

УДК 576.315:575.222.73:633.1

Т. Г. Трочинська, фахівець I категорії

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, кафедра генетики і молекулярної біології, вул. Дворянська, 2, Одеса, 65082, Україна

ЕКСПРЕСІЯ ТА КОРЕЛЯЦІЙНІ ЗВ'ЯЗКИ ЦИТОМЕТРИЧНИХ ОЗНАК КЛІТИН ЧОЛОВІЧИХ ГЕНЕРАТИВНИХ СТРУКТУР ПШЕНИЦІ, ЖИТА ТА ЇХ ГІБРИДІВ В ОНТОГЕНЕЗІ РОСЛИН

За допомогою комп'ютерної цитометрії визначено показники оптичної щільності ядерець і цитоплазми клітин чоловічих генеративних структур пшениці, жита та міжродових гібридів першого покоління за забарвлення на сумарний білок. Виявлено суттєвий видовий та сортовий поліморфізм у прояві досліджуваних кількісних ознак у батьківських форм. Встановлено наявність високого кореляційного зв'язку між вмістом білків у ядерці і цитоплазмі досліджуваних клітин усіх використаних злаків протягом мікроспорогенезу. Показано зміни кореляційних зв'язків між об'ємом ядерець і вмістом білків у ядерці і цитоплазмі в процесі мікроспорогенезу.

Ключові слова: мінливість, каріометричні ознаки, цитохімічні ознаки, кореляція, пшениця, жито, пшенично-житні гібриди.

Пшенично-житні гібриди в сучасній генетиці та селекції слугують вихідним матеріалом для отримання нових сортів тритикале та інтрогресивних ліній пшениці, а також використовуються як модельні об'єкти для вирішення численних проблем міжвидової гібридизації, включаючи вивчення причин безплідності міжвидових гібридів, їх генетичної нестабільності тощо.

Хоч лініям злаків, створеним після віддаленої гібридизації, присвячена значна кількість праць, проблеми успадковування морфометричних та цитохімічних ознак віддаленими гібридами та їх нащадками досліджені недостатньо [1, 2]. Слід наголосити на тому, що шляхи реалізації генетичної інформації за процесів розвитку і формування генеративних структур на клітинному рівні не з'ясовані зовсім [3]. До того ж, в літературі майже відсутня інформація про онтогенетичну мінливість цитометричних ознак клітин чоловічих та жіночих генеративних структур у злаків та їх міжвидових гібридів [4, 5].

Таким чином, визначення мінливості та взаємозв'язків кількісних ознак клітин генеративних структур важливих сільськогосподарських злаків та їх гібридів є цікавою та важливою генетичною проблемою. У зв'язку з цим метою даної роботи було дослідити рівень експресії каріометричних та цитохімічних ознак клітин чоловічих генеративних структур у мікроспорогенезі пшениці, жита та першого покоління пшенично-житних гібридів.

Матеріали та методи

Матеріалом досліджень були різновікові пиляки F_1 батьківських форм (пшениця, жито) та пшенично-житніх гібридів ($2n = 28$) від схрещування озимої м'якої пшениці сортів Безоста 1, Миронівська 808 ($2n = 42$) з житом сорту Харківське 60 ($2n = 14$). Міжродові гібриди F_1 були отримані автором самостійно. Для виготовлення постійних мікропрепаратів фіксовані за Карнуа та Навашиним пиляки доводили до парафіну за загальноприйнятою методикою [6], зрізи товщиною 10 мкм виготовляли на санному мікротомі. Препарати забарвлювали бромфеноловим синім по Мезіа [7]. Для кожної досліджуваної форми злаків аналізували пиляки від 10 рослин. Для кожної досліджуваної ознаки на кожному етапі мікроспорогенезу було проаналізовано по 100 клітин.

Препарати вивчали за допомогою світлового мікроскопу МБІ-3. Діаметри ядерць вимірювали гвинтовим окуляр-мікрометром МОВ — I — 15× при об'єктиві 40× і за допомогою комп'ютерної програми PhotoM 1.21 (© А. Черниговский, 2001; ІЕФБ ім. І. М. Сеченова РАН). Об'єм ядерць визначали в мкм³ за формулою: $V = \frac{4}{3}\pi \cdot a \cdot b^2$, де a — велика, b — маленька напіввісі.

