

## Екологични и генотипни ефекти върху признаците жътвен индекс и абсолютна маса на семената при соята

Марияна Радкова<sup>1</sup>, Галина Найденова<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Селскостопанска академия, Агробиоинститут - София

<sup>2</sup>Селскостопанска академия, Институт по планинско животновъдство и земеделие - Троян

\*E-mail: [gmv@abv.bg](mailto:gmv@abv.bg)

### Резюме

Ефекта на средата и генотипната определност са двата фактора, от които зависи релизирането на всяка земеделска култура. Целта на нашето проучване е да установим как условията на средата и генетичните детерминанти на производствено утвърдени в страната средно-ранни сортове соя повлияват признаците жътвен индекс и абсолютна маса на семената. За целта генетичните различия по тези признаци са определяни при сортовете Авигея, Сребрина, Изидор, Паладор, Даниела, Павликени, Мира и Ходсон в три-годишно полско изпитване. Оценено е и влиянието на генотипно-средовите взаимодействия върху фенотипния вариант по проследяваните признаци. Опитът е проведен в Опитна станция по соята - Павликени, при неполивни условия, по метода на дългите парцели, при стандартната за страната технология за отглеждане на соя.

Според резултатите, в проучваната група сортове е наблюдавано значително генотипно разнообразие по жътвен индекс и абсолютна маса на семената. Разликите в генотипните реакции спрямо условията на годината са по-големи по отношение на жътвения индекс и следва признака да се използва при определяне на генотипове със специфична адаптация към стресово засушаване в късните репродуктивни фази на културата. Значението на генотипния ефект по отношение абсолютна маса на семената намалява съществено при неблагоприятни условия. Сортовете Сребрина, Паладор и Даниела проявяват стабилна изява по наблюдаваните признаци. Тези генотипове могат да се използват както при оптимални, така и при стресови условия на отглеждане на културата. Могат да бъдат използвани и като донори на генотипно детерминирана стабилна изява в комбинативната селекция на културата.

**Ключови думи:** соя; жътвен индекс; абсолютна маса на семената; генотип-среда

## Ecological and genotypic effects on traits harvest index and absolute seed weight in soybean

Mariana Radkova<sup>1</sup>, Galina Naydenova<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Agricultural Academy, Agrobiointitute - Sofia

<sup>2</sup>Agricultural Academy, Research Institute of Mountain Stockbreeding and Agriculture - Troyan

\*E-mail: [gmv@abv.bg](mailto:gmv@abv.bg)

### Citation

Radkova, M., & Naydenova, G. (2022). Ecological and genotypic effects on traits harvest index and absolute seed weight in soybean. *Rastenievadni nauki*, 59(2) 74-80 (Bg).

### Abstract

The effect of the environment and the genotypic potential are the factors on which the realization of each agricultural crop, living system depends. The purpose of our study was to determine how environmental conditions and genetic determinants of production-established in the country medium-early varieties of soybeans,

affect the traits harvest index and absolute seed weight. For this purpose, the genetic differences on these traits of the varieties Avigeya, Srebrina, Isidor, Palador, Daniela, Pavlikeni, Mira and Hodson were determined under a three-year field trial. The influence of the genotypic-environmental interactions on the phenotypic variance on the monitored traits was also assessed. The experiment was conducted in the Experimental Soybean Station - Pavlikeni, under non-irrigated conditions, by the method of long plots following the standard for the country technology for soybean cultivation. According to the results, in the studied group of varieties a significant genotypic diversity was observed in terms of harvest index and absolute mass of seeds. The differences in genotypic reactions compared to the conditions of the year were larger in terms of the harvest index and should be used in determining genotypes with specific adaptation to drought stress during the late reproductive phases of the crop. The significance of the genotypic effect in terms of absolute seed weight decreased significantly under adverse conditions. The varieties Srebrina, Palador and Daniela showed a stable performance according to the observed traits. These genotypes can be used under both optimal and stressful growing conditions. They can also be used as donors of genotypically determined stable expression in the combinative breeding programs of the culture.

