

## Характеристика на хибридни растения, получени от кръстоски с участието на два вида еднозърнест лимец

Надя Даскалова\*, Росица Демирова

Технически университет - Варна, Катедра Растениевъдство

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

### Резюме

Направена е фенотипна характеристика на  $F_1$  и  $F_2$  хибриди, получени от кръстоски с участието на два вида лимец, *Triticum monococcum* и *Triticum sinskajae*. Изследвани са признаците степен на презимуване, изкласяване и морфология на класа. Покритозърнестият лимец *Triticum monococcum* и хибридите с негово участие оцеляват при зимните условия на 2016/2017 в гр. Варна, като регистрират над 90% презимували растения. Голозърнестият лимец *Triticum sinskajae*, образец TS18401, показва по-ниска степен на презимуване, но разликата е статистически недоказана в сравнение с хибридите. Всички изпитвани материали изкласяват късно, 56-60 дена след 1<sup>ви</sup> април. Двата вида лимец се различават по формата на класа и степента на овършаване в зрялост. Отгледаните  $F_1$  растения по форма на класа и начин на овършаване приличат на покритозърнестия лимец - доминират цилиндричната форма на класа и твърдите глуми. Формата на класа (нормална и компактна) следва модела на монохбридно унаследяване (3:1) в  $F_2$ . Отбрани са шест хибридни  $F_2$  растения с пълна озърненост на класа в съчетание с нормално оронване, които са перспективни за бъдещи селекционни изследвания с цел подобряване на покритозърнестия лимец.

**Ключови думи:** лимец; селекция; *Triticum monococcum*; *Triticum sinskajae*; презимуване; форма на класа; степен на оронване

## Characterization of hybrid plants obtained from crosses involving two species of einkorn wheat

Nadia Daskalova\*, Rositsa Demirova

Department of Plant Production, Technical University of Varna, Bulgaria

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

### Abstract

Daskalova, N. & Demirova, R. (2018). Characterization of hybrid plants obtained from crosses involving two species of einkorn wheat. *Rastenievadni nauki*, 55(4), 50-61 (Bg).

A phenotypic characteristic of  $F_1$  and  $F_2$  hybrids obtained from crosses involving *Triticum monococcum* and *Triticum sinskajae* was made. The following traits have been investigated: overwintering, heading and spike morphology. The hulled einkorn *Triticum monococcum* and its hybrids survived comparatively in a good state during the winter of 2016/2017 in Varna, as over 90% of plant wintering. The naked species *Triticum sinskajae*, accession TS18401, shows a lower wintering rate, but the difference compared to hybrids was not statistically proved. All tested materials headed late, 56-60 days after April 1st. The two einkorn species were different regarding the spike shape and free-threshing trait. The derived  $F_1$  plants from two crosses resembled the hulled parent in phenotypic expression of these two characteristics - the cylindrical spike shape and hard glumes were dominant traits. The spike shape (normal and compact) followed the monogenic inheritance (3:1) in  $F_2$ . Six hybrid plants with normal spike seed-set and a free-threshing manner were selected in  $F_2$  as perspective individuals for future breeding studies to improve hulled einkorn.

**Keywords:** einkorn; selection; *Triticum monococcum*; *Triticum sinskajae*; overwintering; spike shape; degree of threshing

## ВЪВЕДЕНИЕ

Покритозърнестият еднозърнест лимец (*Triticum monococcum* L.) дава една от най-пълноценните храни във вид на хлебни изделия, която превъзхожда по качества продуктите от останалите видове пшеница. Високото протеиново съдържание (Borghi et al., 1996), наличието на различни антиоксиданти (Abdel-Aal et al., 2002; Hidalgo et al., 2006; Lavelli et al., 2009), присъствието на ненаситени мастни киселини (Hidalgo et al., 2009; Suchowilska et al., 2009) и микроелементи (Ozkan et al., 2007) в семената прави лимеца изключително ценен за здравословното хранене. Днес тази древна пшеница се отглежда само на малки площи, в отделни селскостопански ферми в южна Европа и Турция и/или се включва в системи за биологично земеделие (Pena-Chocarro, 1996). Brandolini and Hidalgo (2011) коментират, че основната тенденция в селекционните програми на Канада, Германия, Италия, Франция и други европейски страни е да се създадат нови, високодобивни линии лимец с възможност за свободно овършаване. Недостатъците на диплоидната пшеница рефлектират в загуба на време и добив на неолющено (плевесто) зърно (Harlan, 1967; Vallega, 1992; Watanabe, 2017). Традиционно зърната се олющват или чрез излагане на огън, или в приспособени мелници (Harlan, 1967; Aukroyd and Doughty, 1970). Отстраняването на глумите и плевите се извършва чрез гумени валци. Олющеното семе се мели с каменна мелница при температура не по-висока от 30 градуса за запазване на полезните вещества и вкус. Смя-

ното зърно не се разделя на фракции, т. е. брашното е пълнозърнесто, защото се запазва частта с фибрите и витамините.

Налице е възможен източник в селекцията, който би улеснил вършитбата на лимеца - откритият естествен мутант „Синская” пшеница – *Triticum sinskajae* A. Filat. et Kurk. ( $2n=2x=14, A^bA^b$ ), намерен в крайбрежни зони на Турция от Жуковски (Filatenko and Kurkiev, 1975). Според Watanabe (2017) този вид може да бъде ценен генетичен ресурс. Кръстоските между двата вида са интересни от генетична и селекционна гледна точка за подобряване на оронването (приоритет за „Синская” пшеница), но при запазване на физичните характеристики на зърното и зимоустойчивостта, присъщи на покритозърнестия лимец.

