

Національна академія наук України
Інститут молекулярної біології і генетики
Українське товариство генетиків і селекціонерів
ім. М.І. Вавилова

**ФАКТОРИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ
ЕВОЛЮЦІЇ ОРГАНІЗМІВ**

**FACTORS IN EXPERIMENTAL
EVOLUTION OF ORGANISMS**

**ФАКТОРЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ
ЭВОЛЮЦИИ ОРГАНИЗМОВ**

Збірник наукових праць

Видається з 2003 р.

ТОМ 25

Присвячено

*120-річчю від дня народження видатного генетика і селекціонера,
члена-кореспондента НАН України В. П. Зосимовича*

Київ – 2019

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Головний редактор **В.А. Кунах** (Київ)
Заступник головного редактора **Н.М. Дробик** (Тернопіль)

І.В. Азізов (Баку, Азербайджан)	Г.В. Єльська (Київ)	М.А. Пілінська (Київ)
І.О. Андрєєв (Київ)	А.І. Ємець (Київ)	І.Д. Рашаль (Рига, Латвія)
А. Атанасов (Софія, Болгарія)	І.С. Карпова (Київ)	Т.М. Сатарова (Дніпро)
Я.Б. Блюм (Київ)	А.В. Кільчевський (Мінськ, Білорусь)	А.В. Сиволюб (Київ)
Д.Г. Буткаускас (Вільнюс, Литва)	С.І. Ковтун (Київська обл.)	В.А. Сідоров (Україна, США)
Ю.В. Вагін (Київ)	В.А. Кордюм (Київ)	М.А. Тукало (Київ)
Ю.Ю. Глеба (Україна, ФРН)	Л.А. Лівшиць (Київ)	Г. Федак (Оттава, Канада)
А.В. Голубенко (Київ)	Л.Л. Лукаш (Київ)	А.М. Хохлов (Харківська обл.)
Р.І. Гончарова (Мінськ, Білорусь)	В.Г. Михайлов (Київська обл.)	М. Шандор (Мошонмадяровар, Угорщина)
Д. Грауда (Рига, Латвія)	І.Б. Моссе (Мінськ, Білорусь)	Р.А. Якимчук (Черкаська обл.)
Н.І. Дубовець (Мінськ, Білорусь)	І.І. Панчук (Чернівці)	

Відповідальний секретар **М.З. Прокоп'як**

Адреса редакції:

Інститут молекулярної біології і генетики НАНУ, вул. Акад. Заболотного, 150, Київ, 03680
e-mail: kunakh@imbg.org.ua, <http://www.utgis.org.ua>

EDITORIAL BOARD

Editor-in-Chief **V.A. Kunakh** (Kyiv)
Deputy editor **N.M. Drobyk** (Ternopil)

I.O. Andreev (Kyiv)	R.I. Honcharova (Minsk, Belarus)	M.A. Pilins'ka (Kyiv)
A. Atanasov (Sofia, Bulgaria)	I.S. Karpova (Kyiv)	I.D. Rashal (Riga, Latvia)
I.V. Azizov (Baku, Azerbaijan)	A.M. Khokhlov (Kharkiv region)	M. Sándor (Mosonmagyaróvár, Hungary)
Ya.B. Blume (Kyiv)	A.V. Kilchevsky (Minsk, Belarus)	T.M. Satarova (Dnipro)
D.G. Butkauskas (Vilnius, Lithuania)	V.A. Kordium (Kyiv)	V.A. Sidorov (Ukraine, USA)
N.I. Dubovets' (Minsk, Belarus)	S.I. Kovtun (Kyiv region)	A.V. Syvolob (Kyiv)
A.V. El'ska (Kyiv)	L.A. Livshyts' (Kyiv)	M.A. Tukalo (Kyiv)
G. Fedak (Ottawa, Canada)	L.L. Lukash (Kyiv)	Yu.V. Vagin (Kyiv)
Yu.Yu. Gleba (Ukraine, FRG)	I.B. Mosse (Minsk, Belarus)	R.A. Yakymchuk (Cherkasy region)
D. Grauda (Riga, Latvia)	V.G. Mykhailov (Kyiv region)	A.I. Yemets (Kyiv)
A.V. Holubenko (Kyiv)	I.I. Panchuk (Chernivtsi)	

Responsible secretary **M.Z. Prokopiak**

Editorial office address:

Institute of Molecular Biology and Genetics, National Academy of Sciences of Ukraine,
150, Zabolotnogo St., Kyiv, 03680
e-mail: kunakh@imbg.org.ua, <http://www.utgis.org.ua>

Затверджено до друку рішенням вченої ради Інституту молекулярної біології і генетики НАН України (протокол № 8 від 4 червня 2019 р.)

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації
серія КВ № 20936-10736ПП від 29.08.2014

Фактори експериментальної еволюції організмів: зб. наук. пр. / Національна академія наук України, Інститут молекулярної біології і генетики, Укр. т-во генетиків і селекціонерів ім. М.І. Вавилова; редкол.: В.А. Кунах (голов. ред.) [та ін.]. – К.: Укр. т-во генетиків і селекціонерів ім. М.І. Вавилова, 2019. – Т. 25. – 378 с. – ISSN 2415-3826 (Online), ISSN 2219-3782 (Print)

УДК 575.8+631.52+60](082)

©Українське товариство генетиків і селекціонерів ім. М.І. Вавилова

ФАКТОРИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ
ЕВОЛЮЦІЇ ОРГАНІЗМІВ

ТОМ 25
2019

ФАКТОРЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ЭВОЛЮЦИИ ОРГАНИЗМОВ
FACTORS IN EXPERIMENTAL EVOLUTION OF ORGANISMS

ЗМІСТ

CONTENTS

Від головного редактора

10 *From the chief editor's desks*

Кунах В.А. Кілька слів про вчителя – члена-кореспондента НАН України В.П. Зосимовича (до 120-річчя від дня народження)

Kunakh V.A. A few words about the teacher, a corresponding member of the NAS of Ukraine V.P. Zosimovich (to 120th birthday anniversary)

ЕВОЛЮЦІЯ ГЕНОМІВ У ПРИРОДІ ТА
ЕКСПЕРИМЕНТІ

GENOME EVOLUTION IN NATURE AND
IN EXPERIMENT

Lutsenko V.A., Polishchuk L.V., Hong J., Fomina M.A. Xerotolerant strain of *Penicillium chrysogenum* MF18_10 isolated from the damaged walls of Saint Sophia's Cathedral, Kyiv

14 *Lutsenko V.A., Polishchuk L.V., Hong J., Fomina M.A.* Xerotolerant strain of *Penicillium chrysogenum* MF18_10 isolated from the damaged walls of Saint Sophia's Cathedral, Kyiv

Твардовська М.О., Андреев І.О., Кунах В.А. З'ясування походження каріотипу *Iris pumila* L.

20 *Twardovska M.O., Andreev I.O., Kunakh V.A.* Identification of putative origin of *Iris pumila* L. karyotype

ЗАГАЛЬНА ТА ПОПУЛЯЦІЙНА
ГЕНЕТИКА

GENERAL AND POPULATION GENETICS

Бєлікова О.Ю., Залоїло О.В., Тарасюк С.І., Мрук А.І., Романенко В.М. Генетична структура райдужної форелі (*Oncorhynchus mykiss*) чернівецького локального стада за SSR-маркерами

26 *Bielikova O., Zaloilo O., Tarasjuk S., Mruk A., Romanenko V.* Genetic structure of the Chernivtsi local stock of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) as determined by SSR-markers

