37.05n	13.1	-0.04	0.014h-k	15.6	-0.05
	16.0	11.80k-m	36.6	-0.13	19.53f-i	3.6	-0.05	31.33lm	26.5	-0.08	0.009b-e	41.4	-0.13
	32.0	6.25c-h	66.4	-0.24	15.13c-e	22.0	-0.09	21.38c-g	49.9	-0.14	0.008a-d	49.2	-0.15
P_6	8.0	8.20g-i	55.9	-0.29	20.30h-i	0.4	-0.04	28.50j-m	33.1	-0.11	0.014kj	12.5	-0.03
	16.0	7.72f-i	58.5	-0.30	20.28h-i	0.5	-0.04	28.00i-m	34.3	-0.11	0.013f-j	20.1	-0.05
	32.0	5.47b-f	70.6	-0.37	15.88c-e	18.8	-0.09	21.35c-g	49.9	-0.16	0.009b-e	41.8	-0.11
P_7	8.0	7.53e-i	59.5	-0.31	21.58i-j	-4.9	-0.03	29.11k-m	31.7	-0.11	0.014h-k	14.2	-0.04
	16.0	8.42h-j	54.7	-0.29	18.05e-h	9.8	-0.07	26.47h-k	37.9	-0.13	0.010b-h	34.7	-0.10
	32.0	5.28b-e	71.6	-0.38	14.33b-d	25.2	-0.11	19.61cd	54.0	-0.18	0.010b-g	37.5	-0.11
P_8	8.0	7.94g-j	57.3	-0.27	19.11f-i	5.4	-0.05	27.06h-l	36.5	-0.12	0.012e-j	23.6	-0.07
	16.0	8.22g-i	55.8	-0.26	18.06e-h	9.8	-0.06	26.28h-k	38.4	-0.12	0.010b-g	37.5	-0.12
	32.0	7.50d-i	59.7	-0.28	18.21e-h	9.1	-0.06	25.71h-k	39.7	-0.13	0.009a-d	46.4	-0.14
P_9	8.0	10.36g-l	44.3	-0.15	20.96h-j	-2.3	-0.03	31.32lm	26.5	-0.07	0.011d-j	28.6	-0.08
	16.0	12.00lm	35.5	-0.12	20.43h-i	-0.1	-0.04	32.43m	23.9	-0.07	0.01d-j	28.6	-0.08
	32.0	9.50i-k	48.9	-0.17	19.83g-i	2.4	-0.04	29.33k-m	31.2	-0.09	0.009b-f	41.0	-0.12
P_{10}	8.0	6.00c-g	67.7	-0.38	16.75c-g	15.2	-0.08	22.75c-h	46.6	-0.16	0.010b-g	37.5	-0.12
	16.0	6.00b-h	67.7	-0.38	18.43e-i	8.2	-0.06	24.43c-k	42.7	-0.15	0.011d-j	28.6	-0.09
	32.0	7.88g-i	57.6	-0.32	18.12e-h	9.5	-0.07	26.00h-k	39.0	-0.14	0.008a-d	48.4	-0.16

По отношение на йерархичното разпределение на варирането между факторите, обуславящи динамиката на нарастване и натрупване на свежа биомаса в *g* за едно тест растение (*Lactuca sativa* L.) показват, че с относително най-висок дял от общото вариране е тежестта на фактор „А“ – (η_2 от 19.2 до 31.9). Вариансите дължащи се на фактор „В“, както и взаимовръзката между факторите „АхВ“ са в диапазона η_2 от 4.4 до 31.8, като разликите са статистически доказани при $P=0.05$.



Фигура 1. Проекция на тежестта на факторите върху факториалната равнина
Figure 1. Projection of influence of factors on the factorial plane

Получените експериментални данни потвърждават установеното от Ruiyu et al. (2007), Ali et al. (2013) и Takemura et al. (2013), според които ефектът от въздействието на алелохимикалите се проявява още при покълването на семената, но той е по-силно изразен при нарастването и натрупването на свежа биомаса на кълна при тест-растенията.

Аналогични са и получените резултати при определяне жизнеността на кълновете (*SVI*) и коефициентът на алометрия (*CA*) при *Lactuca sativa* L. (Таблица 4).

Тестваните образци синя китка (*Orobanchе cumana* Wallr.) оказват инхибиращ ефект върху жизнеността (*SVI*) на *Lactuca sativa* L. (от 4.0 до 33.3%), а коефициентът на алометрия (*CA*) намалява от 1.3 до 3.3 пъти в сравнение с контролния вариант.

