

<https://doi.org/10.61308/KBGV7723>

## Наследяване на стопански ценни признаци и хетерозис при хибридни комбинации зимен ечемик

Тошка Попова

Институт по земеделие, 8400 Карнобат, Селскостопанска академия - София, България

\*E-mail: [toshka67@mail.bg](mailto:toshka67@mail.bg)

**Резюме:** В статията са представени резултати от анализа на наследяването на основните стопански ценни признаци от ечемични хибриди от първо поколение с помощта на показатели за степента на фенотипно доминиране и хетерозис. Направена е оценка на 6 хибридни комбинации ечемик по признаците: височина на растението (cm), продуктивна братимост, дължина на главен клас (cm), брой зърна в главен клас, тегло на зърното от клас (g), тегло на зърното от растение (g), маса на 1000 зърна (g). Изследванията са проведени в Институт по земеделие-Карнобат през 2022-2023 г. Като родителски форми са използвани високопродуктивни сортове и образци ечемик, българска селекция и от интродукция. За всеки изследван признак са определени средната аритметична ( $\bar{x}$ ), грешката на средната аритметична ( $S\bar{x}$  %), вариационен коефициент (VC,%), степента на доминиране (d/a), истински (HP) и хипотетичен (MP) хетерозис. На основата на варирането и наследяването в ранните F1 хибридни поколения се направиха изводи относно ценността на използваните сортове и типа на наследяване на анализирания признаци.

**Ключови думи:** ечемик; наследяване; количествени признаци; хетерозис

## Inheritance of economic traits and heterosis in winter barley hybrid combinations

Toshka Popova

Institute of Agriculture – Karnobat, Agricultural Academy- Sofia, Bulgaria

\*E-mail: [toshka67@mail.bg](mailto:toshka67@mail.bg)

**Citation:** Popova, T. (2024). Inheritance of economic traits and heterosis in winter barley hybrid combinations. *Bulgarian Journal of Crop Science*, 61(3) 23-30 (Bg).

**Abstract:** The article presents the results of the analysis of the inheritance of the main economic valuable traits of barley hybrids of the first generation using indicators of the degree of phenotypic dominance and heterosis. 6 hybrid barley combinations were evaluated according to the following characteristics: plant height (cm), productive twining, length of main spike (cm), number of grains in main spike, grain weight per spike (g), grain weight per plant (g), mass of 1000 grains (g). The research was carried out at the Institute of Agriculture-Karnobat in 2022-2023. Highly productive varieties and samples of barley, Bulgarian selection and from introduction were used as parental forms. For each investigated trait, the arithmetic mean ( $\bar{x}$ ), the error of the arithmetic mean ( $S\bar{x}$  %), variation coefficient (VC,%), the degree of dominance (d/a), true (HP) and hypothetical (MP) heterosis were determined. Based on the variation and inheritance in the early F1 hybrid generations, conclusions were drawn regarding the value of the cultivars used and the type of inheritance of the traits analyzed.