- Горенская О.В., Навроцкая В.В. Анализ роли триптофан-кинуренинового метаболизма в контроле длительности жизни *Drosophila melanogaster* 32 Gorenskaya O.V., Navrotskaya V.V. Analysis of the role of tryptophan-kynurenine pathway in the life span control in *Drosophila melanogaster*
- Городнянский И.Д. Изменение внутрилинейного уровня проявления гибридного дисгенеза *Drosophila melanogaster* в скрещиваниях с особями с подавленной тетрациклином внутренней микрофлорой 38 Gorodnyanski I.D. Changes in the intralinear level of hybrid dysgenesis manifestation in *Drosophila melanogaster* in crosses with individuals with tetracycline suppressed internal microflora
- Горпинченко М.Ю., Атраментова Л.О. Популяційно-генетичний аналіз населення Закарпатської області за даними прізвищ 44 Gorpynchenko M.Yu., Atramentova L.A. Population genetic analysis of the population of Transcarpathian region based on surname data
- Козак Н.А., Атраментова Л.А. Индексы Кроу в этнических и социальных группах городского населения 49 Kozak N.O., Atramentova L.A. Crow's index in ethnic and social groups of urban population
- Козуб Н.О., Созінов І.О., Бідник Г.Я., Дем'янова Н.О., Созінова О.І., Карелов А.В., Блюм Я.Б. Дослідження матеріалу пшениці м'якої від гібридизації з *Aegilops biuncialis* Vis. за допомогою маркерів хромосоми 1U 55 Kozub N.A., Sozinov I.A., Bidnyk H.Ya., Demianova N.A., Sozinova O.I., Karelov A.V., Blume Ya.B. Studying common wheat material from crosses with *Aegilops biuncialis* vis. using markers for chromosome 1U
- Красиленко Ю.А., Горюнова І.І., Плоховська С.Г., Борова М.М., Пушкарьова Н.О. Поширення рослин-паразитів родів *Cuscuta* L. та *Orobanche* L. в Україні 60 Krasylenko Yu.A., Horiunova I.I., Plokhovska S.H., Borova M.M., Pushkarova N.O. Distribution range of parasitic plants from *Cuscuta* L. and *Orobanche* L. genera in Ukraine
- Лемеш В.А., Богданова М.В., Мозгова Г.В., Буракова А.А. Полиморфизм микросателлитных локусов дикорастущих популяций и культурных сортов масличного рапса (*Brassica napus* L.) 67 Lemesh V., Bahdanava M., Mozgova G., Burakova A. Polymorphism of microsatellite loci in feral populations and commercial varieties of oilseed rape (*Brassica napus* L.)
- Муратова Е.Н., Седельникова Т.С., Пименов А.В., Горячкина О.В. Кариологические и цитогенетические исследования хвойных бореальной зоны классическими и новыми методами 74 Muratova E.N., Sedel'nikova T.S., Pimenov A.V., Goryachkina O.V. Karyological and cytogenetic research of the conifers of boreal zone by classic and new methods
- Панчук І.І., Касіянчук Р.М., Волков Р.А. Субповтори у 5s рДНК як молекулярний маркер у популяціях *Acer platanoides* L. 80 Panchuk I.I., Kasianchuk R.M., Volkov R.A. Subrepeats in 5s rDNAs as a molecular marker in *Acer platanoides* L. populations
- Скоробагатько Д.О., Страшнюк В.Ю., Мазілов О.О. Індекси добору у нащадків *Drosophila melanogaster* Meig. після гострого γ -опроміювання 86 Skorobagatko D.A., Strashnyuk V.Yu., Mazilov A.A. Selection index in *Drosophila melanogaster* Meig. progeny after exposure to acute γ -irradiation
- Торяник В.М., Міронець Л.П. Морфогенетичний поліморфізм *Trifolium repens* L. за малюнком «сивої» плями на листку на територіях м. Суми з різним антропогенним навантаженням 92 Toryanik V.M., Mironets L.P. Morphogenetic polymorphism of *Trifolium repens* L. in the pattern of white marking on a leaf on the territory of the city of Sumy with a different anthropogenic load

Эткало Е.Н., Атраментова Л.А. Сходство по 97 Etkalo E.N., Atramentova L.A. Similarity in temperaments of relatives

МОЛЕКУЛЯРНА ГЕНЕТИКА ТА ГЕНОМІКА

MOLECULAR GENETICS AND GENOMICS

- Анопрієнко О.В., Арешков П.О., Жук О.В., Шаблій В.А., Скрипкіна І.Я. Комплексна регуляція гепарином експресії гена *CHI3L1* та локуса *ERVW-1* у клітинах гліобластом U-87 MG та U-251 MG 101 Anopriyenko O.V., Areshkov P.O., Zhuk O.V., Shablii V.A., Skrypkinia I.Ya. Integral regulation of *CHI3L1* gene and *ERVW-1* locus expression by heparin in the glioblastoma cell lines U-87 MG and U-251 MG
- Білоножко Ю.О., Пономаренко Л.О., Рабоконт А.М., Постовойтова А.С., Калафат Л.О., Приваліхін С.М., Блюм Я.Б., Пірко Я.В. Поширення омели (*Viscum album* L.) у Києві, яка зростає на різних видах деревних рослин, та її генетичні особливості 106 Bilonozhko Yu.O., Ponomarenko L.O., Rabokon A.M., Postovoitova A.S., Kalafat L.O., Privalikhin S.M., Blume Ya.B., Pirko Ya.V. Distribution of mistletoe (*Viscum album* L.), which parasitizes different woody plants species, in Kyiv and its genetic characteristics
- Буряченко С.В., Стегній Б.Т. Варіабельні локуси генів *HA*, *NA* та *NP* як ефективні РНК – мішені для генотипування субтипів H1N1 та H7N9 111 Buriachenko S., Stegnyy B. Variable loci of *HA*, *NA* and *NP* genes as effective RNA targets for genotyping subtypes H1N1 and H7N9
- Вороб'єва М.М., Воронова Н.В. Расшифровка последовательностей гена субъединицы 1 цитохромоксидазы *c* (*COI*) и гена субъединицы α фактора элонгации (*EF1 α*) ряда видов тлей фауны Беларуси 115 Varabyova M.M., Voronova N.V. Sequencing of cytochrome *c* oxidase subunit I (*COI*) gene and elongation factor 1-alpha (*EF1 α*) gene in aphids of the Belarussian fauna
- Данкевич Л.А. Ідентифікація збудника бурої бактеріальної плямистості люпину за наявності гена секреції синрингоміцину (*syrD*) 122 Dankevych L.A. Identification of agent of leaf spot disease of lupine based on the the syringomicin gene (*syrD*)
- Кропивко С.В., Грязнова Т.А., Рундич А.В. Взаємодія скафолдного білка інвадоподій TKS4 з родиною інтерсектинів 126 Kropyvko S.V., Gryaznova T.A., Rynditch A.V. Interactions of invadopodia scaffold protein TKS4 with intersectin family proteins
- Kurchii B.A. On the nature of non-protein receptors from the conceptual point of view. Paradigm for abscisic acid 131 Kurchii B.A. On the nature of non-protein receptors from the conceptual point of view. Paradigm for abscisic acid
- Mutenko H.V., Ostash B.O., Rothballer M., Weiss A., Schmid M., Hartmann A., Fedorenko V.O. Microbe-plant interactions between *Streptomyces* and model agricultural plants – *Hordeum vulgare* and *Lycopersicon esculentum* (Microtom) 137 Mutenko H.V., Ostash B.O., Rothballer M., Weiss A., Schmid M., Hartmann A., Fedorenko V.O. Microbe-plant interactions between *Streptomyces* and model agricultural plants – *Hordeum vulgare* and *Lycopersicon esculentum* (Microtom)
- Наваліхіна А.Г., Антонюк М.З., Терновська Т.К. Неадитивна експресія регуляторів розвитку остей у ліній пшениці м'якої із інтрогресіями від *Amblyopyrum muticum* 142 Navalikhina A.G., Antonyuk M.Z., Ternovska T.K. Non-additive expression of awn development regulatory genes in the bread wheat lines with introgressions from *Amblyopyrum muticum*

- Орловская О.А., Яцевич К.К., Вакула С.И., Хотылева Л.В., Кильчевский А.В. Молекулярная характеристика высокомолекулярных субъединиц глютеина 1Вх6.1 и 1Ву22.1 образца *Triticum spelta* K1731 147 Orlovskaya O.A., Yatsevich K.K., Vakula S.I., Khotyleva L.V., Kilchevsky A.V. Molecular characterization of high-molecular weight glutenin subunits 1Bx6.1 and 1By22.1 from *Triticum spelta* K1731 accession
- Постовойтова А.С., Пірко Я.В., Блюм Я.Б. Поліморфізм довжини I-го та III-го інтронів генів актину як інструмент для ДНК-профілювання льону-довгунця 154 Postovoitova A.S., Pirko Ya.V., Blume Ya.B. I and IIIrd intron length polymorphism of actin genes as a tool for flax DNA-profiling
- Похоленко Я.О., Гулько Т.П., Кордюм В.А. Вплив введення генів інтерлейкіну-2 та інтерлейкіну-12 до складу експериментальної маркованої ДНК-вакцини 160 Pokholenko Ia.O., Gulko T.P., Kordium V.A. Influence of introduction of interleukin-2 and interleukin-12 into experimental marker DNA-vaccine
- Романчук С.М. Експресія гена β-глюкозидази РУК 10 у проростках *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. за умов кліностакування та за Х-опромінення 166 Romanchuk S.M. β-glucosidase PYK 10 gene expression in *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. seedlings under clinorotation and X-radiation
- Урбанович О.Ю., Кузмицька П.В., Боровський Г.Б. Поліморфізм двох генів, кодуючих дегідрини пшениці 172 Urbanovich O.Yu., Kuzmitskaya P.V., Borovskiy G.B. Polymorphism of two wheat dehydrins genes

