

Asocierea unor markeri moleculari cu mărimea și dimensiunile bobului la descendențele unei hibridări între forme contrastante de grâu

(Molecular markers associated with grain size and dimensions in progenies of a cross
between contrasting parents in winter wheat)

Vasile Manda¹, Daniel Cristina^{1*}, Costică Ciontu²
*autor corespondent

Abstract

One important component of the wheat yield is grain size, which depends on grain dimensions. Identification of molecular markers associated with the weight of thousand grains (TKW) and with grain dimensions can contribute to better understanding and faster genetic progress for grain size. For this purpose, we analyzed the relationship of phenotypic data (regarding TKW, grain length, grain width and the factor form-density) with results on several molecular markers, in random lines derived without selection from a cross between G603 (with long grains and TKW>50 g.) and Glosa (with medium size grains and higher yield).

TKW and its components proved to be associated with a large number of molecular markers, suggesting a complex, quantitative genetic control. Genes controlling plant height and earliness had a major influence on grain size and dimensions. Additionally, other genes involved in soluble carbohydrates content, chlorophyll content and/or chlorophyll protection and water stress resistance influenced the variation of grain size and its components. Parent G603 contributed with favorable alleles for most analyzed markers, but in some cases, especially for the Factor form-density, favorable alleles came from cultivar Glosa, this finding suggests that obtaining transgressive progenies, superior to the large grained parent G603 should be possible.

Cuvinte cheie: grâu, mărimea bobului, lungimea și lățimea bobului, markeri moleculari.

Keywords: wheat, grain size, grain length, grain width, molecular markers.

INTRODUCERE

Grâul (*Triticum aestivum*) este esențial pentru securitatea alimentară, fiind una din culturile care ocupă cele mai mari suprafețe pe plan mondial, constituind cca. 20% din energiile și proteinele consumate de populația globului (Shiferaw și colab. 2013).

¹INCDA Fundulea. E-mail: mandea_2009@yahoo.com; danielcristina89@gmail.com.

²USAMV București

Consumul global de grâu este așteptat să crească odată cu creșterea populației și cu schimbările în preferințele alimentare, ceea ce, având în vedere limitarea suprafețelor cultivate, impune creșterea producțiilor la unitatea de suprafață. Unul din componentele importante ale producției de grâu este mărimea boabelor, la rândul ei determinată de dimensiunile lor. Lucrările de ameliorare pentru creșterea mărimii bobului pot deveni mai eficiente pe baza unei înțelegeri mai profunde a controlului genetic al acestei însușiri.

Identificarea unor markeri moleculari asociați cu masa a 1000 boabe și cu componentele acesteia, ca și cuantificarea efectului diferitelor variante alelice în segregarea unor combinații hibride, pot contribui la accelerarea progresului genetic pentru mărimea bobului.

În acest scop, am căutat să corelăm datele fenotipice privind MMB, lungimea bobului, lățimea bobului și factorul Formă-Densitate de la liniile derivate fără selecție din combinația hibridă G603/Glosa, cu rezultatele analizelor moleculare cu markeri moleculari confirmați anterior ca fiind asociați cu mărimea bobului la grâu. Cercetări anterioare efectuate de Cristina și colab., (2018, 2019, 2022), au identificat o serie de markeri moleculari asociați cu mărimea și dimensiunile bobului pe baza studiului unui set de soiuri de grâu. Analiza modului cum se asociază acești markeri cu caracterile bobului în cadrul segregării care rezultă în urma hibridării între forme parentale contrastante reprezintă o etapă necesară pentru o utilizare eficientă a selecției asistate de markeri (MAS).

MATERIAL ȘI METODE

Pentru procesul de ameliorare este utilă cunoașterea segregării rezultate în urma hibridării și a posibilităților de cumulare a mai multor caractere utile în urma recombinării, iar interesul poate fi și mai mare în cazul combinațiilor hibride între forme parentale contrastante.

De aceea, în anul 2013 am efectuat o hibridare între două forme parentale contrastante: linia G603, o linie de ameliorare cu talie înaltă, cu boabe lungi și MMB ridicată (care poate atinge peste 60 g), dar mai puțin productivă și soiul Glosa, soi semipitic, cu boabe mai mici, cu mai multe boabe în spic și productivitate mai ridicată.

În anul 2015 din populația F2 s-au extras la întâmplare elite, iar timp de cinci ani s-a repetat alegerea câte unei elite din fiecare descendență, fără a se practica vreo selecție conștientă.

Optzeci de genotipuri în generația F6 rezultate au fost studiate alături de părinți în anul 2020-2021 pe parcele de 6 m² recoltabili.

Pe parcursul perioadei de vegetație s-au făcut trei tratamente cu fungicid pentru a se preveni bolile foliare și ale spicului. S-a determinat la fiecare parcelă talia, densitatea și numărul mediu de boabe în spic.

La boabele recoltate din fiecare variantă a fost determinată masa a 1000 boabe (MMB), ca greutate medie a trei probe de 100 boabe uscate, folosind aparatul de numărat boabe Contador și o balanță electronică cu două zecimale. MMB a fost disecată în trei componente: lungimea bobului (L), lățimea bobului (l), factorul formă-densitate (F).

Lungimea și lățimea boabelor au fost determinate folosind analizorul de semințe Marvin.

Factorul formă-densitate, propus de Giura și Săulescu (1996) și larg folosit în cercetări ulterioare pentru a descrie diferențele de MMB între boabe care au aceeași lungime și lățime, a fost calculat cu formula $F = \text{MMB}/(\text{Lungime} \cdot \text{Lățime})$. După cum reiese din denumirea sa, factorul formă-densitate reflectă abaterile de la forma geometrică cu laturile lungime și lățime (L și l), dar și eventuale diferențe în densitatea boabelor.

Ca urmare a recombinărilor rezultate prin hibridarea între formele parentale contrastante G603 și Glosa s-a obținut o variație importantă pentru mărimea și dimensiunile boabelor.