Оптичну щільність вираховували за допомогою цитологічної комп'ютерної програми PhotoM 1.21 як середній десятичний логарифм відношення яскравості точки фону до яскравості точки об'єкта на фотографії постійного мікропрепарату (у. о.). За визначення оптичної щільності (далі ОЩ) ядерця розраховували середню оптичну щільність для всієї його площини. З метою отримання даного показника для цитоплазми фотометрували п'ять довільно вибраних ділянок у цитоплазмі кожної клітини. Результати лабораторних досліджень обробляли варіаційно-статистичними методами [8, 9]. Визначали середнє арифметичне \bar{x} та помилку середнього $S\bar{x}$, середнє квадратичне відхилення σ , для оцінки ступеня мінливості ознаки, коефіцієнт мінливості CV, який дозволило порівнювати між собою ступінь варіювання ознаки та є безрозмірною величиною. Рослини вирощували в однакових умовах, що дозволяє не враховувати вплив середовища на обрані ознаки. Статистичну обробку — однофакторний дисперсійний аналіз, розрахунок кореляційних зв'язків (r) — провадили загальноприйнятими методами [9].

За проведення досліджень цитохімічних кількісних ознак клітин найбільш доступним та таким, що себе виправдовує, є метод цитофотометрії. У загальному виді принципи цього методу не відрізняються від дуже поширеного методу фотометрії, але за його застосування потрібно враховувати наступні обставини.

Речовини та забарвлені комплекси у клітині не утворюють гомогенну фазу, як це властиво розчинам за звичайної фотометрії. Найчастіше вони локалізовані в окремих структурах, а іноді займають лише частину цієї структури, наприклад периферію. Крім того, ці речовини або комплекси в клітині можуть бути в повній мірі агреговані. Дуже важливим за проведення цитофотометрії є товщина шару, що пропускає світло. Нарешті, особливістю цього методу є те, що результати не мають абсолютних зна-

чень — їх не можна виразити як одиниці маси речовини на одну клітину. Найчастіше використовують умовні одиниці, такі як відсотки поглинання світла, екстинкція (логарифм величини, зворотної пропусканню світла та т. ін.). Все ж, незважаючи на такі обмеження, цитофотометрія дозволяє отримувати об'єктивні дані стосовно вмісту різноманітних речовин у компонентах клітин і набула значного поширення [10].

Результати та їх обговорення

Показники оптичної щільності цитоплазми та ядерця можуть розглядатися як кількісні ознаки, що відображають вміст сумарного білка у компонентах клітин [11, 12]. У наших дослідях, як вже зазначалося, використовувався середній десятичний логарифм відношення яскравості точки фону до яскравості точки об'єкту на фотографії постійного мікропрепарату. Кількісні показники вмісту білків в компонентах клітин генеративних структур злаків визначали в умовних одиницях оптичної щільності цитоплазми (ОЩЦ) та ядерця (ОЩЯ) після забарвлення бромфеноловим синім (табл. 1).

Таблиця 1

Вміст білка в ядерці і цитоплазмі клітин чоловічих генеративних структур пшениці, жита та F₁ пшенично-житніх гібридів, у. о. (2004 р.)

Етап мікроспорогенезу	Сорт, гібрид					
	Безоста 1	Миронівська 808	Харківське 60	(Безоста 1 × Харківське 60) F ₁	(Миронівська 808 × Харківське 60) F ₁	НІР ₀₅
Оптична щільність ядерця						
Спорогенна тканина	0,316	0,389	0,226	0,304	0,301	0,010
Профаза I мейозу	0,314	0,391	0,214	0,275	0,309	0,011
Мікроспори у тетраді	0,418	0,423	0,260	0,351	0,319	0,012
Невакуолізовані мікроспори	0,319	0,332	0,205	0,231	0,262	0,018
Вакуолізовані мікроспори	0,334	0,364	0,291	0,220	0,236	0,013
Оптична щільність цитоплазми						
Спорогенна тканина	0,189	0,228	0,157	0,187	0,198	0,006
Профаза I мейозу	0,180	0,187	0,156	0,174	0,175	0,012
Мікроспори у тетраді	0,261	0,210	0,175	0,213	0,210	0,011
Невакуолізовані мікроспори	0,201	0,206	0,142	0,118	0,131	0,014
Вакуолізовані мікроспори	0,191	0,196	0,186	0,124	0,116	0,013

