Field Crops Studies (2020) XIII(2-3-4): 9-20
http://fcs.dai-gt.org/bg/

ISSN: 2535-1133 (Online)
ISSN: 1312-3882 (Print)

ORIGINAL PAPER

Реакция на генотипове соя [*Glycine max* (L.) Merr.] към 2,4 Д аминна сол

Пламен Маринов-Серафимов[1] • Ирена Голубинова[1] • Аксения Алексиева[2]

[1]Институт по фуражните култури, 5800 Плевен, България
[2]Опитна станция по соята, 5200 Павликени, Бълария

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

Reaction of soybean genotypes [Glycine max (L.) Merr.] to 2,4-D amine salt

Plamen Marinov-Serafimov[1] • Irena Golubinova[1] • Aksenia Aleksieva[2]

[1]Institute of Forage Crops, 5800 Pleven, Bulgaria
[2]Soybean experimental station, 5200 Pavlikeni, Bulgaria

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

Received: July 2020 / Accepted: November 2020 /

Published: December 2020 © Author(s)

Abstract

Reaction of soybean genotypes [Glycine max (L.) Merr.] to 2,4-D amine salt. Field Crops Studies, XIII(2-3-4), 9-20.

The influence of three doses of 2,4 dichlorophenoxyacetic acid - 30, 60 and 120 ml/ da on survival, growth and dynamics of accumulation of fresh biomass in g per plant in eight newly established Bulgarian lines, varieties and candidate varieties of soybean through various selection methods greenhouse conditions was studied. The objective of the study is to establish and compare the sensitivity of different soybean genotypes to 2,4-D amine salt. It was found that: The applied doses of 30, 60 and 120 ml/da Dicopur F (600 g/l 2.4 D amine salt) in growth stage

three trifoliate leaves of soybean have a depressing effect on the survival of the tested genotypes in the following order: Srebrina (25.9%) -> F5 (Char x Williams) (26.4%) -> Divna (33.3%) -> M7 №18/4 (36.3%) -> Mira 96 (37.9%) -> Karina (38.1%) -> Avigea (40.8%) -> Line №5c (57.7%);

It was found that 2.4 D amine salt has a statistically significant (P=0.05) inhibitory effect on stem growth in the cultivars Divna, Avigeya, Srebrina and Lines F5 (Char x Williams) and № 5c, while in the cultivars Karina, Mira 96 and Line M7 №18/4, where the differences are statistically unproven (P=0.05), this dependence can be explained by genetic differences, as the comparisons were made under the same conditions and doses of the applied herbicide.

Key words: soybean, 2.4 D amine salt, sensitivity

Въведение

Характерна биологична особеност на соята [*Glycine max* (L.) Merr.] е бавения темп на отрастване в началните етапи от развитието й, което я прави силно уязвима на конкурентното въздействие на плевелите видове (Keramati et al., 2008; Fickett et al., 2013; da Silva et al, 2017), поради което хербицидите заемат най-голям дял от използваните пестициди в технологичните решения при отглеждането на културата Hoverstad et al. (2006). През последните десетилетия научно-изследователската работа се фокусира към издирване на хербицидно-толерантни генотипове соя (Al-Khatib and Peterson, 1999; Nelson and Renner, 2001; Marinov-Serafimov, 2009). Спорадични и крайно ограничени са съобщенията за установена толерантност на генотипове соя към 2,4 Д аминна сол (Hart et al., 1991 и Krausz et al., 1993). В обобщените проучвания на Davidonis et al. (1980) и White et al. (1990) толерантността на соята към 2,4 дихлорфенокси оцетна киселина се определя от възможността й да метаболизира хербицида до 4-ОН-2,5-Д. Според същите автори 2,4 Д аминната сол при чувствителните генотипове соя, натрупват в клетките си по-големи количества 4-ОН-2,5-Д, докато при толерантните форми количеството на 4-ОН-2,5-Д е относително по-малко.

Целта на изследването е да се установи и сравни чувствителността на различни генотипове соя (*Glycine max* (L.) Merr.) към 2,4 Д аминна сол във връзка с по-целенасоченото им използване в отделните селекционни програми.