Analiza markerilor moleculari a fost efectuată în cadrul laboratorului de genetică moleculară din cadrul INCDA Fundulea, folosind metodele descrise în detaliu de Cristina și colab. (2022). Pe scurt, extracția ADN s-a făcut din câte două boabe uscate, folosind protocolul SDS1 (Cristina și colab., 2017) cu o mică modificare a concentrației SDS (2,5% în loc de 1,5%). Pentru amplificarea ADN s-au folosit diferite kit-uri comerciale (MyTaq Red DNA Polymerase de la Bioline, KAPA2G Fast Multiplex Mix de la Sigma-Aldrich și DreamTaq Green DNA Polymerase de la Thermo Scientific), iar reacțiile au fost efectuate într-un sistem PCR ABI ProFlex™ 3. Electroforeza pentru separarea produsilor PCR a fost efectuată în gel de agaroză (CleverGEL-Clever Scientific), colorare cu bromură de etidiu și vizualizare în lumină UV și/sau în gel de poliacrilamidă cu colorare cu argint și vizualizare în lumină albă.

În cazul amplificării ADN pentru tehnica KASP s-a utilizat master mixul PACE 2.0 Genotyping Master Mix (3CR Bioscience). Reacțiile de amplificare ADN s-au realizat conform recomandărilor producătorului acestui mix de reacție. Citirea și interpretarea rezultatelor tehnicii KASP s-a realizat cu ajutorul cititorului de plăci FLUOstar Omega (BMG Labtech) și a softului KlusterCaller (LGC Biosearch Technologies).

Au fost analizați markeri asociați cu gene implicate în controlul unor caractere care influențează mărimea bobului, cum sunt:

1. conținutul de carbohidrați solubili în apă: *1-FEH w3* (6B) (Zhang și colab., 2015), *6-SFT-D* (Dong și colab., 2016), *TaSST-D1* (Dong și colab., 2016);

2. sinteza amidonului: *TaFLO2-A1* (Sajjad et al., 2017);

3. diviziunea celulară și controlul dimensiunii boabelor: *TaTef-7A* (Zheng și colab., 2014);

4. toleranța/rezistența la stres: *TaDRO-5A* (Zhang și colab., 2018);

5. conținutul de clorofilă și/sau protecția clorofilei: *TaBAS-B1* (Zhu și colab., 2016);

6. adaptabilitatea, incluzând talia plantelor (*Rht-B1* și *Rht-D1*) și reacția la fotoperioadă, care influențează precocitatea (*PPD-D1*).

În plus, au fost folosiți și alți markeri menționați în literatură ca fiind asociați cu mărimea bobului, dar pentru care nu au fost precizate mecanismele fiziologice implicate, cum sunt:

• BS00094057-3A (Arif și colab., 2021);

• BS00022104-1B (https://www.cerealsdb.uk.net/...QPH_1B_psr_ParW471_CFLN17);

• BS00106922-3B (https://www.cerealsdb.uk.net/...QTGW_3B_psr_ParW308_CFLN17);

- Kukri-C54-306 (Anuarbek și colab., 2019).

Pentru estimarea efectului mediu al variantelor alelice ale diferiților markeri moleculari genotipurile au fost grupate după variantele alelice de la nivelul fiecărui marker și s-au calculat diferențele dintre mediile valorilor fenotipice.

REZULTATE ȘI DISCUȚII

Tabelul 1 prezintă variantele alelice pentru markerii analizați la formele parentale și, pentru exemplificare, la câteva din cele 80 linii recombinante extrase fără selecție din combinația G603/Glosa. Variantele alelice moștenite de la cei doi părinți s-au recombinat aleatoriu. Deși liniile au rezultat în urma unor alegeri repetate, un număr mare de linii au fost heterozigote/heterogene. Analizele următoare s-au efectuat numai pentru liniile la care variantele alelice au fost uniform în stare homozigotă.

Tabelul 1

Rezultatele analizelor moleculare pentru formele parentale și câteva din cele 80 linii recombinante extrase fără selecție din combinația G603/Glosa

(The results of the molecular analyzes for the parental forms and some of the 80 recombinant lines extracted without selection from the G603/Glosa combination)

GDD /21	Nume	TaTef-7A	TaDRO-5A	I-FEH w3	BS00022104	BS00094057	TaBAS-BI	Rht-BI	Rht-DI	TaFLO2-AI (indel)	PPD-DI	BS00106922	Kukri-C54-306	6-SFT-D	TaSST-DI
P1	G603	7A-3	C	W	A	C	B1a	B1a	D1b	A1b	D1b	G	G	+	D1a
P2	Glosa	7A-1/2	A	K	G	A	B1b	B1b	D1a	A1a	D1a	A	A	-	D1b
20-1	linia 4	7A-3	C	K	G	C	B1a	B1b	D1b	A1b	D1b	G	G	+	D1a
20-2	linia 5	7A-1/2	H	K	A	H	H	B1b	D1a	A1a	D1a	A	A	-	D1b
20-3	linia 7	7A-3	A	W	G	C	B1a	B1b	D1a	A1b	D1a	G	A	+	D1a
20-4	linia 8	H	C	H	H	C	H	B1b	D1a	A1b	D1b	A	H	-	D1b
20-5	linia 9	7A-1/2	H*	W	G	C	B1b	B1b	D1b	A1b	D1b	A	G	-	D1b

H = heterozigot/heterogen

După cum se poate observa chiar și la puținele linii prezentate ca exemplu, markerii prezenți la cele două forme parentale s-au recombinat aleatoriu.

