

УДК 633.111.1: 641.11:57.045

**ЯКІСТЬ ЗЕРНА ГІБРИДНИХ ЛІНІЙ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ЯРОЇ –  
ПОТОМКІВ ГІБРИДІВ СИНТЕТИКІВ З СОРТОМ ХАРКІВСЬКА 26****К. І. ДОКУКІНА**, науковий співробітник лабораторії інтродукції та зберігання  
генетичних ресурсів рослин**О. В. БІЛИНСЬКА**, кандидат біологічних наук, старший науковий  
співробітник, завідувач лабораторії генетики, біотехнології та якості,**Т. А. ШЕЛЯКІНА**, молодший науковий співробітник лабораторії генетики,  
біотехнології та якості**Л. І. БУРЯК**, молодший науковий співробітник лабораторії генетики,  
біотехнології та якості**Н. К. ІЛЬЧЕНКО**, науковий співробітник лабораторії генетики, біотехнології  
та якості*Інститут рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН*

E-mail:kseniya.dokukina@gmail.com

<https://doi.org/10.31548/dopovidi2021.03.006>

*Анотація.* Проблема селекційного покращення пшениці за ознаками якості зерна є на даний час актуальною. Одним із генетичних джерел покращення якості зерна є амфідиплоїди, одержані шляхом гібридизації тетраплоїдних видів пшениці з диким спорідненим видом *Aegilops tauschii* Coss. (у світовій літературі зараз позначаються, як синтетики або синтетичні гексаплоїди – SH). Метою дослідження було оцінити показники якості зерна у 29 інтрогресивних ліній, одержаних шляхом гібридизації синтетичних гексаплоїдів *Triticum durum* Desf. – *Aegilops tauschii* Coss. та *T. persicum* – *Ae. tauschii* із сортом пшениці м'якої ярої Харківська 26. Аналізували вміст білка, вміст клейковини, якість клейковини за ВДК у зерні, вирощеному в різні за погодними умовами роки – 2015, 2016, 2017, а вміст білка також у 2020 р. Аналіз якості зерна проводили у лабораторії генетики, біотехнології та якості зерна Інституту рослинництва імені В. Я. Юр'єва НААН. Вміст білка в зерні визначали на приладі ІнфраЛЮМ ФТ-10. Якість клейковини визначали приладом ВДК-1 М. Оцінку екологічної пластичності та стабільності проводили за методикою S. A. Eberhart and W. A. Russel (1966). Виділено інтрогресивні лінії з покращеними показниками вмісту білка в зерні, вмісту клейковини та її якості за індексом деформації клейковини (ІДК), їх реакцією на умови вирощування та стабільністю прояву ознак. Лінії ДК 21, ДКС 16, ДКС 18 виділились за вмістом білка і клейковини та ІДК; лінії ДК 23 та ДК 30 – за вмістом білка та ВДК; ДКС 17, ДКС 20 – за вмістом клейковини та ВДК. Зроблено висновок щодо перспективності використання синтетиків як джерел ознак для покращення якості зерна пшениці. Виділені лінії мають бути використані як джерела ознак якості зерна для селекції, а також матеріал для випробування на продуктивність з метою включення кращих з них до

Докукіна К. І., Білінська О. В., Шелякіна Т. А., Буряк Л. І., Ільченко Н. К.

розсадників сортовипробувань. Зразки з низьким вмістом білка та слабкою клейковиною можуть бути цінними для виготовлення специфічних продуктів – печива, лавашів тощо.

**Ключові слова:** пшениця, синтетики, інтрогресивні лінії, зерно, вміст білка, вміст клейковини, ВДК, екологічна пластичність, стабільність

**Актуальність.** Проблемою сучасної селекції є виведення сортів пшениці, що поєднують високу врожайність і гарну якість зерна. Ці показники, як відомо, перебувають у зворотній залежності, хоча вважається, що в певних межах немає обов'язкового антагонізму між кількістю і якістю зерна [1, с. 1109с.; 2, с. 3-4]. Одним із генетичних джерел покращення якості зерна є амфідиплоїди, одержані шляхом гібридизації тетраплоїдних видів пшениці з диким спорідненим видом *Aegilops tauschii* Coss., які мають геном  $A^uA^uBBDD$  (у світовій літературі зараз позначаються як синтетики або синтетичні гексаплоїди – SH). Велика кількість таких амфідиплоїдів створена у Міжнародному центрі з покращення кукурудзи та пшениці (CIMMYT, Мексика) [3 с. 1617–1626; 4 с. 37, 35–122; 5 с. 1285–1296]. За їх участі шляхом гібридизації з ярою м'якою пшеницею у світі створено понад 80 сортів цієї культури, які широко вирощуються [6, с. 36, 539–546; 7, с. 37, 255–262]. Якщо цінність SH як генетичних джерел стійкості до біота абіотичних чинників досить широко висвітлена в літературі, то якості зерна SH та їх похідних

присвячено значно менше досліджень.

Зразки *Ae. tauschii*, як правило, м'язозерні, як і первинні синтетики, отримані з них. Ознака твердого ендосперму виникла в результаті мутації в у локусі на хромосомі 5D [8, с. 86–92]. Цей локус забезпечує продукцію пуринодоліну *a* (ген *Pina*) і пуринодоліну *b* (ген *Pinb*). Два зчеплених гени зумовлюють м'який ендосперм в алельному стані дикого типу (*Pina-D1a* / *Pinb-D1a*). У синтетиках встановлено сім нових алелей *Pina* і шість алелей *Pinb* від *Ae. tauschii* – всі зумовлюють м'яке зерно [8, с. 86–92]. Отже, для селекції на твердозерність необхідно схрещувати первинні синтетики з джерелами цієї ознаки. Локус *Glu-D1* *Ae. tauschii* вносить алелі, які не виявляються в культивованої м'якої пшениці [9, с. 257–263; 10, с. 15–23; 11, с. 1293–1301; 12, с. 15–23]. Виявили, що синтетики, отримані зі звичайної твердої пшениці, мали кращу загальну якість і обсяг хліба, коли вони володіли алельними варіантами 5 + 12 або 1 • 5 + 10, ніж коли вони мали будь-яку іншу субоддиницю глютеніна, кодовану *Glu-D1*. Аналогічним чином Nelson et al. [13, с. 145–159] аналізуючи якісні характеристики дійшли висновку, що