Материали и методи

Изследването е проведено през периода 2007-2009 година при оранжерийни условия в Опитна станция по соята - Павликени. Проучвани са два фактора: Фактор *А* новосъздадени български линии (не генно модифицирани), сортове и кандидат сортове соя, създадени чрез различни селекционни методи

ISSN: 2535-1133 (Online)
ISSN: 1312-3882 (Print)

(експериментален мутагенез и/или хибридизация): a_1– Дивна; a_2 – Авигея; a_3 – Карина; a_4 – Мира 96; a_5– Сребрина; a_6 – M_7 №18/4; a_7 – F_5 (Чар x Williams) и a_8 – Линия №5в (Таблица 1) и Фактор *B* – хербицид Дикопур (600g/l 2,4 Д аминна сол) приложен в дози: b_1– Контрола; b_2 – 30 ml/da; b_3 – 60 ml/da и b_4 – 120 ml/da.

За определяне и сравняване на чувствителността на генотипове соя към 2,4 Д аминната сол при лабораторни условия са засяти по 27 растения в единични пластмасови контейнери от 0.5 l в пет повторения съобразно фактор *A*. За контрола са използвани нетретирани растения, засяти в същия обем почва. Във фаза трети троен лист на соята е извършено пръскане с Дикопур Ф (600g/l 2,4 Д аминна сол) съобразно фактор В, а контролните варианти с дестилирана вода.

Таблица 1. Генотипове соя
Table 1. Soybean genotypes

№	Генотипове / Genotypes	Начин на създаване / Method of creation
1.	Дивна / Divna	Хибридизация / Hybridization
2.	Авигея / Avigeya	Хибридизация / Hybridization
3.	Карина / Karina	Хибридизация / Hybridization
4.	Мира 96 / Mira 96	Експериментален мутагенез / Experimental mutagenesis
5.	Сребрина / Srebrina	Хибридизация / Hybridization
6.	Линия M_7 №18/4 Line M_7 №18/4	Експериментален мутагенез / Experimental mutagenesis
7.	Линия F_5 (Чар x Williams) / Line F_5 (Char x Williams)	Хибридизация / Hybridization
8.	Линия №5в / Line №5в	Хибридизация / Hybridization

Проследявани са следните показатели съобразно проучваните фактори А и В: Процент преживели растения, %; Селективност на хербицида в зависимост от приложените дози при тестваните генотипове соя на 7, 15 и 30 ден след третирането (по логаритмичната скала на (1 - 9 бала) на EWRS при бал 1 - без повреди и при бал 9 - културата е напълно унищожена); Дължина на растенията (корен + стъбло), cm; Формирана свежа и суха биомаса в g за едно растение 30 дни, след третирането.

Скорост на нарастване (K) при генотиповете соя по отношение дължината на растения (K/cm) и натрупване на свежа ($K/g_{/fb}$) и суха биомаса ($K/g_{/db}$) в зависимост от проучваните фактори – *A* и *B* е определяна по уравнение (1) (Мамонов и Ким, 1978).

$$K=(W_2-W_1)/t_d \quad (1)$$

където

W_1 – начален етап на отчитане,

W_2 – краен етап на отчитане,
t_d – период от време в интервала $W_2 - W_1$

Индекс на развитие (GI) е определян по уравнение (2) (Gariglio et al., 2002):

$$GI=[(G/G_0).(L/L_0)].100 \quad (2)$$

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

Процентът на преживелите растения е изчислявана след предварително трансформиране по формулата, $Y=\arcsin\sqrt{(x_{\%}/100)}$ на Hinkelmann and Kempthorne (1994).

Получените резултати са обработени математико – статистически с програмния продукт STATGRAPHICS Plus for Windows Version 2.1.

Поради еднопосочност на получените резултати, данните са представени средно за периода.