Целта на настоящото изследване е да се направи фенотипна характеристика на  $F_1$  и  $F_2$  хибриди, получени от кръстоски с участието на два вида лимец, *Triticum monococcum* и *Triticum sinskajae*, както и определяне на възможности за отбор на перспективни генотипове за селекционно подобряване на покритозърнестия лимец.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Обект на изследване са растения от две кръстоски (№47 и №86), създадени в Технически университет - Варна, катедра „Растениевъдство” (Таблица 1).

Кръстоска №47 е получена чрез хибридизация между *Triticum monococcum* образец 45126 (Tm45126) и *Triticum sinskajae* TS18401 през 2013

**Таблица 1.** Материали, обект на изследването

**Table 1.** Materials subject to the study

Кръстоска, генерация/ Cross, generation	Родители/ Parents		Произход/ Origin
	Майчина форма (♀) Female parent	Бащина форма (♂) Male parent	
№47 $F_2$	45126 <i>Triticum monococcum</i>	TS18401 <i>Triticum sinskajae</i>	♀- ICARDA, Сирия ♂- Генбанка, Гатерслебен -Германия
№86 $F_1$	TS18401 <i>Triticum sinskajae</i>	ОББГ* <i>Triticum monococcum</i>	♀- Генбанка, Гатерслебен ♂- Образец от Варна

\*ОББГ- еднозърнест лимец, предоставен ни любезно от фирма „БГ-Агро” АД, гр. Варна

г. (Daskalova et al., 2016). Хибридите  $F_1$  са отгледани през 2014 г. в нерегулируема оранжерия. Семената от  $F_2$  генерация произхождат от две хибридни растения (от 2 до 4 изолирани класа в растение), означени като 47-1 и 47-3.

Кръстоска №86 е реализирана през 2016 г. от кръстосването на *Triticum sinskajae* TS18401 с *Triticum monocossum* образец ОББГ. Половата хибридизация е извършена в поликарбонова оранжерия съгласно възприетата методика в селекцията у нас (Spetsov, 1998). Хибридни-те  $F_1$  растения от кръстоската са отгледани в саксии на открито през 2017 г. (по два броя в саксия, общо 6 растения).

## ПОЛСКИ МЕТОДИ

### Сеитба

Посевният материал (семена от 47-1, 47-3 и родителите) е засят ръчно на учебно опитно поле в Технически университет - Варна на редове с дължина от 100 cm, при 40 cm и 5 cm междуредово и вътрередово разстояние, съответно. Предшественикът е грах. Сеитбата е извършена през втората декада на месец октомври 2016 г. Опитът се състои от 2 повторения, включващ семена от родителите и половината зърно от всяко от двете  $F_2$  потомства в повторение (47-1: 69+70, 47-3: 54+59).

### Оценка за презимуване

Използван е методът на преброяване, при който се изчислява броят на презимувалите растения в началото на пролетната вегетация спрямо броя на поникналите през есента растения.

### Дата на изкласяване (дни до изкласяване)

Отчита се при пълно показване на класа от влагалището на най-горния лист. Датата се изчислява от 1<sup>ви</sup> април в дни.

### Качествени (алтернативни) признаци

Формата на класа, наличието или липсата на фалишва глума, както и характеристиката на осилите са определяни визуално. Формата на класа е съобразена с класификацията на Kopratskaia et al. (2016).

Оцветяването на глумите е определено по бална оценка със следните степени: 1- бял/жълт; 2- кафяв/червен; 3 – сив; 4 - черен, пурпурен, тъм-

но сив; 5 – друг (Descriptors for wheat, 1985; [http://genbank.vurv.cz/ewdb/asp/eval\\_des.htm](http://genbank.vurv.cz/ewdb/asp/eval_des.htm)).

Степента на оронване на семената е определена съгласно методиката за оронване на Kerber и Dyck (1969) (по Sood et al., 2009) по следната скала: 1 - много лесно; 2 – лесно; 3 – трудно; 4 - много трудно. За сравнение е използвана твърда пшеница сорт Аргонавт със степен на оронване 1. Овършаването при голозърнестите пшеници кореспондира с наличието на меки глуми, което е частично валидно за *Triticum sinskajae*, за разлика от плевестите форми (вкл. културния лимец) чиито глуми са твърди (Goncharov et al., 2007).

Оценката на хибридите  $F_1$  зърна е извършена преди покълване по визуална преценка в две групи: нормално изхранени (Н) и спаружени (С, когато по зърната се наблюдават вдлъбнати участъци с голяма коремна бразда, с неразвит или без обособен зародиш и ендосперм).  $F_1$  растенията са оценени за презимуване, форма на класа и начин на овършаване по същите методики, приложени при  $F_2$  хибридите от кръстоска №47.