**Key words:** barley, inheritance, quantitative characters, heterosis

## ВЪВЕДЕНИЕ

Ечемикът (*Hordeum vulgare* L.,  $2n=2x=14$ ) е 4-тата най-важна зърнена култура в света след пшеница (*Triticum aestivum* L.), царевица (*Zea mays* L.) и ориз (*Oryza sativa* L.). Създаването на високодобивни сортове с много добри качествени характеристики на зърното, устойчиви на биотични и абиотични стресови фактори е постоянна задача в селекционната работа при ечемика. (Atanasova, 2014 a; Atanasova, 2014 b; Vulchev et al., 2009; Vulcheva et al., 2011, 2014; Gocheva, 2019; Dimova, 2015; Dyulgerova, 2011.; Maneva, 2010; Maneva & Lecheva, 2012). Продуктивността е основен селекционен признак във всяка една подобрителна програма, имаща за цел създаване на нови сортове с производствено предназначение (Yau & Hamblin, 1994; Yankulov, 1996; Valcheva, 2000; Gocheva, 2019; Mersinkov, 2000; Dimova, 2015). Познаването на генетичните системи за контрол на признаците, определящи продуктивността при ечемика позволява избор и прилагане на ефективни селекционни процедури при работа с разпадащи се генерации (Georgiev et al., 2013; Vasileva, 2014). Правилният подбор на родителските компоненти и последващото проучване на хибридните потомства по признаците, свързани с продуктивността е важно условие в теоритичните разработки. Основен метод за създаване на изходния материал при ечемика е вътревидовата хибридизация, вследствие на която се получава значителен спектър от рекомбинантни форми. Сред тях е възможно да се разкрият хетерозисни и трансгресивни хибриди, чието проявление на признаците има значително превъзходство над родителските образци. Първа хибридна генерация дава указание за характера на наследяването на белезите и за възможностите да се стабилизируют нови форми, съчетаващи оптимално родителските признаци (Jonson & Whittington, 1978; Hussain, 2005; Vasileva, 2014). Хетерозисни прояви по отношение на признаците, свързани с продуктивността при ечемика са наблюдавани от Vasileva (2014);

Pavlova et al. (2017); Popova & Valcheva (2018); Lal (2018); Medimagh & Felah (2019); Bouchetat & Aissat, 2019; Dyulgerova & Valcheva, 2014; Gocheva & Valcheva, 2021, 2022, 2023; Vasileva & Marcheva, 2016. В тази връзка изследване на степента на хетерозис е важно при оценката на F1 хибриди, за да се идентифицират комбинации с най-голям брой икономически ценни признаци.

**Целта на настоящото проучване** е да се получат сравнителни данни за степента на фенотипно доминиране на основни стопански признаци, свързани с продуктивността на ечемика и проявата на хетерозис в ечемичени хибриди от първо поколение.

## МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИ

Изследването е проведено в периода 2022/2023 година в Институт по земеделие Карнобат. За целта са извършени кръстоски от типа А х В между високопродуктивни сортове ечемик с устойчиви към кафява праховита главня селекционни линии. Извършени са биометрични измервания на 25 растения от кръстоска в F1 генерация и родителските компоненти.

Анализирани са признаците: височина на растението (cm), продуктивна братимост, дължина на главен клас (cm), брой зърна в главен клас, тегло на зърното от клас (g), тегло на зърното от растение (g), маса на 1000 зърна (g). За всеки изследван признак са определени средната аритметична, грешката на средната аритметична (S%), вариационен коефициент (VC,%), степента на доминиране (d/a), истински (HP) и хипотетичен (MP) хетерозис. Изчисленията са направени с помощта на Excel 2010.

## РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

В Таблици са представени данни за родителите, F1 хибридите и информация за изследваните количествени признаци.

По показателя височина на растението родителите са високи и стъблото им е около и над 100 cm. В литературата съществуват данни за връзката между височината на растението и добива и за значението на показателя върху продуктивността (Mihova et al., 2006; Dimova, 2015). В настоящото изследване наследяването по височина на растението при кръстоските ПГ 4458 х Вавилон ( $d/a=6.25$ ), ПГ 4351 х Вавилон ( $d/a=3.24$ ) и ПГ 4351 х Загорец ( $d/a=4.07$ ) е свръхдоминантно. Отчетните стойности по показателя в F1 при тези комбинации превишават средните такива за съответните родители и се наблюдава хетерозисен ефект. При ПГ 4458 х Загорец ( $d/a=-1.38$ ), ПГ 4458 х Сайра ( $d/a=-1.48$ ) и ПГ 4458 х Емон ( $d/a=-5.3$ ) наследяването е по типа на свръхдоминиране, но в посока на ниските стойности на показателя. При тези комбинации е налице отрицателен хетерозис спрямо средното родителско ниво.