**Key words:** soybean; harvest index; absolute seed weight; G×E

## ВЪВЕДЕНИЕ

Соята (*Glycine max* L.) е важна протеинова култура с нарастващи площи в Европа. Основен фактор, ограничаващ производството ѝ в страната ни е недостатъчната влагообезпеченост при протичане на репродуктивните фази. Заради неполивното отглеждане в България, стабилизирането на добивите от соя се свързва най-вече с адаптивния потенциал на използваните сортове. Това налага съсредоточаване върху ефектите на генотипно-средовите взаимодействия и съответно определяне на генотиповете, съчетаващи адаптивност и фенотипна стабилност в условия на стресови абиотични въздействия. Интерес представлява и влиянието на отделните признаци, структуриращи добива, върху реакцията на генотиповете спрямо средата (Tsenov et al., 2013). Проследяването на взаимодействието генотип-среда придобива все по-голямо значение на всички етапи в селекционните програми с най-важните автогамни зърнени култури (Georgieva, 2017; Woyann et al., 2018; Dyulgerova & Dyulgerov, 2019; Kosev & Vasileva, 2019; Stoyanov, 2021).

Жътвеният индекс и абсолютната маса на семената са важни признаци, свързани с продуктивността при соята. Жътвеният индекс е индикатор за продуктивната ефективност при зърнените култури. Интерес представлява генотипната обусловеност на тази продуктивна ефективност и до каква степен тя се повлиява от условията на отглеждане на соята. В тази връз-

ка жътвеният индекс е показателен за адаптивността на генотиповете. Нови резултати подчертават значението на стабилната и висока изява по признака за подобряване продуктивността на соята (Cui & Yu, 2005; Todeschini et al., 2019).

Въпреки силната си генетична детерминация, абсолютната маса на семената значително се повлиява от факторите на околната среда (Krisnawati & Adie, 2015). Според наши резултати от сравнително сортоизпитване (Naydenova & Georgieva, 2019), генотипно определената едросеменност има фенотипна реализация, когато репродуктивните фази на наливане на зърното протичат извън периода 1-15 август, когато засушаването в България е най-често и най-силно проявено. Като следствие висока и стабилна експресия на едросеменността се наблюдава при много ранните (MG 000-00) и средно-късните сортове (MGII).

С настоящото изследване се цели: определяне на генетичните различия по признаците маса на семената и жътвен индекс при производствено утвърдени в страната ни сортове соя; проучване на генотипно-средовите взаимодействия върху фенотипния вариант по проследяваните признаци и съответно определяне на генотиповете със стабилна изява.

## МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИ

Изследването е проведено в Опитна станция по соята – Павликени със средно-ранни сортове (MGI), които понастоящем или в предходни

периоди имат най-голямо производствено разпространение в страната ни. Те са следните: Авигея, Сребрина, Изидор, Паладор, Даниела, Павликени, Мира и Ходсон. Проследени са в три последователни години (2018-2020 г.), в полски опит, заложен при неполивни условия по метода на дългите парцели при стандартната за страната технология за отглеждане на соя. Сеитбата е редова, при междуредово разстояние 70 cm и посевна норма от 400 000 к.с./ha. Осъществена е във втората десетдневка на април на трите опитни години.

С цел изчисляване на показателя жътвен индекс (ЖИ,%) са отчетени показателите общ добив от надземна растителна биомаса (включително семена, стъбла и разклонения, без листа - ВМУ, g) и добив на семена от растение (SY, g) върху 10 растения от всеки генотип във фенофаза R8 по години. Проследен е и признака абсолютна маса на семената (m1000, g).