На більшості стадій мікроспорогенезу між сортами пшениці, а також між гібридами спостерігались високовірогідні відмінності за рівнем вмісту білка в ядрцях і цитоплазмі. Є підстави стверджувати про суттєві міжродові відмінності: жито майже в усіх випадках виявляло достовірно нижчі значення цих показників, ніж клітини пшениці. Показники Cv для вмісту білка у ядрці і цитоплазмі (рис. 1) свідчать про досить значне варіювання цих ознак у клітинах рослин усіх досліджуваних злаків.

Показано, що для обох сортів пшениці (Безоста 1 та Миронівська 808) значення коефіцієнту мінливості щодо вмісту білків у ядрці і цитоплазмі на усіх етапах мікроспорогенезу були невисокими (16,7 — 26,3 %) порівняно з таким у жита Харківське 60 (23,0 — 43,0 %). Це свідчить про середній ступінь варіювання досліджуваних ознак у клітинах чоловічих генеративних структур пшениці і високий — у жита. Значення Cv для вмісту білка у ядрцях клітин пшенично-житніх гібридів на переважній більшості етапів займало проміжні значення між батьківськими формами, а для вмісту білка у цитоплазмі — перевищувало відповідні показники обох батьків.

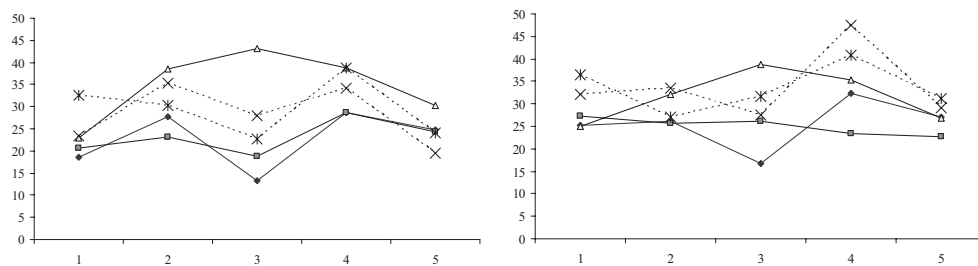


Рис. 1. Коефіцієнти мінливості вмісту білків у ядрці (а) та цитоплазмі (б) клітин чоловічих генеративних структур досліджуваних злаків. По вертикалі — Cv , %, по горизонталі — етапи спорогенезу: 1 — спорогенна тканина, 2 — профаза I мейозу, 3 — тетради мікроспор, 4 — вільні невакуолізовані і 5 — вільні вакуолізовані мікроспори

—◆— Безоста 1
 —■— Миронівська 808
 —▲— Харківське 60
 ...×... (Безоста 1 × Харківське 60) F1
 ...*... (Миронівська 808 × Харківське 60) F1

Однофакторний дисперсійний аналіз показав високосуттєві значення факторіальних дисперсій оптичної щільності ядрця і цитоплазми на всіх стадіях мікроспорогенезу і підтвердив високий рівень сортової генотипової мінливості за вмістом білків (табл. 2).

На протязі п'яти етапів мікроспорогенезу аналізували експресію та мінливість такої важливої кількісної ознаки як "об'єм ядрця". Середні показники об'ємів ядрця у пшениці, жита й пшенично-житніх гібридів F_1 наведено в табл. 3, а коефіцієнти мінливості для об'ємів ядрець протягом мікроспорогенезу — на рис. 2. Як видно з наведених у табл. 1 даних, існує значна різноманітність фенотипового прояву досліджуваних каріометрич-

них ознак, що є відображенням особливостей функціонування клітин на цьому важливому етапі онтогенезу.

Таблиця 2

Результати однофакторного дисперсійного аналізу ознаки “вміст білків” у компонентах клітин чоловічих генеративних структур пшениці, жита та пшенично-житніх гібридів F₁ (2004 р.)