Във F1 хибридите продуктивната братимост варира около средното родителско ниво за всяка конкретна комбинация. Редица автори съобщават за доминиране на аелелите от родителските форми с по-висока стойност на признака продуктивна братимост (Pukhalsky et al., 1989; Vasileva, 2014; Zahour et al., 1987). В нашето изследване наследяването, изразено чрез съотношението  $d/a$  показва, че се наблюдава непълно доминиране при ПГ 4458 х Вавилон ( $d/a=-0.6$ ) и свръхдоминиране в посока на родителя с по-висока стойност при ПГ 4458 х Загорец ( $d/a=3.00$ ) и ПГ 4351 х Вавилон ( $d/a=11.98$ ). При свръхдоминиране е установен значителен хетерозисен ефект спрямо средната стойност на родителите и спрямо по-добрия родител (Таблицы 1 и 3).

Дължината на класа при ечемика има висок пряк ефект върху формирането на добива (Vulcheva et al., 2014). Средните аритметични стойности на показателя дължина на класа, определени за F1 в изследваните хибридни комбинации, са около и малко над равнището на родителските сортове (Таблицы 1, 2, 3). Съотношението  $d/a$  показва, че при кръстоските ПГ 4458 х Сайра ( $d/a=0.04$ ), ПГ 4458 х Вави-

лон ( $d/a=0.60$ ) и ПГ 4351 х Загорец ( $d/a=0.21$ ) наследяването е непълно доминантно. При кръстоските ПГ 4458 х Загорец ( $d/a=-5.00$ ) и ПГ 4458 х Емон ( $d/a=-15.00$ ) наследяването е свръхдоминантно, но към родителя с по-ниски стойности на показателя. Свръхдоминиране е наследяването при ПГ 4351 х Вавилон ( $d/a=1.83$ ), с установен значителен хетерозисен ефект.

Броят на зърната в клас е признак, който е относително стабилен през различните години и по-малко се влияе от условията на средата (Mersinkov, 2000; Atanasov et al., 2005). Броят на зърната при родителите е различен, тъй като кръстоските участват двуредни и многоредни форми (Таблицы 2 и 3). Наследяването на признака при ПГ 4458 х Сайра е пълно доминантно ( $d/a=1.04$ ), а при ПГ 4458 х Загорец ( $d/a=-12.50$ ), ПГ 4458 х Вавилон ( $d/a=-1.15$ ), ПГ 4458 х Емон ( $d/a=-1.11$ ) и ПГ 4351 х Загорец ( $d/a=1.17$ ) – свръхдоминиране, но към по-ниската стойност на показателя. При ПГ 4351 х Вавилон наследяването е свръхдоминантно  $d/a=3.48$ , с установен хетерозисен ефект в границите от  $HP=6.21\%$  до  $HP=8.93\%$ .

Теглото на зърното от клас е показател, който в голяма степен определя добива и отбор по него може да бъде направен в ранните хибридни популации (Mangi et al., 2010; Rachovska & Urh, 2015). При проучваните хибридни комбинации наследяването по този показател е от пълно доминиране до свръхдоминиране. Стойностите за пълно доминиране по кръстоски са съответно за ПГ 4458 х Вавилон  $d/a=-0.93$ , ПГ 4458 х Емон  $d/a=0.46$  и ПГ 4458 х Сайра  $d/a=1.04$  (Таблицы 1 и 2). При ПГ 4458 х Загорец ( $d/a=-7.06$ ) и ПГ 4351 х Загорец ( $d/a=6.03$ ) свръхдоминираното наследяване на признака е към родител с по-ниски стойности (Таблицы 1 и 3). При хибридите от F1 комбинациите ПГ 4351 х Вавилон и ПГ 4458 х Сайра наследяването е свръхдоминантно, със стойности на фенотипно доминиране съответно  $d/a=19.58$  и  $d/a=1.78$ . При тях е отчетен и хетерозисен ефект (HP) (Таблицы 1 и 3).