МОЛЕКУЛЯРНІ ТА КЛІТИННІ БІОТЕХНОЛОГІЇ

MOLECULAR AND CELL BIOTECHNOLOGIES

- Білінська О.В., Дульнев П.Г. Ефективність отримання гаплоїдів ярого ячменю у культурі пиляків *in vitro* на основі гібридного матеріалу: порівняння базової та удосконаленої технологій 178 Bilinska O.V., Dulnyev P.G. Efficiency of spring barley haploid production in anther culture *in vitro*: comparison of basic and improved technologies
- Бузіашвілі А.Ю., Ємець А.І. *Agrobacterium*-опосередкована трансформація картоплі геном лактоферину людини 184 Buziashvili A.Yu., Yemets A.I. *Agrobacterium*-mediated transformation of potato with human lactoferrin gene
- Варченко О.І., Красюк Б.М., Федчунов О.О., Зіміна О.В., Парій М.Ф., Симоненко Ю.В. Створення генетичних конструкцій за допомогою методу клонування *Golden Gate* 190 Varchenko O.I., Krasnyuk B.M., Fedchunov A.A., Zimina O.V., Parii M.F., Symonenko Yu.V. Genetic constructs creation using *Golden Gate* cloning method
- Гнатюк І.С., Варченко О.І., Парій М.Ф., Симоненко Ю.В. Підбір селективних концентрацій гліфосату для ефективного відбору *in vitro* трансгенних тканин озимого ріпаку *Brassica napus* L. 197 Hnatiuk I.S., Varchenko O.I., Parii M.F., Symonenko Yu.V. Establishment of glyphosate selective concentrations for winter rapeseed (*Brassica napus* L.) transgenic tissues efficient selection *in vitro*
- Голубенко А.В., Нужина Н.В. Явище вітрифікації при розробці технології клонального мікророзмноження рідкісної рослини *Salvia scabiosifolia* Lam. 202 Holubenko A.V., Nuzhyna N.V. Vitrification during development of clonal micropropagation technology for rare plant species of *Salvia scabiosifolia* Lam.

- Грицак Л.Р., Герц А.І., Герц Н.В., Дробик Н.М. 209 Використання індукції флуоресценції хлорофілу для оцінки функціонування фотосинтетичного апарату рослин *Gentiana lutea* L. за різних умов культивування *in vitro*
- Гуляєва Г.Б., Богдан М.М., Токовенко І.П., Патица В.П. 215 Роль хелатованого добрива і наночасток у формуванні елементів продуктивності за штучного вірусного і фітоплазмозного ураження
- Жук В.В., Міхеев О.М., Овсяннікова Л.Г. 219 Адаптивна реакція рослин кукурудзи на дію гострого ультрафіолетового випромінювання
- Жук І.В., Дмитрієв О.П., Лісова Г.М., Кучерова Л.О. 225 Вплив коєвої кислоти та донору NO на *Triticum aestivum* L. за умов біотичного стресу
- Зюзюн А.Б., Щербак О.В., Ковтун С.І., Свергунов А.О., Свергунова Г.О. 231 Аналіз ефективності розвитку поза організмом ембріонів свиней за використання нанобіоматеріалу
- Кирієнко А.В., Парій М.Ф., Симоненко Ю.В., Кучук М.В., Щербак Н.Л. 237 Використання апікальних меристем молодих проростків для індукції калюсогенезу *Triticum spelta* L. та *Triticum aestivum* L.
- Кляченко О.Л., Янсе Л.А., Ліханов А.Ф. 243 Екстракція біологічно активних речовин з решток перикарпіїв буряків цукрових (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris*)
- Комісаренко А.Г., Михальська С.І., Курчій В.М. 247 Продуктивність рослин пшениці озимої з додатковою копією гена орнітин-δ-амінотрансферази за умов водного дефіциту
- Кондрацкая И.П., Юхимук А.Н., Столепченко В.А., Чижик О.В., Козловская З.Г., Васько П.П., Решетников В.Н. 253 Создание межродовых гибридов фестулолиума морфотипа овсяницы тростниковой с использованием постгеномных технологий и ДНК-маркирования
- Лагуновская Е.В., Зайцева О.И., Лемеш В.А. 260 Эффективность использования различных типов индукционных питательных сред при культивировании пыльников гексаплоидного тритикале
- Hrytsak L.R., Herts A.I., Herts N. V., Drobyk N.M. Induction of chlorophyll fluorescence use for assessment of functioning of *Gentiana lutea* L. plants photosynthetic apparatus in different conditions of culturing *in vitro*
- Huliaieva H.B., Bohdan M.M., Tokovenko I.P., Patyka V.P. Role of chelated fertilizers` and nano-particles application for formation of elements of productivity at artificial infected with phytoplasmas and virus
- Zhuk V.V., Mikhteyev A.N., Ovsyannikova L.G. Adaptive reactions of corn plants to acute ultraviolet radiation
- Zhuk I.V., Dmitriev A.P., Lysova G.M., Kuchero-va L.O. The influence of kojic acid and donor NO on *Triticum aestivum* L. under biotic stress
- Zyuzuyn A.B., Shcherbak O.V., Kovtun S.I., Sverhunov A.O., Sverhunova H.O. Analysis of efficiency of development of swine embryos outside the organism with use of nanobiomaterial
- Kyriienko A.V., Parii M.F., Symonenko Yu.V., Kuchuk M.V., Shcherbak N.L. Callus induction from shoot apical meristem in *Triticum spelta* L. and *Triticum aestivum* L.
- Klyachenko O.L., Janse L.A., Likhanov A.F. Extraction of biologically active compounds from the residues of pericarps of sugar beet (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris*)
- Komisarenko A.G., Mykhalska S.I., Kurchii V.M. Productivity of winter wheat plants with the additional copy of the ornithine-δ-aminotransferase gene under water deficit conditions
- Kondratskaya I.P., Yuknimuk A.N., Stolepchenko V.A., Vasko P.P., Chizhik O.V., Kozlovskaya Z.G., Reshetnikov V.N. The creating of intergenetic hybrids of festulolium of *Festuca arundinacea* morphotipe with the use of postgenomic technologies and DNA-marking
- Lagunovskaya E.V., Zaitseva O.I., Lemesh V.A. Efficiency of using different types induction culture medium for hexaploid triticales anther cultivation