Дисперсія	Число ступенів свободи	Оптична щільність ядерця		Оптична щільність цитоплазми	
		ms	F факт.	ms	F факт.
Спорогенна тканина (2 п)					
загальна	24				
повторень	4	0,00003	0,56	0,00010	5,05**
генотипів	4	0,01684	292,81**	0,00319	169,15**
випадкова	16	0,00006		0,00002	
Профаза 1 мейозу (2 п)					
загальна	24				
повторень	4	0,00022	3,24*	0,00009	1,12
генотипів	4	0,02083	305,38**	0,00065	7,76**
випадкова	16	0,00007		0,00008	
Тетради мікроспор (1 п)					
загальна	24				
повторень	4	0,00008	0,97	0,00001	0,10
генотипів	4	0,02362	287,19**	0,00460	70,41**
випадкова	16	0,00008		0,00007	
Невакуолізовані мікроспори (1 п)					
загальна	24				
повторень	4	0,00011	0,59	0,00021	1,98
генотипів	4	0,01516	83,91**	0,00846	79,21**
випадкова	16	0,00018		0,00011	
Вакуолізовані мікроспори (1 п)					
загальна	24				
повторень	4	0,00001	0,08	0,00005	0,52
генотипів	4	0,01900	206,82**	0,00771	83,61**
випадкова	16	0,00009		0,00009	

* — вірогідно за $P < 0,05$; ** — вірогідно за $P < 0,01$

У жита об’єм ядерець клітин спорогенної тканини в середньому в 2–2,5 рази менший, ніж у пшениці. При переході до профазі I об’єми ядерець клітин сортів пшениці підвищуються, але не так значно, як відповідні показники жита Харківське 60. На етапі тетрад мікроспор усім досліджуваним злкам властиві найнижчі в мікроспорогенезі показники об’ємів ядерець. Після вивільнення мікроспор із складу тетрад ядерця клітин батьківських сортів перевищували власні розміри у спорогенній тканині і профазі I у 3–4 рази. Така динаміка змін об’ємів ядерець добре узгоджується з наведеними у літературі даними про підвищення інтенсивності синтезу рРНК на стадіях вільних невакуолізованих і особливо вакуолізованих мікроспор [13, 14].

Що стосується пшенично-житніх гібридів, то їх мінливість за об’ємом ядерець нагадує варіювання за розміром ядра, але має свої особливості і

відрізняється від зазначеної мінливості батьківських форм (табл. 3). Максимальні значення об'єму ядерця у гібридів спостерігаються у профазі I. На стадії вакуолізованих мікроспор середні розміри ядерця, на відміну від батьківських сортів, у 2–2,5 рази менші, ніж у спорогенній тканині. Таким чином, стадії максимальної функціональної активності ядерця на етапах мікроспорогенезу у вихідних сортів злаків та у пшенично-житніх гібридів не співпадають: у сортів пшениці та жита це стадія вакуолізованих мікроспор, у гібридів — профазі I. Окрім того, у сортів і гібридів суттєво відрізняється інтенсивність функціонування ядерця на гаплоїдній стадії мікроспорогенезу: якщо судити про функціональну активність ядерця за їх розміром, то в сортів у гаплофазі вона була у 2–2,5 рази вищою, ніж у диплоїдній тканині, а у гібридів — навпаки. Внаслідок розбалансованості генетичного апарату мікроспори віддалених гібридів втрачають здатність до подальшого розвитку, що і позначається на об'ємах їх ядерця.

Таблиця 3

Мінливість кількісних каріометричних ознак клітин чоловічих генеративних структур протягом мікроспорогенезу (2004 р.)

Сорт, гібрид	Спорогенна тканина	Профаза I мейозу	Мікроспори в тетраді	Вільні мікроспори	
				невакуолізовані	вакуолізовані
Безоста 1	45,01	54,59	11,39	29,92	172,53
Миронівська 808	40,11	48,44	10,65	34,88	163,65
Харківське 60	21,39	35,48	9,93	17,88	54,01
(Безоста 1 × Харківське) 60 F ₁	35,88	43,23	9,97	14,85	14,68
(Миронівська 808 × Харківське 60) F ₁	33,55	37,13	9,71	16,86	13,17
НІР ₀₅	3,16	2,10	1,49	3,88	10,54

Необхідно звернути увагу на те, що у гібриду, отриманого за участю сорту Миронівська 808, спостерігається суттєве відставання темпів відновлення розміру ядерця у вакуолізованих мікроспорах. В той час, як у гібриду F₁ (Безоста 1 × Харківське 60) розмір ядерця у вакуолізованих мікроспорах зростав, у гібриду, отриманого за участю сорта пшениці Миронівська 808, він значно зменшувався (P<0,05). Ці дані підтверджені дослідженнями, проведеними в інші роки [15]. Це свідчить про те, що не тільки видові, а й сортові особливості геному виявляють значний вплив на діапазон мінливості каріометричних ознак міжвидових гібридів в процесі мікроспорогенезу.

