

**ЧЕБОТАР С.В.**

Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннєзнавства та сортовивчення,  
Україна, 65036, м. Одеса, Овідіопольська дор., 3, e-mail: s.v.chebotar@gmail.com  
Одеський національний університет імені І.І. Мечникова,  
Україна, 65058, м. Одеса, Шампанський пров., 2

## **ВПРОВАДЖЕННЯ МОЛЕКУЛЯРНИХ МАРКЕРІВ У ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕНЕТИЧНОГО ПОЛІМОРФІЗМУ М'ЯКОЇ ПШЕНИЦІ В ПІВДЕННОМУ БІОТЕХНОЛОГІЧНОМУ ЦЕНТРІ В РОСЛИННИЦТВІ**

Перші дослідження геному пшениці за допомогою методів кінетики реасоціації були проведені в Україні ще у 1975–1977 роках у Всесоюзному селекційно-генетичному інституті (ВСГІ) Ю.М. Сиволапом, Л.Ф. Д'яченко, Т.Г. Вербицькою. Ці роботи стали першими кроками на шляху впровадження молекулярної генетики в розвиток теорії і практики селекції. Вивчення мінливості геному пшениці в еволюційному плані і в зв'язку з інтрогресією віддаленого в генетичному відношенні матеріалу з видів роду *Aegilops*, що активно залучалися до інтрогресивної гібридизації з пшеницею в селекційних програмах інституту, а також необхідність надавати характеристику селекційному матеріалу, вимагало удосконалення інструментів аналізу генетичного поліморфізму. Тому в дослідження, що проводилися у відділі молекулярної біології ВСГІ під керівництвом Ю.М. Сиволапа, були залучені методи ПДРФ-аналізу, клонування та Саузерн-блот гібридизації. Ці методи дозволили визначати зміни, що відбуваються в геномі пшениці при віддаленій гібридизації на рівні рДНК та високоповторюваних послідовностей [1, 2]. Складнощі в роботі з радіоактивною міткою при оцінці селекційного матеріалу спонукали до залучення у роботу, на той час, передового та дуже ефективного методу аналізу генетичного поліморфізму – полімеразної ланцюгової реакції (ПЛР). Перша робота, яка була опублікована у 1994 році, за цим напрямом досліджень мала назву: «Исследование генетического полиморфизма злаковых растений при помощи ПЦР с произвольными праймерами» [3].

Сьогодні переконливо доведено, що диференціація сортового матеріалу та добір генотипів з певними господарсько важливими ознаками базуються на вивченні генетичного поліморфізму. Задля оцінки генетичної різноманітності українських сортів м'якої пшениці, відпрацювання методів залучення ДНК-маркерів у селекційні програми України, моніторингу спрямованості змін

в генофонді вітчизняних сортів у наслідок багатьох років селекції у Південному біотехнологічному центрі в рослинництві (ПБЦ) інтенсивно проводилися дослідження молекулярно-генетичного поліморфізму сортів та ліній м'якої пшениці, цінних генетичних джерел та колекцій [4–9].

Диференціація, ідентифікація, генетичний поліморфізм сортів м'якої пшениці. У наукових програмах, що виконувались у ПБЦ з моменту його створення у 2000 році, вивчали можливість використання різновидів ПЛР, а саме: RAPD, SSR, ISSR аналізу для диференціації, ідентифікації та реєстрації генотипів *T. aestivum* L. [9–12]. За результатами цих досліджень мікросателітний (МС) аналіз був визначений як найефективніший метод диференціації та ідентифікації, який може використовуватися для паспортизації сортів м'якої пшениці, дозволяє виявляти генетичну гетерогенність та порівнювати вітчизняні сорти з сортами світової селекції. Нами вперше охарактеризована генетична мінливість у генетичному пулі майже 100 українських сортів озимої м'якої пшениці за допомогою МС-маркерів [4–7, 13, 14] та проведено її порівняння з мінливістю, що визначається в сортах Європейських країн, Ефіопії та Єгипту.