Резултати и обсъждане

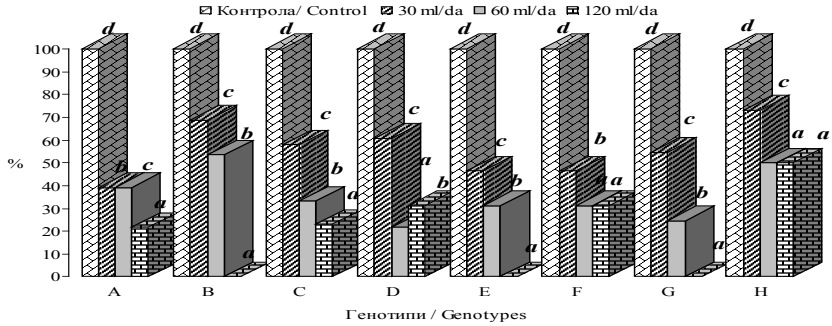
Приложените дози 2,4 Д аминна сол във фаза трети троен лист на соята оказват влияние върху преживяемостта на проучваните генотипове и условно може да се представи в следния ред: Сребрина (25.9%) -> F_5 (26.4%) -> Дивна (33.3%) -> M_7 (36.3%) -> Мира 96 (37.9%) -> Карина (38.1%) -> Авигея (40.8%) -> Линия №5^{в} (57.7%).

С увеличаване дозите 60 и 120 ml/da на 2,4 Д аминна сол се наблюдава обща тенденция за понижаване преживяемостта (от 21.7 до 100%) при всички генотипове соя, спрямо контролните варианти, като разликите са статистически доказани при P=0.05 (Фигура 1), а *r* е в границите от -0.803 до -0.996 (Таблица 4).

Установява се специфична генотипна реакция по отношение на фитотоксичността на приложената 2,4 Д аминна сол при тестваните образци соя. Доза от 30 ml/da предизвиква умерено до силен фитотоксичен ефект (бал 4-5), седем дни след третирането. При всички генотипове соя се установяват епинастични изкривявания по стъблата и дорзо-вентрално завиване на листата. С увеличаване дозата 60 и 120 ml/da, наблюдаваните симптоматични повреди по тест-растенията се засилват (бал >6) изразяващи се във вкорковяване и

ISSN: 2535-1133 (Online)
ISSN: 1312-3882 (Print)

разцепване в основата на стеблата, а на по-късен етап се образуват и язви. С удължаване периода на вегетация до 30 дни след третирането, всички приложени дози 2,4 Д аминна сол предизвикват по-силен фитотоксичен ефект – бал 7, докато при генотиповете реагирали с по-висока чувствителност – летален ефект – бал 9 (Таблица 2).



Фигура 1. Преживяемост на генотипове соя в зависимост от дозата на приложената 2,4 Д аминна сол в процент спрямо контролните варианти,%

Легенда: A - Дивна; B - Авигея; C - Карина; D – Мира 96; E - Сребрина; F – Линия M_7; G - Линия F_5; H - Линия №5[в]; Статистически доказани разлики , a, b, c, d при P=0.05

Figure 1. Survival of the soybean genotypes on 2,4-D amine salt application rate as percentage of the control treatments, %

Легенда: A - Divna; B - Avigea; C - Karina; D – Mira 96; E - Srebrina; F – Line M_7; G - Line F_5; H - Line №5[в]; Statistically significant differences , a, b, c, d at P=0.05

Данните от биометричните измервания върху дължината на растенията дават възможност обективно да се оцени селективността на хербицида в началните етапи от развитието на тестваните генотипове соя (Таблица 3). Установява се специфична генотипна реакция по отношение влиянието на 2,4 Д аминна сол върху нарастването на тест-растенията (Таблица 3). 2,4 Д аминна сол оказва статистически доказан (P=0.05) инхибиращ ефект върху нарастването на стъблото при сортовете Дивна, Авигея, Сребрина и Линии F_5 и № 5[в] при по-високите проучвани дози – 60 и 120 ml/da. Изключение от описаната зависимост се установява само при сортовете Карина, Мира 96 и Линия M_7, където разликите са статистически недоказани (P=0.05) при приложената ниска доза – 30 ml/da. Подобна специфична генотипна реакция на соя към 2,4 Д аминна сол е установена от Slife (1956), Hart et al. (1991) и Thompson et al. (2007).