Diferențele dintre mediile valorilor fenotipice pentru MMB a liniilor recombinante grupate după variantele alelice de la nivelul fiecărui marker sunt prezentate în tabelul 2. Se poate vedea că deși, diferența dintre formele parentale a fost foarte mare (15,4 grame), mediile liniilor care au moștenit variantele alelice respective au fost mult mai mici, variind între +3,55 și -1,44g. Aceste rezultate sugerează că diferența dintre părinți a fost rezultatul acțiunii mai multor gene, cu efect cumulativ. Cele mai mari efecte pozitive asupra MMB ale variantei alelice prezente la părintele G603 au fost constatate pentru genele *Rht-BI*

Asocierea unor markeri moleculari cu mărimea și dimensiunile bobului la 5
descendențele unei hibridări între forme contrastante de grâu

(asociată cu talia plantelor), *TaSST-D1* și *6-SFT-D* (asociate cu conținutul de carbohidrați solubili) și *TaDRO-5A* (asociată cu rezistența la stres hidric). Este interesant că la nivelul unor loci, cum sunt mai ales *TaTef-7A* și *BS00106922* (3B), varianta alelică de la părintele G603 a avut efect negativ asupra MMB, ceea ce sugerează că ar fi posibil să se depășească valoarea înregistrată la acest părinte prin înlocuirea alelelor acestor markeri.

Tabelul 2

Efectul variantelor alelice asupra masei a 1000 boabe (grame)
[The effect of allelic variants on the mass of 1000 grains (grams)]

Nr.crt.	Forme parentale	Varianta alelică		Diferența
		G603	Glosa	
		49,95	34,55	15,40
	Locus	Linii recombinante		
1	<i>Rht-B1</i>	42,8	39,2	3,55
2	<i>TaSST-D1</i>	43,4	40,0	3,39
3	<i>TaDRO-5A</i>	42,9	39,9	2,94
4	<i>6-SFT-D</i>	42,3	39,9	2,38
5	BS00022104	41,6	40,3	1,26
6	BS00094057	41,5	40,5	0,96
7	<i>Rht-D1</i>	41,7	41,0	0,79
8	<i>TaBAS-B1</i>	41,1	40,4	0,69
9	<i>PPD-D1</i>	41,2	40,7	0,53
10	Kukri-C54-306	41,1	40,7	0,36
11	<i>TaFLO2-A1</i> (indel)	41,4	41,2	0,18
12	<i>1-FEH w3</i>	40,9	41,5	-0,63
13	BS00106922	40,5	41,8	-1,29
14	<i>TaTef-7A</i>	39,7	41,1	-1,44

În continuare a fost evaluat efectul mediu al variantelor alelice asupra lungimii boabelor (tabelul 3). Ca și pentru MMB, rezultatele sugerează că diferența de lungime a bobului dintre cei doi părinți se datorează acțiunii mai multor gene.

Cele mai mari diferențe între variantele alelice ale celor doi părinți s-au constatat la nivelul genelor ce influențează/controlază talia plantelor și reacția la fotoperioadă, dar și pentru gena *TaBAS-B1* asociată cu conținutul de clorofilă și/sau protecția clorofilei.

Ca și în cazul MMB, pentru majoritatea markerilor varianta alelică moștenită de la părintele G603 a fost asociată cu valori mai mari ale lungimii bobului, dar au fost observați și markeri la care varianta alelică de la G603 a fost asociată cu valori medii mai mici decât cele corespunzătoare variantei alelice moștenite de la părintele Glosa.

Tabelul 3

Efectul variantelor alelice asupra lungimii bobului (mm)
 [Effect of allelic variants on grain length (mm)]

Nr.crt.	Forme parentale	Varianta alelică		Diferența
		G603	Glosa	
		8,33	6,49	1,83
	Locus	Linii recombinante		
1	<i>Rht-D1</i>	7,61	7,17	0,44
2	<i>Rht-B1</i>	7,46	7,04	0,42
3	<i>TaBAS-B1</i>	7,47	7,09	0,38
4	<i>PPD-D1</i>	7,40	7,04	0,36
5	<i>TaSST-D1</i>	7,48	7,20	0,28
6	<i>6-SFT-D</i>	7,40	7,14	0,26
7	<i>1-FEH w3</i>	7,43	7,25	0,18
8	<i>TaDRO-5A</i>	7,37	7,21	0,16
9	<i>TaFLO2-A1</i> (indel)	7,36	7,26	0,10
10	BS00022104	7,30	7,22	0,08
11	BS00094057	7,31	7,23	0,08
12	<i>TaTef-7A</i>	7,24	7,25	-0,01
13	Kukri-C54-306	7,24	7,32	-0,08
14	BS00106922	7,23	7,37	-0,14

Tabelul 4

Efectul variantelor alelice asupra lățimii bobului (mm)
 [The effect of allelic variants on grain width (mm)]

Nr.crt.	Forme parentale	Varianta alelică		Diferența
		G603	Glosa	
		3,15	2,89	0,26
	Locus	Linii recombinante		
1	<i>Rht-B1</i>	3,08	2,98	0,10
2	<i>TaSST-D1</i>	3,08	3,01	0,07
3	<i>TaDRO-5A</i>	3,07	3,00	0,07
4	<i>6-SFT-D</i>	3,06	3,01	0,05
5	BS00022104	3,05	3,02	0,03
6	Kukri-C54-306	3,05	3,02	0,03
7	BS00106922	3,03	3,01	0,02
8	BS00094057	3,03	3,02	0,01
9	<i>TaFLO2-A1</i> (indel)	3,03	3,04	-0,01
10	<i>PPD-D1</i>	3,03	3,04	-0,01
11	<i>TaBAS-B1</i>	3,00	3,04	-0,04
12	<i>Rht-D1</i>	2,99	3,04	-0,05
13	<i>TaTef-7A</i>	2,99	3,04	-0,05
14	<i>1-FEH w3</i>	3,00	3,06	-0,06

Datele privind efectul mediu al variantelor alelice asupra lățimii boabelor sunt sintetizate în tabelul 4. Și în acest caz, efectul variantelor alelice ale markerilor analizați este mult mai mic decât diferența dintre formele parentale, ceea ce confirmă controlul genetic cantitativ și pentru această dimensiune a boabelor. Ca și în cazul MMB și al lungimii boabelor, și pentru lățimea bobului, gruparea dată de variantele alelice ale genei *Rht-B1* (asociată cu talia plantelor) a prezentat diferențe mari între acestea, ceea ce sugerează că diferența de talie a jucat un rol important în determinarea valorilor ridicate ale mărimii boabelor la părintele G603. Pentru 6 din cei 14 markeri analizați, varianta alelică de la G603 a fost asociată cu valori medii mai mici ale lățimii bobului, ceea ce sugerează posibilități de creștere a mărimii bobului peste valorile acestui genotip.