Науковцями ПБЦ розроблено ДНК-технологію ідентифікації і каталогізації сортів *T. aestivum* L. [15, 16] та вперше встановлено алельний склад близько 40 МС-локусів українських сортів м'якої пшениці, відповідно з яким сорти м'якої пшениці можуть бути унікально генотиповані [14]. На молекулярному рівні вивчено [6, 7, 17–19] зміни в генетичному різноманітті м'якої пшениці на півдні України за період здійснення науково-обґрунтованих селекційних програм (1912–2002 рр.). Досліджено алельне розмаїття МС-локусів у вибірці стародавніх сортів півдня України, проведено його порівняння з сучасними сортами озимої м'якої пшениці, визначені зміни алельного складу МС-локусів серед сучасних сортів [6, 7]. Виявлено, що значна частина алелів (50,4%), яка

характерна для вихідних генотипів, збережена в генофонді сортів СГІ [6, 7]. Залучення в селекційні програми різноманітного генетичного матеріалу призвело до збагачення алельного складу генофонду озимої м'якої пшениці півдня України [6, 7], але разом з тим ряд алелів (27,4 %), тестованих у вихідних сортів – Банаток, Кримок та інших, елімінувався внаслідок відбору, можливо, як корелюючий з небажаними для селекції ознаками. МС-аналіз за допомогою 25 МС-маркерів лише 3В хромосоми, однієї з найдовших хромосом з генома м'якої пшениці, зроблений на вибірці близько 65 сортів, різних років створення, показав, що відбулося скорочення алельного різноманіття на 23 %, а більше 60 % сортів, що зареєстровані після 1959 року, мають значну подібність за алелями МС-локусів до сорту Безоста 1 [28], що відображає інтенсивне використання цього сорту в селекційних програмах в Україні.

За нашими дослідженнями, значний процент сортів селекції СГІ мають внутрішньосортовий поліморфізм [14], але серед сучасних сортів спостерігається тенденція до лінійності. За нашими даними низка сортів поточного десятиріччя – Литанівка, Кірія, Гурт, Оксана, Ластівка одеська може розглядатися як сорти лінійного типу [20]. У цілому рівень внутрішньосортової гетерогенності досліджених українських сортів перевищує рівень європейських сортів [14].

Проведені дослідження дозволяють нам рекомендувати використання МС-аналізу і розробленої бази даних алелів МС-локусів українських сортів для проведення доборів з метою створення сортів лінійного типу на основі існуючих сучасних гетерогенних сортів м'якої пшениці [14], а також для підвищення ефективності реєстрації нових сортів озимої м'якої пшениці та юридичного захисту авторських прав [19]. О. Колесник встановлені асоціації між агрономічними та морфологічними ознаками пшениці та алельним станом низки МС-локусів, що надає можливість рекомендувати певні маркери для використання в селекції [20]. М. Галаєвою під керівництвом Ю.М. Сиволапа у ПБЦ [21], проведено пошук асоціацій МС-маркерів та генетичних детермінант морозостійкості в сортах пшениці СГІ. Виявлені МС-локуси, що асоціюються з морозостійкістю пшениці, рекомендується використовувати поряд з іншими методами при доборі більш морозостійких форм на ранніх етапах селекції

Використання ДНК-маркерів підняло на новий більш ефективний рівень методи оцінки ге-

нетичної варіабельності за локусами, що кодують якісні та кількісні ознаки м'якої пшениці.

Розповсюдження генів короткостебловості в генотипах українських сортів озимої м'якої пшениці. За допомогою молекулярних маркерів було встановлено, що Українські сорти часто характеризуються наявністю комплексів або «пірамід» генів короткостебловості в генотипах, частоти алелів цих генів в сортах озимої м'якої пшениці півдня України істотно змінювалися за період науково обґрунтованої селекції [17, 22, 23] і відрізняються за частотами зустрічальності окремих алелів від західноєвропейських сортів. 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* зустрічається значно рідше. Аналіз 27 сортів (1997–2009 років реєстрації) виявив у генотипах абсолютно переважне поширення гаплотипу *Rht8c Ppd-D1a* [24], тобто селекціонери надають перевагу генотипам, що мають обидва гени – короткостебловості *Rht8c* та нечутливості до фотоперіоду *Ppd-D1a*. У дослідженнях з лініями-аналогами, які різняться за висотою рослин, визначили, що генотипи – носії алелів *Rht8c* і *Ppd-D1a*, відрізняються нижчою висотою рослин в середньому на 25 %, підвищеною масою тисячі зерен на 17 %, більшою компактизацією колоса та скороченим періодом вегетації [25, 26].