- Lystvan K.V.* Study of influence of ascorbic acid, reducing sugars and methyldopa on betalains content in *Celosia cristata* L. callus 266 *Lystvan K.V.* Study of influence of ascorbic acid, reducing sugars and methyldopa on betalains content in *Celosia cristata* L. callus
- Лукьянчук В.В., Голембиовская С.Л., Полищук Л.В.* Стабільність успадкування гібридної плазмиди TrS16 при довготривалій культуривації трансформанта без підтримуючої селекції 272 *Lukyanchuk V.V., Golembiowska S.L., Polishchuk L.V.* Inheritance stability of hybrid plasmid TrS16 in transformant under long-term culture conditions without supporting selection
- Матвєєва Н.А., Гаврилюк О.А., Дуплій В.П.* Вплив ванадію (IV) на ріст «бородатих» коренів *Artemisia tilesii* Ledeb. 277 *Matvieieva N.A., Gavryliuk O.A., Duplij V.P.* Effect of vanadium(IV) on the growth of *Artemisia tilesii* Ledeb. «hairy» root culture
- Мельничук О.В., Ожередов С.П., Рахметов Д.Б., Рахметова С.О., Баср О.О., Ємець А.І., Блюм Я.Б.* Біометричні та біохімічні особливості нових ліній *M. × giganteus* з підвищеним рівнем плідності 281 *Melnychuk O.V., Ozheredov S.P., Rakhmetov D.B., Rakhmetova S.O., Bayer O.O., Yemets A.I., Blume Ya.B.* Biometric and biochemical peculiarities of new *M. × giganteus* lines with increased ploidy level
- Ніщенко Л.В., Сахно Л.О.* Оцінка деяких фізіологічних і біохімічних параметрів проростків рижю (*Camelina sativa* (L.) Crantz) за умов осмотичного стресу 287 *Nishchenko L.V., Sakhno L.O.* Evaluation of some physiological and biochemical parameters of (*Camelina sativa* (L.) Crantz) seedlings under osmotic stress
- Олійник Т.М., Ковбасенко Р.В., Дмитрієв О.П., Дульнєв П.Г.* Можлива заміна цитокінінів та ауксинів у культурі *in vitro* 293 *Oliynik T.M., Kovbasenko R.B., Dmitriev A.P., Dulniev P.G.* Possible replacement of cytokinins and auxins in culture *in vitro*
- Пикало С.В., Демидов О.А., Юрченко Т.В., Прокопик Н.І., Гуменюк О.В.* Регенераційний потенціал перспективних ліній пшениці м'якої озимої у культурі апікальних меристем пагонів 298 *Pykalo S.V., Demydov O.A., Yurchenko T.V., Prokopik N.I., Humeniuk O.V.* The regeneration potential of promising winter common wheat lines in shoot apical meristem culture
- Пікус П.А., Рьмарь С.Е., Шувалова Н.С., Кордюм В.А.* Влияние дозы мезенхимальных стромальных (стволовых) клеток пуповины человека на острое воспаление на модели перитонита у мышей 304 *Pikus P., Rymar S., Shuvalova N., Kordium V.* Influence of the dose of human umbilical cord mesenchymal stem cells on acute inflammation on the peritonitis model in mice
- Салівон А.Г., Листван К.В., Літвінов С.В., Пчеловська С.А., Шиліна Ю.В., Жук В.В., Тонкаль Л.В.* Визначення впливу різних доз передпосівного опромінення насіння на вміст флавоноїдів у лікарській сировині звіробою звичайного 310 *Salivon A.G., Lystvan K., Litvinon S., Pchelovska S., Shylina Yu., Zhuk V., Tonkal L.* Evaluation of the influence of different doses of pre-sowing irradiation of seeds on the content of flavonoids in *Hypericum perforatum* L. medicinal raw material
- Сергєєва Л.Е., Бронникова Л.И.* Некоторые аспекты *in vitro* биотехнологии пшеницы 316 *Sergeeva L.E., Bronnikova L.I.* Some aspects of *in vitro* wheat biotechnology
- Усенко М.О., Окунєв О.В., Бенціонова К.І., Горбатюк О.Б., Іродов Д.М., Кордюм В.А.* Отримання рекомбінантного злитого білка rhIL7-BAPmut та його функціональна характеристика 321 *Usenko M.O., Okunev O.V., Bentsionova K.I., Gorbatiuk O.B., Irodov D.M., Kordium V.A.* Obtaining of the recombinant rhIL7-BAPmut fusion protein and its functional characterization

- Шадріна Р.Ю., Ємець А.І., Блум Я.Б.* Розвиток аутофагії як адаптивної відповіді рослин *Arabidopsis thaliana* на умови мікрогравітації 327 *Shadrina R., Yemets A., Blume Ya.* Autophagy development as an adaptive response to microgravity conditions in *Arabidopsis thaliana*

ІСТОРИЯ БІОЛОГІЇ, ПИТАННЯ ВИКЛАДАННЯ ГЕНЕТИКИ, СЕЛЕКЦІЇ ТА ЕВОЛЮЦІЙНОЇ ТЕОРІЇ

HISTORY OF BIOLOGY, TEACHING OF GENETICS, BREEDING AND EVOLUTIONARY THEORY

- Блум Я.Б., Барштейн В.Ю.* До 140-річчя від дня народження академіка В.Я. Юр'єва. Сторінки біографії в спеціальних історичних дисциплінах 333 *Blume Ya.B., Barshteyn V.Yu.* On the anniversary of 140th birthday of academician V.Ya. Yuriev. Pages of biography in special historical disciplines
- Бородіна К.І., Кмець А.М., Луценко О.І.* «Хмарні» технології як засіб формування та розвитку еволюційних понять у майбутніх вчителів біології 338 *Borodina K.I., Kmetz A.M., Lutsenko O.I.* Cloud technologies as a way to form and develop evolutionary concepts in future teachers of biology
- Гуменюк Г.Б., Чень І.Б., Волошин О.С.* Чарльз Дарвін – вчений-еволюціоніст 344 *Humeniuk H.B., Chen I.B., Voloshyn O.S.* Charles Darwin, an evolutionary scientist
- Мірошник Н.В., Тертична О.В., Тесленко І.К.* Оцінювання екологічних загроз парковим лісовим екосистемам 348 *Miroshnyk N., Tertychna O., Teslenko I.* Assessment of environmental threats to the park's forest ecosystems
- Михеев А.Н.* Основная проблема изучения биологической эволюции 355 *Mikhyeyev A.* The main problem of studying biological evolution
- Опалко А.І., Опалко О.А.* Лексичні проблеми селекційно-генетичної термінології в аграрній науці і освіті 361 *Opalko A.I., Opalko O.A.* Lexical problems of genetic and breeding terminology in agricultural science and education
- Піскун Р.П., Шкарупа В.М., Гринчак Н.М., Спрут О.В., Климчук І.М.* Сучасна концепція викладання генетики у медичному вищому навчальному закладі 368 *Piskun R.P., Shkarupa V.M., Grynchak N.M., Sprut O.V., Klimchuk I.M.* The modern concept of teaching genetics at a medical higher educational institution

ДОДАТОК

ADDENDUM

- Вибрані тези доповідей на XIV Міжнародній науковій конференції «Фактори експериментальної еволюції організмів» та VII з'їзді Всеукраїнської асоціації біологів рослин» (15–20 вересня 2019 р., м. Київ, Україна) 373 Selected abstracts of reports of XIV International Scientific Conference «Factors in Experimental Evolution of Organisms» and VII Congress of All-Ukrainian Association of Plant Biologists (September 15–20, 2019, Kiev, Ukraine)

ВОРОБЬЁВА М. М.^{1✉}, ВОРОНОВА Н. В.^{2✉✉}

¹ УО «Мозырский государственный педагогический университет имени И. П. Шамякина», Беларусь, 247760, г. Мозырь, ул. Студенческая, 28, e-mail: masch.89@mail.ru

² Белорусский государственный университет,

Беларусь, 220030, г. Минск, пр. Независимости, 4, e-mail: nvoronova@bsu.by

✉ masch.89@mail.ru, +37544-550-91-33

✉✉ nvoronova@bsu.by, +37529-620-20-00

РАСШИФРОВКА ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ ГЕНА СУБЪЕДИНИЦЫ 1 ЦИТОХРОМОКСИДАЗЫ С (COI) И ГЕНА СУБЪЕДИНИЦЫ α ФАКТОРА ЭЛОНГАЦИИ (EF1 α) РЯДА ВИДОВ ТЛЕЙ ФАУНЫ БЕЛАРУСИ

Цель. Ген субъединица 1 цитохромоксидазы с (COI) и ген субъединица α фактора элонгации (EF1 α) применяют для корректной видовой диагностики трудно дифференцированных форм тлей, изучения генетической структуры вида, оценки внутривидового и межвидового генетического полиморфизма, а также для построения филогенетических систем. **Методы.** Образцы тлей собраны на территории Беларуси. Последовательности генов COI и EF1 α отсеквенированы с использованием праймеров LCO и EF3. **Результаты.** Получены нуклеотидные последовательности генов COI и EF1 α восемнадцати видов тлей рецентной фауны Беларуси, в частности, гена COI шести видов тлей (*Aphis fabae mordvilkoii* Börn. & Janisch., *Aphis pomi* Deg., *Aphis spiraeicola* Patch, *Colopha compressa* Koch, *Panaphis juglandis* (Gz.) и *Uroleucon hypochoeridis* (F.)) и EF1 α пятнадцати видов тлей (*Anoecia corni* (Fabr.), *Aphis euphorbiae* Kalt., *C. compressa*, *Drepanosiphum platanoidis* (Schr.), *Gyphina jacutensis* Mordv., *Hyalopterus pruni* (Geoffr.), *Longicaudus trirhodus* (Walk.), *Monaphis antennata* (Kalt.), *P. juglandis*, *Periphyllus aceris* (L.), *Schizolachmus pineti* (F.), *Sipha maydis* Pass., *Therioaphis tenera* Aiz., *Trichosiphonaphis corticis* (Aiz.), *U. hypochoeridis*). **Выводы.** Последовательности генов COI и EF1 α тлей фауны Беларуси расшифрованы и депонированы в GenBank.