## СТАТИСТИЧЕСКИ МЕТОДИ

Приложен е методът на хи-квadrата по формулата  $\chi^2 = \sum(\text{observed-expected})^2/\text{expected}$  (Ayala & Kiger, 1980) за изследване на разликите в разпределението на два вида честоти – фактически (опитни) и очаквани (теоретични) резултати. За прегледност на данните, разпадането по форма на класа и другите морфологични признаци са представени отделно в двете хибридни потомства (47-1 и 47-3, състоящи се от 139 и 109 растения, съответно). Извършени са два вида анализи (вариационен и еднофакторен дисперсионен) чрез Microsoft Excel и ASSISTAT Version 7.7 beta. Изчислявани са средната аритметична (Mean), стандартното отклонение (Standard deviation), вариационният коефициент (VC, %) и Moda (най-често срещаната стойност във вариационния ред).

## РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

### Получени и отгледани хибриди от кръстоска №47

От получените 11 хибридни зърна в оранжерийни условия покълнаха 7, от които само 2

растения оцеляха (Daskalova et al., 2016). По фенотип двете хибридни  $F_1$  растения наподобяват майчината форма Тm45126, като доминира нормалната форма на класа, с дългите осили и пълното озърняване. Овършаването на класовете е също равно по степен на признака от покритозърнестия лемец с оценка 4. Презимуването не е коментирано, тъй като материалите са отгледани в оранжерия през реколтната 2015 г.

Климатичните условия през месеците ноември и декември 2016 г., януари и февруари 2017 г. са сравнително подходящи за успешното презимуване на растенията от  $F_2$ . Данните за климатичните характеристики са взимани от <http://www.stingmeteo.com>. Месец януари е най-студеният за стопанската 2016/2017 г. От 06.01 до 13.01 включително са регистрирани ниски температури, като преобладаващите през деня са под нулата (минимални дневни температури от -3.2 до -11°C, най-често срещани -11°C; средно дневни температури от -2.8 до -9.8°C). През половината дни от януари е отчетен снеговалеж (общо 16 дни). За разлика от предходни стопански години се наблюдава твърде обилен сняг за морския регион и трайно задържане на снежната покривка, като в критичните дни тя е от 6.4 cm до 14.9 cm.

#### Анализ в $F_2$ за степен на презимуване при полски условия

Вариационният анализ показва, че по този признак *T. monosocum* и хибридите от  $F_2$  показват висок процент (над 90%), като преобладават растенията, които са 100% успешно презиму-

вали (виж Moda, Таблица 2). С по-нисък среден дял на презимувалите растения се характеризира голозърнестият лемец (средно 77.5%, повечето растения имат 60%). Вариационният коефициент е най-висок за TS18401 (26.6%). Всички останали материали показват по-ниско вариране (Таблица 2).

Разлики по признака не са установени, макар стойностното изражение между групите да е по-високо от вътрегруповото вариране (Таблица 2). Минималната гранична разлика за двата вида тест е висока, което определя подреждането на изпитваните материали само в една група. Продължителността на вегетационния период е свързана с адаптивността към околната среда и представлява сложен физиологичен признак. В проявлението участват три ключови групи от гени: *Vrn* гени, контролиращи темпа на развитие (пролетен/зимен), *Ppd* гени, контролиращи фотопериодния отговор и генът *Eps*, отговорен за “ранно развитие” (Goncharov, 2004). *Vrn-Am1* и *rn-Am2* са гените, локализирани в диплоидната пшеница *T. monosocum* (Kuspira et al., 1989; Dubcovsky et al., 1999), разположени в дългото рамо на хромозома 5A.

По литературни данни покритозърнестият лемец е толерантен към измръзване. Miller et al., (2006) описват locus, свързан с реакцията към ниска температура – Fr-A<sup>(m)</sup>2, локализиран в хромозома 5A<sup>m</sup>, където се намира и студорегулиращия ген *COR14b*. Golovnina et al. (2010) извършват редица генетични проучвания относно темпа на растеж в  $F_2$  кръстоски между образци на видовете *T. urartu*, *T. boeoticum*, *T.*

**Таблица 2.** Вариационен и дисперсионен анализ за презимуване на растенията

**Table 2.** Descriptive and one-way analysis of variance for plant overwintering

Родители, хибриди/ Parents, hybrids	CA	CO	БК,%	Mode	Източник на вариране/ Source of variation					
	Mean	SD	VC,%		SS	df	F	P-value	F crit	
Tm45126	91.8 a	16.5	18.0	100	Between groups	355.0	3	1.73ns	0.29	6.6
TS18401	77.5 a	20.6	26.6	60	Within groups	272.5	4			
$F_2$ 47-1	93.7 a	13.2	14.1	100	SMD			51.0 <sup>1</sup>		
$F_2$ 47-3	93.0 a	15.1	16.2	100				34.8 <sup>2</sup>		

CA/Mean - средна аритметична; CO/SD - стандартно отклонение; БК/VC,% - вариационен коефициент; SMD<sup>1</sup> - минимална гранична разлика по Tukey test; <sup>2</sup>по t-test; ns - недоказана разлика при  $p \geq 0.05$ ; SMD<sup>1</sup> - significant minimum difference in Tukey test; <sup>2</sup>SMD in t-test; ns - non-significative at  $p \geq 0.05$



*monococcum*, *T. sinskajae* и *Aegilops squarrosa*. В кръстоските са включени различни форми с пролетен и зимен тип на развитие. Например от *T. monococcum*: една зимна линия - PI94743 и пет пролетни форми - K-20400, K18105, Mute KT3-5, K-20970, PI306540; от *T. sinskajae* - само един пролетен образец - K-48993. Пролетният темп на растеж в повечето от изследваните видове се контролира от един доминантен ген (Golovnina et al., 2010; Shcherban & Salina, 2017). Мнозинството от дивите диплоидни пшеници са зимен тип, което предполага, че рецесивният алел *vrn-A1* заедно с интактния промотор VRN1 преобладават в природата. Авторите (Golovnina et al., 2010) приемат, че промените са настъпили в резултат на делеции в гена VRN1. Новите аели могат да са резултат от независими мутации в еволюцията.