Оценявайки интегралното въздействие на проучваните фактори - екологогеографски район на произход на слънчогледовата синя китка (*Orobanchе cumana* Wallr.) и приложените концентрации чрез индексът

на развитие (*GI*) на тест растенията *Lactuca sativa* L. в зависимост от аделопатичният ефект тестваните образци синя китка, могат да бъдат условно групирани в три групи (Таблица 4). Първа група със силен аделопатичен ефект, *GI* до 39% - варианти P_1 и P_2 , Втора група със слаб аделопатичен ефект, *GI* от 40 до 59%) - варианти P_3 , P_4 , P_5 , P_6 , P_7 и P_{10} и Трета група с индиферентни, *GI* над 60% - варианти P_3 , P_5 , P_7 и P_8 .

Таблица 4. Аделопатичен ефект на слънчогледова синя китка (*Orobanchе cumana* Wallr.) върху първоначалното развитие на *Lactuca sativa* L.
Table 4. Allelopathic effect on sunflower broomrape (*Orobanchе cumana* Wallr.) on initial development of *Lactuca sativa* L.

Варианти Treatments		Концентрация, % w/v Concentration, % w/v	CA	SVI	GI	OAP
№	код/code					
1	P_0	0.0	1.3	34.4	100.0	0.0
2	P_1	8.0	3.0	18.4	42.4	0.4
		16.0	2.2	15.0	38.8	0.4
		32.0	2.1	13.0	30.0	0.5
		8.0	2.5	17.1	49.7	0.4
3	P_2	16.0	3.2	8.3	27.1	0.7
		32.0	4.3	4.0	15.0	0.8
		8.0	2.9	12.3	92.0	0.5
4	P_3	16.0	2.2	14.2	61.4	0.5
		32.0	2.7	9.2	31.5	0.6
		8.0	2.7	20.8	53.0	0.3
5	P_4	16.0	3.1	14.2	51.5	0.5
		32.0	3.2	13.1	56.7	0.5
		8.0	1.9	33.3	118.4	0.1
6	P_5	16.0	1.7	18.8	58.5	0.3
		32.0	2.4	13.6	39.3	0.5
		8.0	2.5	25.7	76.0	0.3
7	P_6	16.0	2.6	20.0	55.0	0.3
		32.0	2.9	14.4	38.4	0.5
		8.0	2.9	23.5	68.0	0.3
8	P_7	16.0	2.1	21.4	51.4	0.4
		32.0	2.7	14.0	61.0	0.5
		8.0	2.4	19.4	57.6	0.4
9	P_8	16.0	2.2	18.8	84.7	0.4
		32.0	2.4	14.6	61.0	0.4
		8.0	2.0	17.8	50.3	0.3
10	P_9	16.0	1.7	18.4	70.8	0.2
		32.0	2.1	21.0	42.6	0.3
		8.0	2.8	14.4	72.1	0.5
11	P_{10}	16.0	3.1	13.9	38.7	0.4
		32.0	2.3	17.6	54.1	0.4

Общият алелопатичен потенциал OAP на тестваните видове слънчогледова синя китка (*Orobanche cumana* Wallr.) е в границите от 0.1 до 0.8. С най-висок общ алелопатичен потенциал е синя китка (вариант P_2) от опитно поле / инфекциозен участък на Добруджански земеделски институт, Генерал Тошево $OAP_{(средно)}$ 0.6 и най-нисък при варианти P_6 и P_9 , съответно с произход районите Тюленово и Раднево $OAP_{(средно)}$ 0.3.

Изводи

Концентрации от 8.0, 16.0 и 32.0% w/v суха плевелна биомаса от слънчогледова синя китка (*Orobanche cumana* Wallr.) оказват инхибиращ ефект върху поникването на семената (от 3.8 до 37.2%) и първоначалното развитие (от 13.1 до 84.2%) на тест растенията - *Lactuca sativa* L.

Тестваните образци слънчогледова синя китка (*Orobanche cumana* Wallr.) оказват от индиферентен – до силен алелопатичен ефект върху развитието (GI) на тест растенията - *Lactuca sativa* L. и могат да бъдат условно групирани в три групи. Първа група със силен алелопатичен ефект, GI до 39%) – от екологогеографски район на Кардам (първа локация) и Добруджански земеделски институт, Генерал Тошево (инфекциозно поле), втора група със слаб алелопатичен ефект, GI от 40 до 59% с локации Кардам (втора локация), Дяково, Раднево и Созопол - синя китка по *Artemisia maritima* L. и трета група с индиферентни, GI над 60% - от екологогеографски район на Добруджански земеделски институт, Генерал Тошево (експериментално поле), Тюленово, Селановци и Свищов.

С най-висок общ алелопатичен потенциал условно може да се определи слънчогледовата синя китка с произход Добруджански земеделски институт, Генерал Тошево (инфекциозно поле) $OAP_{(средно)}$ 0.6 и най-нисък с произход от екологогеографски район на Тюленово и Раднево $OAP_{(средно)}$ 0.3, който вероятно се дължи на генетичните им различия.