**Молекулярні маркери до генів, що контролюють якісні показники зерна м'якої пшениці.** За результатами наших досліджень вперше виявлені алельні характеристики для генів, що контролюють якісні показники зерна м'якої пшениці – твердозерність / м'якозерність та низький вміст амілози у генотипах українських сортів *T. aestivum* L. [27, 28]. За допомогою маркерів до генів пуруіндолінів *a* і *b*, які контролюють якісний показник зерна м'якої пшениці – твердозерність, проведена ідентифікація алелів *Pina-D1a/b* та *Pinb-Da/b* у низки українських сортів. Сорти Мирлебен, Оксана, Миронівська 33 класифіковані як м'якозерні (*Pina-D1a*; *Pinb-D1a*); показано, що більшість українських сортів (95 %) мають алелі *Pina-D1a* і *Pinb-D1b*, тобто є твердозерними, але їхній фізичний показник твердозерності варіює досить широко – від 51,0 до 88,4 ум. од. [27].

Нами запропонована технологія діагностики та контролю алельного стану *Wx*-генів, яка може бути використана у селекції форм пшениці

з низьким або нульовим вмістом амілози в крохмалі [29, 30].

Вирішення питання якості пшеничного борошна значною мірою залежить від ефективності оцінок і добору селекційного матеріалу за алельними варіантами запасних білків зерна. Не зважаючи на те, що ці білки (гліадини і глютеніни) вивчені досить повно і використовуються для безпосереднього встановлення зв'язку з якістю борошна, зростаюча вимога до якості зерна нових сортів пшениці диктує необхідність, з одного боку, удосконалити існуючу систему оцінок селекційного матеріалу на рівні генотипів, а з іншого – глибшого дослідження зв'язку показників якості зерна, а саме технологічних, з алелями генів *Glu* (глютенінів) і *Gli* (гліадинів), що розташовані у кластерах. У цьому напрямку уваги заслуговує співставлення розділюючої здатності методів електрофорезу клейковинних білків, який широко застосовується для визначення технологічних властивостей зерна м'якої пшениці, з методом алель-специфічної ПЛР, запропонованої Zhang et al. [31, 32]. У ПБЦ за допомогою ПЛР-аналізу визначено алельний стан локусів *Gli-A1*, *Gli-B1*, *Gli-D1* та *Glu-A3* у 14 сортів та шести майже ізогенних ліній м'якої пшениці, що отримані на основі сорту Безоста 1, та різняться за гліадиновими локусами [33]. Показана можливість диференціювання ПЛР-методом генотипів м'якої пшениці, які належать до різних груп за алельними варіантами блоків компонентів гліадинів [33]. В цілому визначено нижчий рівень генетичного поліморфізму за допомогою алель-специфічної ПЛР з праймерами, запропонованими Zhang et al. [31, 32], у порівнянні з усім комплексом генетичного поліморфізму, що визначається електрофорезом запасних білків. Це закономірно, оскільки дані праймери детектують ділянки лише г-гліадинових генів локусів *Gli-1* та гена *Glu-A3*, тоді як алелі, ідентифіковані за допомогою електрофорезу гліадинів, мають до восьми компонентів і відображають експресію до восьми генів. Але ми вважаємо, що дослідження локусів запасних білків за допомогою ДНК маркерів є перспективними, оскільки є можливість застосування маркерів до інших ділянок нуклеотидних послідовностей генів запасних білків, що мусить значно розширити спектр поліморфізму, який виявляється за допомогою ПЛР.

**Аналіз житніх транслокацій.** За допомогою ПЛР-аналізу локусу *Tag1Gap*, що локалізований на короткому плечі хромосоми 1В пшениці та секалінового локусу жита *Sec-1* визна-

чено 1RS.1BL транслокацію у сортів Миронівська 33, Мирлебен, Мирич, Веселка, Київська 7, Іванівська остиста [14]. Тестування присутності 1RS:1BL, 1RS:1AL транслокацій в генотипах 25 сучасних сортів (2002–2006 років реєстрації) і селекційних форм за допомогою молекулярних маркерів REMS1303, SR1R003 та секалін-специфічного щ-sec-P3+щ-sec-P4 засвідчили наявність короткого плеча 1RS хромосоми жита у сортах Білосніжка, Либідь, Победа 50, Фаворитка, Золотоколоса, Колумбія і лініях Б-16, Н242/97-2-В, Gli-B13(1B3) та зчеплене успадкування специфічних до жита алелів за дослідженими локусами з генами *Lr26 ma Sr31* [34]. Використання вищенаведених маркерів до житнього хроматину у комбінації з алель-специфічними маркерами до *Gli-B1* локусу та парою МС-маркерів дозволило нам досліджувати успадкування модифікованої транслокації 1RS:1BL, що створена А. Лукашевським [35], у гібридній популяції, отриманої д.б.н. О.І. Рибалкою від схрещування Куяльник Х Pavn MA 1, та відібрати рекомбінантні рослини з рекомбінантною модифікованою житньою транслокацією з *Gli-B1.2* алелем від сорту Куяльник [36].