Значення коефіцієнтів мінливості для ознаки “об'єм ядерця” клітин чоловічих генеративних структур досліджуваних злаків наведено на рис. 2.

Видно, що цій кількісній ознаці також властивий високий ступінь варіювання (> 25%). Проте при порівнянні між собою показників Cv потрібно враховувати одиниці розмірності досліджуваної ознаки: лінійні або об'ємні. Показано, що за лінійного вираження ознаки коефіцієнт мінливості виявляється приблизно у три рази меншим, ніж за кубічного вираження тієї ж ознаки [8]. Таким чином, з урахуванням цієї поправки,

можна стверджувати, що для об'ємів ядерця властивий менший ступінь варіювання, ніж для вмісту білків у ядерці і цитоплазмі.

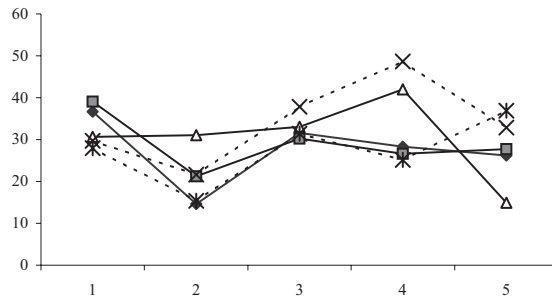


Рис. 2. Коефіцієнти мінливості (C_v) ознаки “об’єм ядерця” клітин чоловічих генеративних структур досліджуваних злаків протягом мікроспорогенезу. По вертикалі — C_v , %, по горизонталі — етапи спорогенезу: 1 — спорогенна тканина, 2 — профаза I мейозу, 3 — тетради мікроспор, 4 — вільні невакуолізовані і 5 — вільні вакуолізовані мікроспори

- ◆— Безоста 1
- ▲— Харківське 60
- Миронівська 808
- ×·· (Безоста 1 × Харківське) 60 F1
- *·· (Миронівська 808 × Харківське 60) F1

На переважній більшості етапів мікроспорогенезу значення C_v для об’ємів ядерця жита перевищував відповідні значення для сортів пшениці. Динаміка мінливості об’ємів ядерця гібриду F_1 (Безоста 1 × Харківське 60) була подібна до такої у батьківської форми — жита Харківське 60. У той же час для гібриду F_1 (Миронівська 808 × Харківське 60) показано подібність коефіцієнтів мінливості в процесі мікроспорогенезу до відповідних показників материнської форми — пшениці.

Відомо, що лабільність морфології та хімічних властивостей ядерця тісно пов’язані з головною його функцією — синтезом клітинної рРНК, функціонуванням білок-синтезуючої системи клітини. Ще у 1950 році було доведено [16] існування однієї з найважливіших функціональних особливостей ядерця — залежність між його об’ємом та концентрацією в ньому рРНК, з одного боку, та кількістю РНК й білка у цитоплазмі — з другого. Багаточисельні дослідження, проведені на клітинах як рослинного, так і тваринного походження, підтвердили цю інформацію [17, 18]. Більшість авторів узгоджується у думці про залежність наявних кореляційних зв’язків щодо вмісту та метаболізму нуклеїнових кислот та білків від індивідуальних, видових та інших особливостями досліджуваних об’єктів (клітин). З огляду на різноманітність та суперечність цих даних, ми вважали за доцільне дослідити наявність кореляційних зв’язків між цитохімічними і каріометричними ознаками в клітинах генеративних структур пшениці, жита та їх віддалених гібридів.

З метою визначення наявності кореляційних зв’язків між ознаками “об’єм ядерця” та “вміст білка” були визначені коефіцієнти кореляції та

детермінації для наступних пар показників “ОЩЯ — ОЩЦ” (табл. 4), “об’єм ядерця — ОЩЯ” (табл. 5) та “об’єм ядерця — ОЩЦ” (табл. 6).