тетраплоїдні й диплоїдні батьківські елементи синтетиків внесли сприятливі алелі для якості. Первинні синтетики мали більш високий вміст білка в зерні, довші зерна, більшу масу зернівок і поліпшені показники SDS-седиментації в порівнянні з адаптованим сортом Seti 82 [14, с. 955–962]. Синтетики також характеризувалися підвищеним вмістом у зерні заліза й цинку, що є результатом більш високої ефективності поглинання поживних речовин (Кальдеріні й Ортіс-Монастеріо 2003). Синтетики, одержані за участі культурної двозернянки – еммера, як правило, мали більш довгі зерна і значно вищий вміст білка в зерні порівнюючи з м'якою пшеницею, причому батьківська форма еммера у значній мірі визначала рівень цих ознак; виділено SH зі значним перевищенням м'якої пшениці за показниками SDS седиментації та масою зернівок [14, с. 955–962; 15, с. 243–247]. Це створює можливість підвищення вмісту білка без зниження маси зернівки. Виявлені SH з над м'яким зерном (індекс твердозерності 20,0), що рідко спостерігається у м'якої пшениці, деякі SH мали дуже низький показник седиментації – 5,0 мл 1 г борошна. Це корисні ознаки для покращення якості печива з пшениці. Так само, виявлено SH із сильною клейковиною та твердою текстурою, що доцільно

використати для покращення хліба та специфічного індійського хлібопродукта – чапаті. Оскільки ці ознаки мають значні рівні успадкування, їх можна використовувати для добору у ранніх поколіннях гібридів [15, с. 955–962]. З іншого боку, є повідомлення, що первинні синтетики мають низьку якість зерна [16, с. 243–247].

Для синтетиків, одержаних із використанням твердої пшениці, переважна більшість характеристик якості зерна була пов'язана з наявністю алельних варіацій у локусах *Glu-B1* та *Glu-B3*, причому субодиниці 6 + 8 та 7 + 8 показали значно більший вплив на якість, ніж субодиниця 20. Синтетики, що у локусі *Glu-D1* мали субодиниці 5 + 12 або 1·5 + 10, показали значно кращі загальні характеристики якості та обсягу хліба, ніж з іншими субодиницями [12, с. 1293–1301].

Вказується на те, що синтетики, перш ніж бути використані у схрещуваннях із м'якою пшеницею для її покращення, мають бути тестовані за вмістом високомолекулярних глютенів, які визначають хлібопекарські властивості. Зокрема, сприятливими є алельні варіанти, кодовані геном *Glu-Dt1: 1Dx5 + 1Dy10* и *1Dx1.5 + 1Dy10*, які легко можуть бути перенесені в геном м'якої пшениці шляхом рекомбінацій [17, с. 369–385].

**Метою** нашого дослідження було оцінити показники якості зерна у

Докукіна К. І., Білінська О. В., Шелякіна Т. А., Буряк Л. І., Ільченко Н. К.

29 інтрогресивних ліній, одержаних шляхом гібридизації синтетичних гексаплоїдів *Triticum durum* Desf. – *Aegilops tauschii* Coss. та *T.persicum* - *Ae.tauschii* з сортом пшениці м'якої ярої Харківська 26.

**Матеріалом** для досліджень були 29 інтрогресивних ліній, створених шляхом гібридизації синтетиків *Triticum durum* Desf. — *Aegilops tauschii* Coss. та *T.persicum* - *Ae.tauschii* (геном ABD, 2n=42) з сортом пшениці м'якої Харківська 26 та триразових бекросів пшеницею і чотириразового самозапилення. Лінії, які використано в дослідженнях, одержано шляхом гібридизації п'яти синтетиків (вказано номери інтродукції Національного центру генетичних ресурсів рослин України та родоводи): IU13931 (D67.2/P66.270//*Ae.tauschii* (217)); IU13933 (D67.2/P66.270//*Ae.tauschii* (218)); IU13937 (DVERD\_2//*Ae.tauschii* (221)); IU13948 (68.112/WARD//*Ae.tauschii* (369)); IU13974 (D67.2/P66.270//*Ae.tauschii* (257)), а також AD 221-4 (*T.persicum* - *Ae.tauschii*) походженням з Японії, Університету Кіото, з номером реєстрації IR00024. Лінії порівнювали з вихідними синтетиками та рекурентною батьківською формою Харківська 26.

Зразки вирощували на дослідному полі Інституту рослинництва імені В.Я. Юр'єва

НААН у ДПДГ «Елітне», Харківський район Харківської області. Зона – східний лісостеп України. Грунт – чорнозем потужний слабо вилужений із зернистою структурою на пилувато-суглинковому лесі. Товщина гумусного шару 75 см. Вміст гумусу в орному горизонті становить 5,8 %. Запаси азоту низькі – до 134 мг/кг, фосфору на середньому рівні – 97 мг/кг, калію високий – 136 мг/кг. і більше. Реакція ґрунтового розчину нормальна (рН 7,1). Максимальна гігроскопічність ґрунту 9 %.

Аналізували зерно ліній, вирощене у 2015–2017 і 2020 роках. У 2015–2017 рр. температура була близькою до середньої багаторічної, але вони відрізнялися за кількістю опадів протягом вегетаційного періоду. У 2015 році сума опадів у червні становила 104,5 мм, що на 39,4 % більше за середню багаторічну. У липні, у період наливу й досягання зерна, випало 42,6 мм, що на 40,6 % менше середньої багаторічної, отже цей період був посушливим.

У 2016 році сума опадів у червні становила 43,3 мм, що на 31,6 % менше за багаторічну. Разом із цим, у липні, упродовж періоду наливу й досягання зерна, випало 106,4 мм опадів, що на 48,4 % перевищило багаторічну кількість і сприяло більшій продуктивності рослин пшениці.

Сума опадів у червні 2017 року та липні була менше середньої багаторічної відповідно на 44,7 мм і 40,1 мм, або на 70,6 % та 55,9 %. Отже, цей рік характеризується як посушливий.

Погодні умови 2020 р. відзначились великою кількістю опадів у травні – 176,1 мм за норми 43,7 мм, дефіцитом у червні – відповідно 36,0 мм і 63,3 мм і перевищенням норми в серпні – 107,8 мм і 71,7 мм. Водночас температура повітря в усі місяці була близькою до норми. Отже, умови року характеризуються, як у цілому вологі.