Ключевые слова: тли, COI, EF1 α , нуклеотидные последовательности, GenBank, BOLD.

Молекулярные маркеры – конкретные короткие участка генома, имеющие определенную локализацию на хромосомах, обеспечивающие молекулярно-генетический анализ конкретного признака. На сегодняшний день насчитывается несколько десятков типов молекулярных марке-

ров для корректной видовой диагностики трудно дифференцированных форм насекомых, изучения генетической структуры вида, оценки внутривидового и межвидового генетического полиморфизма, а также для построения филогенетических систем [1, 2].

В результате многочисленных исследований установлено, что гены митохондриального и ядерного генома могут быть использованы в геносистематических и филогенетических исследованиях насекомых [2]. При работе с гемиптероидными насекомыми, в частности тлями, на сегодняшний день наиболее консервативным среди митохондриальных маркеров оказался ген субъединицы 1 цитохромоксидазы с (COI), поскольку он характеризуется однокопийностью, гаплоидностью, отсутствием интронов, высокой скоростью эволюции и строго линейной передачей наследственной информации в ряду поколений. Для COI характерно последовательное накопление мутаций при наследовании, в связи с чем возможно определить происхождение и степень дифференциации межвидовых вариантов нуклеотидных последовательностей ДНК [3]. Помимо этого, в Международных генетических базах данных NCBI и BOLD хорошо представлены нуклеотидные последовательности COI для большинства видов тлей, поэтому ДНК-последовательности гена COI нашли широкое применение в качестве ДНК-штрихкодовой для идентификации видов и подвидов тлей, а также для изучения внутривидового и межвидового полиморфизма этого таксона насекомых [4–6].

Необходимо подчеркнуть, что для более надежных и корректных результатов целесообразно использование как минимум два маркера при работе с биологическими объектами. В качестве второго маркера, независимого от ге-

на COI, при работе с тлями используют ядерные последовательности ДНК, в частности, ген субъединицы α фактора элонгации (EF1 α). Этот ген широко используют в филогенетических исследованиях, поскольку именно ядерные гены обеспечивают более устойчивый филогенетический сигнал на протяженных участках временной шкалы, что чрезвычайно важно на надвидовом уровне. Кроме того, при анализе последовательностей ядерной ДНК можно использовать кодирующие (экзоны) и не кодирующие (интроны) участки, в частности, экзоны используют для проведения филогенетических исследований, идентификации и изучения внутривидового и межвидового полиморфизма, а интроны – оценки уровня внутривидовой и межвидовой генетической вариативности [2, 7].

Поскольку корректная видовая диагностика, установление таксономического статуса «проблемных форм», изучения генетической структуры вида, оценки внутривидового и межвидового генетического полиморфизма с использованием современных молекулярно-генетических методов необходимы для лучшего понимания механизмов, обеспечивающих высокую экологическую пластичность тлей, а такого рода данные являются важным аспектом контроля численности и распространения насеко-

мых-фитофагов, мы получили, расшифровали и депонировали в GenBank нуклеотидные последовательности генов COI и EF1 α для некоторых видов тлей фауны Беларуси из числа вредителей сельскохозяйственных и иных возделываемых культур.

Материалы и методы

В качестве модельных видов выбраны следующие представители рецессивной фауны Беларуси: *Anoecia corni* (Fabr.), *Aphis euphorbiae* Kalt., *Aphis fabae mordvilkoï* Börn. & Janisch, *Aphis pomi* Deg., *Aphis spiraecola* Patch, *Colopha compressa* Koch, *Drepanosiphum platanoidis* (Schr.), *Glyphina jacutensis* Mordv., *Hyalopterus pruni* (Geoffr.), *Longicaudus trirhodus* (Walk.), *Monaphis antennata* (Kalt.), *Panaphis juglandis* (Gz.), *Periphyllus aceris* (L.), *Schizolachmus pineti* (F.), *Sipha maydis* Pass., *Therioaphis tenera* Aiz., *Trichosiphonaphis corticis* (Aiz.), *Uroleucon hypochoeridis* (F.). Сбор энтомологического материала осуществлен на территории Беларуси в период с 2014 по 2017 гг. по общепринятым стандартным методикам (табл. 1). Помимо собственных использованы материалы, любезно предоставленные д. б. н., профессором С. В. Бугой.

Таблица 1. Афилологический материал, использованный в исследовании

Вид	Шифр	Дата сбора	Растение-хозяин	Место сбора
<i>Anoecia corni</i>	14-377	–	–	–
<i>Aphis euphorbiae</i>	14-552	–	–	–
<i>Aphis fabae mordvilkoï</i>	17	10.08.2017	<i>Solanum nigrum</i> L.	Беларусь, г. Минск
<i>Aphis pomi</i>	17-004	24.07.2017	<i>Malus</i> spp.	Беларусь, г. Минск
<i>Aphis spiraecola</i>	17-005	16.07.2017	<i>Spiraea</i> spp.	Беларусь, г. Минск
<i>Colopha compressa</i>	14-413	24.06.2014	<i>Ulnus laevis</i> Pall.	Беларусь, Витебская обл., Лепельский р-он
<i>Drepanosiphum platanoidis</i>	14-405	26.06.2015	<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	Беларусь, г. Минск
<i>Glyphina jacutensis</i>	14-403	–	–	–
<i>Hyalopterus pruni</i>	14-455	–	–	–
<i>Longicaudus trirhodus</i>	14-409	01.06.2015	<i>Thalictrum lucidum</i> L.	Беларусь, г. Витебск
<i>Monaphis antennata</i>	14-449	21.07.2014	<i>Betula pendula</i> L.	Беларусь, Минская обл., п. Прилуки
<i>Panaphis juglandis</i>	14-725	15.07.2014	<i>Juglans regia</i> L.	Беларусь, г. Минск
<i>Periphyllus aceris</i>	14-464	–	–	–
<i>Schizolachmus pineti</i>	14-469	–	–	–
<i>Sipha maydis</i>	14-379	–	–	–
<i>Therioaphis tenera</i>	14-414	24.06.2015	<i>Caragana arborescens</i> Lam.	Беларусь, г. Минск
<i>Trichosiphonaphis corticis</i>	14-304	–	–	–
<i>Uroleucon hypochoeridis</i>	14-470	24.07.2014	<i>Cichorium intibum</i> L.	Беларусь, Могилевская обл., г. Осиповичи

Примечание. «–» – Информация отсутствует.

Для экстракции ДНК использовали набор DNA Purification Kit (Thermo scientific), адаптировав методику производителя для работы с единичными насекомыми. Целевые фрагменты COI и EF1 α получили с использованием праймеров, представленных в таблице 2.

Реакционная смесь для ПЦР содержала в 25 мкл: 3 мМ dNTP, 1 мМ каждого праймера, 2,5 мМ MgCl₂, 1 \times TaqBuffer (10 мМ Tris-HCl, 50 мМ KCl, 0,8 % Nonidet P40), 1U Taq-полимеразы, 0,5 мкг ДНК-матрицы. ПЦР проводили с использованием амплификатора Agilent Technologies Sure Cycler 8800 в режимах: 94 $^{\circ}$ C – 3 мин; 35 циклов по 94 $^{\circ}$ C – 20 с, отжиг праймера – 40 с, 72 $^{\circ}$ C – 1 мин 30 с; 72 $^{\circ}$ C – 5 мин (при работе с праймерами LCO/HCO) и 94 $^{\circ}$ C – 3 мин; 35 циклов по 94 $^{\circ}$ C – 20 с, отжиг праймера – 30 с, 72 $^{\circ}$ C – 90 с; 75 $^{\circ}$ C – 5 мин (при работе с праймерами EF3/EF2).