У сортів пшениці та жита на всіх етапах мікроспорогенезу виявлені високі коефіцієнти кореляції ($r > 0,7 - 0,8$) для першої пари ознак — вмісту білка у ядерці та цитоплазмі (табл. 4). Особливо високі коефіцієнти кореляції (r) між даними ознаками досліджуваних злаків виявлені на стадії спорогенної тканини. На відміну від жита, коефіцієнти кореляції між вмістом білків у ядерці і цитоплазмі пшениці трохи зменшуються у профазі I мейозу, така ж динаміка властива і гібридам першого покоління.

Таблиця 4

Коефіцієнти кореляції та детермінації між показниками оптичної щільності ядерця та цитоплазми за забарвлення на білки (2004 р.)

Етап мікроспорогенезу	Сорт, гібрид				
	Безоста 1	Миронівська 808	Харківське 60	(Безоста 1 × Харківське 60) F ₁	(Миронівська 808 × Харківське 60) F ₁
Коефіцієнт кореляції (r)					
Спорогенна тканина	0,794**	0,779**	0,783**	0,784**	0,712**
Профаза I мейозу	0,759**	0,758**	0,807**	0,647**	0,664**
Мікроспори у тетраді	0,819**	0,740**	0,860**	0,680**	0,690**
Невакуолізовані мікроспори	0,806**	0,766**	0,816**	0,750**	0,786**
Вакуолізовані мікроспори	0,706**	0,764**	0,828**	0,560**	0,759**

* — вірогідно за $P < 0,05$; ** — вірогідно за $P < 0,01$

Дані про кореляційні зв’язки між об’ємом ядерця та вмістом білка наведені у табл. 5.

Аналіз отриманих даних свідчить про наявність середніх значень коефіцієнта кореляції ($r \geq 0,5 - 0,7$) між об’ємом ядерця та інтенсивністю його забарвлення на білки для клітин спорогенної тканини і мікроспор досліджуваних сортів пшениці і жита. Динаміка кореляційних зв’язків між досліджуваними ознаками у віддалених гібридів F₁ зовсім інша, ніж у сортів пшениці: у спорогенній тканині спостерігається середній рівень кореляції, а на всіх інших стадіях — низький або дуже низький ($r < 0,3$), а в деяких випадках навіть від’ємний.

Загальновідомо, що для кореляційних зв’язків властива значна залежність від генотипу та умов зовнішнього середовища [19]. Встановлено наявність змін кореляційних зв’язків між кількісними та якісними ознаками на протязі онтогенезу [20]. У наших дослідках показано, що динаміка кореляційних зв’язків між об’ємом ядерця і вмістом білка в цитоплазмі протягом мікроспорогенезу (табл. 6) дуже цікава.

У спорогенній тканині батьківських злаків коефіцієнт кореляції між ознаками “об’єм ядерця — вміст білка” мав середні значення ($r \geq 0,65 -$

0,71). На стадіях вільних мікроспор спостерігалось підвищення рівня зв'язку між ознаками “об’єм ядерця” — “білок цитоплазми” до рівня майже високого ($r > 0,66$ — $0,78$). У віддалених гібридів у цьому випадку, як і за інших пар ознак, тісні зв'язки спостерігалися тільки в спорогенній тканині. При переході клітин до мейотичного поділу кореляційні зв'язки значно слабшали і вже не відновлювалися.

Таблиця 5

Коефіцієнти кореляції та детермінації між показниками об’єму ядерця та оптичної щільності ядерця за забарвлення на білки (2004 р.)

Етап мікроспорогенезу	Сорт, гібрид				
	Безоста 1	Миронівська 808	Харківське 60	(Безоста 1 × Харківське 60) F ₁	(Миронівська 808 × Харківське 60) F ₁
Коефіцієнт кореляції (r)					
Спорогенна тканина	0,571**	0,522**	0,725**	0,500*	0,421*
Профаза I мейозу	0,347	0,332	0,575**	0,360	0,261
Мікроспори у тетраді	0,132	0,117	0,166	-0,270	-0,170
Невакуолізовані мікроспори	0,680**	0,746**	0,560**	0,142	0,299
Вакуолізовані мікроспори	0,582**	0,671**	0,708**	-0,151	-0,126

* — вірогідно за $P < 0,05$; ** — вірогідно за $P < 0,01$

Таблиця 6

Коефіцієнти кореляції та детермінації між показниками об’єму ядерця та оптичної щільності цитоплазми за забарвлення на білки (2004 р.)