Аналіз якості зерна проводили у лабораторії генетики, біотехнології та якості зерна Інституту рослинництва імені В. Я. Юр'єва НААН.

Вміст білка в зерні визначали на приладі ІнфрАЛЮМ ФТ-10 (виробник – «Люмекс» (РФ)). Якість клейковини визначали індексом деформації клейковини (ІДК) за допомогою приладу ВДК-1 М. Показники оцінювали за шкалою: 0-15 – група III, незадовільна міцна; 20-40 – група II, задовільна міцна; 45-75 – група I, добра; 80-100 – група II, задовільна слабка; 105-120 – група III, незадовільна слабка.

Оцінювання екологічної пластичності та стабільності проводили за методикою Eberhart S.A. and Russel W.A. [5, с. 37, 35–122]. Згідно цієї методики, показником екологічної пластичності є  $bi$  – коефіцієнт регресії параметра на

індекс умов року. Як показник стабільності використано  $Sd$  – середньоквадратичне відхилення параметра від лінії регресії. Лінії, коефіцієнт регресії  $bi$  яких значно нижче одиниці, віднесено до нейтрального типу (з низькою екологічною пластичністю). Вони слабо реагують на вплив чинників середовища, не можуть досягати високих результатів, але за несприятливих умов у них менше знижуються показники. Лінії, коефіцієнт регресії яких значно вище одиниці, віднесено до інтенсивного типу, вони добре реагують на поліпшення умов вирощування, але за несприятливих умов у них різко знижується продуктивність. У ліній з коефіцієнтом регресії, що дорівнює або близький до одиниці (висока екологічна пластичність), мінливість показників відповідає мінливості умов середовища. На хорошому агрофоні вони високі, а на низькому – незначно знижуються. Нульове або близьке до нуля значення коефіцієнта регресії показує, що зразок не реагує на зміну середовища. Коефіцієнт стабільності  $Sd$  показує середньоквадратичне відхилення параметра від лінії регресії: чим воно менше, тим стабільнішим є сорт за відповідною ознакою.

**Результати дослідження та їх обговорення.** Вміст білка у зерні вивчених зразків змінювався у залежності від умов року (табл. 1).

## 1. Оцінки екологічної пластичності ( $b_i$ ) і стабільності ( $s_d$ ) ліній пшениці за вмістом білка у зерні

Назва лінії	Батьківська форма синтетика, № у колекції	Вміст білка в зерні, %					$\bar{X}_i$	$b_i$	$s_d$
		2015	2016	2017	2020				
ДК 3	IU13937	15,3	14,46	15,8	13,9	14,9	0,57	0,23	
ДК 4	IU13931	16,7	14,40	15,6	13,8	15,1	0,88	1,00	
ДК 7	IU13974	15,9	14,45	14,9	13,7	14,7	0,56	0,69	
ДК 21	IR00024	15,5	15,51	15,1	14,5	15,2	0,10	0,52	
ДК 22	IU13933	16,2	15,65	16,7	14,9	15,9	0,49	0,22	
ДК 23	IU13937	15,8	14,25	16,5	15,8	15,6	0,15	2,43	
ДК 25	IU13933	16,2	13,19	16,4	11,7	14,4	1,91	0,34	
ДК 26	IR00024	15,9	16,80	17,2	15,6	16,4	0,16	1,36	
ДК 27	IU13937	16,2	14,25	15,8	11,6	14,5	1,69	0,58	
ДК 29	IU13948	15,6	13,38	15,4	13,9	14,6	0,65	1,25	
ДК 30	IU13974	16,4	14,38	16,8	14,3	15,5	0,93	0,82	
ДК 33	IU13933	14,6	14,39	15,7	11,8	14,1	1,21	1,39	
ДК 37	IU13933	16,0	15,43	16,6	14,4	15,6	0,64	0,28	
ДК 39	IU13974	17,1	15,50	16,8	12,4	15,5	1,70	1,01	
ДК 44	IU13931	16,6	16,01	16,9	10,8	15,1	2,18	4,64	
ДК 47	IU13937	14,9	13,18	13,8	13,5	13,8	0,27	1,11	
ДК 48	IU13937	16,5	14,89	15,4	14,6	15,3	0,43	0,88	
ДК 49	IU13974	16,0	13,95	16,0	12,8	14,7	1,26	0,17	
ДК 50	IU13948	15,9	13,66	16,8	14,3	15,2	0,89	2,18	
ДКС 12	IU13993	14,0	13,7	15,2	12,6	13,9	0,71	0,74	
ДКС 13	IR00024	13,8	13,5	14,4	12,5	13,6	0,52	0,30	
ДКС 14	IU13993	14,5	12,2	13,5	11,1	12,8	1,13	0,75	
ДКС 15	IU13948	13,8	11,9	14,0	12,2	13,0	0,70	0,90	
ДКС 16	IU13931	15,4	15,6	15,8	14,0	15,2	0,44	0,72	
ДКС 17	IU13931	15,1	14,8	16,3	13,0	14,8	0,97	0,94	
ДКС 18	IU13993	15,9	15,4	14,9	13,6	15,0	0,50	1,38	
ДКС 19	IU13948	16,2	14,9	16,1	13,7	15,2	0,88	0,14	
ДКС 20	IU13931	14,7	14,5	15,2	13,4	14,5	0,48	0,32	
ДКС 21	IR00024	14,4	13,8	15,0	13,4	14,2	0,43	0,28	
Харківська 26		16,0	13,77	15,6	13,0	14,6	1,10	0,42	
$\bar{X}_j$		15,6	14,4	15,7	13,3	14,8			
$I_j$		<b>0,82</b>	<b>-0,38</b>	<b>0,92</b>	<b>-1,41</b>				
НІР <sub>05</sub> для чинника 1 - генотипи						<b>0,4</b>			
НІР <sub>05</sub> для чинника 2 – рік						1,3			
НІР <sub>05</sub> для взаємодії чинників						0,6			

У відповідності до індексу умов року  $I_j$ , сприятливими для прояву ознаки були 2017 і 2015, які характеризувались меншою кількістю опадів у період досягання зерна; несприятливим був 2020 р. – найбільш зволожений; проміжним був 2016 р.