Маркерування генів, що відповідають за темпи розвитку м'якої пшениці та стійкості до патогенів. Інтенсивні дослідження генів чутливості до яровизації – *Vrn-A1*, *Vrn-B1*, *Vrn-D1*, та фотоперіоду – *Ppd-A1*, *Ppd-B1*, *Ppd-D1* проводились у ПБЦ І.А. Балашовою [37, 38]. Нею розроблені ПЛР-маркери до генів *Vrn-D1*, *Vrn-B1* та *Ppd-D1a*, *Ppd-B1a*, що були використані для встановлення *Vrn*-генотипів сортів ярої пшениці різних еколого-географічних зон та для аналізу алельного різноманіття у сортів з різними строками колосіння та цвітіння відповідно [39].

За допомогою маркера *csLV34* тестовано локус мультипатогенної стійкості *Lr34/Yr18/Pm38* в генотипах 253 сортів пшениці м'якої озимої різного географічного походження надані рекомендації, щодо застосування у селекції сортів, в яких присутній локус *Lr34/Yr18/Pm38* [40]. Проводиться ідентифікація генів стійкості листової іржі *Lr21*, *Lr22a*, *Lr24*, *Lr32*, *Lr34*, *Lr39*, *Lr42*, *Lr53* в селекційних лініях, що отримані від віддаленої гібридизації [41].

## Висновки

Наведені дані свідчать про наполегливе впровадження молекулярно-генетичних методів оцінки та вивчення генетичного поліморфізму м'якої пшениці у Південному біотехнологіч-



ному центрі в рослинництві. Показано, що використання ДНК-маркерів підняло на новий більш ефективний рівень методи оцінки генетичної варіабельності за локусами, що кодуєть якісні та кількісні ознаки м'якої пшениці. Вже сьогодні в селекції в Україні доцільно використовувати маркерний відбір, або селекцію за допомогою молекулярних маркерів (marker assisted selection (MAS)), застосовуючи направлену ПЛР для детекції генів короткостебловості *Rht8*, *Rht-B1*, *Rht-D1*, генів нечутливості до фотоперіоду *Ppd*, генів пуроіндолінів *a* і *b* – *Pina-D1*, *Pinb-D1*, генів ваксі (*Wx*), пов'язаних з низьким вмістом амілози, молекулярні маркери до житніх транслокацій та генів стійкості до листової іржі, а також залучати МС-аналіз, у процес створення сортів м'якої пшениці лінійного типу, з підвищеною морозостійкістю. Подальше вивчення генетичного

поліморфізму на рівні нуклеотидних послідовностей генів запасних білків *Gli*- та *Glu*- надасть можливість краще усвідомлювати структурну організацію та функціонування цих генів й посилить можливість більш тонко диференціювати генотипи з різними хлібопекарськими та технологічними якостями.