Электрофорез фрагментов COI и EF1 α проводили в 1,5 % агарозном геле в TAE-буфере и окрашивали 10000 \times ZUBRGreen-1 (Праймтех, Беларусь). Для оценки длин полученных фрагментов использовали маркер молекулярного веса MP1bp DNALadder (Thermo Scientific, Литва). Секвенирование ПЦР-продуктов выполнено компанией MacroGen (Нидерланды) с использованием праймеров LCO и EF3.

Результаты и обсуждение

Мы оценили представленность нуклеотидных последовательностей генов COI и EF1 α в Международных генетических базах данных для видов тлей, включенных в настоящее исследование. Оказалось, что на сегодняшний день содержатся записи, касающиеся пятнадцати модельных видов тлей, включенных в настоя-

щее исследования, в то время как для трех видов тлей, в частности, *T. corticis*, *C. compressa* и *G. jacutensis* нуклеотидные последовательности не расшифрованы и не депонированы в Международные генетические базы данных (табл. 3).

Учитывая недостаточную представленность в Международных генетических базах данных нуклеотидных последовательностей для тлей, включенных в исследование, было принято решение расшифровать последовательности генов COI и EF1 α для этих видов тлей и депонировать эти последовательности в GenBank.

Нуклеотидные последовательности гена COI получены и депонированы в GenBank для шести видов тлей фауны Беларуси, в частности *A. fabae mordvilkoii* [MG027895], *A. pomi* [MG027896], *A. spiraeicola* [MG027897], *C. compressa* [MF377443], *P. juglandis* [MF377444] и *U. hypochoeridis* [MF377446]. Для тлей *C. compressa* нуклеотидная последовательность гена COI была расшифрована впервые (рис. 1).

Нуклеотидные последовательности гена EF1 α получены и депонированы в GenBank для пятнадцати видов тлей фауны Беларуси, в частности, *A. corni* [MG029630], *A. euphorbiae* [MG029635], *C. compressa* [MG020467], *D. platanoidis* [MG029631], *G. jacutensis* [MG020468], *H. pruni* [MG020469], *L. trirhodus* [MG020470], *M. antennata* [MG020471], *P. juglandis* [MG029636], *P. aceris* [MG029632], *S. maydis* [MG029628], *S. pineti* [MG029633], *T. tenera* [MG029634], *T. corticis* [MG029638], и *U. hypochoeridis* [MG029629]. Для двенадцати видов тлей нуклеотидные последовательности гена EF1 α были получены впервые (рис. 2).

Таблица 2. Праймеры, использованные для получения целевых фрагментов ДНК

Ген	Праймер	Последовательность, 5'-3'	T _a $^{\circ}$ C	Размер получаемого фрагмента, п.н.
COI	HCO2198 LCO1490	TAAACTTCAGGGTGACCAAAAAATCA GGTCAACAAATCATAAAGATATTGG	50	708
EF1 α	EF2 EF3	ATGTGAGCAGTGTGGCAATCCAA GAACGTGAACGTGGTATCAC	54	1100

Примечание. T_a – температура отжига праймера.

Таблица 3. Оценка представленности в Международных базах данных нуклеотидных последовательностей генов COI и EF1 α для тлей, включенных в исследование

Вид тлей	Маркер	Количество последовательностей в базах данных	Страна сбора энтомологических образцов
<i>Anoecia corni</i>	COI	3	Нидерланды
	EF1 α	–	–
<i>Aphis euphorbiae</i>	COI	1	Франция
	EF1 α	–	–
<i>Aphis fabae mordvilkoii</i>	COI	3	Китай
	EF1 α	–	–
<i>Aphis pomi</i>	COI	145	Канада, Франция, Китай, Германия, Финляндия
	EF1 α	30	Литва
<i>Aphis spiraeicola</i>	COI	296	Канада, Тунис, Пакистан, Австралия, Индия, Франция, Китай, Греция
	EF1 α	18	Литва
<i>Colopha compressa</i>	COI	–	–
	EF1 α	–	–
<i>Drepanosiphum platanoidis</i>	COI	213	Канада, Новая Зеландия, Беларусь, Норвегия и США
	EF1 α	–	–
<i>Gyphina jacutensis</i>	COI	–	–
	EF1 α	–	–
<i>Hyalopterus pruni</i>	COI	61	Канада, Германия, Франция, США, Болгария, Китай, Индия, Пакистан, Греция, Великобритания, Южная Корея и Дания
	EF1 α	2	США, Корея
<i>Longicaudus trirhodus</i>	COI	8	Канада, Беларусь
	EF1 α	–	–
<i>Monaphis antennata</i>	COI	2	Канада
	EF1 α	–	–
<i>Panaphis juglandis</i>	COI	5	Франция, Греция, США и Италия
	EF1 α	1	Испания
<i>Periphyllus aceris</i>	COI	2	Беларусь
	EF1 α	–	–
<i>Schizolachmus pineti</i>	COI	56	Канада, Норвегия, США, Гондурас
	EF1 α	–	–
<i>Sipha maydis</i>	COI	27	США, Франция, Бразилия, Болгария
	EF1 α	1	Польша
<i>Therioaphis tenera</i>	COI	29	Беларусь и Канада
	EF1 α	–	–
<i>Trichosiphonaphis corticis</i>	COI	–	–
	EF1 α	–	–
<i>Uroleucon hypochoeridis</i>	COI	17	Франция, Греция и Италия
	EF1 α	–	–

Примечание. «–» – Данные в Международных генетических базах данных отсутствуют.

```

1 attattaaca ataaccaact atataatgta atcgtaacta ttcagcctt tattataatt
61 tttttataa caataccaat tgtaattgga ggatttgga actgattaat tcccataata
121 ataggatgcc ctgatatac attcccacga taaataata tcagattctg actctacc
181 ccttccttaa taataataat ttgtagatic attattaata acggaacagg aacaggatga
241 actatttacc cccctttacc aaataatatt gcccaataa atatttcagt tgatttaaca
301 atttttacc tteatttagc tggaatttca tcaattttag gagctattaa tttatttgt
361 actatcataa atataataacc taacaattta aaactaaacc aaattccgct atttcttga
421 tccattttaa ttacagcaat acttctaatt ctctcgttac ctgtttttagc aggagcaatc
481 acaatattat taactgatcg aaatttaaat acttcatttt ttgatccatc aggtggagga
541 gatccaattt tataccaaca tttattttga ttttttgte acc
    
```

Рис. 1. Частичная последовательность гена COI тлей *Colopha compressa*.

