

С. В. Чеботар^{1,2}, доктор біологічних наук,
провідний науковий співробітник,
Г. О. Чеботар¹, кандидат біологічних наук,
науковий співробітник,

І. І. Моцний¹, кандидат біологічних наук,
провідний науковий співробітник,

В. І. Файт¹, доктор біологічних наук, заст. дир.;
зав. від. загальної та молекулярної генетики

¹ Селекційно-генетичний інститут — Національний центр
наслідства та сортовивчення

² Одеський національний університет імені І. І. Мечникова

АЛЕЛІ ГЕНІВ КОРОТКОСТЕБЛОВОСТІ ТА ЇХНІЙ ВПЛИВ НА АГРОНОМІЧНІ ОЗНАКИ ПШЕНИЦІ

Застосуванням молекулярних маркерів визначено алелі генів короткостебловості *Rht-B1*, *Rht-D1*, *Rht8* та гену *Ppd-D1*, що зумовлюють чутливість до фотоперіоду, у генотипах сучасних сортів озимої та ярої м'якої пшениці. Найширшого використання в селекції пшениці південних областей України набув комплекс алелів *Rht8c+Ppd-D1a+Rht-D1b*. Вивчена роль алелів *Rht8c*, *Rht8x*, *Rht-B1b*, *Rht-B1e*, *Rht-D1b* та їхніх комплексів *Rht8c+Rht-B1e*, *Rht8c+Rht-B1b*, *Rht8c+Rht-D1b* у формуванні низки важливих агрономічних ознак озимої м'якої пшениці в широкорядному та вузькорядному посівах в умовах Південного Степу Причорномор'я.

Введення в геном пшениці генів короткостебловості *Rht-B1b* та *Rht-D1b* за часів так званої «зеленої революції» призвело до зменшення висоти рослин, підвищення їхньої стійкості до вилягання і зростання врожайності пшениці в окремих регіонах світу. Сорти пшениці, створені в СГІ — НЦНС, характеризуються наявністю в генотипах комплексів («пірамід») генів короткостебловості. Частоти алелів цих генів у вибірці сортів озимої м'якої пшениці Півдня України істотно змінювалися у ході науково обґрунтованої селекції [1–3]. Найбільшого поширення набув алель *Rht8c*, що успішно використовується в селекції на всій території України. Алель *Rht-D1b* присутній у 77 % сучасних сортів СГІ, у той час як алель *Rht-B1b* зустрі-

чається зі значно меншою частотою. Разом з тим питання про вибір алелів *Rht*-генів або їхніх комплексів, найбільш придатних для посушливих умов Півдня України, і вплив цих генів на агрономічно цінні ознаки озимої пшениці залишається до кінця не з'ясованим. У зв'язку з цим досліджували алельний склад генів короткостебловості у ліній і сучасних сортів м'якої пшениці, визначали ефекти цих алелів на селекційно значущі ознаки, уточнювали генетичну відстань між генами *Rht8* і *Ppd-D1*.

Матеріалом для аналізу слугували: 1) вихідні сорти озимої м'якої пшениці, що різняться висотою рослин, та їхні короткостеблові лінії-аналоги, створені В. В. Хангільдіним та І. І. Моцним із співавторами (неопубліковані дані) (табл. 1); 2) сучасні сорти озимої та ярої м'якої пшениці, занесені до Державного реєстру сортів рослин, придатних до поширення в Україні; 3) 83 рослини F_2 популяції, що було отримано від схрещування високорослого сорту Кооператорка (носія алелів *Rht8a* та *Ppd-D1b*; висота рослин (ВР)=127 см; дата колосіння (ДК)=18.05; дата цвітіння (ДЦ)=24.05) та його лінії-аналога Кооператорка К-90 (з алелями *Rht8c* та *Ppd-D1a* (ВР=89 см; ДК=14.05; ДЦ=18.05) [4].

Вилучали ДНК з проростків пшениці використанням буфера зі СТАВ, алель-специфічну ПЛР, електрофорез у поліакриламідному гелі (ПААГ), фрагмент-аналіз на ALF-express генетичному аналізаторі, гібридологічний аналіз, статистичний аналіз у програмі Statistica та «Gene2» виконували згідно з [5]. Для визначення алелів генів *Rht* та *Ppd-D1* застосовано пари праймерів:

– MR1 BF та WR1 BF [6], а також MR3 BF та WR3 BF [7] для *Rht-B1*;

– MR2 DF та WR2 DF2 [6] — *Rht-D1*;

– Ppd-D1_F, Ppd-D1_R1 та Ppd-D1_R2 [8] — *Ppd-D1*;

– до локусів *Xgwm 261* [9] та *DG087* [10] — *Rht8*.