Pentru cel de al treilea component al mărimii boabelor, Factorul formă-densitate, varianta alelică de la G603 a avut efect pozitiv pentru doar 6 din markerii analizați, în timp ce pentru 8 markeri efectul a fost negativ (tabelul 5). Aceasta înseamnă că părintele Glosa are potențialul de a îmbunătăți valoarea MMB prin contribuția la creșterea factorului formă-densitate.

Tabelul 5

Efectul variantelor alelice asupra factorului formă-densitate
 (The effect of allelic variants on the shape-density factor)

Nr.crt.	Forme parentale	Varianta alelică		Diferența
		G603	Glosa	
		1,90	1,84	0,06
	Locus	Linii recombinante		
1	<i>TaDRO-5A</i>	1,89	1,84	0,05
2	<i>TaSST-D1</i>	1,88	1,85	0,03
3	Kukri-C54-306	1,86	1,84	0,02
4	BS00094057	1,87	1,85	0,02
5	BS00022104	1,87	1,85	0,02
6	<i>6-SFT-D</i>	1,87	1,85	0,02
7	<i>Rht-B1</i>	1,86	1,87	-0,01
8	<i>TaFLO2-A1</i> (indel)	1,85	1,87	-0,02
9	<i>TaTef-7A</i>	1,83	1,86	-0,03
10	BS00106922	1,85	1,88	-0,03
11	<i>1-FEH w3</i>	1,84	1,87	-0,03
12	<i>TaBAS-B1</i>	1,84	1,87	-0,03
13	<i>Rht-D1</i>	1,83	1,87	-0,04
14	<i>PPD-D1</i>	1,84	1,90	-0,06

Pentru a analiza contribuția diferitelor componente ale mărimii boabelor la determinarea valorii MMB, am exprimat diferențele dintre variantele alelice în procente din valoarea medie a tuturor liniilor indiferent de variantele alelice (tabelul 6).

Se poate observa că în cazul genei *Rht-B1*, valoarea mare a diferenței MMB dintre media liniilor cu varianta alelică de la G603 față de cele cu varianta de la soiul Glosa, se

poate explica prin efectele asupra lungimii și lățimii bobelor, care au fost doar puțin diminuate de efectul negativ mult mai mic asupra Factorului formă-densitate. Pentru locii *TaSST-D1*, *TaDRO-5A*, *6-SFT-D*, BS00022104 și BS00094057, efectul pozitiv al varianței alelice de la G603 poate fi explicat prin cumulara efectelor pozitive asupra tuturor componentelor mărimii bobului. În contrast, pentru genele *Rht-D1*, *TaBAS-B1* și *PPD-D1*, efectul pozitiv al alelei de la G603 asupra lungimii bobelor a fost în mare măsură anihilat de efectul negativ asupra lățimii bobului și factorului formă densitate.

Tabelul 6

Diferența dintre variantele alelice ale părinților G603 și Glosa, exprimate în procente din valoarea medie a tuturor liniilor

(The difference between the allelic variants of the parents G603 and Glosa, expressed in percentages of the average value of all lines)

		MMB	Lungimea bobului	Lățimea bobului	Factorul F-D
Nr.crt.	Forme parentale	36,46	24,73	8,61	3,35
	Locus	Linii recombinante			
1	<i>Rht-B1</i>	8,65	5,84	3,44	-0,63
2	<i>TaSST-D1</i>	8,13	3,83	2,41	1,89
3	<i>TaDRO-5A</i>	7,10	2,23	2,23	2,64
4	<i>6-SFT-D</i>	5,80	3,59	1,52	0,69
5	BS00022104	3,07	1,08	1,03	0,96
6	BS00094057	2,35	1,04	0,28	1,10
7	<i>Rht-D1</i>	1,91	5,96	-1,64	-2,41
8	<i>TaBAS-B1</i>	1,70	5,16	-1,47	-1,99
9	<i>PPD-D1</i>	1,28	4,93	-0,36	-3,29
10	Kukri-C54-306	0,89	-1,09	0,87	1,11
11	<i>TaFLO2-A1</i>	0,43	1,41	-0,13	-0,85
12	<i>1-FEH w3</i>	-1,53	2,43	-2,11	-1,85
13	BS00106922	-3,13	-1,89	0,59	-1,83
14	<i>TaTef-7A</i>	-3,56	-0,18	-1,78	-1,59

În cazul genei *TaTef-7A* varianta alelică moștenită de la G603 a avut un efect negativ asupra tuturor componentelor mărimii bobului, reflectat ca atare asupra MMB.

O imagine mai completă asupra asocierii dintre markerii moleculari și dimensiunile bobelor se poate obține prin analiza distribuțiilor de frecvență.

Astfel, în cazul genei *Rht-B1* se poate observa că distribuția liniilor cu varianta alelică moștenită de la părintele G603 a avut frecvența cea mai ridicată la valoarea MMB de 45g, în timp ce liniile cu varianta alelică de la soiul Glosa au avut vârful distribuției la 40 grame (figura 1).