A	B
<p>1 ggtaccgggt aattfagaac tggatctca aagaacggac aaaccctga acacgctct 61 cttgcttca cattgggtgt gaacaattg atcgtgtgtg ttaacaaaat ggactcaact 121 gaaccaccat tcagcagfga cegttatgag gaaatcaaga aagaagtctc ctacacatc 181 aagaagatcg gttacaatcc agctgcccgt gcaatctgac caatctcagg atggcacggt 241 gacaacatgt tggaaacatc aaccaacatg ccatgggtca agggatggaa agttgaaact 301 aaagacggta atgctgaagg taaatgcttg atgaaactt tggatgctat ccttccacca 361 tcacgtccaa ccgacaaga acgtggttg ccaatgcaag atgtttaca gattgggtgt 421 atggaaacag tggcagttgg tctgtgtgaa accggtgtct tgaaccagg t</p>	<p>1 actattatg atgcacctgg acacagagat tcatthaaga acatgatcac tggctacct 61 cagctgatt gctctgact tattgtgct gctggtact gagaattca agctggatt 121 tcaagaatg gacaaccgg tgaacatgct ctattggct tcaacttgg agtcaaaaa 181 ttgattgtg gtgtaaaaa gatgactcc actgaaccac catacagcga agtatgttcc 241 ccttactat aatagataag ttattataat tatttattat aatattaca ttttgcaggc 301 tctgtttgaa gaaatcaaga aggaagttag cagttacatc aagaaaattg gttacaacc 361 agctgctgt gctttgtac ccatctctgg atggaatgga gataacatgt tggaaagtgc 421 tgaaaaaatg ccaatggtca aaggatggaa tgttgaactg aaagaaggaa aagctgatgg 481 taaatgtttg atggaactt tagatgctat cctgccact agtgcacctc ctgacaaggc 541 acttctctc ccaactcagg atgtctaca</p>
B	Г
<p>1 actatgttac catcattgac gcaaccggtc acagagattt cattnaaanac ttaatgacag 61 gtacctaca agctgattgt gctgtgctta ttgtagctgc cggtagctga gaattcgaag 121 ctggtattc caagaatgga caaactagag agcacgctct atggccctc acccttggtg 181 tgaacaatg gattgtggc gtgaacaaa tggattccac tgaaccacca tacagtgaag 241 ctcgtttca agaatacaag aaagaagtca gcagttaac caagaagatt ggttacaacc 301 cagctctgt tgccttctg cccatctccg gatggaacgg agacaacatg ttggaagttt 361 ccgagaaaat gccatggttc aaggatggg ctgttgaacg taaagaagga aaggctgatg 421 gtaaatgttt gattgaact tagatgcta tctgccacc tagtgcacca actgacaagg 481 cccctagact ccaactcca</p>	<p>1 gccaaagtac agctccact cattgatgca cctggacaca gagatttcat aagaagcatg 61 atcacgggta cctccaagc tgattgtgct gtaactattg ttgctcccgg tactggagaa 121 tccaagctg gttattccaa gaatggacaa acccgtgac acgctctgtt ggttctact 181 ctgggtgga aacaattgat tgttgggtg aacaagatgg atfecactga accctcgta 241 agcgaagatg gattcaatt tactatatt tatttgata tttaactaat ctgtgtgta 301 cataattta gctcgttcc gaagaaatca agaaggatg cagcagttac atcaaaaaa 361 ttgtttaca tccagctgcc gttgcttcc taccatctc tggatggaa ggagacaaca 421 tgttgaagt ttccgaaaaa atgcttggg tcaagggatg gaattgtgaa cgtaaagaag 481 gaaaggctga cgttaaatgt ttgattgaa ctttggatgc taccctcca ctagtccc 541 caactgaca ggctctcctg ctcccactcc aggtacaita caactaaag ttactattga 601 cttattttg ctaatattt ttctgaatt tttgtaggac gtttcaaaa ttgagatg 661 tggaaactc cagtgggcc gttggagac tgggttttg aaaccaggta ctgttgggt 721 ttgcagccc gcaacc</p>
Д	E
<p>1 tcaatgacg acctggccc agagatttca tcaagcacat gattactggt acctcccagg 61 ctgattgac tgaactattt gttgctgctg gtaactgaga atcgaagcc ggtatttcca 121 agaaccgtca aactcgtgaa cacgcttatt tggctttcac ccttgggtga aaacaattg 181 ttgttggct gaacaagatg gactctact aaccaccata cagtgaagtc cgtttcgaag 241 aaatcaagaa agaagtcagc agttatatta agaagattgg ttacaacca gctgctgtt 301 ctttctacc catctctgga tggaaacggag acaacatgtt ggaagttcc gacaaaatgg 361 gatggttcaa gggatggaat gttgaacgta aggaaggaaa ggctgacggt aaatgtttg 421 ttgaagcttt agatgctatc ctcccccta gtcgcccaac tgaagaagct cctcgtctcc 481 cacttccaga tttttacaaa atggaggta tggaaacagt cccagtcggt cgtgttga 541 ctgctctgtt gaaaccgggt atggtgtttg tcttcgacc tggcaacatt accactgaag 601 ttaagtcctt tgaatcgac cacgaagctt tgggtgaage tgttcccga gacaatgtt 661 gtttcaactg aaagaactg tcaagtaagg aatfagagac tggattgtt gctggagata 721 ccaagaacaa cccaccagg ggagctgctg acttactgc ccaggt</p>	<p>1 tggcagatc tatgtacca tcaatgacg acctggcac agagatttca tcaagaacat 61 gatcactggt actcccagg ccgattgtgc tgtgctcacc gttgctgct gtaactgaga 121 atcgaagct ggtatttca aaaatggaca aactcgtgaa cacgcttatt tggctttcac 181 ccttgggtga aaacaattga ttgttgggt gaacaagatg gattctactg aaccacttca 241 cagcgaagc cgtttcgaag aaatcaagaa ggaagtcagc agttatca caaaaatcgg 301 ttacaacca gctgctgtt ctttctgccc catcttga tggaaacggag acaacatgt 361 ggaagttcc gaaaagatg catggttcaa gggatgggct gttgacgta aagaaggaaa 421 ggcagatggt aaatgttga ttgaagcttt agatgctatc ctgccacca gtcgcccaac 481 tgaacaagct cctcgtctcc cactccagga tcttcaaaa atggaggta tggaaacagt 541 cccagtaggt cgtgtggaaa ctgctctttt gaaaccaggt atggtgtgg ttttcgacc 601 agcaaacatc accactgaag ttaactgt agagatgca cagcaagct tagtagaagc 661 gttcccga gacaatgtt gtttcaactg aaagaactt tcaagcaag aatfagagc 721 tggttcgtt gctggagaca caaagaacaa cccaccagg ggctgctgctg atttactgc 781 ccaagt</p>
Ё	Ж
<p>1 acaatgttac tattattgac gcaactggac acagagattt cattnaaac ttgatcactg 61 gtacctcca agcagattgt gctgtactta ttgtgctgc tggtagctga gaatttgaag 121 ctggtattc caaaaatgga caaactcgtg aacatgctct atggccctc acccttggtg 181 ttaacaatg aattgttgg tgaacaaaa tggactccac cgaacctca tacagtgaag 241 ttctgttga agaatacaaa aaagaagtca gcagttacat caagaataat ggttataacc 301 cagctctgt tgccttctg cccatctctg gatggaatgg agataacatg ttggaagttt 361 ctgaaaaaat gccatggttc aaaggatgga atgttgaacg taaagaagga aaagccgatg 421 gtaaatgttt gattgaact tagatgcta tctgccacc cagctgctct actgacaag 481 ctctctct ccaactcag gactttaca agataggagg tatttgaaca gttccagttag 541 gctgttggaa aactgcttt ttgaaaccag gtaggtttg gtttttgcg ccagctaca 601 tcaactactg agttaagtc gttgagatgc accacgaagc tctgactgaa gctgttctg 661 gagacaatgt tggtttcaac gttagaatg ttacagttaa ggaatfaga cgtgttttg 721 tagctggaga caccaagaac aatccacta aaggtgctgc tgaatcact cccaggt</p>	<p>1 actactgac catcattgac gcaactggc acagagattt catcaagaac atgatcactg 61 gtacctcca ggctgattgt gctgtactta ttgtgctgc tggtagctga gaatttgaag 121 ctggtattc caagaatggt caaacccgtg aacacgctct tttagcttcc acccttggtg 181 tgaacaatg gatcgttgg tgaacaaga tggactctac tgaaccacca tacagcggag 241 tagtttaatt attatttac ttctgactc ttatattat ttactattat tggattgtt 301 atttagact cgtttcagg aaatcaagaa agaagtggc agttatca aagaagattg 361 ttacaacca gctgctgtt ctttctgccc catcttga tggaaacggag acaacatgt 421 ggaagttcc gaaaatgct catggttcaa gggatgggct gttgacgta aagaaggaaa 481 ggctgattgt aaatgttga ttgaagcttt agatgctatc ctgccacca gtcgcccaac 541 agacaagct ctcgtcttc cactccaggt acataactt ttattataa atataatca 601 ctaattgtt gtttctata tcttctct atacaataa ttattctaa ttgtgtttg 661 aattcttaa taggactat acaaaatgg aggtattgga acagtcaccg ttgctgctg 721 tgaaccgggt ctttgaaac caggtatggt tttgtattt gctcctgta acatcacc 781 tgaagttag tctgtggaga tgcaccacga agctctgta gaagctgtc ccggagaca 841 tttgtttt aatfagaaga agcccccag ca</p>
З	И
<p>1 tacgtacca tcaatgacg acctggcac agagatttca tcaagaac gatcacaggt 61 acctcagg ccgattgtg tgaactattt gttgctgccc gtaactgaga atcgaagct 121 gttatttca aaaatgaca aaccctgtaa cacgcttgt tggctttcac ctttgggtg 181 aaacaatgga ttgttgggt gaacaaaatg gactctactg aaccaccata cagtgaagta 241 ttttttaat ttatccat taaaatgga atgagaagta ttaattata tattattat 301 tttagaccg ttcgaagaa attaagaag aagtcagcag ttattataa gaaaatggt 361 acaaccagc cgtgtgtgt ttgtcccaa tctctggatg gaacggagat aacatgttgg 421 aagttccga aaaaatgcca tggttcaagg gatggcagt tgaactgaaa gaaggaaagg 481 ctgattgtaa atgtttatg gaagcttag atgcaatct gccaccagt cgtccaactg 541 acaagctc cgttccca cttcaggtac atcaattt ctgtactac ttgataata 601 ttttgata tatgtatt tatatttca tcaagatgt atacaagata gggagattg 661 gaacagccc tgttctct gttgaaact gttattgaa acccggtatg gttgtgtat 721 tctctctgc taactcac actgaagta agtccgtga gatgccacc gaagctttg</p>	<p>1 gtaccttca ggccgattgt gctgtactc cttggaagg cgttagctga gaattcgaag 61 ctggtattc caagaatgga cagaccctg agcacgctct atggcttcc acccttggtg 121 tgaacaatg gattgttgg tgaacaaga tggactccac tgaaccacca tacagfgaag 181 taagtattc ttataaact acttttagt gtttactg aacattaaat taacttaca 241 aatttaca ctcgtttga agaaatgaa aaggaaatga gcagttacat caagaataat 301 gtttacaacc ctgacgtgt tgccttctg ccatctctg gatggaatgg agacaacatg 361 ttgaaagtt ctgacaaaa gccatggttc aaggatgga atgttgaag taaagaaggt 421 aaagttgat gtaaatgtt gattgaact tagatgcta tctgccacc cagccgccc 481 actgacaag cttctctct ccccc</p>