У світовій літературі з кожним роком поширюється спектр молекулярних маркерів до генів, що мають важливе господарське значення та які можуть бути застосовані у селекційній роботі для більш ефективного добору генотипів пшениці з певними властивостями, тому наступним кроком розвитку вітчизняної аграрної науки є поглиблення досліджень з використання молекулярних маркерів та автоматизація процесу маркерної селекції з метою створення більш досконалих українських сортів м'якої пшениці.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Чеботарь С.В., Сиволап Ю.М. Вариабельность рДНК у некоторых *Triticeae* и форм *Triticum aestivum*, полученных от отдаленной гибридизации // Генетика. – 1993. – 29, № 12. – С. 2039–2050.
2. Чеботарь С.В., Сиволап Ю.М. Клонирование высокоповторяющейся ДНК *Aegilops tauschii* (DD) и анализ меж- и внутривидового полиморфизма злаков // Бюлетень Селекційно-генетичного інституту. – 1994. – Вип. 1 (85). – С. 32–36.
3. Сиволап Ю.М., Календарь Р.М., Чеботарь С.В. Исследование генетического полиморфизма злаковых растений при помощи ПЦР с произвольными праймерами // Цитология и генетика. – 1994. – № 6. – С. 54–61.
4. Чеботарь С.В., Сиволап Ю.М. Дифференциация, идентификация и создание базы данных сортов *T. aestivum* L. украинской селекции на основе STMS-анализа // Цитология и генетика. – 2001. – 35, № 6. – С. 18–27.
5. Chebotar S.V., Ruder M., Birner A., Sivolap Yu.M. Characterisation of Ukrainian bread wheat (*Triticum aestivum* L.) germplasm by using microsatellite markers // Бюлетень державного Нікітського ботанічного саду. – Ялта, 2002. – 85. – С. 8–11.
6. Chebotar S.V., Ruder M., Birner A., Sivolap Yu.M. Microsatellite analysis Ukrainian wheat varieties cultivated in 1912–2002 // Proceedings of the Tenth International Wheat Genetic Symposium Paestum. – Italy, 2003. – P. 57–60.
7. Чеботарь С.В. Микросателлитный анализ исходных сортов популяций озимых пшениц, обеспечивших основу селекционного процесса на юге Украины // Ростов-на-Дону: Селекция, семеноводство и возделывание полевых культур, Российская академия с.-х. наук. – 2004. – С. 126–130.
8. Чеботарь Г.А., Чеботарь С.В., Мощный И.И., Лобанова Е.И., Сиволап Ю.М. Молекулярно-генетический анализ линий-аналогов мягкой пшеницы, различающихся по высоте растений // Вісник Одеського національного університету ім. І.І. Мечникова. – 2009. – 14 (8). – С. 61–71.
9. Колесник О.О., Чеботар С.В., Хохлов О.М., Сиволап Ю.М. Диференційна здатність методів ідентифікації сортів пшениці за допомогою мікросателітного аналізу та комп'ютерного визначення морфометричних параметрів зерна // Вісник Одеського національного університету ім. І.І. Мечникова. – Одеса, 2009. – 14, вип. 8. – С. 27–42.
10. Сиволап Ю.М., Чеботарь С.В., Топчиева Е.А., Корзун В.Н., Тоцкий В.Н. Исследование молекулярно-генетического полиморфизма сортов *Triticum aestivum* L. с помощью RAPD и SSR-анализа // Генетика. – 1999. – 35, № 12. – С. 1665–1673.
11. Сиволап Ю.М., Топчиева Е.А., Чеботарь С.В. Идентификация и паспортизация сортов мягкой пшеницы методами RAPD и SSR-анализа // Генетика. – 2000. – 36, № 1 – С. 44–51.
12. Куц О.О., Чеботар С.В., Сиволап Ю.М., Тоцкий В.М. Молекулярно-генетичний поліморфізм *Triticum aestivum* L., визначений шляхом inter-SSR ПЛР // Вісник Одеського державного університету, Біологія. – 2000. – 5, № 1. – С. 97–102.
13. Chebotar S.V., Ruder M., Birner A., Sivolap Yu.M. Allele distribution for *Xgwm*-markers frequently used for test genetic diversity in bread wheat gene pools from different geographical regions // Abstracts of 12 th International EWAC Workshop at the John Innes Centre, 1–6 July. – Norwich, UK, 2002. – P. 26.
14. Чеботарь С.В. Молекулярно-генетический анализ генофонда озимой мягкой пшеницы Украины : дис. докт. биол. Наук : спец. 03.00.22. «Молекулярная генетика». – К., 2009. – 400 с.
15. Sivolap Yu., Chebotar S. Identification and registration of Ukrainian common wheat varieties on the bases of STMS-analysis // Documents on the VII Session of the working Group on Biochemical and Molecular Techniques and DNA-Profiling in Particular (BMT) of UPOV. Hanover, Germany. 21–23.11.2001. Document BMT/7/19 Prov. Annex III. – P. 6–10.
16. Сиволап Ю.М., Володав В.В., Бальвінська М.С., Кожухова Н.Е., Солоденко А.Є., Чеботар С.В. Ідентифікація і реєстрація генотипів м'якої пшениці, ячменю, соняшника за допомогою аналізу мікросателітних локусів : методичні рекомендації. – Одеса, 2004. – 14 с.
17. 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. – 37, № 8. – С. 1075–1080.