Для дослідження впливу алелів генів короткостебловості на агрономічні ознаки рослини вирощували єдиним блоком в широкорядному посіві за типом селекційного розсадника на дослідній ділянці відділу загальної та молекулярної генетики СГІ — НЦНС протягом трьох років. Кожна лінія висівалася в трьох реплікаціях у рандомізованому порядку.

Таблиця 1

Генотипи ліній-аналогів та окремих вихідних форм за алелями генів *Rht* та *Ppd D1*

Лінія	<i>Rht8</i>	<i>Rht B1</i>	<i>Rht D1</i>	<i>Ppd D1</i>
Кооператорка	a	a	a	b
Кооператорка К-90	c	a	a	a
Кооператорка К-70	c	e	a	a
Одеська 3	a	a	a	b
Одеська 3 К-75	c	b	a	a
Одеська 51	c	a	a	a
Одеська 51 К-73	c	e	a	a
Степняк 1	a	a	a	b
Степняк 2	x	a	a	a
Степняк 3	c	a	a	a
Степняк 2К	c	a	b	a
Одеська 16	x	a	a	b
Безоста 1	c	a	a	a
Карлик 1 (UA0102183)	c	b	a	a

Також зазначені лінії вирощували в 2011 та 2012 роках у вузькорядному промисловому посіві. Дослід закладався по чорному пару єдиним блоком у трьох повтореннях. Насіння сіяли в оптимальні строки сівалкою ССФК-7 на ділянках 3 м² з розрахунку по 500 схожих зерен на 1 м². Після дозрівання рослин з середини ділянки відбирали по 25–30 рослин для структурного аналізу. Статистичну обробку даних виконували методом дисперсійного аналізу [11]. Достовірність відмінностей визначали за НІР відповідного рівня значущості для відповідного фактора або взаємодії [12].

Визначення алелів генів короткостебловості та гена *Ppd-D1* у сортів пшениці сучасної селекції. За допомогою молекулярних маркерів детектовано алелі генів короткостебловості *Rht B1* і *Rht-D1*, що кодують DELLA-протеїни, та ГК-чутливого гена *Rht8* у генотипах сучасних сортів озимої м'якої пшениці СПІ — НЦНС та деяких інших установ [13] (табл. 2).

У сучасних сортів пшениці озимої селекції Полтавської державної аграрної академії Диканька, Левада, Сагайдак, Сидор Ковпак, Царичанка, Лютецька, Соната, Вільшана, Говтва, Оржиця, Кармелюк виявлено у генотипі алель *Rht B1a*. Алель *Rht-D1b* детектовано в генотипах сортів Левада, Царичанка, Лютецька і Оржиця [14].

Таблиця 2

Алелі генів короткостебловості та гена *Ppd-D1* у сучасних сортів озимої пшениці

Комбінація алелів генів короткостебловості	Алель <i>Ppd-D1</i> гена	Сорт
<i>Rht8cRht-B1aRht-D1b</i>	<i>Ppd D1a</i>	Куяльник, Писанка, Оксана, Скарбниця, Запорука, Подяка, Антонівка, Благодарка одеська, Місія одеська, Світанок 1, Апогей луганський
<i>Rht8cRht B1aRht-D1a/b</i>	<i>Ppd D1a</i>	Ліона, Супутниця
<i>Rht8cRht-B1bRht-D1b</i>	<i>Ppd D1a</i>	Бунчук, Фарандоль
<i>Rht8cRht-B1aRht-D1a</i>	<i>Ppd D1a</i>	Землячка, Ясочка, Дальницька
<i>Rht8bRht B1aRht-D1b</i>	<i>Ppd D1a</i>	Фаворитка
<i>Rht8gRht B1aRht-D1b</i>	<i>Ppd D1a</i>	Жайвір
<i>Rht8aRht B1bRht-D1a</i>	<i>Ppd-D1b</i>	Доля

Ген короткостебловості *Rht8* в означених озимих полтавських сортах тестували за допомогою маркера *DG087*, що запропонований Gasperini et al. [10] як картований на відстані 1,18 сМ від гена *Rht8*. За локусом *DG087* генетичний поліморфізм у вибірці сортів Полтавської державної аграрної академії не виявлений, усі сорти мали фрагмент ампліфікації, що асоціюється з *Rht8c* алелем.

