

Еднозърнест лимец: произход, значение и приложение в селекционните програми (обзор)

Надя Даскалова*, Росица Демирова

Технически университет - Варна, Катедра Растениевъдство

*E-mail: nadia.daskalova@abv.bg

Резюме

Обзорът включва информация за произхода, значението и приложението на културния лимец в селекционните програми на пшеница и тритикале. Разгледани са следните основни въпроси: Произход на покритозърнест и голозърнест лимец; Информация за локализация на гените, отговорни за различните морфологични и агрономически признаци в *T. monococcum* и *T. sinskajae*; Качества на лимеца; Устойчивост към биотични и абиотични фактори на средата; Приложение в селекционните програми за подобряване на пшеницата, тритикалето и ръжта. Търсят се генетични и селекционни подходи в посока към подобряване на овършаването при лимеца. Голозърнестият лимец *T. sinskajae*, известен още под името „Синская пшеница”, чийто естествен произход датира от покритозърнестия еднозърнест лимец, представлява интересен растителен източник, както за селекцията на пшеницата, така и за любителите-растениевъди и специалистите, занимаващи се с производство на хлебни изделия.

Ключови думи: еднозърнест лимец; *Triticum boeoticum*; *Triticum monococcum*; *Triticum sinskajae*; селекционни приложения

Einkorn wheat: origin, importance and application in breeding programs (a review)

Nadia Daskalova*, Rositsa Demirova

Department of Plant Production, Technical University of Varna, Bulgaria

*E-mail: nadia.daskalova@abv.bg

Abstract

Daskalova, N. & Demirova, R. (2018). Einkorn wheat: origin, importance and application in breeding programs (a review). *Rastenievadni nauki*, 55(4), 35-49 (Bg).

This review includes an information for the origin, practical importance and application of einkorn wheat in breeding programs. The following main issues are considered: Origin of hulled and naked einkorn wheats; News item on the location of genes responsible for various morphological and agronomic traits in *T. monococcum* and *T. sinskajae*; Breeding characteristics; Resistance to biotic and abiotic environmental factors; Application in improvement programs of wheat, triticale and rye. Genetic and breeding approaches are sought in the direction of better spike threshing in cultivated diploid wheat. The naked einkorn *T. sinskajae*, known yet as “Sinskaya wheat” whose native origin dated from the hulled einkorn, is an interesting plant source for wheat breeding as well as for the dilettant-growers and experts in bread-making products.

Keywords: einkorn; *Triticum boeoticum*; *Triticum monococcum*; *Triticum sinskajae*; breeding purposes

ПРОИЗХОД НА ЕДНОЗЪРНЕСТИЯ ЛИМЕЦ

Култивираният еднозърнест лимец (*Triticum monococcum* L.) е диплоиден вид ($2n=2x=14$), чийто прародител е дивата пшеница *Triticum boeoticum* Boiss. (или *baeoticum*). Зърната на двата вида имат твърда покривна люспа и са плътно разположени по оста на класа. Култивираната форма се различава от дивата по това, че семената ѝ са по-едри и класовете не са чупливи при узряване.

Културният лимец е описан и ботанически класифициран за първи път от шведския учен Карл Линей. На Фигура 1 е представена латинската номенклатура на еднозърнестия покритозърнест лимец от откриването му до на-

чалото на 60-те години на 20-ти век, посочени са и народните наименования на вида в отделни европейски страни (Padulosi et al., 1995). По литературни данни е отразена агро-ботаническата класификация на прародителя на лимеца - *Triticum boeoticum* Boiss (Фиг. 1). Друг представител на диплоидните пшеници в род *Triticum* е *Triticum urartu* (A^uA^u), който е предшественик на А генома в тетраплоидната (*Triticum turgidum*, AABB) и хексаплоидната пшеници (*Triticum aestivum*, AABBDD) (Dvořák et al., 1993; Peng et al., 2011).

Произходът на културния еднозърнест лимец е обект на дългогодишни проучвания, основаващи се както на морфологично, така и на ДНК равнище. Извадка от съвременна класификация по литературни данни е представена в Таблица 1.

***T. monococcum* L. 1753.**
 [Syn.: *T. rubescens* Vieb. 1800, *T. karamanovii* Clementi 1818, *Nudus in monococcum* Ser. 1841; *T. vulgare monococcum* Alef. 1866; *T. monococcum* b.) *aegeale* (A. et G.) Thell. 1918; *T. monococcum* subsp. *monococcum* A. et D. Löve 1961]

Народни наименования на културния лимец:
 English: einkorn, French: engrain, German: Einkorn, Hungarian: alakor, Italian: farro, Romanian: alac

***Triticum boeoticum* Boiss.**
 - *T. boeoticum* subsp. *boeoticum* (Boiss. 1853 pro sp.) Hayek et Marig. 1932, Mac Key 1966 (syn. *Critochloa aegilopoides* Link. 1834)
 - *T. boeoticum* Boiss. subsp. *boeoticum* - wild einkorn. In: Terrell et al. 1986. (subsp. *thaoudar* (Reut. ex. Bourgeau 1860 pro sp.) Grossh. 1939) (syn. *T. aponense* subsp. *thaoudar* (Reut.) Flalab. 1935.)
 - *T. boeoticum* Boiss. subsp. *thaoudar* (Reuter ex Hausskn.) Schiem. In: Terrell et al. 1986.
 Note: var. *reuteri* (Flalab.) Hammer et Szabó n. comb. cf. *basionym*: *T. thaoudar* var. *reuteri* Flalab., Kult. Fl. SSSR 1 (1935, 345).
 - *T. boeoticum* var. *thaoudar* Dorof. et al. Kult. Fl. SSSR 1 (1979, 293), nom. illeg.

Фигура 1. Ботаническа класификация на див и културен лимец (Padulosi et al., 1995)
Figure 1. Botanical classification of wild and cultivated einkorn (Padulosi et al., 1995)

Таблица 1. Извадка от класификацията на род *Triticum*
Table 1. Excerpt from the classification of genus *Triticum*

Име Name	Геном Genome	Dorofeev et al. (1979)	Kimber and Sears (1987)	Mac Key (1988)	Van Slageren (1994)	Goncharov (2002), Goncharov et al. (2009)
Див лимец Wild einkorn Hulled ¹ (Section Monococcon Dum.)	A ^b	<i>T. boeoticum</i>	<i>T. monococcum</i>	<i>T. monococcum</i> ssp. <i>boeoticum</i>	<i>T. monococcum</i> ssp. <i>aegilopoides</i>	<i>T. boeoticum</i>
Културен лимец Cultivated einkorn (Domesticate)	A ^b или A ^{b(m)}	<i>T. monococcum</i>	<i>T. monococcum</i>	<i>T. monococcum</i> ssp. <i>monococcum</i>	<i>T. monococcum</i> ssp. <i>monococcum</i>	<i>T. monococcum</i>

¹Hulled – покритозърнест, по Goncharov (2002), Goncharov et al. (2009)

Зърна от лимец са открити в разкопки, датиращи от епипалеолита в района на Близкия изток, известен като Плодородния полумесец. Смята се, че за пръв път лимецът е култивиран около 7500 г. пр. Хр. в периода на т. нар. Догрънчарски неолит А и Догрънчарски неолит Б (Zohary and Hopf, 2000). Изследваните ДНК отпечатъци водят към предположението, че лимецът първоначално е използван от хората близо до вулканичната планина Karacadag – в югоизточна Турция, където са намерени голям брой земеделски селища от споменатата епоха (Heun et al., 1997). Отглеждането на лимеца се разпростира извън пределите на Плодородния полумесец и видът достига Гърция, Кипър, Индия през 6500 г. пр. н. е., по-късно и Египет след 6000 г. пр. н. е., Германия и Испания през 5000 г. пр. н. е., като до към 3000 г. пр. н. е. пшеницата се отглежда в Англия и Скандинавия, а по-късно и в Китай (Diamond, 1997). През Бронзовата епоха използването на лимеца намалява за сметка на други култури, за да се сведе до днешното му състояние на реликва, като регионален вид в Мароко, Турция, страните от бивша Югославия и някои планински райони на Франция. Имал е значение в производството на булгур и като фураж за селскостопанските животни (Zohary and Hopf, 2000).

Не много далеч от тези места, в тракийските могили, археолозите откриват семена от еднозърнест лимец. Не случайно наред с имената „Древно жито на фараоните“, „Последна храна на Христос“, лимецът е бил известен и като „Хлябът на траките“.