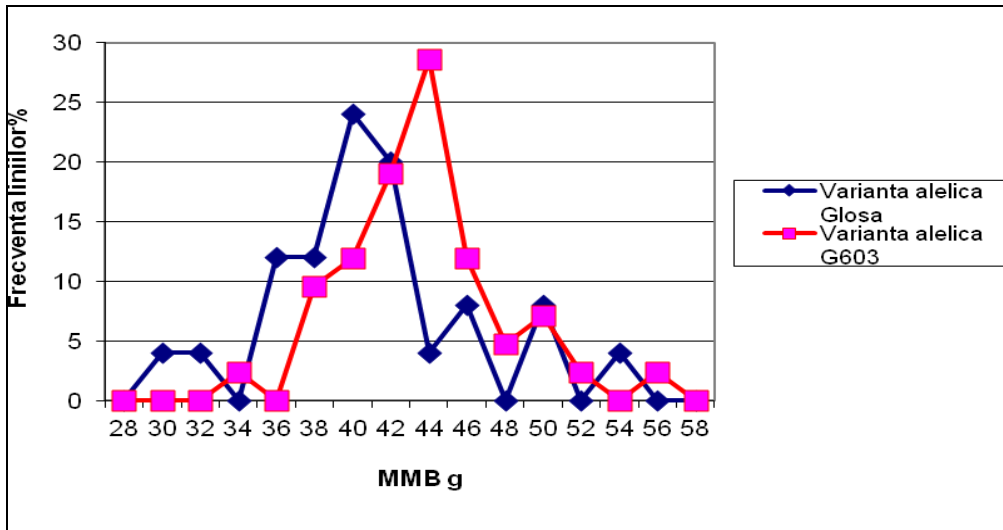


Figura 1 – Distribuția liniilor recombinante din combinația G603/Glosa pentru MMB, în funcție de variantele alelice ale formelor parentale pentru gena *Rht-B1*
 (Distribution of recombinant lines from the G603/Glosa combination for MMB, depending on the allelic variants of the parental forms for the *Rht-B1* gene)

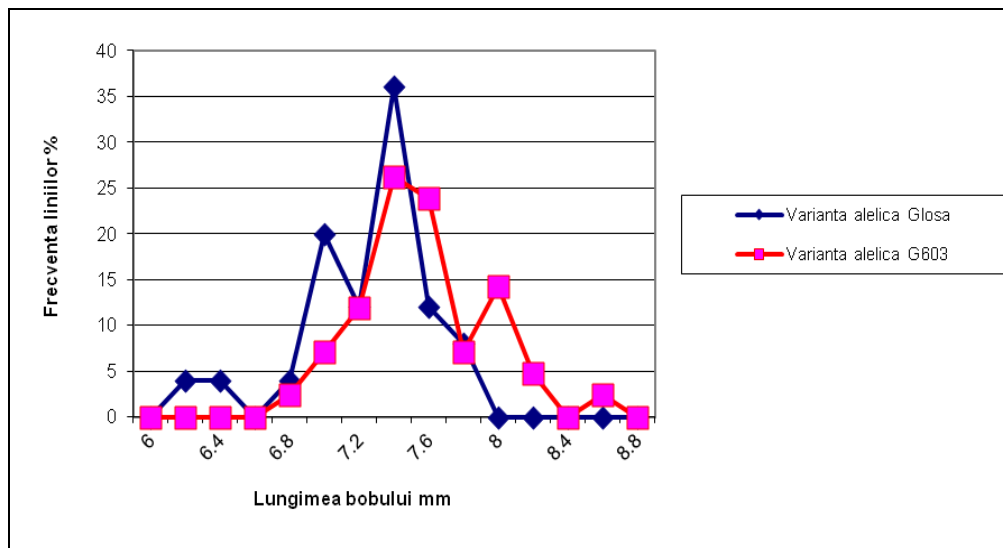


Figura 2 – Distribuția liniilor recombinante din combinația G603/Glosa pentru lungimea bobului, în funcție de variantele alelice ale formelor parentale pentru gena *Rht-B1*
 (Distribution of recombinant lines from the G603/Glosa combination for grain length, depending on the allelic variants of the parental forms for the *Rht-B1* gene)

Distribuția liniilor în funcție de variantele alelice pentru lungimea bobelor a evidențiat în mare măsură o suprapunere, existând totuși valori mai mari în cazul liniilor ce prezintă alela părintelui G603 (figura 2).

Deși valoarea lungimii bobului cu cea mai mare frecvență a coincis pentru variantele alelice provenite de la ambele forme parentale, nici una din liniile recombinante purtătoare ale variantei alelice provenite de la soiul Glosa nu a atins valoarea de 8 mm, în timp ce numeroase linii purtătoare ale variantei alelice de la părintele G603 au avut valori ale lungimii bobului între 8 și 8,7 mm. Pe de altă parte, se poate observa un excedent clar al liniilor care au moștenit varianta alelică de la soiul Glosa cu valori foarte mici ale lungimii bobelor.

Se poate deci afirma că, efectul variantei alelice de la soiul Glosa asupra lungimii bobelor a contribuit la valorile medii mai mari ale MMB constatate la liniile purtătoare ale acestei alele.

În cazul genei *TaTef-7A*, liniile cu varianta alelică de la Glosa au prezentat valori mai mari atât pentru MMB (figura 3) cât și pentru lungimea bobului (figura 4).