**Таблица 1.** Параметри, характеризиращи изходните родителски компоненти и техните F1 хибриди  
**Table 1.** Parameters characterizing the starting parental components and their F1 hybrids

P1	P2				F1						
	Sd	VC%	x±SX%	Sd	VC%	x±SX%	Sd	VC%	d/a	HP	MP
Хибридна комбинация ПГ4458 x Загоред/ Hybrid combination PG 4458 x Zagoretz											
Височина на растението, cm / Plant height, cm											
105.0±2.58	8.14	7.75	106.0±1.41	4.47	4.19	104.8±0.99	3.12	3.90	-1.38	98.22	98.96
Брой продуктивни братя/ Number of productive tillers											
6.0±0.26	0.82	13.61	5.9±0.21	0.67	11.30	6.1±0.18	0.57	9.31	3.00	101.67	102.52
Дължина на класа, cm/ Spike length, cm											
10.1±0.21	0.66	6.52	9.7±0.20	0.63	6.49	8.8±0.35	1.11	12.71	-5.00	86.65	88.61
Брой зърна в клас/ Grain number per spike											
29.4±0.76	2.41	8.21	29.0±0.77	2.45	8.45	26.7±0.98	3.09	11.58	-12.5	90.82	91.44
Тегло на зърното от клас,g/ Grain weight per spike, g											
1.51±0.08	0.24	15.90	1.45±0.05	0.15	10.60	1.25±0.04	0.14	10.87	-7.06	82.93	84.72
Тегло на зърното от растение,g/ Grain weight per plant, g											
9.19±0.75	2.36	25.72	8.60±0.60	1.83	21.36	7.62±0.28	0.87	11.42	-4.31	82.88	85.64
Маса на 1000 зърна/ 1000-grain weight											
51.32±2.06	6.51	12.70	49.90±0.97	3.06	6.50	47.05±3.06	3.06	6.50	-5.05	91.68	92.96
Хибридна комбинация ПГ 4458 x Сайра/ Hybrid combination PG 4458 x Sayra											
x±SX%	Sd	VC%	x±SX%	Sd	VC%	x±SX%	Sd	VC%	d/a	HP	MP
Височина на растението, cm/ Plant height, cm											
105.0±2.58	8.14	7.75	95.6±1.14	3.60	3.76	93.3±1.56	4.92	5.28	- 1.48	88.77	92.97
Брой продуктивни братя/ Number of productive tillers											
6.0±0.26	0.82	13.61	5.5±0.22	0.71	12.86	5.3±0.21	0.67	12.73	-1.80	88.33	92.17
Дължина на класа, cm/ Spike length, cm											
10.1±0.21	0.66	6.52	8.8±0.31	0.98	11.11	9.5±0.20	0.94	9.92	0.04	94.06	100.53
Брой зърна в клас/ Grain number per spike											
29.4±0.76	2.41	8.21	24.8±1.07	3.39	13.68	29.5±0.86	2.72	9.21	1.04	100.34	108.86
Тегло на зърното от клас,g/ Grain weight per spike, g											
1.51±0.08	0.24	15.90	1.27±0.09	0.27	21.72	1.61±0.07	0.22	13.71	1.78	106.35	115.74
Тегло на зърното от растение,g/ Grain weight per plant, g											
9.19±0.75	2.36	25.72	7.03±0.67	2.13	30.25	8.49±0.45	1.43	16.88	0.36	92.43	104.74
Маса на 1000 зърна/ 1000-grain weight											
51.32±2.06	6.51	12.70	50.76±2.05	6.50	12.75	54.45±1.71	5.40	9.92	12.16	106.11	106.69

**Таблица 2.** Параметри, характеризиращи изходните родителски компоненти и техните F1 хибриди  
**Table 2.** Parameters characterizing the starting parental components and their F1 hybrids