Разом з тим у сортів озимої пшениці одеської та полтавської селекції Дюк, Безмежна, Голубка, Зорепад, Княгиня Ольга, Ластівка, Гурт, Небокрай, Борвій, Жайвір, Ужинок, Лебідка, Левада, Говтва, Лютецька, Сагайдак, Вільшана, Соната, Кармелюк показано відсутність у генотипі *Rht-B1e* алеля.

У сортів пшениці ярого типу розвитку з колекції НЦГРРУ (Ажурная, Анишлаг, Вітка, Етос, Елегія миронівська, Етюд, Євдокія, Катюша, Краса Полісся, Недра, Печерянка, Рання-93, Струна миронівська, Дніпрянка, Скороспілка 95, Скороспілка 98, Скороспілка 99, Сюїта, Торчинська, Харківська 26, Харківська 30, Колективна 3, Героїня, Срібнянка, Ставицька, Аранка, ПХРСВ-03) було досліджено алельний стан ГК-нечутливих *Rht-B1* і *Rht-D1* генів короткостебловості. Серед цих 27 проаналізованих сортів ярої пшениці по 14,8 % сортів характеризувалися присутністю в генотипі алеля *Rht-B1b* або *Rht-D1b*,

не виявлено сортів, в генотипі яких одночасно були би алелі *Rht-B1b* і *Rht-D1b*. За результатами досліджень констатовано, що сорт Рання 93 є гетерогенним за геном за *Rht-D1*.

Прямі ефекти генів короткостебловості. Вивчено прямі ефекти ідентифікованих за допомогою молекулярно-генетичних маркерів *Rht*-генів та їхніх поєднань на генетичному фоні п'яти відомих сортів озимої м'якої пшениці селекції СГІ — НЦНС в контрастних умовах Південно-Західного селекційного центру [15]. Визначено, що привнесення гена *Rht8c* (і зчепленого з ним *Ppd-D1a*) в генетичний фон високорослих сортів зменшувало висоту рослин (ВР) у середньому на 18 см (16 %) у широкорядному посіві. При цьому розмах варіації зазначеного ефекту головним чином зумовлювався особливостями року (14–20 %). Привнесення алелів *Rht-B1b*, *Rht-B1e* або *Rht-D1* у генотип *Rht8c Rht-B1a Rht-D1a Ppd-D1a* знижувало ВР у середньому на 19, 31 або 16 % відповідно. Характерно, що сила впливу першого і третього алелів більше варіювала за генетичними фонами (відповідно 14–24 і 13–21 % при 16–21 і 15–19 % за роками), а другого — за роками дослідження (27–35 % при 30–31 % за генетичними фонами). Отже, окрім того чи іншого алеля *Rht*-гена або їхнього поєднання, вплив на зниження ВР надають як генотипові особливості рекурентних форм, так і умови року.

Вплив алеля *Rht8c* на ВР (окремо від *Ppd-D1a*) становив у середньому 17 см (14 %). Вперше виявлено, що заміна алеля *Rht8a* на *Rht8x* підвищувала ВР в середньому на 5 см (4,6 %; $p = 0,05$). Розмах варіації за роками становив 2–7 %. На генетичному фоні сорту Степняк алельні відмінності одночасно за *Rht8* (алелі *Rht8a* і *Rht8x*) і *Ppd-D1* генами нівелювалися слабкими різноспрямованими впливами зазначених алелів і не мали достовірного впливу на ВР у жоден з років дослідження, а скорочення періоду вегетації у генотипів з *Rht8x* і *Ppd-D1a* становило 4 дні.

Вочевидь, поєднання алелів *Rht8c Rht-B1a Rht-D1b Ppd-D1a* найбільш сприятливе для степу Півдня України, тому що забезпечує оптимальну ВР у різні роки вирощування культури та підтверджується результатами ідентифікації цього алельного складу у більшості сучасних сортів селекції СГІ — НЦНС [1–3].