Kuspira et al. (1989) изследват две пролетни и шест зимни форми покритозърнест лимец. Резултатите в F<sub>1</sub> и F<sub>2</sub> хибридите между двете пролетни линии №68 и №293 показват, че генотиповете нямат аели за зимен тип на развитие. В кръстоските на линия №68 с всяка от шестте зимни форми се наблюдава монохбридно разпадане в F<sub>2</sub>. Изводът е, че разликите между пролетния и зимния растеж във всяка кръстоска се дължат на аели на един главен ген. Алелът за пролетен растеж е напълно доминиращ над този, определящ зимния тип на развитие. Следователно, всичките рецесивни алелни състояния представляват мутации в един ген. Нашите резултати дават информация за презимуването на хибридни растения от една кръстоска през експерименталната 2016/2017 г., които може да се считат само като ориентировъчни. Досегашният ни опит с родителските линии показва,

че те оцеляват в гр. Варна през зимите на 2013-2016 г. (по непубликувани данни; Daskalova et al., 2016).

### Продължителност на периода до изкласяване

Резултатите можем да обобщим в следния възходящ ред: 56.5 дни (Tm45126) < 58.4 дни (TS18401) < 60.1-60.2 дни за F<sub>2</sub> 47-3 < 60.8-61.3 дни за F<sub>2</sub> 47-1 (Таблица 3). Средните разлики по признака между родителите са приблизително 2 дена.

Изокласяването е в границите от 56 до 66 дни, като най-често срещани са 56, 58, 60 и 61 дни (по данни за Moda, които не са представени таблично). Варирането по признака е незначително за всички анализирани материали (VC%: 1.5-4.0). Няма доказани разлики между родители и хибриди.

Watanabe (2017) изследва осем образца еднозърнест лимец, като един от тях е голозърнест. Част от формите са мутанти. Покритозърнестият лимец #252 изкласява най-рано в сравнение с останалите (средно за 27 дни), считано от 1<sup>ви</sup> април. *Triticum sinskajae* (PI 418587) изкласява за 68 дни и е определен от автора като най-късния образец. При другите шест форми датата на изкласяване е в границите на 43-60 дни. Авторът ги класифицира като късни и счита, че признакът ранно изкласяване има рецесивен характер при наследяване. Нашите резултати са сходни с тези на Watanabe (2017). Голозърнестият лимец TS18401 в нашия опит също изкласява късно, за 58.4 дни. Интересно е, че средната аритметична за признака от двете потомства (47-1 и 47-3) е по-голяма от тази на TS18401 (60.5>58.4). Най-ранните растения от F<sub>2</sub> изкласяват наравно с

**Таблица 3.** Дисперсионен анализ за дата на изкласяване в дни, считано от 1<sup>ви</sup> април

**Table 3.** ANOVA for the date of heading in days from April 1<sup>st</sup>

Родители и хибриди/ Parents and hybrids	CA	CO	БК,%	Източник на вариране/ Source of variation					
Groups	Mean	SD	VC,%	SS	df	F	P-value	F crit	
Tm45126	56.5	0.9	1.5	Between groups	22.3	3	2.8 ns	0.18	6.6
TS18401	58.4	1.1	1.9		10.7	4			
F <sub>2</sub> 47-1	60.8	2.4	4.0	Within groups					
F <sub>2</sub> 47-3	60.1	1.8	3.0						

Tm45126, поради което липсват възможности за отбор на ранни генотипове.

### Форма на класа

При фенотипната оценка на класа установяваме две групи по признака в  $F_2$ , нормална и

компактна. Формата на класа за родителските линии е представена на Фигура 1. Степента на вероятност (P) по потомства е различна (Таблица 4). В потомството на 47-1 се потвърждава нулевата хипотеза, за разлика от хибридната популация на 47-3. Данните показват, че вари-



Фигура 1. Форма на клас при родителските форми  
Figure 1. Spike shape in parental forms

Таблица 4. Приложение на  $\chi^2$  за оценка на фенотипното разпадане по форма на класа  
Table 4. Application of  $\chi^2$  test of goodness of fit for assessment of phenotypic segregation by spike shape

Майчин родител/ Female parent	Нормална форма (НФ)/ Normal form (NF)		
Бащин родител/ Male parent	Компактна форма (КФ)/ Compact form (CF)		
Фактическо разпадане в $F_2$ 47-1 Observed data in 47-1	НФ/NF	КФ/CF	Разпадане/ Segregation
	105	34	
Теоретично очаквано разпадане Expected data in 47-1	104	35	3:1
0.99>P>0.975		$\chi^2 = 0.04$	
Фактическо разпадане в $F_2$ 47-3 Observed data in 47-3	74	35	
Теоретично очаквано разпадане Expected data in 47-3	82	27	3:1
0.1>P>0.05		$\chi^2 = 3.15$	
Фактическо разпадане в $F_2$ (47-1+47-3) Observed data in the whole $F_2$ population	179	69	
Теоретично очаквано разпадане (q) Expected data in the whole $F_2$ segregation	186	62	3:1
0.5>P>0.25		$\chi^2 = 1.05$	

рането е случайно и резултатите за формата на класа съвпадат с хипотезата на Мендел за монохбридно разпадане в съотношение 3:1, тъй като нивото на значимост  $P=0.05$  за стойности на  $\chi^2=3.84$  ( $n=1$ ) не е достигнато и при двете  $F_2$  потомства. Въпреки това, налице са съществени разлики по отношение степента на вероятност между тях. Но общото фенотипно разпадане за  $F_2$  популацията като цяло дава съвпадение на теоретично очакваните с фактическите резултати (Таблица 4).