Таблица 2. Селективност на 2,4 Д аминна сол при генотипове соя
Table 2. Selectivity of the 2,4-D amine salt on soybean genotypes

Дни след третиране Days after treatment	Доза, ml/da Dose, ml/da	Генотипове / Genotypes							
		Дивна / Divna	Авигея /Avigea	Карина / Karina	Мира 96 /Mira 96	Сребрина/ Srebrina	Линия M_7 / Line M_7	Линия F_5 /Line F_5	Линия №5в / Line №5в
		EWRS							
7	30	4	4	4	5	5	4	4	4
	60	5	4	5	8	5	4	4	5
	120	5	5	5	8	6	5	4	5
15	30	4	5	4	8	6	7	5	4
	60	5	5	5	8	7	7	5	5
	120	5	7	7	8	7	7	6	7
30	30	6	5	5	8	6	7	5	6
	60	5	6	8	8	7	7	7	6
	120	8	9	8	8	9	8	9	7

EWRS – (бал 1 - без повреди. бал 9 - напълно унищожени растения)
EWRS: (score 1 - no damages; score 9 – completely killed plants)

Формирането на свежа биомаса в g за едно растение зависи от вида на генотипа и от дозата на приложения хербицид. От Таблица 3 е видно, че генотиповете соя третирани с доза от 30 ml/da 2,4 Д аминна сол натрупват по-голямо количество свежа и суха биомаса g средно за едно растение, докато с увеличаването й на 60 и 120 ml/da количеството на формираната биомаса намалява от 6.3 до 79.2%. Изключение от описаната зависимост се установява при сортовете Дивна, Мира 96, където разликите са статистически недоказани (P=0.05) при по-ниските приложени дози - 30 и 60 ml/da.

При Линии M_7 и №5в разликите при проучваните показатели са статистически недоказани за всички приложени дози 2,4 Д аминна сол. Подобни резултати се съобщават от Wax et al. (1969) и White et al. (1990). Според авторите, чувствителността на соята към 2,4 Д аминна сол се определя от възможността й да метаболизира 2,4 дихлорфенокси оцетна киселина до 4-ОН-2,5-Д. Установена е, отрицателна корелационна зависимост (*r* е в диапазона от -0.142 до -0.990) между количеството на приложената 2,4 Д аминна сол и натрупаната свежа биомаса за всички включени в изследването образци (Таблица 4). Следователно, наблюдаваните разлики по отношение чувствителността на соята към 2,4 Д аминна сол, могат да бъдат обяснени с генетични различия, тъй като сравненията между тях са направени при

ISSN: 2535-1133 (Online)
ISSN: 1312-3882 (Print)

еднакви условия и дози на прилагания хербицид.

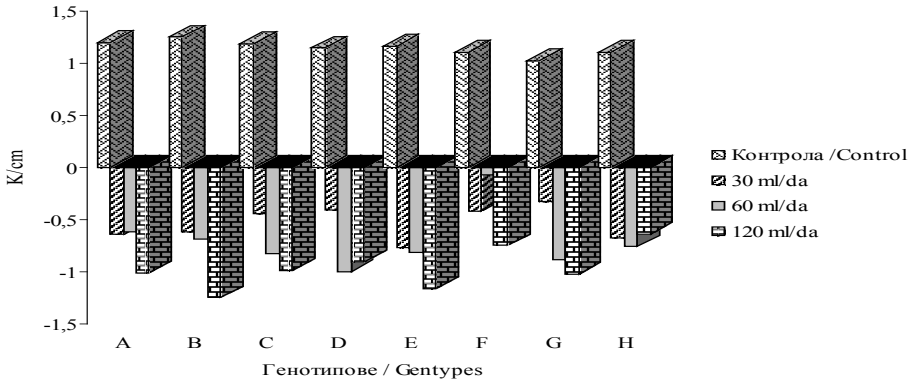
Таблица 3. Влияние на 2,4 Д аминна сол върху динамиката на нарастване и натрупване на свежа биомаса при генотипове соя
Table 3. Effect of the 2,4-D amine salt on the dynamics of growth and accumulation of fresh biomass in soybean genotypes