Плейотропні ефекти генів короткостебловості у різних типах посівів. За результатами досліджень, виконаних у 2013 р., виявлено, що, окрім прямого впливу на висоту рослин, у широкорядному посіві ГК-чутливі та ГК-нечутливі гени короткостебловості мають плейотропні ефекти на ознаки: «дата колосіння» (ДК), «дата цвітіння» (ДЦ), «довжина стебла» (*h*), «довжина колоса» (*l*), «продуктивне кущення» (ПК), «кількість колосків у колосі» (ККК), «кількість стерильних (крайніх недорозвинутих) колосків» (КСК), «кількість зерен у колоска» (ЗКк), «кількість зерен у колосі» (ЗК), «маса зерна з колоса» (МЗК), «кількість зерен з підгонів» (ЗП), «маса зерен з підгонів» (МЗП), «маса 1000 зерен» (МТЗ), «щільність колоса» (*D*) та «відношення довжини колоса до довжини стебла» (*l/h*) і не мають впливу на «кількість фертильних колосків» (КФК). За наявності в генотипі генів *Rht8c*, *Rht-B1e*, *Rht-B1b* *Rht-D1b* відбувається зменшення *l*, *h*, ПК та збільшення *l/h* та *D*. Зменшення ККК відбувається за рахунок стерильних колосків. Збільшення ЗК у моно- та дигенних карликів відбувається за рахунок ЗКк [16].

Однаковими тенденціями, що показали вплив *Rht-B1e* алеля в широкорядному посіві на генетичних фонах Кооператорки та Одеської 51, були зменшення МЗК та МТЗ, збільшення *l/h* та стабільність ЗКк.

Виявлено, що наявність *Rht8x* гена призводить до більш пізнього цвітіння та колосіння рослин у порівнянні з рослинами дикого типу, а також зменшує ЗК, МЗК, ЗП, МЗП, ПК та збільшує КСК, що свідчить про зменшення потенціалу продуктивності рослин з таким генотипом у широкорядному посіві.

Проведено порівняння ефектів генів короткостебловості на низку агробіологічних ознак пшениці в широко- та вузькорядному посівах в 2011 році [17].

Ефекти *Rht*-генів на ВР, ДК, *l*, КФК, КСК, ККК, МЗП, масу зерен з рослини (МЗР) та число зерен з рослини (ЧЗР), детектовані в широкорядному посіві, неоднозначно змінювалися у вузькорядному. Відмінності між лініями в широкорядному посіві за ознаками ПК, МЗП, МЗР, МТЗ, ЧЗР нівелюються у вузькорядному. Маса тисячі зерен залежала від умов середовища (типу посіву) і у вузькорядному посіві не була пов'язана з наявністю генів короткостебловості в генотипі, а в широко-

рядному — лінії з двома генами короткостебловості характеризувалися меншою МТЗ. Отже виявлені достовірні відмінності між проявом ознак у залежності від типу посіву.

Виявлено, що генотип за генами короткостебловості на жодному з генетичних фонів не впливав на ПК, ЧЗП, МЗП, МЗР, МТЗ та зимостійкість у польових умовах у вузькорядному посіві. Короткостеблові аналоги характеризувалися більшою врожайністю на генетичному фоні сорту Кооператорка у порівнянні з високорослою формою, проте між собою не розрізнялися. В той же час на генетичному фоні сорту Одеська 51 лінія з двома генами короткостебловості *Rht8c Rht-B1e* та *Rht8c Rht-B1a* мала достовірно меншу врожайність, ніж її аналог з одним геном короткостебловості *Rht8c Rht-B1a*. Що стосується інших генетичних фонів, то залежності врожайності від наявності одного чи двох генів короткостебловості не виявлено. Лінія з генотипом *Rht8x Rht-B1a Rht-D1a* мала меншу врожайність, ніж її високорослі та короткостеблові аналоги (неопубліковані дані). Не було виявлено впливу генів короткостебловості на зимостійкість, детектовану в польових умовах.

Вплив алелів генів короткостебловості на морозостійкість. Вивчено вплив алелів генів короткостебловості на морозостійкість на лініях-аналогах у лабораторних умовах [18]. Загалом вищу морозостійкість серед досліджених ліній показали дво-генні карлики — Кооператорка К-70 (*Rht8c Rht-B1e*), Одеська 3 К-75 (*Rht8c Rht-B1b*) та Степняк 2К (*Rht8c Rht-D1b*). На генетичному фоні сортів Одеська 51 та Безоста 1 носії одного (*Rht8c*) та двох (*Rht8c Rht-B1e* або *Rht8c Rht-B1b*) генів карликовості достовірно за морозостійкістю не розрізнялися. Також не було різниці між лініями без генів короткостебловості (Кооператорка, Одеська 3, Степняк 1) і їхніми короткостебловими аналогами Кооператорка К-90 (*Rht8c*), Одеська 3 К-75 (*Rht8c Rht-B1b*) та Степняк 2К (*Rht8c Rht-D1b*). В той же час на генетичному фоні сорту Степняк носії алелів *Rht8x* (Степняк 2) та *Rht8c* (Степняк 3) характеризувалися меншою морозостійкістю, ніж їхній високорослий аналог (Степняк 1) та лінія з двома генами карликовості — Степняк 2К [18]. Отже у лабораторному експерименті було показано, що наявність генів короткостебловості в генотипі пшениці не призводить до зменшення

морозостійкості рослин. За даними дослідження морозостійкості в лабораторних умовах двогенні карлики є більш морозостійкими, ніж їх аналоги з одним або без генів карликовості [18].