Формата на класа при различни кръстоски на образци от *Triticum monococcum* (Tm) и *Triticum sinskajae* (TS) е анализирана от различни изследователи. Goncharov et al. (2007) изследват четири кръстоски: TS x Tm KU104-2 с фактическо разпадане 27:8, съотношение 3:1,  $\chi^2=0.08$ ; TSxTmPI272557 - 32:10, съотношение 3:1,  $\chi^2=0.03$ ; TSxTmPI306547 - 65:21, съотношение 3:1,  $\chi^2=0.02$ ; TSxTmPI13962 - 338:134, съотношение 3:1,  $\chi^2=2.89$ . В първите три кръстоски P е в границите между 0.99 и 0.95, което е близко до това при потомството на 47-1, а в четвъртата кръстоска P е между 0.10 и 0.05, като се приближава до нашите резултати ( $P = 0.5$  и  $0.25$ ). Според Goncharov et al. (2007) резултатите във  $F_2$  показват, че формата на класа се наследява моногенно. Авторите считат, че в *T. sinskajae* признакът се контролира от рецесивен алел, докато в *T. monococcum* контролът е от доминантния алел на същия ген. Подобен е резултатът и при Watanabe (2017) от кръстоска на линия Tm252xTS образец PI418587 - 131 растения дават нормален клас, а 50 - полукомпактен (Semicompat). Разпадането е също 3:1 с критерий  $\chi^2 = 0.665$  и P между 0.50 и 0.25. Нашите данни съвпадат с резултатите на горесцитираните автори.

Образец Tm45126 до този момент няма определена вариететна принадлежност. По цвят на глуми, осили, повърхност (с или без гланц) и окосменост на глуми, майчиният родител в опита може да бъде отнесен към var. *flavescens* Koern. За него са характерни кафяви осили и глуми без гланц, както и космици (Padulosi et al., 1996). Среща се в Мала Азия, Балканите, Алпите, Германия, Франция, Испания, Мароко. Zaharieva и Monneveux (2014) определят най-честото му обитание на Балканите, Франция, Германия, Мароко, Испания, Швейцария и Турция. От

публикациите на двата независими източника установяваме, че var. *flavescens* Koern. не е характерен за нашата страна. За България са докладвани var. *monococcum* – с бели осили и глуми, кафяво зърно; var. *sofianum* Stransk. - черни до кафяви глуми, черни осили и кафяво зърно; var. *atriaristatum* Flaksb. - кафяви глуми и зърно, но черни осили. Zaharieva и Monneveux (2014) представят данни за вариететната принадлежност на *T. monococcum* L. subsp. *monococcum* по признаците цвят на глуми, осили и зърно, както и по региона, в който се срещат. Авторите се позовават на богата литературна справка. Padulosi et al. (1996) отбелязват, че разновидностите на културния покритозърнест лимец са 24. Според тях голямото вариране във вида може да се обясни със закона за хомоложните редове.

### Отбор на генотипове по форма и степен на оронване

Известно е, че в  $F_2$  разпадането по признаци е най-голямо, а типът на оронване има най-голямо значение за селекцията на диплоидната пшеница. В Таблица 5 са представени генотипове с отличителни характеристики, всеки от които е съчетание на признаци от двата родителя.

Общият брой отбрани хибридни растения с междинен тип за двете потомства е 29. Прави впечатление, че преобладават генотипове с компактна форма - 19 броя, която е характерна за голозърнестия лимец. Растенията с тази форма на класа имат фалшива глума. Гените *awn<sup>s</sup>* и *fig*, които контролират безосилестостта и наличието на фалшива глума (която представлява дяляща се вътрешна цветна плевица) са присъщи за *T. sinskajae* (Goncharov et al., 2007).

Степента на оронване е най-важният от всички анализирани признаци в изследването. Покритозърнестият лимец съчетава много полезни качества във връзка със здравословното хранене, но има един съществен недостатък, че трудно се вършее. Необходими са специални машини за олющване на зърното, тъй като то се държи много здраво от цветните плеви и глуми. Неговият естествен мутант *Triticum sinskajae* се вършее по-лесно, но приблизително 1/3 от класа (във връхната част) остава неозърнена. Генът, контролиращ степента на овършаване (*Sog*) е в доминантно състояние при покритозърнестия лимец (Goncharov et al., 2007), за разлика от ре-

цесивния алел (*sog*) в другия вид лимец, отговорен за наличието на меки глуми. Той е локализиран в късото рамо на 2A<sup>m</sup> хромозома.