Етап мікроспорогенезу	Сорт, гібрид				
	Безоста 1	Миронівська 808	Харківське 60	(Безоста 1 × Харківське 60) F ₁	(Миронівська 808 × Харківське 60) F ₁
Коефіцієнт кореляції (r)					
Спорогенна тканина	0,657**	0,676**	0,710**	0,660**	0,720**
Профаза I мейозу	0,340	0,312	0,662**	0,463*	0,332
Мікроспори у тетраді	0,071	0,102	0,245	-0,294	-0,238
Невакуолізовані мікроспори	0,692**	0,780**	0,782**	0,158	0,355
Вакуолізовані мікроспори	0,675**	0,710**	0,733**	-0,188	-0,374

* — вірогідно за $P < 0,05$; ** — вірогідно за $P < 0,01$

Таким чином, виявлення кореляційної залежності між вмістом білків у ядерці і цитоплазмі, а також між об’ємом ядерця і вмістом білків у компо-

нентах клітин може бути використано як показник ефективності білкового синтезу у клітині і має прогностичне значення щодо життєздатності клітин віддалених гібридів.

Висновки

1. За розміром ядерець і вмістом білків у ядерець і цитоплазмі клітини чоловічих генеративних структур пшениці та жита істотно різняться. Виявлено міжсортіві відмінності цих показників у м'якої пшениці.

2. Між вмістом білків у ядерець і цитоплазмі клітин чоловічих генеративних структур досліджуваних злаків протягом мікроспорогенезу виявляються тісні кореляційні зв'язки ($r > 0,7-0,8$).

3. Коефіцієнт кореляції (r) між об'ємом ядерець і вмістом білка у ядерець і цитоплазмі на різних стадіях мікроспорогенезу суттєво змінюється.

Література

1. Банникова В. П. Цитоэмбриология межвидовой несовместимости у растений. — Киев: Наукова думка, 1975. — 284 с.
2. Ивановская Е. В. Цитоэмбриологические исследования клеток растений. — М.: Изд-во МГУ, 1983. — 152 с.
3. Тырнов В. С. Эмбриогенетика растений // Эмбриология цветковых растений: терминология и концепции. Т. 3. Репродуктивные системы. — С. Пб: Мир и семья, 2000. — С. 389-392.
4. Гусаковская М. А. Пространственная и временная организация мегаспоро- и мегагаметогенеза у амфимиктичных и апомиктичных растений // Эмбриология цветковых растений: терминология и концепции. Т. 3. Репродуктивные системы. — С. Пб: Мир и семья, 2000. — С. 192-201.
5. Бланковская Т. Ф. Морфо-функциональные аспекты развития генеративных структур хлебных злаков : автореф. дис. на соискание науч. степени докт. биол. наук : спец. 03.00.20 "ботаника" / Т. Ф. Бланковская. — С.-Пб., 1992. — 31 с.
6. Паушева З. П. Практикум по цитологии растений. — М.: Агропромиздат, 1988. — 271 с.
7. Паламарчук И. А., Веселова Т. Д. Учебное пособие по ботанической гистохимии. — М.: Изд-во МГУ, 1965. — 108 с.
8. Лакин Г. Ф. Биометрия: Учебное пособие для биол. спец. вузов. — М.: Высш. шк., 1990. — 352 с.
9. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. — М.: Колос, 1985. — 240 с.
10. Конарев В. Г. Цитохимия и гистохимия растений / В. Г. Конарев. — М.: Высшая школа, 1966. — 321 с.
11. Карнаухов В. Н. Люминесцентный анализ клеток [Электронный ресурс] / В. Н. Карнаухов ; ред. А. Ю. Буданцев. — Пушкино.: Электр. изд-во "Аналитическая микроскопия", 2002. — Режим доступа до моногр. : <http://www.edu.ru/db/portal/e-library/00000048/Karnauhov.pdf>
12. Пат. 2293524 Российская федерация, (51) МПК А61В 10/00, G01N 33/48. Способ дифференциальной диагностики фолликулярной аденомы и фолликулярного рака щитовидной железы / Полоз Т. Л., Демин А. В., Шкурупий В. А.; заявитель и патентообладатель Гос. учр. Научный центр клинич. и эксперим. медицины Сибирского отд. Российской академии мед. наук. — № 2005112953/14 ; заявл. 28.04.05. ; опубл. 20.02.07, Бюл. № 33 (I часть).
13. Резникова С. А. Цитология и физиология развивающегося пыльника. — М.: Наука, 1984. — 272 с.
14. Бугара А. М. Цитохимия микроспор // Эмбриология цветковых растений: терминология и концепции. Т. 1. Генеративные органы цветка. — С.-Пб: Мир и семья, 1994 — С. 83-84.