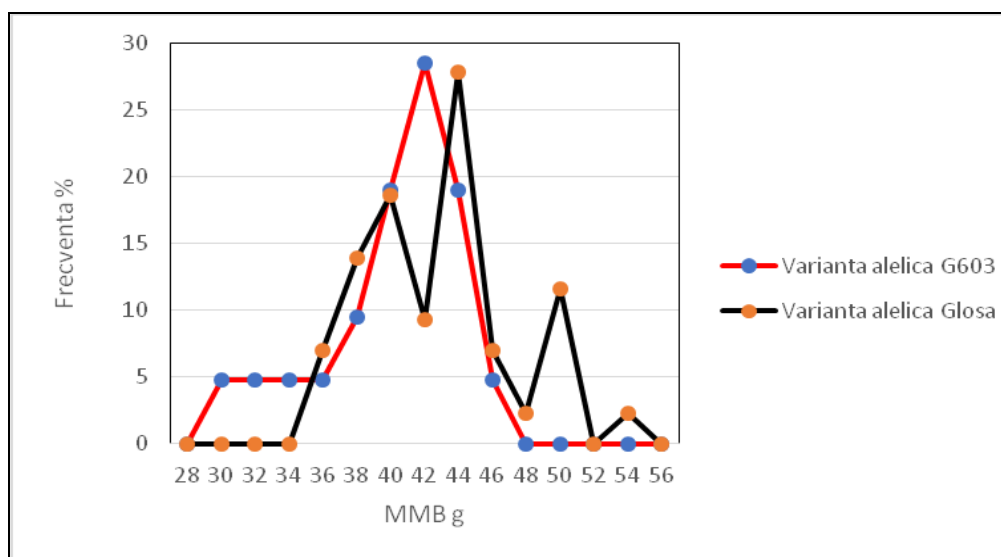


Figura 3 – Distribuția liniilor recombinante din combinația G603/Glosa pentru MMB, în funcție de variantele alelice ale formelor parentale pentru markerul specific genei *TaTef-7A*
(Distribution of recombinant lines from the G603/Glosa combination for MMB, depending on the allelic variants of the parental forms for the specific marker of the *TaTef-7A* gene)

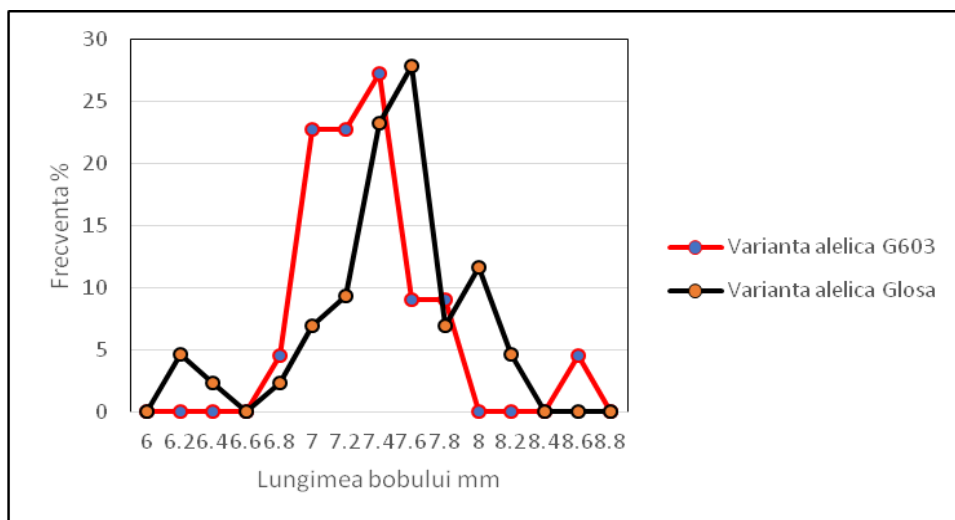


Figura 4 – Distribuția liniilor recombinante din combinația G603/Glosa pentru lungimea bobului, în funcție de variantele alelice ale formelor parentale pentru markerul specific genei *TaTef-7A* (Distribution of recombinant lines from the G603/Glosa combination for grain length, depending on the allelic variants of the parental forms for the specific marker of the *TaTef-7A* gene)

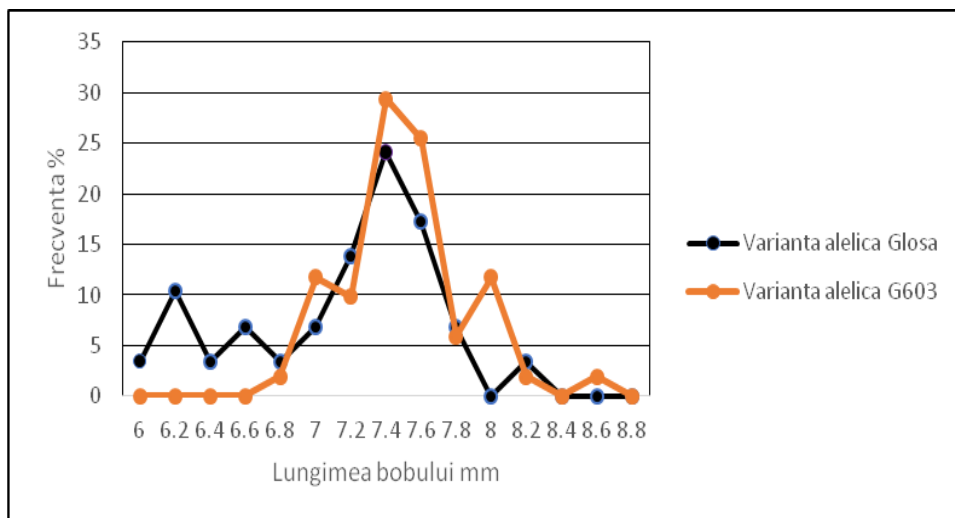


Figura 5 – Distribuția liniilor recombinante din combinația G603/Glosa pentru lungimea bobului în funcție de variantele alelice ale formelor parentale pentru gena *PPD-D1* (Distribution of recombinant lines from the G603/Glosa combination for grain length according to the allelic variants of the parental forms for the *PPD-D1* gene)

Pentru gena *PPD-D1* este interesant de remarcat că pentru lungimea bobului există o frecvență ridicată a liniilor cu varianta alelică a soiului Glosa la valorile mici (figura 5), în timp ce pentru Factorul formă-densitate liniile cu alela de la soiul Glosa au avut o frecvență ridicată a valorilor mari (figura 6).