Середній показник рекурентного сорту Харківська 26 становив 14,6 %. Найвищим вмістом білка характеризувались лінії ДК 26 і ДК 22 відповідно 16,4 % і 15,9 %. Перевищили рекурентний сорт також лінії: ДК 4, ДК 21, ДК 23, ДК 30, ДК 37, ДК 39, ДК 44, ДК 48, ДК 50, ДКС 16, ДКС 18, ДКС 19. Найнижчою білковістю відзначились лінії ДКС 14 і ДКС 15 – відповідно 12,8 % і 13,0 %.

Порівняно високими показниками реакції на умови року – пластичності ( $b_i$  від 1,69 до 2,18) характеризувались ДК 25, ДК-27, ДК 39, ДК 44. З них більш стабільними за проявом ознаки є ДК 25 і ДК-27:  $s_d$  становить відповідно 0,34 та 0,58.

Більш сприятливими для накопичення клейковини, як і для вмісту білка, були 2015 і 2017 рр., несприятливим – 2016 р. (табл. 2). Найвищим вмістом сирого клейковини – від 30,5 % до 34,3 % – відзначились лінії ДК 21, ДК 22, ДК 26, ДК 39, ДКС 16, ДКС 17, ДКС 19 за середнього показника сорту Харківська 26 –

27,5 %. З них ДК 21, ДК 22, ДК 26, ДКС 16, ДКС 19 були також високобілковими.

Реакція на умови року більшості зразків характеризувалася коефіцієнтом регресії  $b_i$  від 0,8 до 1,6 за показника Харківської 26 1,5. Найбільше варіювання показала лінія ДК 7. Поєднання реакції на умови року зі стабільним проявом ознаки показали ДК 22 та ДКС 19: відповідно  $b_i$  становив 1,1 та 1,4,  $s_d$  – 0,00 та 0,01. Вміст білка мав позитивний середній зв'язок з вмістом клейковини:  $r=0.54$ .

За якістю клейковини до першої – найкращої групи віднесено 12 ліній (табл. 3). Більшість ліній, як і сорт Харківська 26, належало до II групи – задовільно слабкої. Із зразків I групи лінії ДК 47, ДКС 12, ДКС 13, ДКС 18 біли більш стабільні за цією ознакою порівняно з іншими. Лінії ДК 21, ДКС 16, ДКС 18, окрім якості клейковини, виділились також за вмістом білка та клейковини; лінії ДК 23 та ДК 30 – за вмістом білка; ДКС 17, ДКС 20 – за вмістом клейковини.

Аналіз родоводів показує, що поміж ліній, виділених за кожною з трьох ознак, є потомки всіх синтетиків. Отже, для покращення показників якості зерна перспективним є залучення синтетиків як таких.

## 2. Оцінки екологічної пластичності ( $b_i$ ) і стабільності ( $s_d$ ) ліній пшениці за вмістом клейковини

Назва лінії	Батьківська форма синтетика, № у колекції	Вміст клейковини в зерні				$b_i$	$s_d$
		2015	2016	2017	$\bar{X}_i$		
ДК 3	IU13937	30,4	25,0	26,4	27,3	1,5	2,27
ДК 4	IU13931	26,8	24,1	30,4	27,1	1,1	13,19
ДК 7	IU13974	33,2	25,5	27,6	28,8	2,1	5,70
ДК 21	IR00024	33,2	34	35,8	34,3	-0,1	3,50
ДК 22	IU13933	35,2	31,6	34	33,6	1,1	0,00
ДК 23	IU13937	29,6	26,4	26,4	27,5	0,8	2,87
ДК 25	IU13933	27,2	25,4	30	27,5	0,7	7,52
ДК 26	IR00024	32,8	27,6	34,2	31,5	1,8	6,51
ДК 27	IU13937	28,8	25	30,8	28,2	1,3	7,01
ДК 29	IU13948	26,8	23,1	25,6	25,2	1,1	0,01
ДК 30	IU13974	30,4	26,8	27,6	28,3	1,0	1,60
ДК 33	IU13933	31,6	26,1	28,8	28,8	1,6	0,55
ДК 37	IU13933	31,2	25,4	26,8	27,8	1,6	3,78
ДК 39	IU13974	32,4	29,5	29,6	30,5	0,8	2,11
ДК 44	IU13931	32,4	30,1	27,2	29,9	0,4	12,57
ДК 47	IU13937	26,8	24,6	23,6	25,0	0,5	3,87
ДК 48	IU13937	31,2	28	27,6	28,9	0,8	4,06
ДК 49	IU13974	30,8	25,5	28,6	28,3	1,6	0,10
ДК 50	IU13948	30,8	25,9	26	27,6	1,3	6,31
ДКС 12	IU13993	27,7	26,8	31,4	28,6	0,5	10,36
ДКС 13	IR00024	28,1	26	30,8	28,3	0,8	7,53
ДКС 14	IU13993	29,6	25,4	28	27,7	1,2	0,02
ДКС 15	IU13948	28	23,9	27,2	26,4	1,3	0,24
ДКС 16	IU13931	31,1	29,5	32,5	31,0	0,6	2,45
ДКС 17	IU13931	32,3	27,5	33,1	31,0	1,6	3,84
ДКС 18	IU13993	30,5	28,8	29,9	29,7	0,5	0,00
ДКС 19	IU13948	33,5	28,9	31,8	31,4	1,4	0,01
ДКС 20	IU13931	29,7	27,7	30,9	29,4	0,7	2,29
ДКС 21	IR00024	27,4	26,8	28,8	27,7	0,3	1,66
Харківська 26		28	28	26,4	27,5	1,5	2,27
$\bar{X}_j$		30,3	26,9	29,1	28,8		
$I_j$		1,49	-1,84	0,35			
НІР <sub>05</sub> для чинника 1 - генотипи					1,9		
НІР <sub>05</sub> для чинника 2 – рік					2,7		
НІР <sub>05</sub> для взаємодії чинників					0,9		