Генотипове Genotypes	Доза, ml/da Dose, ml/da	Показатели / Characteristics		
		Дължина на растението, cm Length of growth, cm	Формирана биомаса в g за едно растение Formed biomass in g per plant	
			Свежа Fresh	Суха Dry
Дивна / Divna	Контрола / Control	35.9 c	3.0 a	0.7 b
	30	16.7 b	3.0 a	0.6 ab
	60	17.5 b	1.4 a	0.4 ab
	120	5.6 a	1.1 a	0.2 a
Авигея / Avigea	Контрола / Control	37.4 c	2.9 c	0.7 c
	30	18.8 b	1.9 b	0.4 b
	60	16.7 b	1.0 b	0.3 b
	120	0.0a	0.0 a	0.0 a
Карина / Karina	Контрола / Control	35.6 c	2.9 c	0.7 c
	30	22.4 bc	2.6 a	0.5 a
	60	10.7 a	1.5 a	0.3 a
	120	6.0 a	1.2 a	0.2 a
Мира 96 / Mira 96	Контрола / Control	34.3 b	2.5 b	0.6 b
	30	22.0 b	2.1 ab	0.4 b
	60	4.3 a	0.5 a	0.1 a
	120	7.2 a	0.7 a	0.1 a
Сребрина / Srebrina	Контрола / Control	34.9 b	2.8 b	0.6 b
	30	11.7 a	1.2 a	0.2 a
	60	10.3 a	1.3 a	0.2 a
	120	0.0 a	0.0 a	0.0 a
Линия M_7 / Line M_7	Контрола / Control	33.1 b	3.2 a	0.7 a
	30	20.5 ab	2.7 a	0.7a
	60	30.9 b	2.4 a	0.4 a
	120	10.7 a	2.0 a	0.3 a
Линия F_5 / Line F_5	Контрола / Control	30.7 c	4.4 c	1.1 c
	30	20.8 b	2.9 b	0.6 b
	60	4.3 a	0.6 a	0.1 a
	120	0.0 a	0.0 a	0.0 a
Линия №5^{в} / Line №5^{в}	Контрола / Control	33.1 b	3.7 a	1.0 a
	30	12.8 a	1.6 a	0.4 a
	60	10.3 a	1.5 a	0.3 a
	120	14.0 a	2.9 a	0.5 a

Статистически доказани разлики a, b, c при P=0.05 / Statistically significant differences, *a, b, c* at P=0.05.

Таблица 4. Корелационни зависимости (*r*) от дозата на приложената 2,4 Д аминна сол и генотипа на соята и проучваните показатели
Table 4. Correlations (*r*) with the dose of the applied 2,4-D amine salt and the soybean genotype for the studied characteristics

Генотипове Genotypes	Корелации (*r*) / Correlations (*r*)				
	Преживяемост на соевите растения, % Survival of soybean plants, %	Дължина на нарастване, cm Length of growth, cm	Формирана биомаса в g за едно растение Formed biomass in g per plant		GI
			Свежа Fresh	Суха Dry	
Дивна / Divna	-0.829	-0.897	-0.896	-0.990	-0.758
Авигея / Avigea	-0.996	-0.984	-0.984	-0.980	-0.890
Карина / Karina	-0.903	-0.932	-0.933	-0.946	-0.849
Мира 96 / Mira 96	-0.803	-0.831	-0.831	-0.876	-0.820
Сребрина / Srebrina	-0.943	-0.931	-0.932	-0.892	-0.777
Линия M_7 / Line M_7	-0.788	-0.974	-0.947	-0.923	-0.819
Линия F_5 / Line F_5	-0.951	-0.929	-0.814	-0.828	-0.850
Линия №5в / Line №5в	-0.816	-0.143	-0.142	-0.534	-0.715
GI – индекс на развитие/ development index					