Дивият лимец *Triticum boeoticum* може да се намери в Южна България и по Черноморието. В югозападните части на страната и в източните части на Родопите расте по синорите (<http://www.darlimec.com>). По-голямото ботаническо разнообразие на вида в Южна България дава основание на някои автори да правят заключение, че културният лимец в тази част на страната има по-стар произход в сравнение с Югозападна България (<https://www.agronet.bg>).

Културният лимец (*Triticum monococcum* ssp. *monococcum*) е самоопрашващо се едногодишно тревисто растение. В световните генбанки се съхраняват десетки образци на вида, като част от тях са типични зимни, а други са пролетни форми. Padulosi et al. (1995) предста-

вят 14 вариететни разновидности на *Triticum monococcum* ssp. *monococcum* (Таблица 2), отглеждани в различни части на света. Всичките се различават по морфологията на осили и глуми. Ботаническите особености на вариететите са отразени в Таблица 3. Авторите предполагат, че възможните разновидности на културния лимец са повече от 20. Скоро откритите две нови комбинации със зелени зърна, като провар. *clusii*, все още не са описани. Голямото вариране във вида се обяснява със закона за хомоложните редове на руския изследовател Николай Вавилов.

Произход на еднозърнестия голозърнест лимец (*Triticum sinskajae* A. Filat. et Kurk.)

Triticum sinskajae ($2n=2x=14$, A^bA^b) представлява особен интерес за филогенетичните изследвания в род *Triticum*, тъй като това е единственият голозърнест вид, познат сред диплоидните пшеници (Dorofeev and Korovina, 1979). Голозърнестата пшеница е неизвестна за древното земеделие (Nesbitt, 2001). Руският учен Goncharov класифицира *Triticum sinskajae* A. Filat. et Kurk. към секция *Monococcom* Dum., група Naked – Голозърнест (Goncharov, 2002; Goncharov et al., 2009). *Triticum sinskajae* е открита в образец К-20970 на *Triticum monococcum* L. при анализ на растенията (Filatenko and Kurkiev, 1975). Авторите описват *Triticum sinskajae* като самостоятелен вид, получен в резултат на естествена мутация в покритозърнестия лимец *T. monococcum*.

T. sinskajae се различава фенотипно от *T. monococcum*. Извадка в превод на „Ключ для определения видов рода *Triticum* L.“ по Goncharov (2012) е представена на Фигура 2.

Golovnina et al. (2010) анализират морфологично и генетично редица образци на видове лимец. Те определят образец PI 418587 от *T. sinskajae* като голозърнест, с компактен и нечуплив клас, PI 272516 от *T. boeoticum*, КТ3-21 и DV92 от *T. monococcum* AY170867 - като покритозърнести и чупливи в различна степен.

Goncharov et al. (2007) установяват, че компактният клас на голозърнестия лимец се контролира моногенно от рецесивен алел и по форма на класа наподобява сорт мека пшеница „tetraHatcher“ (в която липсва D геном). Според Kurkiev и Filatenko (2000) глумите на *T.*

Таблица 2. Вариететни разновидности и разпространение на културния лимец (Padulosi et al., 1995)
Table 2. Diversity of varieties and dissemination of cultivated einkorn (Padulosi et al., 1995)

Convar. (subsp.) <i>monococcum</i>	Разпространение / Dissemination
provar. <i>atriaristatum</i> Flaksb. [syn. var. <i>nigroatrum</i> Flaksb.]	Франция, България, Мала Азия
provar. <i>flavescens</i> Koern. in Koern.	Мала Азия, Балкани, Алпите, Германия, Франция, Испания, Мароко
provar. <i>hohensteinii</i> Flaksb. [syn. var. <i>tataricum</i> Kovarsk., var. <i>ratschinicum</i> Dekapr. et Menabde]	Германия, Грузия, Крим
provar. <i>hornemanni</i> (Clem.) Koern. in Koern. et Wern. 1885. [syn. <i>T. hornemanni</i> Clem., <i>T. pubescens</i> Bieb., var. <i>pubescens</i> (Bieb.) Koern., <i>T. monococcum</i> var. <i>sangesuri</i> Thum.]	Испания, Германия, Швейцария, Австрия, Балкан, Кавказ, Крим
provar. <i>macedonicum</i> Papag. 1919. [syn. <i>T. monococcum</i> var. <i>eredvianum</i> Zhuk., f. <i>punctatum</i> Stransk.]	Балкани, Мала Азия, Грузия, Крим
provar. <i>monococcum</i> [syn. var. <i>laetissimum</i> Koern.]	Мала Азия, Балкани (България, бивша Югославия), Испания, Франция, Мароко
provar. <i>nigricultum</i> Flaksb.	Мала Азия, Балкани, Италия, Германия, Крим
provar. <i>pseudoflavescens</i> Flaksb.	Германия, Испания, бивша Югославия, Мала Азия
provar. <i>pseudohornemanni</i> Dakapr. et Menabde.	Грузия, Крим, Германия
provar. <i>pseudomacedonicum</i> Flaksb. [syn.: <i>pseudoerdevianum</i> Zhuk.].	Турция, България, Крим
provar. <i>sofianum</i> Stransk.	България
provar. <i>symphaeropolitanum</i> Drosd.	Мала Азия, Балкани, Крим
provar. <i>tauricum</i> Drosd.	Мала Азия, Крим, Балкани, Италия, Испания, Мароко
provar. <i>vulgare</i> Koern.	Мала Азия, Балкани, Крим, Австрия, Германия, Франция, Испания, Закавказието

Таблица 3. Вътревидова вариабилност на *Triticum monococcum* ssp. *monococcum*

Table 3. Intraspecific variability of *Triticum monococcum* ssp. *monococcum*

Вариетет/Variety	1	2	3	4	5	6	7	8	9
var. <i>monococcum</i>	X				X		X		
var. <i>tauricum</i>	X					X	X		
var. <i>flavescens</i>		X			X		X		
var. <i>pseudoflavescens</i>		X				X	X		
var. <i>sofianum</i>				X		X	X		
var. <i>macedonicum</i>	X				X			X	
var. <i>pseudomacedonicum</i>	X					X		X	
var. <i>vulgare</i>		X			X			X	
var. <i>atriaristatum</i>		X				X		X	
var. <i>symphaeropolitanum</i>			X			X		X	
var. <i>nigricultum</i>				X		X		X	
var. <i>hohensteinii</i>	X				X				X
var. <i>hornemanni</i>		X			X				X
var. <i>pseudohornemanni</i>		X				X			X

X - наличие на определен белег; 1 - бели глumi; 2 - кафяви глumi; 3 - черни глumi, бяла основа; 4 - черни глumi, кафява основа; 5 - осилите имат същия цвят като глумите; 6 - черни осили; 7 - глumi без гланц; 8 - блестящи глumi; 9 - окосмени глumi
X - typical trait presence; 1 - white glumes; 2 - brown glumes; 3 - black glumes, white basis; 4 - black glumes, brown basis; 5 - awns of the same colour as glumes; 6 - black awns; 7 - dull glumes; 8 - shining glumes; 9 - hairy glumes

21. Клас пътен, едно или две зърна в класче, зърнът на класа е винаги стерилен.....Г.
sinskajae A. Filat. et Kurk.

24. Клас тесен, класчетата с един или два осила, членчетата на класовото вретено и класовите глуми на класчетата са силно окосмени, класчетата са чупливи, листата и листните влагалища са груби.....Г.
boeoticum Boiss.

+ Класчетата плоски, всяко от тях носи осил, членчетата на класовото вретено и основата на всяко класче са голи, или почти голи, класчетата са крехки..... Г. *monococcum* L.

Фигура 2. Превод от определител по Goncharov (2012)

Figure 2. Translation from a guide of Goncharov (2012)

sinskajae са по-дълги и по-широки от тези на *T. monococcum*.

На Таблица 4 е представена информация за гени и локуси, отговорни за морфологични и агрономични признаци при покритозърнестия (*T. monococcum*) и голозърнестия (*T. sinskajae*) лемец. Справката се основава на литературни източници.