Ansari et al. (2014) откриват друг мутант в *Triticum monococcum*, който има ген, подобен на този в *Triticum sinskajae*, отговорен за лекото овършаване. Авторите го именуват *sog2*, който се намира в дългото рамо на хромозома 7A<sup>m</sup>, и считат, че този ген е различен от вече установения (*sog*). Watanabe (2017) заключава, че генът за лесното овършаване е независим от гените, контролиращи ранното изкласяване.

Sood et al. (2009) извършват кръстоски между мутант Tm-9 със свободно овършаване и *T. monococcum* subsp. *aegilopoides* образец TA4342-96, който е плевест. Няма данни от авторите дали мутантът е озърнен в горната част на класа. Получените F<sub>1</sub> растения показват трудно оронване, с което авторите потвърждават,

че алелът на гена за лесно овършаване е в рецесивно състояние. В F<sub>2</sub> популация от общо 118 растения, 92 са трудни за оронване и 26 лесни, т.е. разпадането е в съотношение 3:1. Авторите анализират по 12 растения в F<sub>3</sub> от всяко засято потомство. Установено е разпадане във формат 1:2:1, като една част от растенията са хомозиготни плевести, друга - свободно овършаващи се, и трета (най-голямата група) - междинни по начин на оронване.

Голозърнестият лимец се оронва лесно и получава оценка 2, за разлика от плевестия лимец - оценка 4 (Фиг. 2) и стандартът - бал 1. От отбраните 29 растения, шест са озърнени изцяло (до върха на класа) и се овършават лесно (в Таблица 5 са потъмнени). Тези генотипове представляват интерес за бъдеща селекционна работа. Десет от общия брой растения имат бал 2 за овършаване, но не са озърнени до върха. Част

**Таблица 5.** Междинни типове растения в F<sub>2</sub> генерация в сравнение с родителите

**Table 5.** Intermediate plant types in F<sub>2</sub> generation in comparison to their parents

Произход/Растение Origin/Plant	Брой растения Number of plants	Форма клас Spike shape	ДОС LA	БОС AA	КОС SA	ЦГ CG	СО DT	ОК NF
Tm45126		НФ/NF	+	-	-	2	4	+
TS18401		КФ/CF	-	-	+	1	2	-
<b>47-1</b>	<b>3</b>	<b>КФ/CF</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>+</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>+</b>
47-1	1	КФ/CF	+	-	-	1	2	-
47-3 (фиг.3/fig. 3)	1	КФ/CF	+	-	-	1	2	-
<b>47-1</b> (фиг. 4/fig. 4)	<b>3</b>	<b>КФ/CF</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>+</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>+</b>
47-1	1	КФ/CF	-	-	+	2	3	-
47-1	2	КФ/CF	+	-	-	2	2	-
47-3	5	КФ/CF	+	-	-	2	2	-
47-1	1	КФ/CF	-	-	+	2	2	-
47-3	2	КФ/CF	-	-	+	2	3	+
47-1	4	НФ/NF	+	-	-	1	4	+
47-3	1	НФ/NF	+	-	-	1	4	+
47-1	4	НФ/NF	+	-	-	2	3	+
47-3	1	НФ/NF	+	-	-	2	3	+

Забележка: всички хибридни растения с компактна форма (КФ) имат фалшива глума, а при всички с нормална форма (НФ) тази глума липсва; ДОС - дълги осили; БОС - без осили; КОС - къси осили; ЦГ - цвят на глуми; СО - степен на оронване; ОК - изцяло озърнен клас; + признакът е на лице; - признакът липсва; 1 - бели/жълти глуми; 2 - кафяви глуми  
Note: All hybrid plants with compact spike (CF) have false glume in contrast to plants with normal form (NF); LA - long awn; AA - absent awn; SA - short awn; CG - color glumes; DT - degree of threshing; NF - normal fertility; + trait available; - trait absent; 1 - white/yellow glumes; 2 - brown glumes





Фигура 2. Степен на овършаване в сравнение със сорт Аргонавт  
 Figure 2. Degree of threshing in comparison to Argonavt variety



Фигура 3. Свободно овършаване на растение №40a-1 в сравнение с *Triticum sinskajae*  
 Figure 3. Free-threshing of plant No 40a-1 in comparison to *Triticum sinskajae*



Фигура 4. Нормална озърненост в съчетание със свободно овършаване на класа при хибрид №25-1  
 Figure 4. Normal seed-setting coupled with free-threshing spike in hybrid No 25-1

от снимковия материал на междинните типове е представен на Фигури 2, 3 и 4. Хибридите с компактна форма на класа имат и фалшива глума, но степента на овършаване е различна. Тя варира от лесна до трудна. При растенията с нормална форма липсва фалшива глума, а овършаването е трудно (оценка 3-4). От получените резултати можем да предполагаме, че формата на класа е обвързана по-силно със степента на оронване при *T. monosocum*, т.е. гените контролиращи тези признаци са разположени на близко разстояние в рамото на идентифицираната хромозома.

### Получени и отгледани хибриди от кръстоска №86

От кръстоската са получени 30 семена, като 21 са спаружени, а 9 са нормално изхранени (Табл. 6). От най-добрите семена (група Н) шест са заложили за кълнене, разсаждане и отглеждане. Растенията презимуват успешно при естествени климатични условия.