18. Chebotar S., Sourdille P., Feuillet C., Bernard M. Characterization of the genetic variability at MS-loci 3B chromosome in genetic pool of Ukrainian bread wheat varieties // The 19<sup>th</sup> International Triticeae mapping Initiative – 3<sup>rd</sup> COST Tritigen: International Conf., 31 August – 4 September, 2009: abstracts. – Clermont-Ferrand, 2009. – P. 128.
19. Чеботар С.В., Сиволап Ю.М. Спосіб визначення новизни сортів та ліній м'якої пшениці за ДНК-типунням. Патент України на корисну модель № 19828, від 15.01.2007. Бюл. № 1.
20. Kolesnyk O.O., Chebotar S.V., Khokhlov O.M., Sivolap Yu.M Genetic diversity and association analysis of heading time, plant height and other agronomical traits in Ukrainian bread wheat varieties revealed by microsatellite markers // Cytology and Genetics. – in press.
21. Галаєв М.В., Файт В.І., Чеботар С.В., Галаєв О.В., Сиволап Ю.М. Зв'язок алелів мікросателітних локусів п'ятої групи хромосом з морозостійкістю озимої пшениці // Цитология и генетика. – 2013. – 47, № 5. – С. 3–11.
22. Чеботарь С.В., Блрнер А., Сиволап Ю.М. Анализ генов короткостебельности в генотипах сортов мягкой пшеницы Украины // Цитология и генетика. – 2006. – 40, № 4. – С. 12–23.
23. Чеботарь С.В. Аллельная характеристика генов короткостебельности в генетическом пуле сортов озимой мягкой пшеницы Украины // Генетичні ресурси рослин. – 2008. – № 6. – С. 96–103.
24. Чеботар Г.О., Чеботар С.В., Моцний І.І., Сиволап Ю.М. Уточнення ступеня зчеплення генів Rht8 та Ppd-D1 на 2D хромосомі озимої м'якої пшениці // Цитология и генетика. – 2013. – 47, № 2. – С. 12–17.
25. 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.
26. Чеботарь Г.А., Моцный И.И., Чеботарь С.В., Сиволап Ю.М. Прямые эффекты генов короткостебельности на генотипе известных сортов пшеницы юга Украины // Цитология и генетика. – 2012. – 46, № 6. – С. 44–52.
27. Чеботар С.В., Куракіна К.О., Хохлов О.М., Чеботар Г.О., Сиволап Ю.М. Фенотипічні прояви алелів пуруіндолінових генів м'якої пшениці // Цитология и генетика. – 2011. – № 4. – С. 8–19.
28. Петрова И.В., Чеботарь С.В., Рыбалка А.И., Сиволап Ю.М. Идентификация Wx генотипов среди сортов озимой мягкой пшеницы // Цитология и генетика. – 2007. – 41, № 6. – С. 11–17.
29. Петрова І.В., Чеботар С.В., Рибалка О.І., Хохлов О.М., Сиволап Ю.М. Спосіб діагностики та контролю *Wx*-генів при створенні сортів пшениці з низьким або нульовим вмістом амілози. Патент України на корисну модель № 37137 від 25.11.2008, Бюл. № 22
30. Сиволап Ю.М., Петрова І.В., Чеботар С.В. та ін. Детекція *Wx*-генів в селекції озимої м'якої пшениці на низький вміст амілози в крохмалі : методичні рекомендації. – Одеса: Південний біотехнологічний центр в рослинництві УААН, 2008. – 12 с.
31. Zhang W., Gianibelli M.C., Ma W., Rampling L., Gale K.R. Identification of SNPs and development of allele-specific PCR markers for  $\gamma$ -gliadin alleles in *Triticum aestivum* // Theor. Appl. Genet. – 2003. – 107. – P. 130–138.
32. Zhang W., Gianibelli M.C., Rampling L.R. Characterisation and marker development for low molecular weight glutenin genes from *Glu-A3* alleles of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) // Theor. Appl. Genet. – 2004. – 108. – P. 1409–1419.
33. Поліщук А.М., Чеботар С.В., Благодарова О.М., Козуб Н.А., Созінов І.О., Сиволап Ю.М. Аналіз сортів та майже-ізогенних ліній м'якої пшениці за допомогою ПЛР з алель-специфічними праймерами до *Gli*- та *Glu*-локусів // Цитология и генетика. – 2010. – № 6. – С. 22–31.
34. Сударчук Л.В., Чеботар С.В., Сиволап Ю.М. Виявлення та тестування присутності житньої транслокації в сучасних сортах м'якої пшениці // Abstracts of International Scientific and Practical Conference “Modern biotechnology of agricultural plants and biosafety”. Інститут виноградарства і виноробства ім. В.Є. Таїрова, 7–10 вересня. – Одеса, 2010. – С. 60.
35. Lukaszewski A. Breeding behavior of the cytogenetically engineered wheat-rye translocation chromosomes 1RS.1BL // Crop. Sci. – 2001. – 4. – P. 1062–1065.
36. Сударчук Л.В., Чеботар С.В., Рибалка О.І., Сиволап Ю.М. Детекція модифікованої транслокації 1RS.1BL за допомогою молекулярних маркерів у селекційному матеріалі м'якої пшениці // Вісник Одеського національного університету ім. І.І. Мечникова (біологія), Одеса. – 2010. – 15, вип. 6. – С. 39–47.
37. Балашова И.А., Сиволап Ю.М., Файт В.И., Стельмах А.Ф. Использование RAPD-метода для создания ДНК-маркеров к генам *Vrn* // Цитология и генетика. – 2001. – 35, № 2. – С. 49–53.
38. Балашова И.А., Календарь Р.Н., Файт В.И., Сиволап Ю.М. Создание ДНК-маркеров к локусу *Vrn-D1* мягкой пшеницы // Биотехнология. – 2002. – № 2. – С. 30–36.
39. Балашова И.А. Маркирование генов *Vrn* и *Ppd* мягкой пшеницы методами ПЛР-анализа : дис. канд. биол. наук : спец. 03.00.26. «Молекулярная генетика». – К., 2002. – 142 с.
40. Галаєв О.В., Сиволап Ю.М. Характеристика сортів пшениці м'якої української і російської селекції за алелями локусу *csLV34* зчепленого з геном мультипатогенної стійкості *Lr34/Yr18/Pm38* // Цитология и генетика. – 2015. – 49, № 1. – С. 18–25.
41. Gorash A., Galaev A., Babayants O., Babayants L. Leaf rust resistance of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) lines derived from interspecific crosses // Zemdirbyste-Agriculture. – 2014. – 101, N 3. – P. 295–302