КАЧЕСТВА НА ЛИМЕЦА

Научни изследвания доказват предимство на лемеца пред спелтата и пшеницата по отношение съдържание на фосфор, калий, витамин В2, витамин В6, витамин А, провитамин А и протеини в семената. В последните години диплоидната пшеница е обект на интерес предвид на факта, че протеините в лемеца не са фактор за проява на цьолиакия или друга подобна токсичност за човешкия организъм (Auricchio et al., 1982; Favret et al., 1987). Екип от канадски учени е направил оценка и сравнение на състава и хранителните свойства на лемеца спрямо тези на спелтата, хлебната и твърдата пшеница чрез провеждане на двугодишен прецизен полски експеримент, реализиран в пет различни района в Централен Саскачуан, Канада - Саскатун, Кернен, Елроуз, Гудъл и Уакау (Abdel-Aal et al., 1995). В своето заключение учените подчертават, че лемецът е по-хранителен и доказват превъзходството му пред останалите видове пшеница по отношение съдържанието на полезни протеини, фосфор (P), калий (K), рибофлавин (витамин В2), пиридоксин (витамин В6),

β-каротин (провитамин А) и ретинол (витамин А). Данните са представени на Таблица 5.

Подобни резултати посочват и други учени. Acquistucci et al. (1995) съобщават за 16.7% средно съдържание на протеин в зърно от лемец, а Waines (1983) установява по-високо съдържание на протеин в брашно от лемец – 18.6%.

Съществува известно недоразумение относно съдържанието на глютен в лемеца. Лемецът се понася доста по-добре от gluteno-чувствителните хора, в сравнение с всеки друг представител от рода на пшеницата. Освен това, при замесване с брашно от лемец, тестото не бухва така, както пшеничното. Дори някои производители и търговци пишат на пакета с брашно от лемец, че е „без глютен” или „с ниско съдържание на глютен”, което не е коректно.

Когато се споменават протеините в зърното от лемец, спелта, емер, ечемик, ръж, твърда и хлебна пшеница, всъщност се означават белтъците, които изграждат glutena. Той е онази лепкава мрежа от протеини, която се получава при смесване на вода и пълнозърнесто брашно, след отстраняване на триците и нишестето в ендосперма. Глутенът придава на тестото свойството да задържа въздушни мехурчета. Известно е, че в лемеца има повече протеини от съвременната пшеница. Това е и основната причина лемецовият хляб да се употребява при ядене в по-малко количество в сравнение с пшеничния хляб. От наличието на повече протеини в лемеца следва, че съдържанието на глютен в него е подобно на това в хлебната пшеница, но по-важното в случая с лемеца не е количеството на glutena, а това, че той е по-различен. Сухото брашно не

Таблица 4. Установени гени в диплоидните пшеници *T. monococcum* и *T. sinskajae*

Table 4. Genes established in diploid wheats *T. monococcum* and *T. sinskajae*

Вид еднозърнест лимец Einkorn	Генетичен символ (ген/локус) Genetic symbol	Хромозомна локация Chromosomal location	Контролирани признаци Controlled traits	Литературен източник References
<i>T. monococcum</i>	<i>Hn</i>	5A	Окосменост на възлите на стъблото	Goncharov, 2002; Goncharov, 2012
	<i>Hg</i> – моногенен контрол	1A	Окосменост на класа	Smith L., 1936; Dubcovsky et al. 1996; Jing et al. 2007; Goncharov, 2012
	<i>Bg</i> – много близко разположен спрямо <i>Hg</i>	1A	Черен цвят на класа	Goncharov, 2012
	<i>Wz'</i>	5A?	Отсъствие на восьчен налеп по вегетативните органи	Goncharov, 2012
	<i>Vrn - 1; Vrn - 2</i>	5A, 4A	Скорост на индивидуално развитие: ранозрелост	Goncharov, 2002; Goncharov, 2012
	-	5A	Окосменост на листата	Jing et al., 2007*
	-	1A	Черни осили	Jing et al., 2007*
	<i>bh^m</i>	2A ^m S	Разклонени класове	Amagai et al., 2013
<i>Ba</i>	4A ^m	Син цвят на алейроновия слой	Singh et al., 2007	
<i>T. sinskajae</i>	<i>sog</i> (soft glume gene – ген за меки глуми)	2A ^m S	Компактен клас и ронливост	Taenzler et al., 2002; Sood et al., 2009
	<i>awn^s</i> (awnless - безосилестост)	2A ^m S	Осилестост срещу безосилестост	Goncharov et al., 2007
	<i>fg</i> или <i>fg</i> (много близо - на 1.6 cM от <i>sog</i>)	2A ^m S	Поява на лъжлива вътрешна цветна плевица	
Полиморфно обусловени признаци в <i>T. monococcum</i> (Jing et al., 2007*):				
<i>Признак</i>		<i>Хромозомна локация на гени</i>		
Височина на растенията (cm)		3A, 4A, 5A, 6A		
Дължина на класовата дръжка (cm)		1A, 3A, 6A, 7A		
Тегло на зърното (mg)		1A, 3A, 4A		
Дължина на зърното (mm)		1A, 4A, 5A		
Диаметър на зърното (mm)		1A, 4A, 5A		
Влажност на зърното (%)		2A, 3A, 6A		
Брой класове в растение		3A, ?		
Дължина на класа (cm)		1A, 2A, 4A, 5A, 7A		
Резервен протеин в зърна		2A, 6A		
Твърдост на зърното		1A, 2A, 3A, 5A, 6A, 7A		
Солев стрес при покълване		2A, 3A, 4A, 5A		

* Jing et al. (2007) използват *SSR* маркери за откриване на гени в отделни хромозоми на 30 образца с различен произход, от различни сортове на *Triticum monococcum* ssp. *monococcum*

* Jing et al. (2007) use *SSR* markers to detect genes in separate chromosomes of 30 accessions of different origin, from different varieties of *Triticum monococcum* ssp. *monococcum*

Таблица 5. Хранителни предимства на лимеца
Table 5. Nutritional benefits of the einkorn wheat

Минерали, витамини, мастноразтворими витамини в 100 g Minerals, vitamins (mg/100 g) and fat-soluble vitamins (IU/100 g)	Лимец Einkorn	Спелта Spelt	Обикновена пшеница <i>T. aestivum</i> , variety Katepwa	
Фосфор Phosphorus	415	350-370	360	
Калий Potassium	390	375	305	
Рибофлавин (витамин В2) Riboflavin	0.45	0.14-0.17	0.55*	
Пиридоксин (витамин В6) Pyridoxine	0.49	0.35-0.42	0.36	
β-каротин (провитамин А) β-carotene	914	286-782	408	
Ретинол (витамин А) ¹ Retinol equivalent ¹	93.8	30.7-80.9	42.6	
Протеинов състав Protein compositions	Einkorn	Spelt	Katepwa	<i>T. durum</i>
Протеин в брашното Flour protein	14.6	13.2-14.2	13.4	12.7
ДМГ Wet gluten yield	25.9	39.2-42.7*	35*	34.8*
Сух глютен Dry gluten yield	9.7	12.8-14*	12.3*	12*
Глиадин (% от общия протеин в брашното) Gliadin (% of total flour protein)	51.3	33.1-41.9	41.3	34.9
Глутенин (% от общия протеин в брашното) Glutenin (% of total flour protein)	26.5	34.6-42.8*	38.3*	41.4*
Глиадин към глутенин (съотношение) G/G ratio	1.94	0.79-1.04	1.08	0.84

*превъзходство спрямо лимец; ¹ ретинолен еквивалент = 3.33 IU витамин А или 10 IU, β-каротин

*superiority in relation to einkorn; ¹ retinol equivalent = 3.33 IU vitamin A or 10 IU, β-carotene

съдържа глютен, а белтъчни съединения (глутенини и глиадини). Само след добавяне на вода се получава глютен.

Глутенините от своя страна се класифицират като протеини с високомолекулна и нискомолекулна маса. Счита се, че брашната от съвременните сортове пшеница са с добро качество и са подходящи за хлебопроизводство, когато имат високо съдържание на протеини с висока молекулна маса, което влияе благоприятно на времето за месене, еластичността на тестото и др. Лимецът има достатъчно глютен за изпичане на хляб, но в него липсват няколко протеина с висока молекулна маса и това рефлектира в не-

говото качество (силна лепкавост и намалена еластичност). Поради това точно този „недостатък“ на лимеца, а именно липсата на част от белтъците на двете основни групи глутенообразуващи протеини, го прави поносим от много хора с чувствителност към пшеничния глютен (<https://www.soletitbe.companny>).