Хибридна комбинация ПГ 4458 x Вавилон/ Hybrid combination PG 4458 x Vavilon										
x±SX%	Sd	VC%	x±SX%	Sd	VC%	x±SX%	Sd	VC%	d/a	MP
Височина на растението, cm / Plant height, cm										
105.0±2.58	8.14	7.75	107.5±0.62	1.96	1.82	113.8±0.90	2.86	2.51	6.25	105.86
Брой продуктивни братя/ Number of productive tillers										
6.0±0.26	0.82	13.61	5.0±0.21	0.67	13.33	5.2±0.13	0.42	8.11	-0.60	94.55
Дължина на класа, cm/ Spike length, cm										
10.1±0.21	0.66	6.52	4.6±0.21	0.66	14.31	9.00±0.11	0.33	3.70	0.60	89.11
Брой зърна в клас/ Grain number per spike										
29.4±0.76	2.41	8.21	55.1±3.16	9.99	18.14	27.5±0.48	1.51	5.49	-1.15	49.91
Тегло на зърното от клас,g/ Grain weight per spike, g										
1.51±0.08	0.24	15.90	2.12±0.13	0.42	6.92	1.53±0.03	0.11	6.92	-0.93	72.11
Тегло на зърното от растение,g/ Grain weight per plant, g										
9.19±0.75	2.36	25.72	10.57±0.77	2.42	22.91	7.95±0.24	0.75	9.49	-2.79	75.22
Маса на 1000 зърна/ 1000-grain weight										
51.32±2.06	6.51	12.70	38.60±1.12	3.55	9.20	55.67±0.73	2.30	4.13	1.68	108.47
Хибридна комбинация ПГ 4458 x Емон/ Hybrid combination PG 4458 x Emon										
x±SX%	Sd	VC%	x±SX%	Sd	VC%	x±SX%	Sd	VC%	d/a	MP
Височина на растението, cm/ Plant height, cm										
105.0±2.58	8.14	7.75	108.3±0.72	2.26	2.09	98±1.02	3.22	3.28	-5.30	90.67
Брой продуктивни братя/ Number of productive tillers										
6.0±0.26	0.82	13.61	5.9±0.18	0.57	9.62	5.2±0.13	0.42	8.11	-15.00	86.67
Дължина на класа, cm/ Spike length, cm										
10.1±0.21	0.66	6.52	7.4±0.15	0.46	6.21	8.5±0.15	0.47	5.55	-0.19	84.16
Брой зърна в клас/ Grain number per spike										
29.4±0.76	2.41	8.21	31.3±1.16	3.65	11.67	29.3±0.73	2.31	7.89	-1.11	93.61
Тегло на зърното от клас,g/ Grain weight per spike, g										
1.51±0.08	0.24	15.90	1.47±0.05	0.16	11.04	1.50±0.04	0.12	7.83	0.46	99.27
Тегло на зърното от растение,g/ Grain weight per plant, g										
9.19±0.75	2.36	25.72	8.68±0.42	1.32	15.16	7.82±0.34	1.07	13.75	-4.37	85.09
Маса на 1000 зърна/ 1000-grain weight										
51.32±2.06	6.51	12.70	47.02±0.48	1.53	3.25	51.27±0.86	2.72	5.30	0.98	99.90

**Таблица 3.** Параметри, характеризиращи изходните родителски компоненти и техните F1 хибриди  
**Table 3.** Parameters characterizing the starting parental components and their F1 hybrids