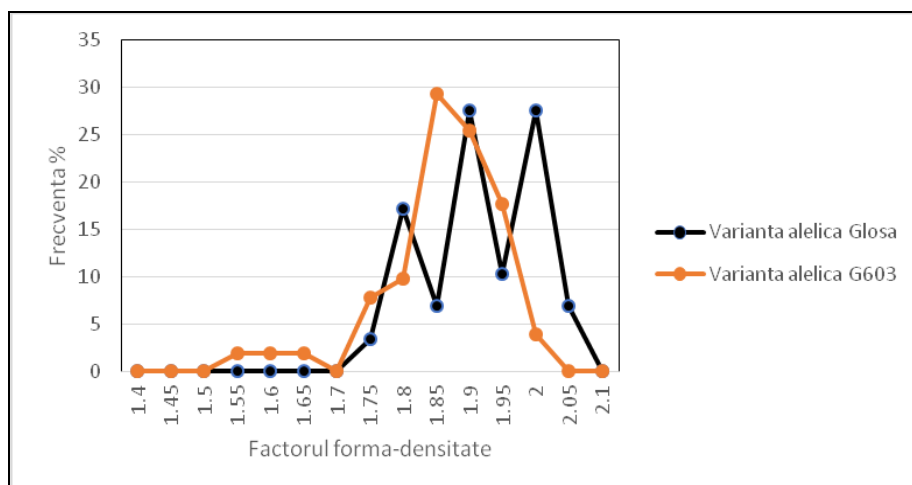


Figura 6 – Distribuția liniilor recombinante din combinația G603/Glosa pentru Factorul formă-densitate în funcție de variantele alelice ale formelor parentale pentru gena *PPD-D1* (Distribution of recombinant lines from the combination G603/Glosa for the shape-density factor according to the allelic variants of the parental forms for the *PPD-D1* gene)

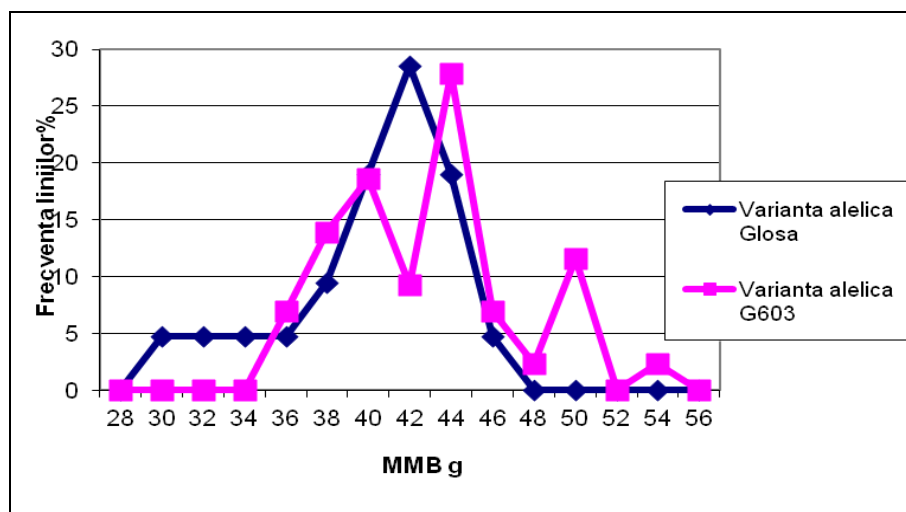


Figura 7 – Distribuția liniilor recombinante din combinația G603/Glosa pentru MMB, în funcție de variantele alelice ale formelor parentale de la nivelul genei *TaDRO-5A* (Distribution of recombinant lines from the G603/Glosa combination for MMB, depending on the allelic variants of the parental forms at the level of the *TaDRO-5A* gene)

În cazul genei *TaDRO-5A* distribuțiile liniilor recombinante arată un excedent clar al valorilor mari ale MMB la liniile recombinante care au moștenit varianta alelică a părintelui G603 (figura 7).

Pentru comparație, în cazul markerului specific genei *1-FEH w3*, se poate observa o suprapunere aproape perfectă a distribuțiilor de frecvență ale liniilor cu variantele alelice ale celor doi părinți (figura 8).

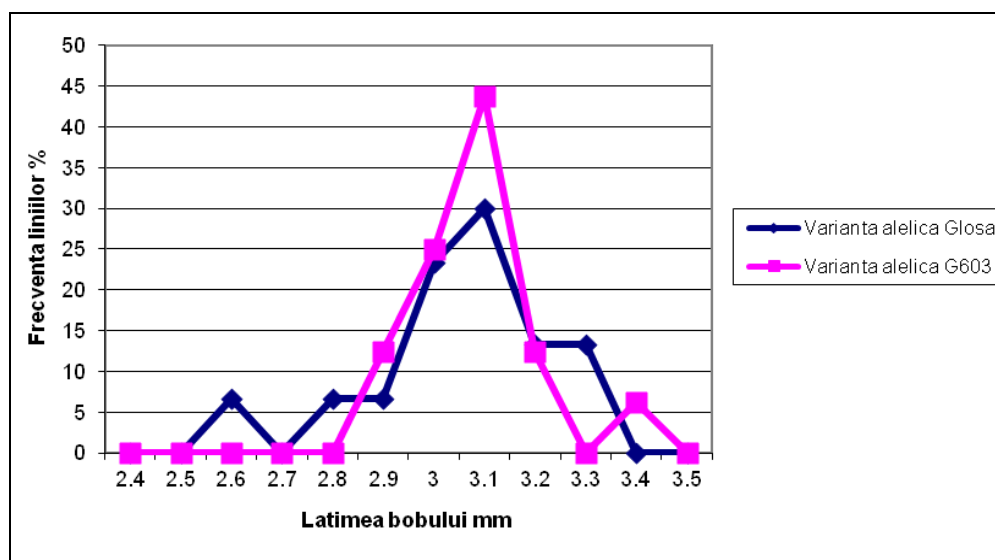


Figura 8 – Distribuția liniilor recombinante din combinația G603/Glosa pentru lățimea bobului, în funcție de variantele alelice ale formelor parentale pentru markerul specific genei *1-FEH w3*
(Distribution of recombinant lines from the G603/Glosa combination for grain width, depending on the allelic variants of the parental forms for the specific marker of the *1-FEH w3* gene)