Lachman et al. (2011) установяват по-високо съдържание както на селен (Se), така и на антиоксиданти в семената на еднозърнестия лимец (Se 50.0-54.8 µg/kg DM и антиоксиданти 507-612 mg/kg DM), в сравнение с резултатите за сортовете обикновена пшеница (Se 29.8 - 39.9 µg/kg DM и антиоксиданти 502-601 mg/kg DM).

УСТОЙЧИВОСТ НА *T. MONOCOCCUM* КЪМ БИОТИЧНИ И АБИОТИЧНИ ФАКТОРИ

Имунитетът на този вид растение към повечето гъбни заболявания е обявен за първи път от Biffen (1907), който препоръчва използването му за създаване на нови културни сортове пшеница с подобрена устойчивост. Zhukovsky (1964) също отбелязва устойчивост в популациите на *Zanduri* от Грузия. Vavilov (1957) характеризира лимеца като “акумулатор на комплекс от имунитети”.

Soshnikova (1990) счита вида за ценен източник на устойчивост към стъблена ръжда (*Puccinia graminis* Pers sp. *tritici* Eriks et E. Henn (Pgt)). Открити са няколко гена за устойчивост на този патоген. Генът *Sr21* е идентифициран в *T. monococcum* subsp. *monococcum* - образец CI2433 (= PI10474). Той е използван като патотипен разграничител, картиран в хромозома 2AL, на разстояние 2 сМ от центромерата (Dorofeev et al., 1979). Два други гена, *Sr22* и *Sr35*, са локализиращи в хромозоми 7AL и 3AL. Генът *Sr22* е идентифициран в *T. monococcum* subsp. *aegilopoides*, образец G-21 (Gerechter-Amitai et al., 1971) и *T. monococcum* subsp. *monococcum*, образец RL5244 (Kerber & Dyck, 1973). Авторите откриват *Sr22*, разположен в дългото рамо на 7A хромозома и установяват, че заема относително голям сегмент от нея. Този ген наскоро е прехвърлен в нови вторични рекомбинантни хексаплоидни линии (Olson et al., 2010). Генът за устойчивост на стъблената ръжда *Sr35*, първо е бил причислен за място в дългото рамо на хромозома 3A (McIntosh et al., 1984), а по-късно е картиран на разстояние 41.5 сМ от центромерата и 1 сМ от гена за червен цвят на зърното *R2* (Jin et al., 2007). Както *Sr22*, така и *Sr35*, осигуряват ефективна устойчивост на вирулентната африканска раса ТТКСК, известна още като Ug99. Неотдавна скрининг на образци лимец, извършен от Rouse и Jin (2011) води до идентифицирането на други гени, допринасящи също за устойчивост към раса ТТКСК.

Диплоидните пшеници като цяло имат висока степен на устойчивост към листна ръжда - *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* (Jacobs et al., 1996; Bai et al., 1998). Установена е по-висока устойчивост по листата към ръжда при *T. monococcum*

subsp. *monococcum* в сравнение с *T. urartu* и *T. monococcum* subsp. *aegilopoides* (Anker and Niks, 2001). Пролетният образец лимец PU 14087 поддържа високи нива на устойчивост към редица заболявания при пшеницата, включително листна ръжда в Пенджаб (Индия) през годините (Dhaliwal et al., 2003). Mihova (1988) счита, че лимецът е най-устойчив на жълта ръжда (*Puccinia striiformis* f.sp. *tritici*) от диплоидните видове в род *Triticum*. Успешно са прехвърлени над 19 гена за устойчивост към брашнеста мана в 21 пшенични линии, получени с участието на покритозърнестия лимец (Shi et al., 1998).

Лимецът е също така ценен източник на устойчивост към *Septoria tritici* (Jing et al., 2008), *Septoria avenae* (Yu and Sun, 1995) и *Septoria nodorum* (Ma and Hughes, 1993). Устойчивостта му към обикновената главня - *Tilletia levis* = *Tilletia foetida*, Kühn (1873) и *Tilletia caries* (DC.) = *Tilletia tritici* (Bjerk.) G. Winter (1875) е съобщена за първи път от Wollman и Humphrey през 1924 г. (по Dorofeev et al., 1987). Konvalina et al. (2011) докладват за високо ниво на устойчивост към *Fusarium culmorum* (Wm.G.Sm.) Sacc. (1892). Нова устойчивост на базично гниене - *Pseudocercospora herpotrichoides* (Fron) (Deighton (teleomorph = *Tapesia yallundae* Wallwork et Spooner) е идентифицирана в лимеца, която е по-ефективна от тази, контролирана от гените *Pch1* и *Pch2*, предварително определени в хексаплоидната пшеница (Cadle et al., 1997). Източници на устойчивост към гниене по класовете *Fusarium graminearum* Schwabe (teleomorph *Gibberella zeae* (Schweinitz) Petch) също са намерени в лимеца (Saur, 1991). Гени за устойчивост към шам *M-PAV* на жълто ечемичено вджуджаване *Barley yellow dwarf virus* (BYDV) са открити във всички диплоидни пшеници (Goletti et al., 1990).

Singh et al. (2010) установяват в пролетна форма *T. monococcum* subsp. *monococcum*, образец №14087 устойчивост на цистообразуващи нематоди *CCN* (*Heterodera avenae* Wollenweber). Sheedy et al. (2012) оценяват лимеца за устойчивост към коренови нематоди (*Pratylenchus thornei* Sher et Allen.) и докладват, че 10 от 23 тествани образца са устойчиви. Имунитетът на лимеца към хесенска муха (*Mayetiola destructor* Say.) е съобщена за първи път от Dorofeev et al. (1979). Потенциалният интерес към лимеца като източник на устойчивост към хесенска муха е

потвърден от Bouhssini et al. (1997). Според Di Pietro et al. (1998) съществува значителен интерес към използването на диплоидни видове от род *Triticum* като източници за устойчивост на листни въшки. Sotherton и Emden (1982) сравняват различни видове пшеница за устойчивост към *Sitobion avenae* Fabricius и *Metopolophium dirhodum* Walker и правят извода, че лимецът е най-устойчив към листни въшки. Migui и Lamb (2003) анализират четири образца лимец, показващи нива на толерантност към *Sitobion avenae*, най-малко с 30% по-високи от тези на комерсиалните сортове пшеница. Устойчивостта на лимеца към руската пшеничена листна въшка (*Diuraphis noxia* Kurdjumov) е доказана от Potgieter et al. (1991).

Недостатъчна е информацията за толерантността на лимеца към абиотичен стрес. Gorham et al. (1991) съобщават за слаба толерантност към солеността и малка разлика в концентрациите на Na^+ в листата между различни образци при хидропонични условия. Shavrukov et al. (2009) докладват за много по-голяма варибилност, която може да се дължи на широката географски произход на образците. Два основни гена за изключване на Na^+ - *Nax1* и *Nax2*, са идентифицирани в лимец образец С68-101 от James et al. (2006). *Nax1*, който отстранява Na^+ от ксилема в корените и долните части на листата, е локализиран в хромозома 2AL (Lindsay et al., 2004) и отговаря за синтеза на Na^+ -транспортера НКТ1 (Huang et al., 2006). *Nax2*, отстраняващ Na^+ от ксилема само в корените, е описан като хомоложен ген на *Knal* в хлебната пшеница и е картиран в хромозома 5AL (James et al., 2006; Byrt et al., 2007). Както *Nax1*, така и *Nax2* допринасят за ниските концентрации на Na^+ в листата, което подобрява толерантността към засоляване. Поради това може да се предположи, че някои образци лимец са ефективни Na^+ -изключватели. Неотдавна е открит локус в лимеца, чийто гени оперират за толерантност към измръзване – *FrA^m2* и са картирани в хромозома 5A^m. Предполага се, че това е QTL (локус с гени, кодиращи количествени признаци) определящ нивото на транскрипция на студорегулиращия ген *COR14b* (Miller et al., 2006). Нова GSK-3-подобна киназа, отговорна за синтеза на комплементарна ДНК в млади растения на лимец и наречена TmGSK1, е положителен ре-

гулатор, който често участва в толерантността към засоляване и механично увреждане, а също и в регулацията на хормона АВА, с отношение към толерантността на студ и суша (Xian-Guang et al., 2011).