Литература

References

- Encheva, Yu., Georgiev, G., Nenova, N. & Valkova, D. (2015). Creating sunflower lines and hybrids. Resistant to herbicides. Plant Sciences, 52 (4), 3-11.
- Abbes, Z., Kharrat, M. & Chaibi, W. (2008). Seed germination and tubercle development of *Orobanche foetida* and *Orobanche crenata* in presence of different plant species. Tunisian Journal of Plant Protection, 3, 101–109.
- Ahn, J.K. & Chung, I. M. (2000). Allelopathic potential of rice hulls on germination and seedling growth of barnyard grass. Agronomy Journal, 92, 1162-1167.

- Ali, H. H., Tanveer, A., Nadeem, M. A., Javaid, M. M., Kashif, M. S. & Chadhar, A.R. (2013). Allelopathic effects of *Rhynchosia capitata* on germination and seedling growth of mungbean. *Planta Daninha*, 31(3), 501-509.
- Anushi, J., Joshi, A. & Joshi, N. (2017). Allelopathic Potential and HPTLC Analysis of *Ipomoea carnea*. *International Journal of Life Sciences Scientific Research*, 3(5), 1278-1282.
- Bouwmeester, H., Matusova, R., Zhongkui, S. & Beale M. (2003). Secondary metabolite signalling in host-parasitic plant interactions. *Current Opinion in Plant Biology*, 6, 358–364.
- Blagojević, M., Konstantinović, B., Samardžić, N., Popov M. & Konstantinović B. (2014). Biological characteristics of some parasitic flowering plants. *Herbologia*, 14(2), 71-80.
- Chittapur, B. M., Hunshal, C. S. & Shenoy, H. (2001). Allelopathy in parasitic weed management: Role of catch and trap crops. *Allelopathy Journal*, 8, 147-159.
- Encheva, V. & Shindrova P. (1994). Broomrape (*Orobanche cumana* Wallr.) — a hindrance to sunflower production in Bulgaria. Proceedings of the 3rd International Workshop on Orobanche and Related Striga Research;; Amsterdam, The Netherlands. Royal Tropical Institute; p. 619–622.
- Fujii, Y., Furubayashi, A. & Hiradate S. (2005). Rhizosphere soil method: a new bioassay to evaluate allelopathy in the field. Proceedings of the 4th World Congress on Allelopathy, “Establishing the Scientific Base”, Wagga Wagga, p. 490-492.
- Gariglio, N. F., Buyatti, M., Pillati, R., Gonzales, R. D. & Acosta, M. (2002). Use a germination bioassay to test compost maturity of willow (*Salix sp.*) sawdust. *New Zealand Journal of Crop of Horticultural Science*, 30, 135 – 139.
- Habimana, S., Nduwumuremy, A. & Chinama, R. (2014). Management of Orobanche in field crops – a review. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 14, 43–62.
- Islam, A., Anuar, N. & Yaakob, Z. (2009). Effect of genotypes and pre-sowing treatments on seed germination behavior of *Jatropha*. *Asian Journal of Plant Sciences*, 8, 433-439.
- Jain, A., Joshi, A. & Joshi, N. (2017). Allelopathic Potential and HPTLC Analysis of *Ipomoea carnea*. *International Journal of Life science and Pharma Reviews*, 3(5), 1278-1282.
- Jacobs, M. & Rubery, P.H. (1988). Naturally occurring auxin transport regulators. *Science*, 241, 346-349.
- Kalinova, J. (2010). Allelopathy and Organic Farming. In: Lichtfouse E. (eds) *Sociology, Organic Farming, Climate Change and Soil Science. Sustainable Agriculture Reviews*, vol. 3. Springer, Dordrecht.
- Kaya, Y. & Demirci, M. (2009). Status of *Orobanche cernua* Loeffl. And weeds in