След жътвата е направена морфологична оценка за формата на класа и начина на оронване на зърната. Всички хибридни растения притежават нормална форма на класа, характерна за опрашителя ТмОББГ. Потвърждава се доминантният характер на признака, т.е. формата на класа от *Triticum monosocum* доминира над тази от *Triticum sinskajae* (Фиг. 5), както и степента на оронване (хибридните класове получават оценка 4). Резултатите от тази кръстоска са еднопосочни с тези от F<sub>1</sub> №47.

За селекцията важен признак е и височината на растенията. В нашия опит родителските форми са почти еднакви, в границите на 120-130 cm. В изследваната №47 F<sub>2</sub> популация не са установени хибриди, по-ниски от 110 cm (данните за височината не са представени). Watanabe (2017)

използва в кръстоски ниски форми лемец (50-90 cm) с нормален клас и една линия с полукомпактен клас (близка до формата на класа в TS18401) за съчетаване на важни селекционни признаци. Селекционирани от него шест линии диплоидна пшеница притежават ниско стъбло, меки глumi и ранно изкласяване, но отстъпват по добив на контролната форма *T. sinskajae* PI418587. Авторът изказва увереност за създаване на високодобивни сортове лемец (с ниско стъбло и леко овършаване) в близко бъдеще.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Покритозърнестият лемец образец 45126 и хибридите F<sub>2</sub> растения от кръстоска №47 (*T. monosocum* 45126 x *T. sinskajae* 18401), прекарват зимните условия на 2016/2017 във Варна с над 90% презимували растения. Голозърнестият лемец TS18401 се характеризира с по-голямо вариране по признака. Няма установени достоверни разлики между родителите и хибридната F<sub>2</sub> популация.

2. Всички изпитвани материали при полски условия изкласяват късно. Двата вида лемец се различават по формата на класа и степента на овършаване в зрялост. Отгледаните F<sub>1</sub> растения от кръстоска №86 по форма на класа и начин на овършаване наподобяват покритозърнестия лемец - доминират нормалната форма на съцветието и твърдите глumi. Тези резултати съвпадат с установения фенотип при кръстоска №47, където формата на класа (нормална и компактна) следва модела на монохибридно унаследяване (3:1) в F<sub>2</sub>.

3. Шест хибридни F<sub>2</sub> растения са отбрани като перспективни за бъдещи селекционни изследвания, тъй като показват пълна озърненост

**Таблица 6.** Получени F<sub>1</sub> семена и отгледани растения

**Table 6.** Obtained F<sub>1</sub> seeds and grown plants

Кръстоска	БОЦ/NFP	БПЗ/NSO	БСП/NSG	БПП/NPP	БОВЗ/NPGM
TS18401 x <i>Triticum monosocum</i> ОББГ	68	30	6	6	6

БОЦ/NFP – брой опрашени цветчета/number of flowers pollinated; БПЗ/NSO – брой получени зърна/number of seeds obtained; БСП/NSG – брой семена за покълване/number of seeds set for germination; БПП/NPP – брой разсадени растения/number of plants pricked out; БОВЗ/NPGM – брой отгледани в зрялост/number of plants grown to maturity

на класа в съчетание с висока степен на оронване.