Визначення гаплотипу *Rht8c Ppd-D1a*. На вибірці з 25 українських озимих сортів (Ремеслівна, Богдана, Донецька 48, Дар Луганщини, Ліона, Дальницька, Косовиця, Місія одеська, Благодарка одеська, Кирія, Антонівка, Польовик, Куяльник, Подяка, Запорука, Апогей луганський, Бунчук, Світанок 1, Станична, Либідь, Веснянка, Землячка одеська, Володарка, Ясочка, Писанка) та двох російських (Доля і Победа 50) простежено, що саме гаплотип *Rht8c Ppd-D1a* є найбільш розповсюдженим, його частота складає 96 % [19]. Тому ставили задачу: уточнити відстань між генами *Rht8* та *Ppd-D1* методом гібридологічного аналізу за допомогою молекулярних маркерів.

Для цього було проаналізовано популяцію F_2 за алелями мікросателітного локусу *Xgwm261*, який вважається діагностичним до гена *Rht8* [9], та алелями *Ppd-D1* гену [19]. Визначено, що МС-локус *Xgwm261* та ген *Ppd-D1* знаходяться на відстані $19 \pm 0,03$ % рекомбінації ($\chi^2_L = 83,7$; $P = 0,00$; фаза притягання), що складає $23,9 \pm 0,05$ сМ, а дистанція між *Rht8* та *Ppd-D1* генами, за нашими даними, дорівнює $23,3 \pm 0,05$ сМ.

Отже у дослідженні визначили алельний стан генів короткостебловості в озимих та ярих сортів пшениці. Інформація щодо алельного складу цих генів у низки сучасних сортів дає можливість усвідомлено та цілеспрямовано добирати генотипи для схрещувань у селекційних програмах для створення сортів пшениці за бажаними агрономічними ознаками, зокрема висотою рослин, яка опосередковано впливає на стійкість до вилягання. Найширшого використання в селекції пшениці південних областей України набув комплекс алелів *Rht8c+Ppd-D1a+Rht-D1b*. Визначена роль алелів *Rht8c*, *Rht8x*, *Rht-B1b*, *Rht-B1e*, *Rht-D1b* та їхніх комплексів *Rht8c+Rht-B1e*, *Rht8c+Rht-B1b*, *Rht8c+Rht-D1b* у формуванні низки важливих агрономічних ознак озимої м'якої пшениці в широкорядному посіві в умовах Південного Степу Причорномор'я. Наявність алеля *Ppd-D1a*, як правило, асоційованого з *Rht8c*, призводить до більш раннього колосіння та цвітіння, що пов'язано зі скоростиглістю та пришвидшує дозрівання пшениці в умовах Півдня України. Виявлені достовірні відмінності між проявом ознак, у детермінації

яких задіяні зазначені гени, в залежності від типу посіву. Але врожайність рослин у вузькорядному посіві більшою мірою залежить від генетичного фону сорту, ніж від наявності генів короткостебловості.