### 3. Оцінки екологічної пластичності ( $b_i$ ) і стабільності ( $s_d$ ) ліній пшениці за якістю клейковини

Назва лінії	Батьківська форма синтетика, № у колекції	Оцінка якості клейковини, одиниць ВДК				$b_i$	$s_d$	Група за якістю
		2015	2016	2017	$\bar{X}_i$			
ДК 3	IU13937	60	100	80	80	1,9	218,7	П
ДК 4	IU13931	70	90	85	81,7	0,7	95,3	П
ДК 7	IU13974	80	95	78	84,3	1,2	1,1	П
ДК 21	IR00024	75	70	60	68,3	0,4	60,4	I
ДК 22	IU13933	75	90	85	83,3	0,6	44,5	П
ДК 23	IU13937	60	95	75	76,7	1,8	139,2	I
ДК 25	IU13933	90	95	85	90,0	0,6	2,9	П
ДК 26	IR00024	79	95	80	84,7	1,1	7,0	П
ДК 27	IU13937	105	95	75	91,7	0,8	238,3	П
ДК 29	IU13948	80	90	75	81,7	1,0	1,0	П
ДК 30	IU13974	65	100	70	78,3	2,3	49,5	I
ДК 33	IU13933	80	100	75	85,0	1,7	0,1	П
ДК 37	IU13933	95	95	85	91,7	0,5	22,0	П
ДК 39	IU13974	75	80	80	78,3	0,1	8,8	П
ДК 44	IU13931	80	100	85	88,3	1,2	25,0	П
ДК 47	IU13937	70	85	65	73,3	1,4	0,1	I
ДК 48	IU13937	85	95	75	85,0	1,3	11,3	П
ДК 49	IU13974	95	100	85	93,3	0,9	16,6	П
ДК 50	IU13948	80	100	75	85,0	1,7	0,1	П
ДКС 12	IU13993	70	75	65	70,0	0,6	2,9	I
ДКС 13	IR00024	75	80	70	75,0	0,6	2,9	I
ДКС 14	IU13993	80	75	60	71,7	0,7	101,1	I
ДКС 15	IU13948	75	75	65	71,7	0,5	21,9	I
ДКС 16	IU13931	80	75	70	75,0	0,1	29,1	I
ДКС 17	IU13931	75	85	60	73,3	1,5	33,0	I
ДКС 18	IU13993	75	80	70	75,0	0,6	2,9	I
ДКС 19	IU13948	80	85	70	78,3	0,9	16,6	П
ДКС 20	IU13931	70	75	60	68,3	0,9	16,6	I
ДКС 21	IR00024	85	90	80	85,0	0,6	2,9	П
Харківська 26		60	90	85	78,3	1,0	248,0	П
$\bar{X}_j$		77,2	88,5	74,0	79,9			
$I_j$		-2,7	8,6	-5,9				
НІР <sub>05</sub> для чинника 1 - генотипи					3,8			
НІР <sub>05</sub> для чинника 2 – рік					4,2			
НІР <sub>05</sub> для взаємодії чинників					2,3			

В умовах виробництва проблема отримання високоякісного зерна пшениці ускладнюється впливом несприятливих ґрунтово-кліматичних умов. Мінливість показника вмісту сирої клейковини в зерні пшениці, пов'язана з умовами вирощування, що часто перекриває міжсортіві відмінності. Посушливі умови або достатнє зволоження (але не надлишкове) в період формування і наливу зерна сприяють підвищеному накопиченню клейковинних білків. Якість клейковини більшості вирощуваних сортів пшениці також зазнає мінливості під впливом умов вирощування: може переходити з І групи в II, III, і навпаки. Формуванню клейковини хорошої якості сприяють дефіцит вологи і помірно високі температури в період наливу зерна пшениці [18, с. 1-4].

Більшість дослідників вважає, що посушливі умови і підвищені температури в період після зав'язування зерна є сприятливими для формування високого вмісту клейковини і білка [19, с. 14-20; 20, с. 123–125]. Підвищення вологості повітря спричиняло зниження якості клейковини, але не у всіх сортів [21, с. 3–15]. Встановлено достовірний вплив на вміст білка та клейковини суми температур усього вегетаційного періоду і його генеративної фази. На величину показника ВДК впливають 16 погодних факторів, включаючи вологість повітря у період наливу й

достигання зерна, опади за вегетацію та її другу половину, сума температур за вегетацію та її першу половину та ін. [22, с. 22–24]

У наших дослідах вміст білка та клейковини у більшості ліній був вище у більш посушливі роки – 2015 та 2017. У ці ж роки показник ВДК був, як правило, нижчим, отже ближчим до більш якісного.

Хоча на вміст білка і клейковини, як і на показники якості клейковини, впливає багато чинників, проте вміст білка і клейковини в зерні в більшій мірі залежать від умов вирощування, а якість клейковини – від генотипу [20, с. 123–125; 23, с. 58-61]. Взаємодія цих чинників також істотно впливає на варіювання зазначених ознак, але його внесок, як правило, менше, ніж у складових [24, с. 123–125; 25, с. 3054–3062]

Вивчені нами генотипи відрізнялись за показниками якості зерна, і вдалось виділити лінії зі стабільним проявом цих ознак, які перевищували рекурентний сорт Харківська 26.

Слід зазначити, що параметри, за якими виділено лінії, відповідають хлібопекарським властивостям зерна. Зразки з низьким вмістом білка та слабкою клейковиною можуть бути цінними для виготовлення інших продуктів – печива, лавашів тощо.

Таким чином, результати наших досліджень довели перспективність використання синтетиків як джерел

покращення якості зерна у селекції ярої м'якої пшениці.

### Висновки і перспективи.

Шляхом гібридизації синтетиків – амфідиплоїдів тетраплоїдних пшениць з *Aegilops tauschii* Coss. (геном ABD, 2n=42) з сортом пшениці м'якої Харківська 26 з наступними бекросами пшеницею та самозапиленням одержано інтрогресивні лінії з покращеними

показниками якості зерна – вмісту білка, вмісту клейковини та її якості, їх реакцією на умови вирощування та стабільністю прояву ознак.

Лінії ДК 21, ДКС 16, ДКС 18 виділились за вмістом білка і клейковини та ІДК; лінії ДК 23 та ДК 30 – за вмістом білка та ІДК; ДКС 17, ДКС 20 – за вмістом клейковини та ІДК.

### Список використаних джерел

1. Жученко А. А. Ресурсний потенціал виробництва зерна в Росії (теорія і практика). М.:ООО «Издательство Агрорус», 2004. 1109 с.

2. Нетевич Э. Д. Урожай и качество зерна яровой пшеницы, выращенной в условиях Центрального региона России. Доклады РАСХН. 1997. № 4. С.3 - 4.

3. Lopes M. S. & Reynolds M. P. Drought adaptive traits and wide adaptation in elite lines derived from resynthesized hexaploid wheat. *Crop Sci.* 2011. 51. 1617–1626.