По години и генотипове са определени средните стойности и варианса на наблюдаваните признаци, като за оценка значимостта на генотипните разлики е използван еднофакторен дисперсионен анализ. Данните от три-годишния опитен период са използвани за определяне на компонентния състав на варианса. Използван е двуфакторен дисперсионен анализ модел 3 (Annicchiarico, 2002). Коефициента на наследяемост в широк смисъл е изчислен като дял на генетичния вариант от наблюдавания фенотипен вариант  $H^2_{bs} = \sigma^2_G / \sigma^2_{ph}$  по проучваните признаци в условията на опитния период и за проучваната група сортове. Степента на влияние на факторите генотип, условия на годината и тяхното взаимодействие върху фенотипната дисперсия по

признаците жътвен индекс (HI,%) и абсолютна маса на семената (m1000, g) е определена чрез показателя  $\eta^2$ . Чрез стойностите на екологичния вариант ( $\sigma^2_x$ ) е определена стабилността на проучваните сортове по проследяваните признаци при различните агрометеорологични условия на опитните години.

Експериментът включва години с различна валежна обезпеченост при протичане на критичните фази от развитието на соята (Таблица 1). Първа опитна година се характеризират с много благоприятни условия в периодите на цъфтеж и бобообразуване. Формирането на бобовите и наливане на зърното през 2020г. протичат в условия на много силно засушаване. Средномесечните валежни суми за август и септември, когато завършва репродуктивното развитие на най-често отглежданите в България средно-ранни и средно-късните сортове соя, са значително по-ниски за опитния период (2018-2020 г.) в сравнение с тези за предходния 50 годишен период.

## РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

Значенията на показателя жътвен индекс за проучваната група сортове са най-високи в първа опитна година, в условия на много добра влагообезпеченост при протичане на репродуктивни фенофази R4-R6. Отчетените стойности са в границите 33,9% при сорт Изидор до 41,0% при сорт Hodson, като генотипните разлики са недостоверни (Таблица 2). Противоположни резултати са наблюдавани в трета опитна година, при условия на силно засушаване в периода на формиране на бобовите и семената

**Таблица 1.** Месечни валежни суми за вегетационния период на трите опитни години (2018-2020г.)

**Table 1.** Rainfall sums by months of the vegetation period of soybean in the period 2018-2020

Години/Years	Месеци/Months	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
2018 г.		10.3	44.3	134.6	126.6	12.6	49.2	17.6
2019 г.		94.4	41.8	149.0	77.8	8.6	2.4	13.0
2020 г.		20.2	47.3	99.1	6.4	36.4	22.4	69.9
Средно за опитния период/ Average for trial period		41.6	44.5	127.6	70.3	19.2	24.7	33.5
Средно за 50-годишен предходен период/ Average for 50-Year period		48.7	67.1	58.1	58.0	50.8	46.8	37.4

(R4-R5). Стойностите на показателя са в границите от 21,1% при сорт Павликени до 32,1% при сорт Даниела. Сортовете Павликени и Изидор са с много нисък жътвен индекс и така се различават достоверно от останалите генотипове по отношение реакцията си чрез наблюдавания показател към суша - основен стресов фактор за културата в страната ни. Тези генотипове имат подобна изява и във втора опитна година, когато засушаването е в по-късните репродуктивни фенофази (R6 - R7). При сорт Изидор по-ниските стойности на показателя жътвен индекс са свързани с по-ниска абсолютна маса на семената при посочените условия, а при сорт Павликени такава зависимост не е наблюдавана.

Проучваните сортове се различават значимо и по абсолютната маса на семената (Таблица 2). За сорт Изидор са наблюдавани най-високи стойности при условия на достатъчна влагообезпеченост (2018 г.), но и най-силна редукция

в значенията на показателя при неблагоприятни условия. Противоположна на тази изява имат сортовете Даниела и Мира. Различна генотипна реакция чрез голям брой морфологични и качествени характеристики на семената при стресови условия е наблюдавана и в изследванията на Szareski et al. (2018) и Steiner et al. (2021).

В условията на полско изпитване фенотипния вариант на наблюдаваните признаци ( $\sigma^2_x$ ) в отделните опитни години може да се приеме за средови и съответно също да характеризира стабилността на признаците при различните генотипове (Таблица 2). При благоприятни за развитието на културата условия (2018 г.) най-висока и стабилна изява по жътвен индекс е отчетена за сорт Паладор, а при стресови – за сорт Даниела. По отношение абсолютната маса на семената фенотипния вариант под влияние на случайни фактори е най-нисък при сорт Сребрина и в трите опитни години.