## ЛИТЕРАТУРА

- Abdel-Aal, E. S. M., Young, J. C., Wood, P. J., Rabalski, I., Hucl, P., Falk, D., & Fregeau-Reid, J. (2002). Einkorn: A potential candidate for developing high lutein wheat. *Cereal Chemistry*, 79(3), 455-457.
- Ansari, M. J., Kumar, R., Singh, K., & Dhaliwal, H. S. (2014). Characterization and molecular mapping of a soft glume mutant in diploid wheat (*Triticum monococcum* L.). *Cereal Research Communications*, 42(2), 209-217.
- Ayala, F. J. & Kiger, J. A. Jr. (1980). *Modern Genetics*. Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc., California, USA.
- Aykroyd, W. & Doughty, J. (1970). *Wheat in human nutrition*. FAO Nutritional Studies, Rome, Italy.
- Brandolini, A., & Hidalgo, A. (2011). Einkorn (*Triticum monococcum*) flour and bread. In *Flour and breads and their fortification in health and disease prevention*. Academic Press, Elsevier: Chapter 8, 79-88.
- Borghini, B., Castagna, R., Corbellini, M., Heun, M., & Salamini, F. (1996). Breadmaking quality of einkorn wheat (*Triticum monococcum* ssp. *monococcum*). *Cereal Chemistry*, 73, 208-214.
- Daskalova, N., Doneva, S., & Spetsov, P. (2016). Development and characterization of interspecific hybrids from hulled x naked *Triticum* crosses in stressed environment. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 22(2), 262-266.
- Descriptors for Wheat (Revised)**. IBPGR Secretariat, Rome 1985 (genbank.vurv.cz/ewdb/asp/IPGRI-descr\_1985.pdf).
- Dubcovsky, J., Luo, M., & Dvorak, J. A. N. (1995). Differentiation between homoeologous chromosomes 1A of wheat and 1Am of *Triticum monococcum* and its recognition by the wheat Ph1 locus. *Proceedings of the National Academy of Sciences (USA)*, 92(14), 6645-6649.
- Filatenko, A. A., & Kurkiev, U. K. (1975). Sinskaya wheat (A New Species – *Triticum sinskajae* A.Filat. et Kurk.). *Trudy po Prikl. Botan. Genet. i Selectsii*, 54(1), 239-241.
- Golovnina, K. A., Kondratenko, E. Y., Blinov, A. G., & Goncharov, N. P. (2010). Molecular characterization of vernalization loci VRN1 in wild and cultivated wheats. *BMC Plant Biology*, 10(1), 168.
- Goncharov, N. P. (2004). Response to vernalization in wheat: its quantitative or qualitative nature. *Cereal Research Communications*, 32(3), 323-330.
- Goncharov, N. P., Kondratenko, E. J., Bannikova, S. V., Kononov, A. A., & Golovnina, K. A. (2007). Comparative genetic analysis of diploid naked wheat *Triticum sinskajae* and the progenitor *T. monococcum* accession. *Russian Journal of Genetics*, 43(11), 1248-1256.
- Harlan, J. R. (1967). A wild wheat harvest in Turkey. *Archaeology*, 20(3), 197-201.
- Hidalgo, A., Brandolini, A., Pompei, C., & Piscozzi, R. (2006). Carotenoids and tocopherols of einkorn wheat (*Triticum monococcum* ssp. *monococcum* L.). *Journal of Cereal Science*, 44(2), 182-193.
- Hidalgo, A., Brandolini, A., & Ratti, S. (2009). Influence of genetic and environmental factors on selected nutritional traits of *Triticum monococcum*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(14), 6342-6348.
- Konopatskaia, I., Vavilova, V., Blinov, A., & Goncharov, N. P. (2016, December). Spike morphology genes in wheat species (*Triticum* L.). In *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences. Section B. Natural, Exact, and Applied Sciences*. (Vol. 70, No. 6, pp. 345-355). De Gruyter Open.
- Kuspira, J., Maclagan, J., Bhambhani, R. N., Sadasiviah, R. S., & Kim, N. S. (1989). Genetic and cytogenetic analyses of the A genome of *Triticum monococcum* L. V. Inheritance and linkage relationships of genes determining the expression of 12 qualitative characters. *Genome*, 32(5), 869-881.
- Lavelli, V., Hidalgo, A., Pompei, C., & Brandolini, A. (2009). Radical scavenging activity of einkorn (*Triticum monococcum* L. subsp. *monococcum*) wholemeal flour and its relationship to soluble phenolic and lipophilic antioxidant content. *Journal of Cereal Science*, 49(2), 319-321.
- Miller, A. K., Galiba, G., & Dubcovsky, J. (2006). A cluster of 11 CBF transcription factors is located at the frost tolerance locus Fr-A m 2 in *Triticum monococcum*. *Molecular Genetics and Genomics*, 275(2), 193-203.
- Ozkan, H., Brandolini, A., Torun, A., Altintas, S., Eker, S., Kilian, B., Braun, H.J., Salamini, F. & Cakmak, I. (2007). Natural variation and identification of microelements content in seeds of einkorn wheat (*Triticum monococcum*). In *Wheat production in stressed environments* (pp. 455-462). Springer, pp. 455-462.
- Padulosi, S., Hammer, K., Heller, J. (editors) (1996). *Hulled Wheat*. Proceedings of the First International Workshop on Hulled Wheats, 21-22 July 1995, Castelvecchio Pascoli, Tuscany, Italy (Vol. 4). IPGRI.
- Pena-Chocarro, L. (1996). In situ conservation of hulled wheat species: the case of Spain. In *Hulled Wheats: Proceedings of the First International Workshop on Hulled Wheats*, July 21-22. Castelvecchio Pascoli, Tuscany, Italy, 4, 129-146.
- Shcherban, A. B., & Salina, E. A. (2017). Evolution of VRN-1 homoeologous loci in allopolyploids of *Triticum* and their diploid precursors. *BMC Plant Biology*, 17(1), 188.
- Sood, S., Kuraparthi, V., Bai, G., & Gill, B. S. (2009). The major threshability genes soft glume (*sog*) and tenacious glume (*Tg*), of diploid and polyploid wheat, trace their origin to independent mutations at non-orthologous loci. *Theoretical and Applied Genetics*, 119(2), 341-351.

- Spetsov, P.** (1998). Use of *Aegilops* species ( $2n=28$ , UUSS) to improve the resistance to powdery mildew and other economically important traits in common winter wheat. Dissertation, Dobrich.
- Suchowilska, E., Wiwart, M., Borejszo, Z., Packa, D., Kandler, W., & Krska, R.** (2009). Discriminant analysis of selected yield components and fatty acid composition of chosen *Triticum monococcum*, *Triticum dicoccum* and *Triticum spelta* accessions. *Journal of Cereal Science*, *49*(2), 310-315.
- Vallega, V.** (1992). Agronomical performance and breeding value of selected strains of diploid wheat, *Triticum monococcum*. *Euphytica*, *61*(1), 13-23.
- Watanabe, N.** (2017). Breeding opportunities for early, free-threshing and semi-dwarf *Triticum monococcum* L. *Euphytica*, *213*(8), 201.
- Zaharieva, M., & Monneveux, P.** (2014). Cultivated einkorn wheat (*Triticum monococcum* L. subsp. *monococcum*): the long life of a founder crop of agriculture. *Genetic Resources and Crop Evolution*, *61*(3), 677-706.  
[http://genbank.vurv.cz/ewdb/asp/eval\\_des.htm](http://genbank.vurv.cz/ewdb/asp/eval_des.htm)  
[http://www.plants.dir.bg/i\\_domestication.htm](http://www.plants.dir.bg/i_domestication.htm)  
<http://www.stingmeteo.com>