4. Ogbonnaya F. C. et al. Synthetic hexaploids: harnessing species of the primary gene pool for wheat improvement. *Plant Breed. Rev.* 2013. 37. 35–122.

5. Das M. K., Bai G., Mujeeb-Kazi A. & Rajaram S. Genetic diversity among synthetic hexaploid wheat accessions (*Triticum aestivum*) with resistance to several fungal diseases. *Genet. Resour. Crop Evol.* 2016. 63, 1285–1296.

6. Yang W. et al. Synthetic hexaploid wheat and its utilization for wheat genetic improvement in China. *J. Genet. Genomics.* 2009. 36. 539–546 pmid:19782955.

7. Li J. et al. Identification of a high-yield introgression locus in Chuanmai 42 inherited from synthetic hexaploid wheat. *Acta Agron. Sin.* 2011. 37. 255–262.

8. Lillemo M., Chen F., Xia X. C., William M., Pena R.J., Trethowan R.M., and He Z. H. Puroindoline grain hardness alleles in CIMMYT bread wheat germplasm. *J. Cereal Sci.* 2006. 44:86–92

9. William M., Peña R. J., and Mujeeb-Kazi A. Seed protein and isozyme variations in *Triticum tauschii* (*Aegilops squarrosa*). *Theor. Appl. Genet.* 1993. 87:257–263.;

10. Peña R.J., Zarco-Hernandez J., Mujeeb-Kazi A. Glutenin subunit compositions and bread-making quality characteristics of synthetic hexaploid wheats derived from *Triticum turgidum* × *Triticum tauschii* (Coss.) Schmal crosses. *J. Cereal Sci.* 1995. 21:15–23.;

11. Pfluger L.A., D'Ovidio R., Margiotta B., Pena R., Mujeeb-Kazi A., and Lafiandra D. Characterisation of high- and low-molecular weight glutenin subunits associated to the D genome of *Aegilops tauschii* in a collection of synthetic hexaploid wheats. *Theor. Appl. Genet.* 2001. 103:1293–1301.

12. Peña R. J., Zarco-Hernandez J., and Mujeeb-Kazi A.. Glutenin subunit compositions and bread-making quality characteristics of synthetic hexaploid wheats derived from *Triticum turgidum* × *Triticum tauschii* (Coss.) Schmal crosses. *J. Cereal Sci.* 1995. 21:15–23. [https://doi.org/10.1016/S0733-5210\(95\)80004-2](https://doi.org/10.1016/S0733-5210(95)80004-2) Get rights and content

13. Nelson J.C., Andreescu C., Breseghello F., Finney P.L., Gualberto D.G., Bergman C.J., Pena R.J., Perretant M.R., Leroy P., Qualset C.O., and Sorrells M.E. Quantitative trait locus analysis of wheat quality traits. *Euphytica.* 2006. 149:145–159. DOI: 10.1007/s10681-005-9062-7

14. Lage J., Skovmand B., Peña, R.J. et al. Grain Quality of Emmer Wheat Derived Synthetic Hexaploid Wheats. *Genet Resour*

Докукіна К. І., Білінська О. В., Шелякіна Т. А., Буряк Л. І., Гльченко Н. К.

Crop Evol. 2006. 53. 955–962.  
<https://doi.org/10.1007/s10722-004-7066-0>.

15. Ram S., Tyagi B. S., Mishra B. Evaluation and utility of synthetic hexaploids in the improvement of wheat grain quality. *Indian J. Genet.* 2007. 67(3): 243-247

16. Trethowan R., Van Ginkel M. Synthetic wheat: an emerging genetic resource. In: B. Carver (ed.) *Wheat science and trade*. Wiley-Blackwell, Ames, IA. 2009 p. 369-385. DOI: 10.1002/9780813818832.ch16.

17. Bibi A., Rasheed A., Kazi A. G., Mahmood T., Ajmal S., Ahmed I., Mujeeb-Kazi A. *Plant Genetic Resources*, Volume 10 (1), 2012, P. 1–4.  
<https://doi.org/10.1017/S1479262111000888>

18. Захарова Н. Н., Захаров Н. Г., Гаранин М. Н. Формирование качества зерна озимой и яровой мягкой пшеницы в условиях лесостепи Среднего Поволжья. *Вестник Ульяновской сельскохозяйственной академии*. 2016. № 1 (33). С. 14-20. 10.18286/1816-4501-2016-1-14-20. URL: <http://www.agriscience.ru/pdf/1816-4501/2016/1/14-20.pdf> Доступ 29.05.2021.

19. Колмаков Ю.В., Зелова Л.А. Зависимость качества зерна от температуры и осадков периода вегетации. Научное обеспечение производства конкурентоспособной продукции сельского хозяйства: Сб. науч. тр., посвященный 80-летию со дня основания Карабалыкской СХОС. Научный, 2009. С. 123–125.

20. Шиятый Е.И., Пуалаккайнан Л.А. Качество зерна яровых культур и адаптация агротехнологий к почвенно-климатическим условиям. *Сельскохозяйственная биология*. 2008. №1. С. 3–15.

21. Бебякин В.М., Кулеватова Т.Б., Кибкало И.А. Оценка качества зерна яровой мягкой пшеницы в процессе селекции. *Аграрная наука*. 2012. №14. С. 22–24.

22. Розова М.А., Мухин В.Н. Влияние погодных условий на содержание в зерне яровой твердой пшеницы белка, клейковины и ее качество в условиях Приобской лесостепи Алтай края. *Достижения науки и техники АПК*. 2015. Т. 29. № 8. С. 58-61.

23. Колмаков Ю.В., Зелова Л.А. Зависимость качества зерна от температуры и осадков периода вегетации. Научное обеспечение производства конкурентоспособной продукции сельского хозяйства: Сб. науч. тр., посвященный 80-летию со дня основания Карабалыкской СХОС. Научный, 2009. С. 123–125.

24. Taghouti M., Gaboun F., Nsarellah N., Rhrib R., El-Haila M., Kamar M., Abbad Andaloussi F. and Udupa S. M. Genotype x Environment interaction for quality traits in durum wheat cultivars adapted to different environments. *African Journal of Biotechnology*. 2010. V. 9 (21). P. 3054–3062.

25. Zečević V., Bošković J., Knežević D., Mićanović D. and Madić M. Ecological and genetic variability of wheat quality components. *Kragujevac J. Sci.* 2010. №32. P.89–94.