**Таблица 2.** Средни стойности ( $X$ ), вариант ( $\sigma^2_x$ ), значимост на разликите и степен на генотипното факториално влияние ( $\eta^2_G$ , %) за проучваните признаци по години

**Table 2.** Mean values ( $X$ ), variance ( $\sigma^2_x$ ), significance of the differences and degree of genotypic factorial influences ( $\eta^2_G$ , %) for monitored traits by years

Сортове/ Cultivars	Жътвен индекс (ЖИ), % / Harvest index (HI), %						Абсолютна маса на семената ( $M_{1000}$ ), g / Absolute seed weight ( $M_{1000}$ ), g					
	2018yr		2019yr		2020yr		2018yr		2019yr		2020yr	
	$X$	$\sigma^2_x$	$X$	$\sigma^2_x$	$X$	$\sigma^2_x$	$X$	$\sigma^2_x$	$X$	$\sigma^2_x$	$X$	$\sigma^2_x$
Авигея/ Avigeya	40.0	104.1	31.3 <sup>bc</sup>	65.6	31.2 <sup>a</sup>	20.8	138.9 <sup>c</sup>	366.5	135.8 <sup>b</sup>	131.1	108.6 <sup>c</sup>	172.6
Сребрина/ Srebrina	37.4	49.8	36.4 <sup>ab</sup>	32.5	29.5 <sup>a</sup>	35.1	136.2 <sup>c</sup>	99.5	115.7 <sup>c</sup>	61.0	134.8 <sup>b</sup>	49.0
Изидор/ Isidor	33.9	44.9	28.0 <sup>c</sup>	27.0	21.9 <sup>b</sup>	22.9	187.2 <sup>a</sup>	821.2	159.3 <sup>a</sup>	271.4	130.8 <sup>b</sup>	400.4
Паладор/ Palador	42.3	15.7	38.7 <sup>a</sup>	33.1	28.3 <sup>a</sup>	47.0	112.4 <sup>d</sup>	63.2	122.2 <sup>c</sup>	33.3	127.2 <sup>b</sup>	248.4
Даниела/ Daniela	40.1	66.5	34.8 <sup>ab</sup>	25.3	32.1 <sup>a</sup>	8.0	134.0 <sup>c</sup>	460.3	153.3 <sup>a</sup>	67.5	140.8 <sup>a</sup>	109.1
Павликени/ Pavlikeni	37.6	25.1	25.5 <sup>c</sup>	57.2	21.1 <sup>b</sup>	14.1	115.3 <sup>d</sup>	428.8	112.1 <sup>c</sup>	171.7	127.6 <sup>b</sup>	1397.3
Мира/ Mira	40.1	31.6	33.9 <sup>ab</sup>	23.1	29.4 <sup>a</sup>	42.8	141.6 <sup>c</sup>	19.4	161.1 <sup>a</sup>	44.3	156.6 <sup>a</sup>	101.2
Ходсон/ Hodson	41.0	46.5	36.0 <sup>ab</sup>	65.6	30.2 <sup>a</sup>	54.9	162.4 <sup>b</sup>	819.8	145.2 <sup>b</sup>	46.8	131.1 <sup>b</sup>	507.0
LSD <sub>0.05</sub>	5.9		6.4		4.1		16.1		10.1		17.0	
$\eta^2_G$ (%)	13.6		30.3		64.2		64.1		78.7		38.9	

Средните стойности, последвани от еднакви букви не се различават достоверно при  $P < 0.05$  / Values, followed by same letters does not differ significantly at  $P < 0.05$

Стойностите на корелационното отношение, чрез което се оценява степента на генотипното влияние ( $\eta^2_G$ ) по години, показват разнопосочни тенденции за проучваните признаци. При жътвения индекс генотипните ефекти са най-високи при неблагоприятни по отношение влагообезпеченост условия (2020 г.), а при абсолютната маса на семената при тези условия са най-ниски (Таблица 2). На основата на този резултат жътвения индекс следва да бъде проследяван в селекционни програми, целящи отбор на генотипове, устойчиви на неблагоприятни абиотични условия.