Хибридна комбинация ПГ 4351 x Вавилон/ Hybrid combination PG 4351 x Vavilon										
x±SX%	Sd	VC%	x±SX%	Sd	VC%	x±SX%	Sd	VC%	d/a	MP
Височина на растението, cm/ Plant height, cm										
102.6±0.65	2.07	2.01	107.5±0.62	1.96	1.82	113.0±0.63	2.00	1.77	3.24	105.12
Брой продуктивни братя/ Number of productive tillers										
5.0±0.26	0.82	16.33	5.1±0.21	0.67	13.33	5.2±0.13	0.42	8.11	11.00	109.80
Дължина на класа, cm/ Spike length, cm										
7.5±0.15	0.47	6.29	4.6±0.21	0.66	14.31	8.7±0.28	0.89	10.21	1.83	116.00
Брой зърна в клас/ Grain number per spike										
58.0±1.55	4.90	8.45	55.1±3.16	9.99	18.14	61.6±2.63	8.33	13.52	3.48	106.21
Тегло на зърното от клас, g/ Grain weight per spike, g										
2.22±0.08	0.25	11.31	2.12±0.13	0.42	6.92	3.12±0.16	0.050	15.87	19.58	140.59
Тегло на зърното от растение, g/ Grain weight per plant, g										
11.20±0.85	2.68	23.94	10.57±0.77	2.42	22.91	11.43±0.95	3.01	17.24	1.74	102.07
Маса на 1000 зърна/1000-grain weight										
38.22±0.66	2.10	5.49	38.60±1.12	3.55	9.20	40.68±1.51	4.77	9.42	11.98	105.40
Хибридна комбинация ПГ 4351 x Загорец/ Hybrid combination PG 4351 x Zagoretz										
x±SX%	Sd	VC%	x±SX%	Sd	VC%	x±SX%	Sd	VC%	d/a	MP
Височина на растението, cm/ Plant height, cm										
102.6±0.65	2.07	2.01	106±1.41	4.47	4.19	116.2±0.99	3.12	2.68	4.07	108.90
Брой продуктивни братя/ Number of productive tillers										
5.0±0.26	0.82	16.33	5.9±0.21	0.67	11.30	4.8±0.13	0.42	8.78	-1.44	81.36
Дължина на класа, cm/ Spike length, cm										
7.5±0.15	0.47	6.29	9.7±0.20	0.63	6.49	8.8±0.2	0.63	7.20	0.21	91.19
Брой зърна в клас/ Grain number per spike										
58.0±1.55	4.90	8.45	29.0±0.77	2.45	8.45	26.6±0.6	1.90	7.13	-1.17	45.86
Тегло на зърното от клас, g/ Grain weight per spike, g										
2.22±0.08	0.25	11.31	1.45±0.05	0.15	10.60	1.54±0.04	0.12	7.64	-6.03	69.41
Тегло на зърното от растение, g/ Grain weight per plant, g										
11.20±0.85	2.68	23.94	8.60±0.60	1.83	21.36	7.36±0.12	0.37	5.00	-1.95	65.72
Маса на 1000 зърна/1000-grain weight										
38.22±0.66	2.10	5.49	49.90±0.97	3.06	6.50	48.00±0.92	3.04	5.24	0.67	96.18

Тегло на зърното от растение е важен селекционен признак, който има най-съществен дял за формирането на добива при ечемика (Dimova, 2015). При кръстоската ПГ 4458 х Сайра наследяването е пълно доминантно ( $d/a=0.36$ ). При хибридните комбинации ПГ 4458 х Загорец ( $d/a=-4.31$ ). ПГ 4458 х Вавилон ( $d/a=-2.79$ ), ПГ 4458 х Емон ( $d/a=-4.37$ ) и ПГ 4351 х Загорец ( $d/a=-1.95$ ) наследяването е свръхдоминиране, в посока на по-ниските стойности на родителя. При ПГ 4351 х Вавилон ( $d/a=1.74$ ) наследяването е свръхдоминиране. При тази кръстоска е отчетен хетерозисен ефект (НР).

Масата на 1000 зърна е един от основните елементи, определящи продуктивността при ечемика и показващи едрината на зърното (Dyulgerova, & Valcheva, 2014). Стойностите на показателя маса на 1000 зърна при хибридите на проучваните кръстоски във F1 са на и над нивото на родителските компоненти. Наследяването на признака е от пълно доминиране  $d/a=0.61$  при ПГ 4351 х Загорец до свръхдоминантно  $d/a=11.98$  при ПГ 4351 х Вавилон. Установен е висок хетерозисен ефект при кръстоските ПГ 4458 х Сайра (НР=6.11 % и НР=6.69 %), ПГ 4458 х Вавилон (НР=8.47 % и НР=23.82 %), ПГ 4351 х Вавилон (НР=5.40 % и НР=23.82 %).