CONCLUZII

- Deși, având în vedere ușurința fenotipării directe, selecția asistată de markeri pentru mărimea și dimensiunile bobului nu este o prioritate, studiul markerilor moleculari asociați poate aduce o contribuție importantă la cunoașterea controlului genetic al acestor caractere;
- Atât MMB cât și componentele acestuia s-au dovedit a fi asociate cu un număr mare de markeri moleculari, ceea ce confirmă controlul genetic complex, cantitativ, pentru dimensiunile boabelor;
- Genele care controlează talia plantelor și precocitatea au avut un rol major în determinarea mărimii și dimensiunilor boabelor;

- Alături de acestea, gene implicate în controlul conținutului de carbohidrați solubili, conținutului de clorofilă și/sau protecția clorofilei și rezistenței la stres hidric au influențat variația mărimii boabelor și componentelor acesteia;
- Genotipul G603 a contribuit cu alele favorabile pentru majoritatea markerilor analizați, dar în câteva cazuri, mai ales pentru factorul formă-densitate, alelele favorabile au provenit de la soiul Glosa. Aceasta sugerează că există posibilitatea obținerii de forme transgresive, superioare părintelui cu boabe foarte mari G603.

REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

- ANUARBEK, S., ABUGALIEVA, S., AND TURUSPEKOV, Y., 2019 – September. *Validation of bread wheat KASP markers in durum wheat lines in Kazakhstan*. In Proceedings of the Latvian Academy of Sciences. Section B. Natural, Exact, and Applied Sciences. (Vol. 73, No. 5, pp. 462-465).
- ARIF, M.A.R., SHOKAT, S., PLIESKE, J., GANAL, M., LOHWASSER, U., CHESNOKOV, Y.V., KOCHERINA, N.V., KULWAL, P., KUMAR, N., MCGUIRE, P.E. AND SORRELLS, M.E., 2021 – A SNP-based genetic dissection of versatile traits in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *The Plant Journal*, 108(4), pp.960-976.
- CRISTINA, D., CIUCĂ, M., & CORNEA, C. P., 2017 – *Comparison of four genomic DNA isolation methods from single dry seed of wheat, barley and rye*. *AgroLife Scientific Journal*, 6(1).
- CRISTINA, D., CIUCĂ, M., MANDEA, V., & CORNEA, C. P., 2018 – *Genetic diversity of TaSAP1-A1 locus and its association with TKW in some European winter wheat cultivars*. *Rom. Agric. Res.*35:3-9.
- CRISTINA, D., CIUCĂ, M., MANDEA, V., & CORNEA, C. P., 2019 – *TaGW2-6A gene association with kernel length and TKW in some European winter wheat cultivars. Proceedings of the 17th international EWAC conference (pp. 44-49)*.
- CRISTINA, D., CIUCA, M., MANDEA, V., & CORNEA, C. P., 2022 – *Assessment of 25 genes reported to influence thousand grain weight in winter wheat germplasm.*. *Cereal Research Communications*, 50(2):237-243.
- DONG, Y., ZHANG, Y., XIAO, Y., YAN, J., LIU, J., WEN, W., ZHANG, Y., JING, R., XIA, X., HE, Z., 2016 – *Cloning of TaSST genes associated with water soluble carbohydrate content in bread wheat stems and development of a functional marker*. *Theoretical and applied genetics*, 129(5), 1061-1070.
- GIURA, A., SĂULESCU, N.N., 1996 – *Chromosomal location of genes controlling grain size in a large grained selection of wheat (Triticum aestivum L.)*. *Euphytica*, 89: 77-80.
- SAJJAD, M., MA, X., KHAN, SH, SHOAB, M., SONG, Y., YANG, W., ZHANG, A., LIU, D., 2017 – *TaFLO2-A1, an ortholog of rice Flo2, is associated with thousand grain weight in bread wheat (Triticum aestivum L.)*. *BMC plant biology*, 17(1), 164.
- SHIFERAW, B., SMALE, M., BRAUN, HJ., DUVEILLER, E., REYNOLDS, M., MURICHO, G., 2013 – *Crops that feed the world. Past successes and future challenges to the role played by wheat in global food security*. *Food Security* 5: 291-317.
- ZHANG, J., XU, Y., CHEN, W., DELL, B., VERGAUWEN, R., BIDDULPH, B., KHAN, N., LUO, H., APPELS, R., VAN, DEN, ENDE, W., 2015 – *A wheat 1-FEH w3 variant underlies enzyme activity for stem WSC remobilization to grain under drought*. *New Phytologist*, 205(1), 293-305.
- ZHANG, W., LI, T., QIN, L., ZHAO, J., ZHAO, J., LIU, H., HOU, J., HAO, C., CHEN, D., WEI, Y. AND JIN, R., 2018 – *TaDRO, a gene associated with wheat root architectures, its global distribution and evolution in breeding*. *Scientia Agricultura Sinica*, 51(10), pp.1815-1829.
- ZHENG, J, LIU, H, WANG, Y, WANG, L, CHANG, X, JING, R., HAO, C., ZHANG, X., 2014 – *TEF-7A, a transcript elongation factor gene, influences yield-related traits in bread wheat (Triticum aestivum L.)*. *Journal of experimental botany*, 65(18), 5351-5365.
- ZHU, X.F., ZHANG, H.P., HU, M.J., WU, Z.Y., JIANG, H., CAO, J.J., XIA, X.C., MA, C.X. and CHANG, C., 2016 – *Cloning and characterization of Tabas1-B1 gene associated with flag leaf chlorophyll*

content and thousand-grain weight and development of a gene-specific marker in wheat. Molecular Breeding, 36, pp.1-12.

https://www.cerealsdb.uk.net/cerealgenomics/cgi-bin/select_QTL_detail.pl?query=QPH_1B_psr_ParW471_CFLN17

QTL Map for QPH_1B_psr_ParW471_CFLN17 (BS00022104), Error! Hyperlink reference not valid.

QTLMapforQTGW_3B_psr_ParW308_CFLN17(BS00106922),

https://www.cerealsdb.uk.net/cerealgenomics/cgi-bin/select_QTL_detail.pl?query=QTGW_3B_psr_ParW308_CFLN17.

Prezentată Comitetului de redacție 20 august 2024