Според резултатите от двуфакторния дисперсионен анализ, проучваните фактори в опита – генотип и условия на годината, самостоятелно и във взаимодействие, повлияват достоверно фенотипния вариант по жътвен индекс и абсолютна маса на семената ( $P < 0.001$ ). Стойностите на коефициента на наследяемост за двата признака са високи и съответно показателни за високо генотипно разнообразие в проучваната група сортове (Yankulov, 1996) - Таблица 3.

Специфични генотипни реакции към условията на годината в по-голяма степен се наблюдават по отношение на жътвения индекс. Степента на влиянието на генотипно-средовите взаимодействия, оценена чрез корелационното отношение  $\eta^2_{GY}$  е 26,5% и превишава над 2,5 пъти самостоятелните генотипни и средови влияния върху дисперсията на признака. Средно за периода на изпитване най-високи стойности за жътвен индекс в съчетание с най-нисък вариант по години са наблюдавани за сортовете Паладор, Сребрина и Даниела (Фигура 1А). Наблюдаваната в опита стабилна фенотипна изява по жът-

вен индекс на посочените генотипове може да се свърже с тяхната производствено установена стабилна продуктивност на зърно. Чрез жътвения индекс продуктивността се може за се разглежда като генотипно определена ефективност на използване на ресурсите (Porker et al., 2020). В тази връзка проучване на генотипно-средовите взаимодействия и съответно стабилността по признака се явява полезно за оценка стабилността по продуктивност и съответно на адаптивния потенциал на сортовете. Според Todeschini et al. (2019) селекционния прогрес при соята в Бразилия, която е от най-големите производители на соя в световен мащаб, е резултат от усилията, наложени за увеличаване и стабилизиране на жътвения индекс.