## ИЗВОДИ

В заключение би могло да се обобщи, че извършеният анализ представя информация за генетичната структура на разпадащите се хибридни популации ечемик. Разкрити са възможности за отбор на желани образци по тяхното фенотипно проявление. Типът на наследяване на изследваните признаци, обуславящи продуктивният потенциал на ечемика, е от непълно доминиране до свръхдоминиране. Хетерозисен ефект е установен при свръхдоминирано наследяване на признаците. Хибридните комбинации, които показват хетерозис за добива и характеристиките, свързани с него в по-голяма величина и в желана посока, могат да бъдат използвани в бъдещата програма за селекция на ечемик.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Това изследване е подкрепено от Министерството на образованието и науката по Национална програма “Млади учени и постдокторанти-2”/ This research is supported by the Bulgarian Ministry of Education and Science under the National Program “Young Scientists and Postdoctoral Students-2”.

Проучването е докладвано на научна конференция „Иновации в аграрната наука за ефективно земеделие“ в ЗИ Шумен, съфинансирана от МОН по договор с ФНИ - № КПО6 - МНФ/15 от 08.08.2023 г.

This research is published with the financial support of the Ministry of Education and Science on the basis of contract No. КПО6 - МНФ/15-08.08.2023 with the Scientific Research Fund.

## ЛИТЕРАТУРА

- Atanasov, P., Valcheva, D., & Mersinkov, N. (2005). Inheritance of the number of grains per spike in naked barley, Balkan Scientific Conference, Karnobat, 1, 163-169 (Bg)
- Atanasova, D. (2014 a). Influence of the treatment with foliar herbicides on the forage barley (*hordeum vulgare l.*) productivity. FCS 9(2): 303-310. (Bg)
- Atanasova, D. (2014 b). Influence of the treatment with foliar herbicides at the malting barley (*Hordeum vulgare L.*) productivity. Scientific works Institute of Agriculture-Karnobat, 3, 1, 213-222. (Bg)
- Bouchetat, F., & Aissat, A. (2019). Evaluation of the genetic determinism of an F1 generation of barley resulting from a complete diallel cross between autochthones and introduced cultivars. Heliyon 5 (2019) e02744, 2-9.
- Dimova, D. (2015). Breeding-genetic studies in the productivity of feed barley. PhD Thesis, Karnobat, (Bg)
- Dyulgerova, B. (2011). Creation and study of genetic diversity in barley (*Horedum vulgare L.*) through experimental mutagenesis and in vitro cultivation. PhD Thesis, Plovdiv, (Bg).
- Dyulgerova, B. & Valcheva, D. (2014). Heritability, Variance Components and Genetic Advance of Yield and Some Yield Related Traits in Barley Doubled Haploid Lines. Turkish Journal of Agricultural and Natural Science. Special Issue:1, 614-617.
- Georgiev, S., Ganusheva, N., Stamatov, S., & Deshev, M. (2013). Approaches and methods as a model in the