ЦЕЛИ И НАСОКИ В СЕЛЕКЦИЯТА НА КУЛТУРНИЯ ЛИМЕЦ

Видът *Triticum monococcum* има следните недостатъци: ниска продуктивност от единица площ, трудно овършаване на класа и високо стъбло. Съществуват хибридизационни бариери, които водят до ембрионален аборт и дегенерация на ендосперма, което затруднява директното предаване на полезни гени от лимеца в културната пшеница (Bhagyalakshmi et al., 2008). Според Baum and Bailey (2004) лимецът е донор на генома A^m в еволюционния процес само за вида *Triticum zhukovskiyi* (2n=42, A^mA^mAAGG).

Видът *Triticum sinskajae* има следните недостатъци за селекцията: ниска зимоустойчивост, високо стъбло, дълъг вегетационен период, стерилност на класчетата в горната третина на класа.

Приложението на лимеца в селекцията за почва често със създаване на амфиплоиди с участието на културните пшеници. Създадени са следните амфиплоиди и линии пшеница с прехвърлени гени за устойчивост към патогени, неприятели и други:

- амфиплоиди, получени от кръстосване на твърда пшеница и лимец – показват устойчивост към обикновена главня – Krivchenko (по Dorofeev et al., 1979);

- амфиплоиди, създадени с участието на персийска пшеница (*Triticum turgidum* L. subsp. *carthlicum* (Nevski) A. Loeve и D. Loève) и лимец – показват устойчивост към обикновена главня – Krivchenko (по Dorofeev et al., 1979);

- прехвърлени гени (*Sr21*, *Sr22* и *Sr35*) за устойчивост към стъблена ръжда от *T. monococcum* subsp. *monococcum* в хлебна пшеница (Kerber and Dyck, 1973; McIntosh et al., 1984; Olson et al., 2010);

- прехвърлени гени за устойчивост към листна ръжда от *T. monococcum* subsp. *monococcum* в хлебната пшеница (Hussien et al., 1997; Kaur et al., 2008). Изогенната линия „Thatcher“ RL6137,

получена от *T. monococcum* subsp. *monococcum* образец TMR5-J14-12-24, се характеризира с устойчивост към листна ръжда (Valkoun et al., 1986; Dyck & Bartoš, 1994). В пшеница WL711 са прехвърлени два гена за устойчивост на листна ръжда и един ген за устойчивост на жълта ръжда (Singh et al., 2007). В обикновената пшеница PBW343 е интродуциран един ген за устойчивост на листна ръжда (Singh et al., 2007);

- от лимец в хексаплоидна пшеница успешно са прехвърлени гени за устойчивост на индийска главня и руска листна въшка (Multani et al., 1988; Potgieter et al., 1991);

- хексаплоидна линия Tm27d2, с произход от кръстоска на лимец, проявява устойчивост към брашнеста мана (Schmolke et al., 2012);

- от лимец в културна пшеница, с използване на твърда пшеница (сорт PBW114) като мост в кръстоска, е прехвърлен ген (Qcrpau-1A) за устойчивост към цистообразуващи нематоди (Singh et al., 2010);

- Sodikiewicz и Strzembicka (2004) правят оценка на устойчивостта към четири патотипа на листна ръжда в 44 линии тритикале. Линиите тритикале са кръстоска между LT 522/6 (хексаплоидно тритикале) и синтетичен алотетраплоид *T. monococcum/Secale cereale* (A^mA^mRR). Четири от линиите показват устойчивост в млада фаза на всички патотипове, а други генотипове проявяват имунитет във възрастна фаза.

- създаден е амфилоид (BBAAAA), устойчив към недостиг на Zn, получен между *Triticum turgidum* сорт KU147 и *Triticum monococcum* (Cakmak et al., 1999). Липсата на Zn води до намаляване продукцията на сухото вещество в растенията. Прехвърлянето на генома A от *Triticum monococcum* в *Triticum turgidum* значително подобрява растежа на корена в условията на Zn-дефицит.

- видът *T. monococcum* е добър модел за подпомагане клонирането на гени от хексаплоидна пшеница и за изследване на тяхната функция (Stein et al., 2000; Feuillet et al., 2003; Yan et al., 2003; Yahiaoui et al., 2004; Uauy et al., 2006).

Работи се в различни направления с лимеца, като се ползват съвременни молекулярни методи за диагностика (микросателитно генотипиране, NBS-нуклеотидно профилиране, приложение на SSR-маркери и др.).

Подобряване на хлебопекарните и други качествени показатели на пшеницата и тритикале

T. monococcum се използва за подобряване на различни признаци в полиплоидните видове пшеница (Valkoun, 2001). Например, качеството на хляба се изменя в положителна посока чрез интрогресия на гени, кодиращи глютенови субединици с висока молекулна маса (HMW) (Rogers et al., 1997; Tranquilli et al., 2002a). Включването на допълнителни копия на Pina-A^{m1} и Pinb-A^{m1} от лимец в рекомбинантна линия, получена чрез заместване на хромозома 5A в Китайска пролетна от хромозома 5A^m, води до значително по-меки зърна, отколкото тези от контролата. Меките зърна подобряват качеството на продуктите при производство на бисквити и кейкове (Tranquilli et al., 2002b; See et al., 2004).

Li et al. (2015) проучват 197 образца на *T. monococcum* чрез PCR амплификация при анализ на ДНК за наличие на алели за ВМГ - *Glu-A1^m*. Авторите откриват 8 алела *Glu-A1^mx*, като 5 са нови и различни от тези в хлебната пшеница: *Glu-A1^m-b*, *Glu-A1^m-c*, *Glu-A1^m-d*, *Glu-A1^m-g* и *Glu-A1^m-h*. Разнообразието е много по-високо спрямо това в полиплоидната пшеница. В сравнение с *1Ax1* и *1Ax2**, тези алели съдържат три делеции, както и други промени в генетичния полиморфизъм, които влияят върху еластичността на пшеничното брашно. Откритите вариации в *T. monococcum* биха се използвали като нови ресурси за по-нататъшното подобряване качеството на пшеницата.

Прехвърлянето на полезни гени от лимец в тритикале е постигнато чрез директни кръстоски или чрез използване на ръжта (*Secale cereale* L.) като свързващ мост (Neumann et al., 1985). Salmanowicz et al. (2013) анализират три различни интрогресивни хексаплоидни линии тритикале, получени с участие на *Triticum monococcum* ssp. *monococcum*. Чрез геномна *in situ* хибридизация (GISH) и флуоресцентна *in situ* хибридизация (FISH) потвърждават замяната на хромозома 1D с 1A от лимеца в тези линии. Семена на линиите от F₇ и F₈ генерации са изследвани за реологични и физикохимични характеристики. Заместването на хромозома 1D показва, че във всички интрогресивни линии тритикале съдържанието на протеин и глютен, утаяването на тестото и капацитетът на абсорбция на вода са увеличени. Реологичните параметри, оценени с

помощта на системите за разтегляне на тестото на микрофаринограф, реомиксер и Kieffer, също показват значително повишени стойности за месене на тестото, максимална устойчивост на удължаване (Rmax) и разширяемост на тестото.

ЦЕЛЕНАСОЧЕНИ КРЪСТОСКИ МЕЖДУ *T. MONOCOCCUM* SUBSP. *MONOCOCCUM* И *TRITICUM* *SINSKAJAE*

T. monococcum и *T. sinskajae* се кръстосват и дават фертилни потомства, което прави възможно изследването на генетичния контрол на различни признаци в *T. sinskajae* (Kurkiev and Filatenko, 2000). Наследяването при *T. sinskajae* е проучвано от различни автори (Taenzler et al., 2002), предимно за голозърнестия признак на класовете (Kurkiev and Filatenko, 2000) и ролята на глумите (Kuspira et al., 1989). Авторите идентифицират няколко вида специфични гени от *T. sinskajae*, локализирани в хромозома 5A.

Goncharov et al. (2007) изследват глиадиновите електрофоретични модели на *T. sinskajae* и *T. monococcum* образец К-20970 (линии 1-8, 10-17), в чиято популация голозърнестият лимец бе открит. Анализирани са морфологичните и биохимичните разлики между тях, както и генетичния контрол на отделни признаци. Установен е полиморфизъм в *Triticum monococcum* К-20970 по отношение на ω -, γ - и β -глиадини, с изключение на α -протеините. Ясни различия се наблюдават в бавната 6-фосфоглюконат дехидрогеназа, която е характерна за голозърнестия лимец и хлебната пшеница. *T. sinskajae* се различава от *T. monococcum* К-20970 с отсъствието на два допълнителни компонента в зоната на γ -глиадините. Изпитване на зърна от различни растения показва, че глиадините се обуславят полиморфно в линиите на *T. monococcum* К-20970, докато в лимеца има липса на белтъци в зоните на ω - и β -глиадиновия спектър. Анализът на изоензими не разкрива специфични разлики между *T. sinskajae* и *T. monococcum* в осем от изследваните девет изоензимни системи.