- Sunflower production in Turkey. *HELIA*, 32(51),153-160.
- Lopez-Raez, J. A., Matusova, R., Cardoso, C., Jamil, M., Charnikhova, T., Kohlen, W., Ruyter-Spira, C., Verstappena, F. & Bouwmeester, H. (2008). Strigolactones: ecological significance and use as a target for parasitic plant control. *Pest Management Science*, 64, 471-477.
- Macias, F. A., Galindo, J.C.G. & Molinillo, J.M.G. (2003). *Allelopathy: Chemistry and Mode of Action of Allelochemicals*. CRC Press, p. 392.
- Matusova, R., van Mourik, T. & Bouwmeester, H. J. (2000). Changes in the sensitivity of parasitic weed seeds to germination stimulants. *Seed Science Research*, 14, 335-344.
- Matusova, R., Rani, K., Verstappen, F. W. A., Franssen, M. C. R., M. H. Beale & Bouwmeester, H. J. (2005). The Strigolactone Germination Stimulants of the Plant-Parasitic *Striga* and *Orobanche* spp. Are Derived from the Carotenoid Pathway. *Plant Physiology*, 139(2), 920–934.
- Matusova, R., Kullačová, D. & Tóthq, P. (2014). Response of wild and weedy broomrapes to synthetic strigolactone analogue GR24. *Journal of Central European Agriculture*, 15(4), 72-82 72.
- Miladinovic, D., Dedic, B., Quiróz, F., Alvarez, D., Poverene, M. & Cantamutto, M. (2012). *Orobanche cumana* wallr. resistance of commercial sunflower cultivars grown in Argentina. *BAG. Journal of basic and applied genetics*, 23(1), 37-41.
- Molinero-Ruiz, L., Delavault, Ph., Pérez-Vich, B., Pacureanu-Joita, M., Bulos, M., Altieri, E. & Domínguez, J. (2015). History of the race structure of *Orobanche cumana* and the breeding of sunflower for resistance to this parasitic weed: A review. *Spanish Journal of Agricultural Research* 13(4), 1-19.
- Habimana, S, Nduwumuremyi, A. & Chinama, R. (2014). Management of *orobanche* in field crops: A review. *Journal of soil science and plant nutrition*, 14(1), 43-62.
- Nasr, M. & Mansour, S. (2005). The use of allelochemicals to delay germination of *Astragalus cycluphyllus* seeds. *Journal of Agronomy*, 4(2), 147-150.
- Plakhine, D, Tadmor, Y., Ziadne, H. & Joel, D. (2012). A maternal tissue is involved in stimulant reception by seeds of the parasitic plant *Orobanche*. *Annals of Botany*, 109, 979-986.
- Perez-de-Luque, A., Rubiales, D., Galindo, G. C., Macias, F. A. & Jorrin, J. (2001). Allelopathy and allelochemicals within the plant – parasitic weed interaction. Studies with the sunflower – *Orobanche cumana* system. In: Fer A. Thalanarn P., Joel D. M., Musselman L. J., Parker C., Verkleij J. A. C. (eds.) *Proc. of the 7th International Parasitic Weed Symposium*, Nantes, France: 196-199.
- Pineda-Martos, R., Pujadas-Salvà, A. J., Fernández-Martínez, J. M., Stoyanov, K., Velasco, L. & Pérez-Vich, B. (2014). The Genetic Structure of Wild *Orobanche cumana* Wallr. (*Orobanchaceae*) Populations in Eastern Bulgaria Reflects Introgressions from Weedy Populations. *The Scientific World Journal*, 150432.

-
- Qasem, J. R. (2006). Parasitic weeds and allelopathy: from hypothesis to the proof. In Reigosa MJ, Pedrol N, González L (eds) *Allelopathy: A physiological process with ecological implications*. Springer Verlag, Dordrecht, p. 565–637.
- Reigosa, M. J., Pedrol, N. & González, L. (2006). *Allelopathy: A Physiological Process with Ecological Implications*. Springer Science & Business Media.
- Ruiyu, L., Hong, R., Junjian, Z., Cuiping, Y., Chenying, Y., Liangsheng, Ch. & Wenxiong, L. (2007). Impact of allelopathic rice seedlings on rhizospheric microbial populations and their functional diversity. *Acta Ecologica Sinica*, 27(9), 3644–3654.
- Runyon, J.B, Tooker, J., Mescher, M. & De Moraes, C. (2009). Parasitic plants in agriculture: chemical ecology of germination and host-plant location as targets for sustainable control. A review. In: Lichtouse E (ed) *Sustainable agriculture reviews*, Springer, 1: 123–136.
- Serghini, K., Perez de Luque, A., Castejon-Munoz, M., Garcia-Torres, L., Jorin, J.V. & de Luque, A.P. (2001). Sunflower (*Helianthus annuus* L.) response to broomrape (*Orobancha cernua* Loeff.) parasitism: induced synthesis and excretion of 7-hydroxylated simple coumarins. *Journal of Experimental Botany*, 52, 2227-2234.
- Shindrova, P. (2006). Broomrape (*Orobancha cumana* Wallr.) in Bulgaria-distribution and race composition. *Helia*, 29(44): 111-120.
- Takemura, T., Sakuno, E., Kamo, T., Hiradate, S. & Fujii, Y. (2013). Screening of the Growth-Inhibitory Effects of 168 Plant Species against Lettuce Seedlings. *American Journal of Plant Sciences*. 4(5):1095-1104.
- Venkov, V. & Shindrova, P. (2000). Durable resistance to broomrape (*Orobancha cumana* Wallr. /*Orobancha cernua* Loeff.) in sunflower, *Helia*, 23(33): 39-44.
- Willis, R.J. (2007). *Justus Ludewig von Uslar, and the First Book on Allelopathy*. Springer Science & Business Media.