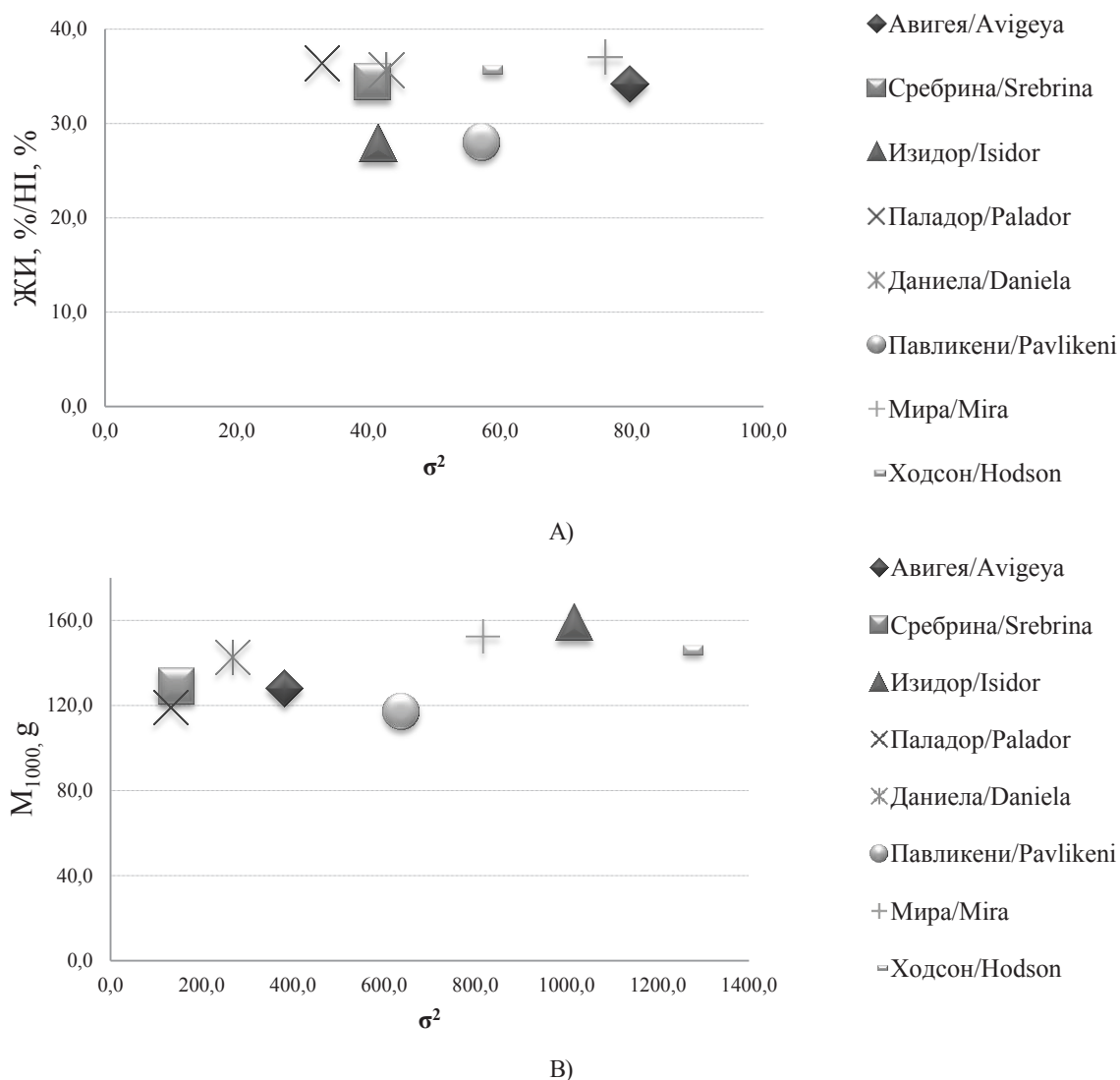
По отношение абсолютната маса на семената генотипния ефект има най-голям относителен дял в дисперсията на признака (37.9%). На генотипно-средовите взаимодействия се дължи 20.9% от варирането му. С най-стабилна изява в опитния период са сортовете Сребрина и Паладор, които понастоящем са най-широко използвани в производството (Фигура 1В). Сортовете с по-висока абсолютна маса на семената имат нестабилна фенотипна изява по години, като изключение е наблюдавано за сорт Даниела. Резултати за по-ниска стабилност на признака при сортове от средно-ранната група на зрялост, в която попадат проучваните сортове, са получени и в други наши проучвания (Naydenova & Georgieva, 2019). В тази връзка стабилността на изява по абсолютна маса на семената може да се определи като важна сортова характеристика и следва да бъде определена като селекционна цел в тази група на зрялост.

**Таблица 3.** Компонентен състав на варианса, коефициент на наследяемост ( $H^2_{bs}$ ) и степен на факториално влияние ( $\eta^2\%$ )

**Table 3.** Variance components, broad sense heritability estimate ( $H^2_{bs}$ ) and and degree of factorial influences ( $\eta^2, \%$ )

Признаци / Traits	$\sigma^2_e$	$\sigma^2_{GY}$	$\sigma^2_G$	$H^2_{bs}$	$\eta^2_G$	$\eta^2_{GY}$	$\eta^2_Y$
Жътвен индекс (ЖИ), % / Harvest index (HI), %	32.7	10.2***	10.4***	0.73	10.4%	26.5%	9.9%
Абсолютна маса на семената ( $M_{1000}$ ), g / Absolute seed weight ( $M_{1000}$ ), g	262.7	192.3***	191.9***	0.74	37.9%	20.9%	1.7%

\* $P < 0.01$ ; \*\* $P < 0.05$ ; \*\*\* $P < 0.001$



**Фигура 1.** Съпоставка на средните стойности и варианса по жътвен индекс (А) и абсолютна маса на семената (В) при проучваните сортове  
**Figure 1.** Comparison of the mean values and the variance according to the harvest index (A) and the absolute seed weight (B) in the studied varieties

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В проучваната група производствено утвърдени средно-ранни сортове соя е наблюдавано значително генотипно разнообразие по жътвен индекс и абсолютна маса на семената.