Идентификацията на гените, отговорни за различните морфологични и качествени характеристики при двата вида еднозърнест лимец, са от съществено значение за селекцията.

Двата вида са морфологично различни, но имат сходни биохимични характеристики. Кръстоските между тези видове са интересни за подобряване на овършаването, но със запазване на фертилността и зимоустойчивостта, присъщи на покритозърнестия лимец. Други интереси са обвързани с интродукция на ценни гени в пшеницата и тритикалето по отношение на толерантността към абиотичен и биотичен стрес.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Triticum monococcum се явява ценна генетична плазма за използване в селекцията на пшеница, тритикале и ръж. Високият полиморфизъм на признаците, както на морфологично, така и на ДНК равнище, предоставя възможности за трансфер на гени в близкородствените му зърнени култури за повишаване на толерантността към стресови фактори и подобряване на белтъчния състав в семената. Търсят се генетични и селекционни подходи в посока към подобряване на овършаването при лимеца за по-мощно отглеждане и увеличени потребителски ползи относно здравословното хранене. Голозърнестият лимец *T. sinskajae*, известен още под името „Синская пшеница”, чийто естествен произход датира от покритозърнестия еднозърнест лимец, представлява допълнителен генетичен източник в селекционните програми на културната пшеница.

ЛИТЕРАТУРА

- Abdel-All, E. S. M., Hucl, P., & Sosulski, F. W. (1995). Compositional and nutritional characteristics of spring einkorn and spelt wheats. *Cereal Chemistry*, 72(6), 621-624.
- Acquistucci, R., D'egidio, M. G., & Vallega, V. (1995). Amino acid composition of selected strains of diploid wheat, *Triticum monococcum* L. *Cereal Chemistry*, 72, 213.
- Amagai, Y., Martinek, P., Watanabe, N., & Kuboyama, T. (2014). Microsatellite mapping of genes for branched spike and soft glumes in *Triticum monococcum* L. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 61(2), 465-471.
- Anker, C. C., & Niks, R. E. (2001). Prehaustorial resistance to the wheat leaf rust fungus, *Puccinia triticina*, in *Triticum monococcum* (ss). *Euphytica*, 117(3), 209-215.
- Auricchio, S., De Ritis, G., De Vincenzi, M., Occorsio, P., & Silano, V. (1982). Effects of gliadin-derived pep-

- tides from bread and durum wheats on small intestine cultures from rat fetus and coeliac children. *Pediatric Research*, 16(12), 1004.
- Bai, D., Knott, D. R., & Zale, J. M.** (1998). The inheritance of leaf and stem rust resistance in *Triticum monococcum* L. *Canadian Journal of Plant Science*, 78(2), 223-226.
- Baum, B. R., & Bailey, L. G.** (2004). The origin of the A genome donor of wheats (*Triticum*: Poaceae)—a perspective based on the sequence variation of the 5S DNA gene units. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 51(2), 183-196.
- Bhagyalakshmi, K., Vinod, K. K., Kumar, M., Arumugachamy, S., Joseph, A., & Raveendran, T. S.** (2012). Interspecific hybrids from wild x cultivated *Triticum* crosses - a study on the cytological behaviour and molecular relations. *Journal of Crop Science and Biotechnology*, 11(4), 257-262.
- Biffen, R. H.** (1907). Studies in the inheritance of disease-resistance. *The Journal of Agricultural Science*, 2(2), 109-128.
- Bouhssini, M. E., Benhabib, O., Bentika, A., Sharma, H. C., & Lahloui, S.** (1997). Sources of resistance in *Triticum* and *Aegilops* species to Hessian fly (Diptera: Cecidomyiidae) in Morocco. *Arab Journal of Plant Protection*, 15, 126-128.
- Byrt, C. S., Platten, J. D., Spielmeier, W., James, R. A., Lagudah, E. S., Dennis, E. S., Tester, M., & Munns, R.** (2007). HKT1; 5-like cation transporters linked to Na⁺ exclusion loci in wheat, Nax2 and Kna1. *Plant Physiology*, 143(4), 1918-1928.
- Cadle, M. M., Murray, T. D., & Jones, S. S.** (1997). Identification of resistance to *Pseudocercospora herpotrichoides* in *Triticum monococcum*. *Plant Disease*, 81(10), 1181-1186.
- Cakmak, I., Cakmak, O., Eker, S., Ozdemir, A., Watanabe, N., & Braun, H. J.** (1999). Expression of high zinc efficiency of *Aegilops tauschii* and *Triticum monococcum* in synthetic hexaploid wheats. *Plant and Soil*, 215(2), 203-209.
- Dhaliwal, H. S., Chhuneja, P., Singh, I., Ghai, M., Goel, R. K., Garg, M., Keller, B., Roder, M., & Singh, K.** (2003, September). *Triticum monococcum* - a novel source for transfer and exploitation of disease resistance in wheat. In *Proceedings of the 10th international wheat genetics symposium, Paestum, Italy* (pp. 346-349).
- Diamond, J. M.** (1997). *Guns, germs and steel: a short history of everybody for the last 13,000 years*. Viking UK Random House.
- Di Pietro, J. P., Caillaud, C. M., Chaubet, B., Pierre, J. S., & Trottet, M.** (1998). Variation in resistance to the grain aphid, *Sitobion avenae* (Sternorhynca: Aphididae), among diploid wheat genotypes: multivariate analysis of agronomic data. *Plant Breeding*, 117(5), 407-412.
- Dorofeev, V. F. & Korovina, O. N.** (eds.) (1979). *Kul'turnaja flora SSSR. I. Pšenica*. Kolos, Leningrad, 346 pp. (Ru).
- Dorofeev, V., Filatenko, A., Migushova, E., Udaczin, R. & Jakubziner, M.** (1979). *Wheat*. Vol. 1. In: Flora of Cultivated Plants (Dorofeev, V. F., Korovina, O. N., eds.). Kolos, Leningrad, 346 (Ru).
- Dorofeev, V., Udachin, R., Semenova, L., Novikova, M., Grazhdaninova, O., Shitova, I., Merezko, A. & Filatenko, A.** (1987). *World wheat*. Agropromizdat, Leningrad (Ru).
- Dvořák, J., Terlizzi, P. D., Zhang, H. B., & Resta, P.** (1993). The evolution of polyploid wheats: identification of the A genome donor species. *Genome*, 36(1), 21-31.
- Dubcovsky, J., Luo, M. C., Zhong, G. Y., Bransteitter, R., Desai, A., Kilian, A., Kleinhofs, A. & Dvořák, J.** (1996). Genetic map of diploid wheat, *Triticum monococcum* L., and its comparison with maps of *Hordeum vulgare* L. *Genetics*, 143(2), 983-999.
- Dyck, P. L., & Bartoš, P.** (1994). Attempted transfer of leaf rust resistance from *Triticum monococcum* and durum wheat to hexaploid wheat. *Canadian Journal of Plant Science*, 74(4), 733-736.
- Favret, E. A., Cervetto, J. L., Solari, R. M., Bolondi, A., Manghers, L. E., Boffi, A., & Ortiz, J. P.** (1987). Comparative effect of diploid, tetraploid and hexaploid wheat on the small intestine of coeliac patients. In *Proc Eight Meeting Latin-American Soc Pediatr Gastroenterology and Nutrition, San Paolo, Brazil (in Spanish)*.
- Feuillet, C., Travella, S., Stein, N., Albar, L., Nublát, A., & Keller, B.** (2003). Map-based isolation of the leaf rust disease resistance gene Lr10 from the hexaploid wheat (*Triticum aestivum* L.) genome. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100(25), 15253-15258.
- Filatenko, A. A., & Kurkiev, U. K.** (1975). Pshenitsa sinskoi (novyi vid *Triticum sinskajae* A. Filat. et Kurk.). (Sinskaja's wheat). *Trudy Prikl. Bot. Genet. Selekc*, 54(1), 239-241 (Ru).
- Gerechter-Amitai, Z. K., Wahl, I., Vardi, A., & Zohary, D.** (1971). Transfer of stem rust seedling resistance from wild diploid einkorn to tetraploid durum wheat by means of a triploid hybrid bridge. *Euphytica*, 20(2), 281-285.
- Goletti, T., Loi, N., Pace, C. D., Osler, R., Porceddu, E., & Scarascia, M.** (1990). Comparison of techniques for diagnosing barley yellow dwarf virus (BYDV) in *Triticinae* for identification of sources of genetic resistance. *Rivista di Agricoltura Subtropicale e Tropicale*, 84(3), 367-375.
- 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.** (2002). *Comparative genetics of wheats and their related species*. Siberian Univ. Press, Novosibirsk (In Russian with English Summary).
- Goncharov, N.** (2012). *Comparative genetics of wheats and their related species*. Novosibirsk Academic Publishing House "GEO", 523 pp.
- Goncharov, N. P., Golovnina, K. A., & Kondratenko, E. Y.** (2009). Taxonomy and molecular phylogeny of natural and artificial wheat species. *Breeding Science*, 59(5), 492-498.