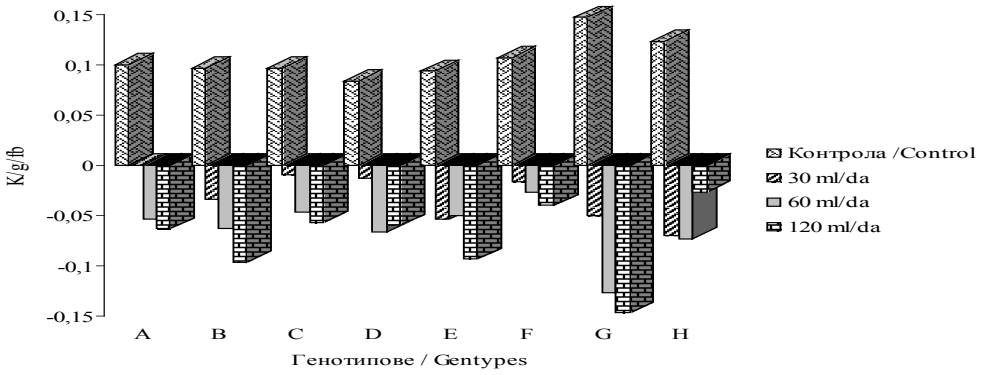
Фигура 2а. Скорост на нарастване ($K/_{cm}$) на генотиповете соя в зависимост от дозата на приложената 2,4 Д аминна сол

Легенда: A - Дивна; B - Авигея; C - Карина; D – Мира 96; E - Сребрина; F – Линия M_7; G - F_5; H - Линия №5в

Figure 2a. Rate of growth (K/cm) of the studied soybean genotypes depending on the dose of the applied 2,4-D amine salt

Legend: A - Divna; B - Avigea; C - Karina; D – Mira 96; E - Srebrina; F – Line M_7; G - Line F_5 ; H - Line №5в

ISSN: 2535-1133 (Online)
ISSN: 1312-3882 (Print)

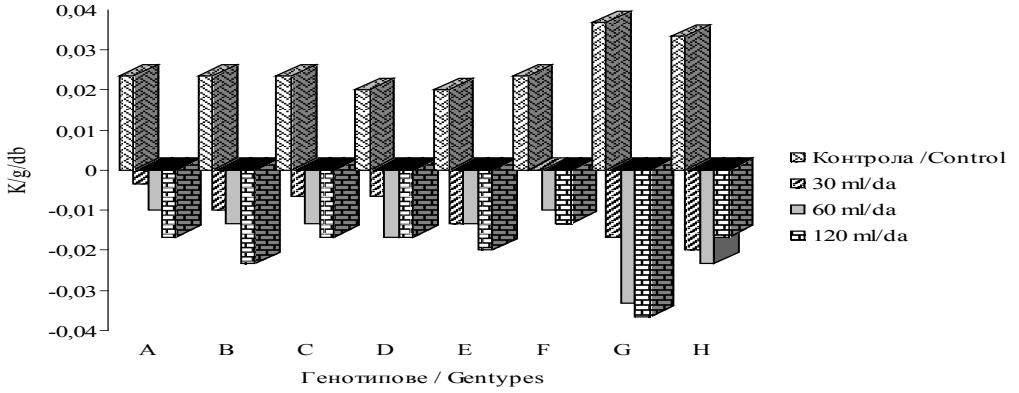


Фигура 2b. Скорост на натрупване на свежа биомаса ($K/_{g/fb}$) в g за едно растение соя в зависимост от дозата на приложената 2,4 Д аминна сол

Легенда: A - Дивна; B - Авигея; C - Карина; D – Мира 96; E - Сребрина; F – Линия M_7; G - F_5; H - Линия №5[в]

Figure 2b. Rate of accumulation of fresh biomass (K/g/fb) in g per plant of the studied soybean genotypes depending on the dose of the applied 2,4-D amine salt

Legend: A - Divna; B - Avigea; C - Karina; D – Mira 96; E - Srebrina; F – Line M_7; G - Line F_5; H - Line №5[в]