Разликите в генотипните реакции спрямо условията на годината са по-големи по отношение на жътвения индекс и следва признака да се използва при определяне на генотипове със специфична адаптация към засушаване в късните

репродуктивни фази на културата. Значението на генотипния ефект по отношение абсолютна маса на семената намалява съществено при неблагоприятни условия.

Сортовете Сребрина, Паладор и Даниела проявяват стабилна изява по наблюдаваните признаци. Тези генотипове могат да се използват както при оптимални, така и при стресови условия на отглеждане на културата. Могат да бъдат използвани и като донори на генотипно детерминирана стабилна изява в комбинативната селекция на културата.

## Благодарности

Изследването е финасово подкрепено по проект ДН 16/10 от 20.12.2017, финасиран от Фонд научни изследвания, МОН.

## ЛИТЕРАТУРА

- Annicchiarico, P.** (2002). Genotype x environment interactions: challenges and opportunities for plant breeding and cultivar recommendations (No. 174). *Food & Agriculture Org.*
- Cui, S. Y., & Yu, D. Y.** (2005). Estimates of relative contribution of biomass, harvest index and yield components to soybean yield improvements in China. *Plant Breeding*, 124(5): 473-476.
- Dyulgerova, B., & Dyulgerov, N.** (2019). Genotype by environment interaction for grain yield of barley mutant lines. *Agriculture (Polnohospodárstvo)*, 65(2), 51 – 58.
- Georgieva, N.** (2017). Suitability of pea cultivars for organic farming conditions. *Biological Agriculture & Horticulture*, 33(4), 225-234.
- Kosev, V., & Vasileva, V.** (2019). Adaptive capabilities and productive potential of initial material from peas (*Pisum sativum*). *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 89(1), 138-44.
- Krisnawati, A., & Adie, M.** (2015). Selection of soybean genotypes by seed size and its prospects for industrial raw material in Indonesia. *Procedia Food Science*, 3, 355-363.
- Naydenova, G., & Georgieva, N.** (2019). Study on seed yield components depending on the duration of vegetation period in soybean. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 25(1), 49-54.
- Porker, K., Straight, M., & Hunt, J. R.** (2020). Evaluation of G× E× M Interactions to Increase Harvest Index and Yield of Early Sown Wheat. *Frontiers in plant science* 11: 994.
- Steiner, F., Zuffo, A. M., Teodoro, P. E., Aguilera, J. G., & Teodoro, L. P. R.** (2021). Multivariate adaptability and stability of soya bean genotypes for abiotic stresses. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 207(2), 354-361.
- Stoyanov, H.** (2021). Tendencies in the reaction of the yield of Bulgarian triticale cultivars under contrasting environments. *Rastenievadni nauki*, 58(1), 14-25.
- Szareski, V. J., Carvalho, I. R., Demari, G. H., Rosa, T. C. D., Souza, V. Q. D., Villela, F. A., ... & Aumonde, T. Z.** (2018). Multivariate index of soybean seed vigor: a new biometric approach applied to the effects of genotypes and environments. *Journal of Seed Science*, 40, 396-406.
- Todeschini, M. H., Milioli, A. S., Rosa, A. C., Dallacorte, L. V., Panho, M. C., Marchese, J. A., & Benin, G.** (2019). Soybean genetic progress in South Brazil: physiological phenological and agronomic traits. *Euphytica*, 215(7), 1-12.
- Woyann, L. G., Milioli, A. S., Bozi, A. H., Dalló, S. C., Matei, G., Storck, L., & Benin, G.** (2018). Repeatability of associations between analytical methods of adaptability, stability, and productivity in soybean. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 53, 63-73.
- Tsenov, N., Atanasova, D., & Gubatov, T.** (2013). Genotype x environment effects on the productivity traits of common wheat. I. *Nature of interaction, Scientific works of IZ- Karnobat*, 2, 1.
- Yankulov, M.** (1996). Principles and methods for genetic improvement and seed production of plants. Sofia, 1996.