- Goncharov, N. P., Kondratenko, E. J., Bannikova, S. V., Kononov, A. A., & Golovkina, 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.
- Gorham, J., Bristol, A., Young, E. M., & Jones, R. W.** (1991). The presence of the enhanced K/Na discrimination trait in diploid *Triticum* species. *Theoretical and Applied Genetics*, 82(6), 729-236.
- Heun, M., Schäfer-Pregl, R., Klawan, D., Castagna, R., Accerbi, M., Borghi, B., & Salamini, F.** (1997). Site of einkorn wheat domestication identified by DNA fingerprinting. *Science*, 278(5341), 1312-1314.
- Huang, S., Spielmeier, W., Lagudah, E. S., James, R. A., Platten, J. D., Dennis, E. S., & Munns, R.** (2006). A sodium transporter (HKT7) is a candidate for Nax1, a gene for salt tolerance in durum wheat. *Plant Physiology*, 142(4), 1718-1727.
- Hussien, T., Bowden, R. L., Gill, B. S., Cox, T. S., & Marshall, D. S.** (1997). Performance of four new leaf rust resistance genes transferred to common wheat from *Aegilops tauschii* and *Triticum monococcum*. *Plant Disease*, 81(6), 582-586.
- Jacobs, A. S., Pretorius, Z. A., Kloppers, F. J., & Cox, T. S.** (1996). Mechanisms associated with wheat leaf rust resistance derived from *Triticum monococcum*. *Phytopathology*, 86(6), 588-595.
- James, R. A., Davenport, R. J., & Munns, R.** (2006). Physiological characterization of two genes for Na⁺ exclusion in durum wheat, Nax1 and Nax2. *Plant Physiology*, 142(4), 1537-1547.
- Jing, H. C., Lovell, D., Gutteridge, R., Jenk, D., Korniyukhin, D., Mitrofanova, O. P., ... & Hammond-Kosack, K. E.** (2008). Phenotypic and genetic analysis of the *Triticum monococcum*-*Mycosphaerella graminicola* interaction. *New Phytologist*, 179(4), 1121-1132.
- Jing, H. C., Korniyukhin, D., Kanyuka, K., Orford, S., Zlatska, A., Mitrofanova, O. P., Koebner, R. & Hammond-Kosack, K.** (2007). Identification of variation in adaptively important traits and genome-wide analysis of trait-marker associations in *Triticum monococcum*. *Journal of experimental botany*, 58(13), 3749-3764.
- Jin, Y., Singh, R. P., Ward, R. W., Wanyera, R., Kinyua, M., Njau, P., Pretorius, Z. & Yahyaoui, A.** (2007). Characterization of seedling infection types and adult plant infection responses of monogenic Sr gene lines to race TTKS of *Puccinia graminis* f. sp. tritici. *Plant Disease*, 91(9), 1096-1099.
- Kaur, S., Chhuneja, P., Dhaliwal, H. S., & Singh, K.** (2008). Transfer of a new leaf rust resistance genes from diploid *T. monococcum* and *T. boeoticum* to *T. aestivum*. In: The 11th international wheat genetics symposium proceedings, Sydney University Press.
- Kerber, E. R., & Dyck, P. L.** (1973). Inheritance of stem rust resistance transferred from diploid wheat (*Triticum monococcum*) to tetraploid and hexaploid wheat and chromosome location of the gene involved. *Canadian Journal of Genetics and Cytology*, 15(3), 397-409.
- Konvalina, P., Capouchova, I., Stehno, Z., & Moudry, J.** (2011). *Fusarium* identification by PCR and DON content in grain of ancient wheat. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 9(3-4), 321-325.
- Kurkiev, U. K., & Filatenko, A. A.** (2000). New forms of Sinskaya wheat (*Triticum sinskajae*) with easy threshing and short-stem genes. *Russian Agricultural Sciences*, (8), 1-6.
- 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.
- Lachman, J., Miholová, D., Pivec, V., Jirů, K., & Janovská, D.** (2011). Content of phenolic antioxidants and selenium in grain of einkorn (*Triticum monococcum*), emmer (*Triticum dicoccum*) and spring wheat (*Triticum aestivum*) varieties. *Plant, Soil and Environment*, 57(5), 235-243.
- Li, H. Y., Li, Z. L., Zeng, X. X., Zhao, L. B., Chen, G., Kou, C. L., Ning, S., Yuan, Z., Zheng, Y., Liu, D. & Zhang, L. Q.** (2016). Molecular characterization of different *Triticum monococcum* ssp. *monococcum* Glu-A1 mx alleles. *Cereal Research Communications*, 44(3), 444-452.
- Lindsay, M. P., Lagudah, E. S., Hare, R. A., & Munns, R.** (2004). A locus for sodium exclusion (Nax1), a trait for salt tolerance, mapped in durum wheat. *Functional Plant Biology*, 31(11), 1105-1114.
- Ma, H., & Hughes, G. R.** (1993). Resistance to *Septoria nodorum* blotch in several *Triticum* species. *Euphytica*, 70(1-2), 151-157.
- Mac Key, J.** (1988). A plant breeder's aspect on taxonomy of cultivated plants. *Biologisches Zentralblatt Band.*, 107, 369-379.
- McIntosh, R. A., Dyck, P. L., Cusick, J., & Milne, D. L.** (1984). Cytogenetical studies in wheat XIII. Sr35, a third gene from *Triticum monococcum* for resistance to *Puccinia graminis* tritici. *Zeitschrift für Pflanzenzüchtung = Journal of Plant Breeding*, 92, 1-14.
- Migui, S. M., & Lamb, R. J.** (2004). Seedling and adult plant resistance to *Sitobion avenae* (Hemiptera: Aphididae) in *Triticum monococcum* (Poaceae), an ancestor of wheat. *Bulletin of entomological research*, 94(1), 35-46.
- Mihova, S.** (1988). Sources of resistance to yellow rust (*Puccinia striiformis* West.) in the genus *Triticum*. *Rastenievadni Nauki*, 25(8), 3-8 (Bg).
- 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.
- Multani, D., Dhaliwal, H. S., Singh, P., & Gill, K. S.** (1988). Synthetic amphiploids of wheat as a source of