## References

1. Zhuchenko, A.A. (2004). *Resursnyiy potentsial proizvodstva zerna v Rossii (teoriya i praktika)*. M.:OOO «Izdatelstvo Agrorus». 1109.

2. Nettevich, E. D. (1997). *Urozhay i kachestvo zerna yarovoy pshenitsyi, vyiraschennoy v usloviyah Tsentralnogo regiona Rossii. Doklady RASHN. # 4. S.3-4.*

3. Lopes, M. S. & Reynolds, M. P. (2011). Drought adaptive traits and wide adaptation in elite lines derived from resynthesized hexaploid wheat. *Crop Sci.* 51, 1617–1626.

4. Ogonnaya, F. C. et al. (2013). Synthetic hexaploids: harnessing species of the primary gene pool for wheat improvement. *Plant Breed. Rev.* 37, 35–122.

5. Das M. K., Bai G., Mujeeb-Kazi A. & Rajaram S. (2016). Genetic diversity among synthetic hexaploid wheat accessions (*Triticum aestivum*) with resistance to several fungal diseases. *Genet. Resour. Crop Evol.* 63, 1285–1296.

6. Yang, W. et al. (2009). Synthetic hexaploid wheat and its utilization for wheat genetic improvement in China. *J. Genet. Genomics.* 36, 539–546 pmid:19782955.

7. Li J. et al. (2011). Identification of a high-yield introgression locus in Chuanmai 42 inherited from synthetic hexaploid wheat. *Acta Agron. Sin.* 37, 255–262.

8. Lillemo M., Chen F., Xia X. C., William M., Pena R. J., Trethowan R. M., and He Z. H. (2006). Puroindoline grain hardness alleles in CIMMYT bread wheat germplasm. *J. Cereal Sci.* 44:86–92
9. William, M., Peña R.J., and Mujeeb-Kazi A. (1993). Seed protein and isozyme variations in *Triticum tauschii* (*Aegilops squarrosa*). *Theor. Appl. Genet.* 87:257–263.
10. Peña, R.J., Zarco-Hernandez J., and Mujeeb-Kazi A. (1995). Glutenin subunit compositions and bread-making quality characteristics of synthetic hexaploid wheats derived from *Triticum turgidum* × *Triticum tauschii* (Coss.) Schmal crosses. *J. Cereal Sci.* 21:15–23.;
11. Pfluger, L. A., D'Ovidio R., Margiotta B., Pena R., Mujeeb-Kazi A., and Lafiandra D. (2001). Characterisation of high- and low-molecular weight glutenin subunits associated to the D genome of *Aegilops tauschii* in a collection of synthetic hexaploid wheats. *Theor. Appl. Genet.* 103:1293–1301.
12. Peña R.J., Zarco-Hernandez J., and Mujeeb-Kazi A. (1995). Glutenin subunit compositions and bread-making quality characteristics of synthetic hexaploid wheats derived from *Triticum turgidum* × *Triticum tauschii* (Coss.) Schmal crosses. *J. Cereal Sci.* 21:15–23. [https://doi.org/10.1016/S0733-5210\(95\)80004-2](https://doi.org/10.1016/S0733-5210(95)80004-2) Get rights and content
13. Nelson, J.C., C. Andreescu, F. Breseghello, P.L. Finney, D.G. Gualberto, C.J. Bergman, R.J. Pena, M.R. Perretant, P. Leroy, C.O. Qualset, and M.E. Sorrells. (2006). Quantitative trait locus analysis of wheat quality traits. *Euphytica* 149:145–159. [10.1007/s10681-005-9062-7](https://doi.org/10.1007/s10681-005-9062-7)
14. Lage, J., Skovmand, B., Peña, R.J. *et al.* (2006). Grain Quality of Emmer Wheat Derived Synthetic Hexaploid Wheats. *Genet Resour Crop Evol* 53, 955–962 <https://doi.org/10.1007/s10722-004-7066-0>.
15. Ram S., Tyagi B.S., Mishra B. (2007). Evaluation and utility of synthetic hexaploids in the improvement of wheat grain quality. *Indian J. Genet.*, 67(3): 243-247
16. Trethowan R., Van Ginkel M. (2009). Synthetic wheat: an emerging genetic resource. In: B. Carver (ed.) *Wheat science and trade*. Wiley-Blackwell, Ames, IA. p. 369-385. DOI: [10.1002/9780813818832.ch16](https://doi.org/10.1002/9780813818832.ch16).
17. Bibi A., Rasheed A., Kazi A.G., Mahmood T., Ajmal S., Ahmed I., Mujeeb-Kazi A. (2012). *Plant Genetic Resources*, Volume 10 (1), P. 1 – 4. <https://doi.org/10.1017/S1479262111000888>
18. Zaharova N. N., Zaharov N. G., Garanin M. N. (2016). Formirovanie kachestva zerna ozimoy i yarovoy myagkoy pshenitsyi v usloviyah lesostepi Srednego Povolzhya Vestnik Ulyanovskoy selskohozyaystvennoy akademii. # 1 (33). S. 14-20. [10.18286/1816-4501-2016-1-14-20](https://doi.org/10.18286/1816-4501-2016-1-14-20). URL: <http://www.agricscience.ru/pdf/1816-4501/2016/1/14-20.pdf> Dostup 29.05.2021.
19. Kolmakov Yu. V., Zelova L. A. (2009). Zavisimost kachestva zerna ot temperaturyi i osadkov perioda vegetatsii. Nauchnoe obespechenie proizvodstva konkurentosposobnoy produktsii selskogo hozyaystva: Sb. nauch. tr., posvyaschennyiy 80-letiyu so dnya osnovaniya Karabalyikskoy SHOS. Nauchnyiy, S. 123–125.
20. Shiyatyiy E. I., Pualakkaynan L. A. (2008). Kachestvo zerna yarovyih kultur i adaptatsiya agrotehnologiy k pochvenno-klimaticheskim usloviyam. Selskohozyaystvennaya biologiya. № 1. S. 3–15.
21. Bebyakin V. M., Kulevatova T. B., Kibkalo I. A. (2012). Otsenka kachestva zerna yarovoy myagkoy pshenitsyi v protsesse selektsii. *Agrarnaya nauka*. № 14. S. 22–24.
22. Rozova M. A., Muhin V. N. (2015). Vliyanie pogodnyih usloviy na sodержanie v zerne yarovoy tverdoy pshenitsyi belka, kleykoviny i ee kachestvo v usloviyah Priobskoy lesostepi Altay kraya. *Dostizheniya nauki i tehniki APK*. T. 29. № 8. S. 58-61.
23. Kolmakov Yu.V., Zelova L.A. (2009). Zavisimost kachestva zerna ot temperaturyi i osadkov perioda vegetatsii. Nauchnoe obespechenie proizvodstva konkurentosposobnoy produktsii selskogo hozyaystva: Sb. nauch. tr., posvyaschennyiy 80-letiyu so dnya osnovaniya Karabalyikskoy SHOS. Nauchnyiy, P. 123–125.
24. Taghouti1 M., Gaboun F., Nsarellah N., Rhrib1 R., El-Haila1 M., Kamar M., Abbad Andaloussi F. and Udupa S. M. (2010). Genotype x Environment interaction for quality traits in durum wheat cultivars adapted to