- selection of self-pollinated crops. Academic publishing press of Agrarian University – Plovdiv. (Bg)
- Gocheva, M.** (2019). Selection-genetic and physiological studies on spring barley productivity. PhD Thesis, Karnobat, (Bg)
- Gocheva, M., & Valcheva, D.** (2021). Inheritability of grain weight per spike in spring barley hybrids, *Rastenrevadni nauki*, 58 (6), 15-22.
- Gocheva, M., & Valcheva, D.** (2022). Combining ability of grain weight per spike in spring barley varieties. *Rastenievadni nauki*, 59 (1), 3-6.
- Gocheva M., & Valcheva, D.** (2023). Inheritability of number of fertile tillers per plant in spring barley hybrids, *Bulgarian Journal of Crop Science*, 60 (4), 17-25.
- Hussain, S. S.** (2005). Barley genetics and genomics: a review. *Proc. Pakistan Acad. Sci.*, 43 (1), 63 - 84.
- Lal, C.** (2018). Heterosis and inbreeding depression studies for grain yield and related traits in barley (*Hordeum vulgare L.*) under early and timely sown conditions. *International Journal of Agriculture Sciences, ISSN*, 0975-3710.
- Maneva, V.** (2010). Influence of leaf aphids (APHIDIDAE: HEMIPTERA) on cereal crops productivity and their control. *Field Crops Studies*, VI, 1, 155 – 170. (Bg)
- Maneva, V., & Lecheva, I.** (2012). Aphids (HEMIPTERA: APHIDIDAE) in some cereal crops in the region of Southeastern Bulgaria. *Acta entomologica bulgarica*, Vol. 15, 1, 2, 128 – 132. (Bg).
- Mihova, G., Mihailov, R., Tonev, T. & Demirev, V.** (2006). Correlations between traits related to lodging resistance in barley. *Field Crops Studies*, III, 3, 359-365. (Bg)
- Jonson, G. F., & Whittington, W. J.** (1978). Inheritance of yield components and yield in relation to evidence for heterosis in F1 barley hybrids *Euphytica* 27, 587 - 591.
- Mangi, S. A., Sial, M. A., Ansari B. A., & Mirbahar A. A.** (2010). Heritability studies for grain yield and yield components in. F3 segregating generation of spring wheat, *Pakistan Journal of Botany*, 42, 3, 1807-1813
- Medimagh S., & Felah, M.** (2019). Heterosis analysis seed quality traits in spring barley. *International journal for advanced research*, 7(7), 52-57.
- Mersinkov, N.** (2000). Contribution to the breeding of winter malting barley in Bulgaria. Dissertation for “Doctor of Science”, Karnobat, 431 (Bg)
- Pavlova, N., Murugova, G., & Krylov, A.** (2017). Inheritance of economic valuable traits of F1 hybrids of spring barley in saturating crossings. *Far Eastern Agrarian Journal*, 4(44), 69-74. (Ru)
- Popova, T., & Valcheva, D.** (2018). Inheritance of some components of productivity in winter barley crosses. *Field Crops Studies*, XI (2), 217-228;
- Pukhalsky, V., Malchenko, V., Latipov, A., Kyizlasov, V., Rudenko, M., Jordanskaya, V. & Marchenko, N.** (1989). Heterosis manifestation in wheat and barley in the system of diallel crosses, *Genetics and breeding*, 3, 488-497. (Ru)
- Rachovska, G. & Urh, Z.** (2015). Genetic Variability and Heritability of Yield and its Components by Wheat. *Plant science*, LII, 1, 58-62. (Bg)
- Valcheva, D.** (2000). Adaptive potential and selection and genetic possibilities for improving the quality of winter malting barley. PhD Thesis, Karnobat (Bg).
- Valcheva D., Valchev, D., Dimova, D., Dyuļgerova, B., & Popova, T.** (2011). Problems, guidelines, achievements and perspectives in the selection of winter barley, *Agricultural Science*, 44(6), pp. 22-35. (Bg)
- Valcheva D., D. Vulchev, M. Gocheva, B. Dyuļgerova, M. Dimitrova-Doneva, M.** (2014). Productive potential of two-row barley and possibilities for its increase. *Scientific works Institute of Agriculture-Karnobat*, 3, 1, 55-69 (Bg).
- Vasileva, S.** (2014). Genetic and breeding analysis of quantitative and qualitative traits of malting barley. PhD Thesis, Plovdiv. (Bg)
- Vasileva, S. & Marcheva, M.** (2016). Genetic analysis of productivity components in malting barley (*Hordeum vulgare, L.*) hybrid progenies. *Bulg. J. Agric. Sci.*, 22: 452–457.
- Vulchev, Dr., Valcheva, D., Gocheva, M., & Murani, I.** (2009). Adaptability of promising winter malting barley lines from Hungary to the conditions of Southeast Bulgaria. *FCS* 5(1): 101-107 (Bg).
- Yau, S. K., & Hamblin, J.** (1994). Relative yield as a measure of entry performance in variable environments. *Crop Science* 34 (3), 813 – 817.
- Yankulov, M.** (1996). Principles and methods for genetic improvement and seed production of plants, Sofia. (Bg)
- Zahour, A., Rasmusson, D. C. & Gallagher, L. W.** (1987). Effect of semidwarf stature head number on grain yield in barley in Morocco. *Crops Sciences*, 27, 2, 161-165

Received: Desember 11 2023; Approved: March 14 2024; Published: June 2024