- resistance to Karnal bunt (*Neovossia indica*). *Plant Breeding*, 101(2), 122-125.
- Neumann, M., Sodkiewicz, W., & Skiebe, K.** (1985). On possibilities of genetic information transfer from Triticum monococcum to Triticale. *Genetica Polonica*, 26, 209-215.
- Olson, E. L., Brown-Guedira, G., Marshall, D., Stack, E., Bowden, R. L., Jin, Y., Rouse, M. & Pumphrey, M. O.** (2010). Development of wheat lines having a small introgressed segment carrying stem rust resistance gene Sr22. *Crop Science*, 50(5), 1823-1830.
- Padulosi, S., Hammer, K. & Heller, J.** (eds) (1995). Hulled Wheat. *Proceedings of the First International Workshop on Hulled Wheats 21-22 July 1995, Castelvecchio Pascoli, Tuscany, Italy*, 61 pp.
- Peng, J. H., Sun, D., & Nevo, E.** (2011). Domestication evolution, genetics and genomics in wheat. *Molecular Breeding*, 28(3), 281.
- Potgieter, G. F., Marais, G. F., & Du Toit, F.** (1991). The transfer of resistance to the Russian wheat aphid from Triticum monococcum L. to common wheat. *Plant Breeding*, 106(4), 284-292.
- Rogers, W. J., Miller, T. E., Payne, P. I., Seekings, J. A., Sayers, E. J., Holt, L. M., & Law, C. N.** (1997). Introduction to bread wheat (*Triticum aestivum* L.) and assessment for bread-making quality of alleles from *T. boeoticum* Boiss. ssp. *thaoudar* at Glu-A1 encoding two high-molecular-weight subunits of glutenin. *Euphytica*, 93(1), 19-29.
- Rouse, M. N., & Jin, Y.** (2011). Genetics of resistance to race TTKSK of *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* in Triticum monococcum. *Phytopathology*, 101(12), 1418-1423.
- Salmanowicz, B. P., Langner, M., Wiśniewska, H., Apolinarska, B., Kwiatek, M., & Błaszczyk, L.** (2013). Molecular, physicochemical and rheological characteristics of introgressive Triticale/Triticum monococcum ssp. monococcum lines with wheat 1D/1A chromosome substitution. *International journal of molecular sciences*, 14(8), 15595-15614.
- Saur, L.** (1991). Source of resistance to head blight caused by *Fusarium culmorum* in bread wheat and related species [Triticeae]. *Agronomie (France)*, 11, 535-541.
- Schmolke, M., Mohler, V., Hartl, L., Zeller, F. J., & Hsam, S. L.** (2012). A new powdery mildew resistance allele at the Pm4 wheat locus transferred from einkorn (*Triticum monococcum*). *Molecular breeding*, 29(2), 449-456.
- See, D. R., Giroux, M., & Gill, B. S.** (2004). Effect of multiple copies of puroindoline genes on grain softness. *Crop science*, 44(4), 1248-1253.
- Shavrukov, Y., Langridge, P., & Tester, M.** (2009). Salinity tolerance and sodium exclusion in genus *Triticum*. *Breeding Science*, 59(5), 671-678.
- Sheedy, J. G., Thompson, J. P., & Kelly, A.** (2012). Diploid and tetraploid progenitors of wheat are valuable sources of resistance to the root lesion nematode *Pratylenchus thornei*. *Euphytica*, 186(2), 377-391.
- Shi, A. N., Leath, S., & Murphy, J. P.** (1998). A major gene for powdery mildew resistance transferred to common wheat from wild einkorn wheat. *Phytopathology*, 88(2), 144-147.
- Singh, K., Chhuneja, P., Singh, I., Sharma, S. K., Garg, T., Garg, M., Keller, B. & Dhaliwal, H. S.** (2010). Molecular mapping of cereal cyst nematode resistance in Triticum monococcum L. and its transfer to the genetic background of cultivated wheat. *Euphytica*, 176(2), 213-222.
- Singh, K., Ghai, M., Garg, M., Chhuneja, P., Kaur, P., Schnurbusch, T., Keller, B. & Dhaliwal, H. S.** (2007). An integrated molecular linkage map of diploid wheat based on a *Triticum boeoticum* × *T. monococcum* RIL population. *Theoretical and Applied Genetics*, 115(3), 301-312.
- Smith, H. F.** (1936). A discriminant function for plant selection. *Annals of Eugenics*, 7(3), 240-250.
- Sodkiewicz, W., & Strzembicka, A.** (2004). Application of Triticum monococcum for the improvement of triticale resistance to leaf rust (*Puccinia triticina*). *Plant Breeding*, 123(1), 39-42.
- 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.
- Soshnikova, E. A.** (1990). Promising species of *Triticum* for the production of donors of resistance to stem rust of wheat. *Nauchno-Tekhnicheskii Byulleten' Vsesoyuznogo Ordena Lenina i Ordena Druzhy Narodov Nauchno-Issledovatel'skogo Instituta Rastenievodstva Imeni NI Vavilova*, 197, 4-5 (Ru).
- Sotherton, N. W., & Emden, H. V.** (1982). Laboratory assessments of resistance to the aphids *Sitobion avenae* and *Metopolophium dirhodum* in three *Triticum* species and two modern wheat cultivars. *Annals of Applied Biology*, 101(1), 99-107.
- Stein, N., Feuillet, C., Wicker, T., Schlagenhauf, E., & Keller, B.** (2000). Subgenome chromosome walking in wheat: a 450-kb physical contig in *Triticum monococcum* L. spans the Lr10 resistance locus in hexaploid wheat (*Triticum aestivum* L.). *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 97(24), 13436-13441.
- Taenzler, B., Esposti, R. F., Vaccino, P., Brandolini, A., Effgen, S., Heun, M., Schafer-Pregl, R., Borghi, B. & Salamini, F.** (2002). Molecular linkage map of einkorn wheat: mapping of storage-protein and soft-glume genes and bread-making quality QTLs. *Genetics Research*, 80(2), 131-143.
- Tranquilli, G., Cuniberti, M., Gianibelli, M. C., Bullrich, L., Larroque, O. R., MacRitchie, F., & Dubcovsky, J.** (2002a). Effect of *Triticum monococcum* glutenin loci on cookie making quality and on predictive tests for bread making quality. *Journal of Cereal Science*, 36(1), 9-18.
- Tranquilli, G., Heaton, J., Chicaiza, O., & Dubcovsky, J.** (2002b). Substitutions and deletions of genes related to

- grain hardness in wheat and their effect on grain texture. *Crop Science*, 42(6), 1812-1817.
- Uauy, C., Distelfeld, A., Fahima, T., Blechl, A., & Dubcovsky, J.** (2006). A NAC gene regulating senescence improves grain protein, zinc, and iron content in wheat. *Science*, 314(5803), 1298-1301.
- Valkoun, J. J.** (2001). Wheat pre-breeding using wild progenitors. *Euphytica*, 119(1-2), 17-23.
- Valkoun, J., Kucerova, D., & Bartos, P.** (1986). Transfer of leaf rust resistance from *Triticum monococcum* L. to hexaploid wheat. *Zeitschrift fuer Pflanzenzuechtung (Germany, FR)*, 96, 271-278.
- Van Slageren, M. W.** (1994). *Wild Wheats: A Monograph of Aegilops L. and Amblyopyrum (Jaub and Spach) Eig (Poaceae)*. Wageningen: Agriculture University Papers, The Netherlands.
- Vavilov, N.** (1957). *Mirovye resursy sortov khlebnykh zlakov, zernovykh bobovykh, l'na i ikh ispolzovanie v selekzii. Opyt agroekologicheskogo obozreniya vazhneishikh polevykh kultur.* (World resources of cereals, leguminous seed crops and flax, and their utilization in plant breeding. Agroecological survey of the principal field crops). USSR Academy of Science Press, Moscow-Leningrad, 462 p. (Ru).
- Waines, J. G.** (1983). Genetic resources in diploid wheats: the case for diploid commercial wheats. In *Proc. 6th International Wheat Genetics Symposium, Kyoto, Japan*, 115-122.
- Xian-Guang, Y., Jin-Yu, F., & Chuan-Liang, D.** (2011). Molecular cloning of a novel GSK3/shaggy-like gene from *Triticum monococcum* L. and its expression in response to salt, drought and other abiotic stresses. *African Journal of Biotechnology*, 10(20), 4065-4071.
- Yahiaoui, N., Srichumpa, P., Dudler, R., & Keller, B.** (2004). Genome analysis at different ploidy levels allows cloning of the powdery mildew resistance gene Pm3b from hexaploid wheat. *The Plant Journal*, 37(4), 528-538.
- Yan, L., Loukoianov, A., Tranquilli, G., Helguera, M., Fahima, T., & Dubcovsky, J.** (2003). Positional cloning of the wheat vernalization gene VRN1. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100(10), 6263-6268.
- Yu, B. S., & Sun, G. R.** (1995). Preliminary study of several spring wheat varieties for resistance to Septoria diseases. *Crop Genetic Resources*, 1, 27-29 (in Chinese).
- Zhukovsky, P.** (1964). *Cultivated plants and their relatives*. Kolos, Leningrad (Ru).
- Zohary, D., & Hopf, M.** (2000). Domestication of plants in the Old World: the origin and spread of cultivated plants in West Asia. *Europe, and the Nile Valley Oxford University Press, New York*.
- <https://www.agronet.bg/лимец>
<http://www.darlimec.com/za-limeca.html>
<https://www.soletitbe.company>