**CHEBOTAR S.V.**

*Plant Breeding and Genetics Institute – National Center of Seed and Cultivars Investigations,  
Ukraine, 65036, Odesa, Ovidiopolska dor., 3, e-mail: s.v.chebotar@gmail.com  
Odesa National I.I. Mechnikov University,  
Ukraine, 65058, Odesa, Shampansky lane, 2*

**INTRODUCTION OF MOLECULAR MARKERS FOR GENETIC POLYMORPHISM  
INVESTIGATIONS OF BREAD WHEAT IN SOUTH PLANT BIOTECHNOLOGY CENTER**

Introduction of molecular markers for genetic polymorphism investigations of bread wheat in South Plant Biotechnology Center is discussed. The application of molecular markers for analysis of allelic diversities of microsatellite loci, dwarfing genes (*Rht8*, *Rht-B1*, *Rht-D1*), genes of photoperiod sensitivity (*Ppd-A1*, *Ppd-B1*, *Ppd-D1*) and vernalization response (*Vrn-A1*, *Vrn-B1*, *Vrn-D1*), genes of puroindolines (*Pina-D1*, *Pinb-D1*), genes that determine low content of amylose in starch of grains (*Wx*), the genes of storage proteins (*Gli-A1*, *Gli-B1*, *Gli-D1* and *Glu-A3*), genes resistance to leaf rust and the rye translocations in wheat varieties and breeding materials has been shown. There are recommendations to use molecular markers for creation homogenic wheat varieties, semi-dwarf varieties with shorter heading and flowering time, varieties with special technological characteristics – soft/ hard, low amylose content. Microsatellite markers which showed significant associations with frost resistance and other agronomical traits are recommended for marker assisted selection (MAS) in Ukrainian wheat breeding programs.

*Keywords:* bread wheat, genetic polymorphism, molecular marker, PCR.