Докукіна К. І., Білінська О. В., Шелякіна Т. А., Буряк Л. І., Ільченко Н. К.

different environments. African Journal of Biotechnology. V. 9 (21). P. 3054–3062.

25. Zečević V., Bošković J., Knežević D., Mićanović D. and Madić M. (2010).

Ecological and genetic variability of wheat quality components. Kragujevac J. Sci. № 32. P.89–94.

## КАЧЕСТВО ЗЕРНА ГИБРИДНЫХ ЛИНИЙ ПШЕНИЦЫ МЯГКОЙ ЯРОВОЙ - ПОТОМКИ ГИБРИДОВ СИНТЕТИКИ С СОРТАМИ ХАРЬКОВСКАЯ 26

К. И. Докукина, А. В. Белинская, Т. А. Шелякина, Л. И. Буряк, Н. К. Ильченко

**Аннотация.** Проблема селекционного улучшения пшеницы по признакам качества зерна является в настоящее время актуальной. Одним из генетических источников улучшения качества зерна являются амфидиплоиды, полученные путем гибридизации тетраплоидных видов пшеницы с диким родственным видом *Aegilops tauschii* Coss. (в мировой литературе сейчас обозначаются как синтетики или синтетические гексаплоиды - SH). Целью исследования было оценить показатели качества зерна 29 интрогрессивных линий, полученных путем гибридизации синтетических гексаплоидов *Triticum durum* Desf. – *Aegilops tauschii* Coss. и *T. persicum* – *Ae. tauschii* с сортом пшеницы мягкой яровой Харьковская 26. Анализировали содержание белка, содержание клейковины, качество клейковины по ИДК в зерне, выращенном в разные по погодным условиям годы - 2015, 2016, 2017, а содержание белка также в 2020 г. Анализ качества зерна проводили в лаборатории генетики, биотехнологии и качества зерна Института растениеводства имени В.Я. Юрьева НААН. Содержание белка в зерне определяли на приборе ИнфраЛЮМ ФТ-10. Качество клейковины определяли с помощью прибора ИДК-1 М. Оценку экологической пластичности и стабильности проводили по методике Eberhart S.A. and Russel W.A. (1966). Выделены интрогрессивные линии с улучшенными показателями содержания белка в зерне, содержания клейковины и ее качества по ИДК, их реакции на условия выращивания и стабильности проявления признаков. Линии ДК 21 ДКС 16 ДКС 18 выделились по содержанию белка и клейковины и ИДК; линии ГК 23 и ГК 30 - по содержанию белка и ИДК; ДКС 17 ДКС 20 - по содержанию клейковины и ИДК. Сделан вывод о перспективности использования синтетиков как источников признаков для улучшения качества зерна пшеницы. Выделенные линии должны быть использованы в качестве источников признаков качества зерна для селекции, а также материала для испытания на продуктивность с целью включения лучших из них в питомники сортоиспытаний. Образцы с низким содержанием белка и слабой клейковиной могут быть ценными для изготовления специфических продуктов - печенья, лавашей и тому подобного.

**Ключевые слова:** пшеница, синтетики, интрогрессивные линии, зерно, содержание белка, содержание клейковины, ИДК, экологическая пластичность, стабильность

## GRAIN QUALITY OF BREAD SPRING WHEAT HYBRID LINES - DESCENDANTS OF HYBRIDS OF SYNTHETICS WITH THE VARIETY KHARKIVSKA 26

**K. I. Dokukina, A. V. Belinskaya, T. A. Shelyakin, L. I. Buriak, N. K. Ilchenko**

**Abstract.** *The problem of selection improvement of wheat in terms of grain quality is currently relevant. One of the genetic sources for improving grain quality are amphidiploids obtained by hybridizing tetraploid wheat species with the wild related species *Aegilops tauschii* Coss. (in the world literature they are now referred to as synthetics or synthetic hexaploids - SH). The purpose of the study was to evaluate the grain quality indicators of 29 introgression lines obtained by hybridization of synthetic hexaploids *Triticum durum* Desf. – *Aegilops tauschii* Coss. and *T.persicum* Vav. – *Ae.tauschii* with bread spring wheat variety Kharkivska 26. Protein content, gluten content, gluten quality according to gluten deformation index (GDI) in grain grown in different weather conditions – 2015, 2016, 2017, and protein content also in 2020, were analyzed. The analysis of grain quality was carried out in the Laboratory of genetics, biotechnology and grain quality of the Plant Production Institute named after V.Ya. Yuriev of NAAS. The protein content in the grain was determined using an InfraLUM FT-10 device. The gluten quality was determined using an IDK-1 M device. Evaluation of ecological plasticity and stability was carried out according to the method of Eberhart S.A. and Russel W.A. (1966). Introgression lines with improved indicators of protein content in grain, gluten content and its quality according to GDI, their response to growing conditions and stability of the traits were identified. The lines DK 21, DKS 16, DKS 18 were distinguished by the content of protein and gluten and GDI; lines GK 23 and GK 30 - by protein content and GDI; DKS 17, DKS 20 - according to the gluten content and GDI. It is concluded that the use of synthetics is promising as a source of traits for improving the wheat grain quality. The selected lines should be used as sources of grain quality traits for breeding, as well as material for productivity testing in order to include the best of them in variety testing nurseries. The lines with low protein content and weak gluten can be valuable for making specific products - biscuits, pita bread and the like.*

**Key words:** *wheat, synthetics, introgression lines, grain, protein content, gluten content, GDI, ecological plasticity, stability*