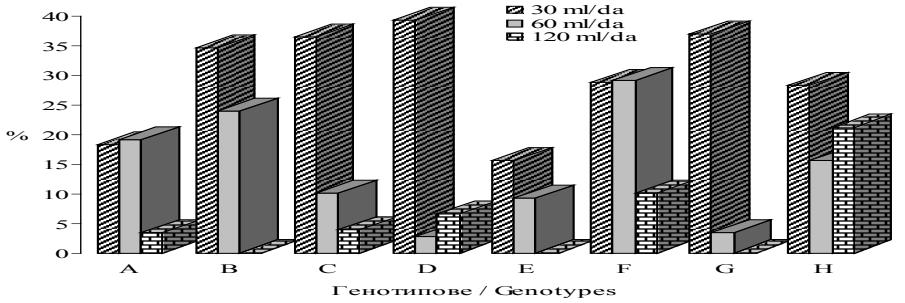


Фигура 2c. Скорост на натрупване на суха биомаса (K/g/db) в g за едно растение соя в зависимост от дозата на приложената 2,4 Д аминна сол

Легенда: A - Дивна; B - Авигея; C - Карина; D – Мира 96; E - Сребрина; F – Линия M 7; G - F5; H - Линия №5[в]

Figure 2c. Rate of accumulation of dry biomass (K/g/db) in g per plant of the studied soybean genotypes depending on the dose of the applied 2,4-D amine salt

Legend: A - Divna; B - Avigea; C - Karina; D – Mira 96; E - Srebrina; F – Line M7; G - Line F5; H - Line №5[в]



Фигура 3. Индекс на развитие (GI) на проучваните генотипове соя в зависимост от дозата на приложената 2,4 Д аминна сол

Легенда: A - Дивна; B - Авигея; C - Карина; D – Мира 96; E - Сребрина; F – Линия M_7; G - F_5; H - Линия №5в

Figure 3. Development index of (GI) of the studied soybean genotypes depending on the dose of the applied 2,4-D amine salt

Legend: A - Divna; B - Avigea; C - Karina; D – Mira 96; E - Srebrina; F – Line M_7; G - Line F_5; H - Line №5в

Аналогични са получените резултати при проследяване скоростта (К) на нарастване (К/cm) (Фигура 2a), натрупване на свежа (К/$g_{/fb}$) (Фигура 2b) и суха биомаса (К/$g_{/db}$) (Фигура 2c) при соята в зависимост от проучваните фактори *A* и *B*. Скоростта на нарастване (К/cm), натрупване на свежа (К/$g_{/fb}$) и суха биомаса (К/$g_{/db}$) на соевите растения е в отрицателна корелационна зависимост от дозата на приложената 2,4 Д аминна сол, *r* е в интервала от -0.510 до -0.870 (Таблица 4).

Оценявайки комплексното въздействие на проучваните фактори чрез осреднения индекс на развитие (GI) при генотиповете соя, същите условно могат да се ранжират в следния възходящ ред: Сребрина (8.3%) -> линия F_5 (13.5%) -> Дивна (13.6%) -> Мира 96 (16.2%) -> Карина (16.8%) -> Авигея (19.5%) -> Линия №5в (21.7%) -> Линия M_7 (22.7%) (Фигура 3). Направените математико-статистически анализи показват, че 2,4 Д аминна сол оказва статистически доказан (P=0.05) инхибиращ ефект върху развитието на генотиповете соя, независимо от дозата на приложения хербицид. Индексът на развитие GI на растенията от тестваните генотипове соя е много слаб и варира в границите от 8.3% до 21.6% който определя силна фитотоксичност на хербицида (GI > 80% -Tiquia *et al.,* 1996) (Фигура 3).

Изводи

1. Приложените дози 30, 60 и 120 ml/da Дикопур Ф (600g/l 2,4 Д аминна сол) във фаза трети троен лист на соята оказват депресиращ ефект върху

преживяемостта на тестваните генотипове в следния ред: Сребрина (25.9%) -> F_5 (Чар x Williams) (26.4%) -> Дивна (33.3%) -> M_7 №18/4 (36.3%) -> Мира 96 (37.9%) -> Карина (38.1%) -> Авигея (40.8%) -> Линия №5^{в} (57.7%).