15. Бланковская Т. Ф., Трочинская Т. Г. Цитологические маркеры экспрессивности генов рРНК в микроспорогенезе у ржи, пшеницы и пшенично-ржаных гибридов // Цитология и генетика. — 2005. — Т. 39, № 2. — С. 22-26.
16. Caspersson T. O. Cell growth and cell function. — N.Y.: Norton, 1950. — 185 p.
17. Челидзе П. В. Ультраструктура и функции ядрышка интерфазной клетки. — Тбилиси: Мецниереба, 1985. — 119 с.
18. Olson M. O. Hingorani K., Szebeni A. Conventional and nonconventional roles of the nucleolus // Int. Rev. Cytol. — 2002. — V 219. — P.199-266.
19. Жученко А. А. Экологическая генетика культурных растений и проблемы агроферы (теория и практика). — М.: ООО "Издательство Агрорус", 2004. — 1156 с.
20. Скуридин Г. М., Коваль С. Ф. Идентификация генотипа по фенотипу с помощью корреляций признаков // Информ. вестник ВОГиС. — 2002. — № 19. — С. 12-18.

Т. Г. Трочинская

Одесский национальный университет, кафедра генетики и молекулярной биологии, ул. Дворянская, 2, Одесса, 65082, Украина

ЭКСПРЕССИЯ И КОРРЕЛЯЦИОННЫЕ СВЯЗИ ЦИТОМЕТРИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ КЛЕТОК МУЖСКИХ ГЕНЕРАТИВНЫХ СТРУКТУР ПШЕНИЦЫ, РЖИ И ИХ ГИБРИДОВ В ОНТОГЕНЕЗЕ

Резюме

С помощью компьютерной цитофотометрии определены показатели оптической плотности ядрышек и цитоплазмы клеток мужских генеративных структур пшеницы, ржи и межродовых гибридов первого поколения при окрашивании на суммарный белок. Установлен существенный видовой и сортовой полиморфизм в проявлении изученных количественных признаков родительских форм. Показана высокая корреляционная связь между содержанием белков в ядрышках и цитоплазме изученных клеток всех использованных злаков на протяжении микроспорогенеза. Выявлены изменения корреляционных связей между объемом ядрышек и содержанием белков в ядрышках и цитоплазме в процессе микроспорогенеза.

Ключевые слова: изменчивость, кариометрические признаки, цитохимические признаки, корреляция, пшеница, рожь, пшенично-ржаные гибриды.

T. G. Trochinskaya

Odesa National Mechnykov University, Department of Genetics and Molecular Biology, Dvoryanska Str. 2, Odesa, 65082, Ukraine

**EXPRESSION AND CORRELATION OF CYTOMETRICAL
CHARACTERS OF WHEAT, RYE AND WHEAT-RYE HYBRIDS F₁
MALE GENERATIVE STRUCTURES CELLS**

Summary

The optical density indices of nucleolei and cytoplasm of male generative structures cells of wheat, rye and F₁ intergeneric hybrids, stained for the detection of total protein have been estimated. The essential differences depending on the species and cultivar have been determined for investigated characters of parental forms cells. The close correlation between protein content in the nucleolei and cytoplasm of all studied cereals cells have been shown during microsporogenesis. The dynamics of correlation between nucleolei volumes and protein content of nucleolei and cytoplasm have been observed for cells of male generative structures in microsporogenesis.

Key words: changeability, cariometrical characters, cytochemical characters, correlation, wheat, rye, wheat-rye hybrids.