Список літератури

1. Чеботарь С. В., Корзун В. Н., Сиволап Ю. М. Распространение аллелей локуса *WMS261*, маркирующего ген короткостебельности *Rht8*, у сортов мягкой пшеницы южной Украины // Генетика. — 2001. — Т. 37, № 8. — С. 1075–1080.
2. Чеботарь С. В., Блрнер А., Сиволап Ю. М. Анализ генов короткостебельности в генотипах сортов мягкой пшеницы Украины // Цитология и генетика. — 2006. — Т. 40, № 4. — С. 12–23.
3. Чеботарь С. В. Аллельная характеристика генов короткостебельности в генетическом пуле сортов озимой мягкой пшеницы Украины // Генетичні ресурси рослин. — 2008. — № 6. — С. 96–103.
4. Чеботар Г. О., Моцний І. І., Чеботар С. В., Сиволап Ю. М. Вплив алелів генів короткостебловості та гена *Ppd-D1* на агрономічні ознаки м'якої пшениці // Збірник СГІ — НЦНС. — 2010. — Вип. 16 (56). — С. 148–160.
5. Король А. Б., Прейгель И. А., Медведик В. И. Программа оценки рекомбинаций в контролируемых скрещиваниях: Gene2. — Кишинев, 1990.
6. Ellis M. H., Spielmeier W., Gale K. R. [et al.] «Perfect» markers for the *Rht B1b* and *Rht D1b* dwarfing genes in wheat // Theor. Appl. Genet. — 2002. — V. 105. — P. 1038–1042.
7. Pearce S., Saville R., Vaughan S. P. et al. Molecular characterization of *Rht-1* dwarfing genes in hexaploid wheat (*Triticum aestivum* L.) // Plant Physiology Preview. Published on October 19, 2011, as DOI:10.1104/pp.111.183657
8. Beales J., Turner A., Griffiths S., Snape J. W., Laurie D. A. A Pseudo-Response Regulator is mis expressed in the photoperiod insensitive *Ppd D1a* mutant of wheat (*Triticum aestivum* L.) // Theor. Appl. Genet. — 2007. — V. 115. — P. 721–733.
9. Korzun V., Rüdger M. S., Ganal M. W. [et al.] Genetic analysis of the dwarfing gene (*Rht 8*) in wheat. Part I. Molecular mapping of *Rht8at* the short arm of chromosome 2D of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) // Theor. Appl. Genet. — 1998. — V. 96. — P. 1104–1109.
10. Gasperini D., Greenland A., Hedden P., Dreos R., Harwood W., Griffiths S. Genetic and physiological analysis of *Rht8* in bread wheat: an alternative source of semi-dwarfism with a reduced sensitivity to brassinosteroids // Journal of Experimental Botany. — 2012. — http://jxb.oxfordjournals.org/open_access.html for further details.
11. Рокицкий П. Ф. Биологическая статистика. — Минск: Высшейш. школа, 1973. — 319 с.
12. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. — М.: Колос, 1973. — 336 с.
13. Чеботар Г. О. Алелі генів короткостебловості *Rht8*, *Rht-B1*, *Rht-D1*, нечутливості до фотоперіоду *Ppd-D1* м'якої пшениці та їх ефекти на агрономічні ознаки: дис. ... канд. біол. наук. — Одеса, 2012. — 185 с.
14. Чеботарь Г. А., Чеботарь С. В., Топораш Н. К., Терещенко В. Н. Характеристика сортов озимой мягкой пшеницы полтавской селекции с помощью молекулярных маркеров // Селекція, генетика та насінництво сільськогосподарських культур: тези Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 50-річчю селекції рослин в Полтавській державній аграрній академії (22–23 травня 2013 р.). — Полтава, 2013. — С. 86–88.
15. Чеботарь Г. А., Моцний И. И., Чеботарь С. В., Сиволап Ю. М. Прямые эффекты генов короткостебельности на генетическом фоне известных сортов пшеницы юга Украины // Цитология и генетика. — 2012. — Т. 46, № 6. — С. 44–52.
16. Chebotar S., Chebotar G., Motsny I., Fayt V., Nagulyak O. Pleiotropic effects of dwarfing genes on genotypes of winter bread wheat analogue-lines // International Plant Breeding Congress Abstract Book / International Plant Breeding Congress (10–14 November 2013). — Antalya, 2013. — P. 378.
17. Чеботар Г. О., Чеботар С. В., Моцний І. І., Файт В. І., Сиволап Ю. М. Порівняння ефектів *Rht*-генів за комплексом біологічних та агрономічних ознак пшениці в широко- і вузькорядному посівах // Збірник наукових праць СГІ — НЦНС. — Одеса, 2013. — Вип. 22 (62). — С. 74–88.
18. Чеботар Г. О., Нагуляк О. І., Чеботар С. В., Моцний І. І., Сиволап Ю. М. Зв'язок між генами короткостебловості та морозостійкістю // Фізіологія рослин і генетика. — 2015. — Т. 47, № 1. — С. 1–11.
19. Чеботар Г. О., Чеботар С. В., Моцний І. І. та ін. Уточнення ступеню ацеплення генів *Rht8* та *Ppd D1* на 2D хромосомі озимої м'якої пшениці // Цитологія та генетика. — 2013. — Т. 47, № 2. — С. 12–17.