2. Установено е, че 2,4 Д аминна сол оказва статистически доказан (P=0.05) инхибиращ ефект върху нарастването на стъблото при сортовете Дивна, Авигея, Сребрина и Линии F_5 (Чар x Williams) и № 5^{в}, докато при сортовете Карина, Мира 96 и Линия M_7 №18/4, където разликите са статистически недоказани (P=0.05) тази зависимост може да бъде обяснена със специфичната им реакция, тъй като сравненията са направени при еднакви условия и дози на прилагания хербицид.

3. Проучените при направения скрининг генотипове соя показаха различни нива на чувствителност към Дикопур Ф (600g/l 2,4 Д аминна сол) обусловена от техните генетични различия. Излъчени са генотипове соя сорт Карина и Мира 96, както и Линия M_7 №18/4, с относително по-ниска чуствителност към 2,4 Д аминна сол, които могат да са потенциални донори на устойчивост в комбинативната селекция.

Литература
References

Al-Khatib, K. & Peterson, D. (1999). Soybean (*Glycine max*) response to simulated drift from selected sulfonylurea herbicides. Dicamba, Glyphosate and Glufosinate. *Weed Technology*, 13(2), 264–270.

da Silva, D., Dirceu A. & Leandro V. (2017). Development stages horseweed in soybeans competition. *Arquivos do Instituto Biológico*, 84, e0202015. Epub January 22, 2018. https://dx.doi.org/10.1590/1808-1657000202015

Davidonis, G., Hamilton, R. & Mumma, R. (1980). Metaboism of 2,4 Dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D) in soybean root callus. *Plant Physiology*, 66, 537 – 540.

Fickett, N., Boerboom, Ch. & Stoltenberg, D. (2013). Soybean Yield Loss Potential Associated with Early-Season Weed Competition across 64 Site-Years. *Weed Science*, 61(3), 500-507.

Gariglio, N., Buyatti, M., Pillati, R., Rossa & 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.

Hart, S., Glenn, S., & Kenworthy, W. (1991). Tolerance and the basis for selectivity to 2,4-D in perennial Glycine species. *Weed Science*, 39(4), 535-539.

Hinkelmann, K. & Kempthorne, O. (1994). Design and analysis of experiments. Vol. 1, Wiley and Sons, New York.

Hoverstad, T., Johnson, G., Gunsolus, J. & King, R. (2006). Evaluating the economic

risk of herbicide-based weed management systems in corn and soybean using stochastic dominance testing. *Weed Technol*, 20, 422-429.

Keramati, S., Pirdashti, H, Esmail, M., Abbasain, A. & Habibi, M. (2008). The Critical Period of Weed Control in Soybean (Glycine max (L.) Merr.) in North of Iran Conditions. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 11(3), 463-467.

Krausz, R., Kapusta, G. & Matthews, J. (1993). Soybean (*Glycine max*) tolerance to 2,4-D ester applied preplant. *Weed Technology*, 7, 906–910.

Mamonov, L. & Kim, G. (1978). Mathematical modeling of physiological processes in plants. ANC SSR, Institute of Botany, "Science" of the Kazakh SSR, ALMA - ATA, p. 88 – 89 (Ru).

Marinov-Serafimov, Pl. (2009). A preliminary study of soybean genotype responses to glyphosate. *Pesticidi I fitomedicina*, 24(3), 211-219.

Nelson, K. & Renner, K. (2001). Soybean growth and development as affected by glyphosate and postemergence herbicide tank mixtures. *Agronomy Journal,* 93, 428-434.

Thompson, M., Steckel, L., Ellis, A. & Mueller, Th. (2007). Soybean tolerance to early preplant applications of 2,4-D ester, 2,4-D amine, and dicamba. *Weed Technology*, 21(4), 882-885.

White, R., Liebl, R. & Hymowitz, T. (1990). Examination of 2,4-D tolerance in perennial Glycine species. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 38(2), 153-161.

Wax, L., Knuth, L. & Slife, F. (1969). Response of soybeans to 2,4-D, Dicamba, and Picloram. *Weed Science*, 17(3), 388-393.