<p>I aatactatgt caccatcatt gacgcacctg gacacagaga ttcatcaaa aacatgatca 61 ctggtacttc ccaggccgat tgtgctgtgc ttattgtcgc tgcctgactt ggagatctg 121 aagctggat tcttaagaat ggacaaactc gtaaacacgc ttattggct tcaacttgg 181 gtgtaaaaca attgattgtc ggtgtgaaca agatggatc tactgaacca ccatcacgtg 241 aagtatgttt taaaatgct taattattt caaatttat gttgtaaac aaaaataa 301 aataatttt atagagccgt ttgaagaaa tcaagaaga agtcagcagt tacatcaaga 361 aaatgggta caaccagct cagattgctt ttgtcccat ctctggatgg aatggagaca 421 acatgttga agttccgaa aagatgcat ggttcaaagg atggactgtt gaacgtaaa 481 aaggaaaggc tgatgtaaa tgtttgattg aagctttaga cgctatcctg ccactagtc 541 gcccaactga caaggctctt cgtctccac tccaggtata tatcatatat attaaatg 601 ttattgtac acatttaa ttatggtat ttataggatg tctacaaaat tggaggtatt 661 ggaacagtc cagtaggtc tgtggaact ggtctattga aaccaggcat ggtgtggtt 721 ttccacctg caaacataa cactgaaga aagccctgg aatgcacca cgaggctttg 781 gtcgaagctg ttccggaga caatgtggt ttcaacgtaa agaatttgc agtaaggaa 841 ttaagacgtg gttttgtc tggagacaca aagaacaacc caccagaagg cgcagctgat 901 ttactgcc aggtaat</p>	<p>K</p>	<p>1 actatgtcac catcattgat gcacctggc acagagattt catcaaac atgactcag 61 gtactccca ggctgattg gctgtgcta ttgctcgc tggtactgga gaattcgaag 121 ctggtattc taagaatgga caaacctgt aacacgctct atggcttcc acctgggtg 181 taaacaatt gatcgttgg gtaacaaga tggactctac tgaaccacca tacagcga 241 gccgtttga agaaatcaag aaggaagica gcagttacat caagaaact ggttacaac 301 cagctgctgt tgccttctg cccatctct gatggaatgg agacaacatg ttggaattt 361 ccgaaaagt gctgtggtc aaggatggg ccgttgaacg taaagaagga aaggctgat 421 gtaaatggt gattgaagct tttagccta tctgcccacc cagctgcca actgacaag 481 ctctacgtc tccactccag gatgtctaca agataggagg tattggaaca gtccagtag 541 gtcgttaga aactgctct ttgaaacctg gtatggtgt cgttttgc caagcaaca 601 taacctga agttaagt gttgagatgc accacgaagc ttaacagaa gttatccag 661 gagacaatg tggttcaac gtaagaacg tttagcaca ggaattgaga cgtggttgc 721 ttgctggaga tacaagaac aaccacca aaggtgctgc tgatttact gccaggtta 781 ttgtatgaa ccaccgggt caaattcca atggatatac tccagtgtg at</p>	<p>Л</p>
---	----------	--	----------

Рис. 2. Частичные последовательности гена EF1 α тлей фауны Беларуси: А – *Anoecia corni*, Б – *Aphis euphorbiae*, В – *Colopha compressa*, Г – *Drepanosiphum platanoidis*, Д – *Gyphina jacutensis*, Е – *Longicaudus trirhodus*, Ё – *Monaphis antennata*, Ж – *Periphyllus aceris*, З – *Schizolachmus pineti*, И – *Therioaphis tenera*, К – *Trichosiphonaphis corticis*, Л – *Uroleucon hypochoeridis*.

Выводы

Таким образом, в рамках настоящего исследования были получены нуклеотидные последовательности генов COI и EF1 α восемнадцати видов тлей рецентной фауны Беларуси. Нуклеотидные последовательности COI и EF1 α этих видов тлей депонированы в GenBank и находятся в открытом доступе, в связи с чем могут быть использованы для идентификации видов,

изучения внутривидового и межвидового генетического полиморфизма и филогенетического анализа. Для пятнадцати видов тлей нуклеотидные последовательности были получены впервые.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (договор № Б18МВ-008).

References

1. Cruickshank R.H. Molecular markers for the phylogenetics of mites and ticks. *Systematic & Applied Acarology*. 2002. Vol. 7, No. 1. P. 3–14. doi: 157.140.2.10/hosted_sites/acarology/saas/saa/pdf07/003-014.
2. Varabyova M.M. Morphological and genetic variability of aphid species (Sternorrhyncha: Aphidoidea) from different ecological and taxonomy groups: avtoref. dys. ... kand. biol. nauk. Minsk, 2018. 28 p. [in Belarus] / Воробьева М.М. Морфологическая изменчивость и генетическая вариабельность видов тлей (Sternorrhyncha:Aphidoidea), относящихся к разным эколого-систематическим группам: автореферат дис. ... канд. биол. наук. Минск, 2018. 28 с.
3. Simon C., Frati F., Beckenbach A., Crespi B., Liu H., Flook P. Evolution, weighting, and phylogenetic utility of mitochondrial gene sequences and a compilation of conserved PCR primers. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 1994. Vol. 87, No. 6. P. 651–701. doi: hydrodictyon.eeb.uconn.edu/projects/cicada/resources/reprints/Simon_ea_1994.
4. Aravind K., Ravikanth G., Uma Shaanker R., Chandrashekar K., V. Kumar A.R., Ganeshiah K.N. DNA barcoding : An exercise in futility or utility? *Current Science*. 2007. Vol. 92, No. 9. P. 1213–1216. doi: jstor.org/stable/24097883.
5. GenBank Overview. USA. 2017. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/> (last accessed: 23.02.2019).
6. BOLD Systems v4. Ontario. 2017. URL: http://www.barcodinglife.org/index.php/TaxBrowser_Home (last accessed: 23.02.2019).
7. Cho S., Mitchell A., Regier J.C., Mitter C., Poole R.W., Friedlander T.P., Zhao S. A highly conserved nuclear gene for low-level phylogenetics : Elongation factor-1 α recovers morphology based tree for heliothine moths. *Mol. Biol. Evol.* 1995. Vol. 12, No. 4. P. 650–656. doi: <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.molbev.a040244>.

VARABYOVA M. M.¹, VORONOVA N. V.²

¹ Mozyr State Pedagogical University named after I. P. Shamyakin, Belarus, 247760, Mozyr, Studencheskaya str., 28, e-mail: masch.89@mail.ru

² Belarusian State University, Belarus, 220045, Minsk, Kurchatova str., 10, e-mail: nvoronova@bsu.by

SEQUENCING OF CYTOCHROME C OXIDASE SUBUNIT I (COI) GENE AND ELONGATION FACTOR 1-ALPHA (EF1 α) GENE IN APHIDS OF THE BELARUSSIAN FAUNA

Aim. Cytochrome c oxidase subunit I gene (COI) and elongation factor 1-alpha gene (EF1 α) are frequently used for a correct species diagnostics of aphids forms that are correct diagnosis of the species, studying of species genetic structure, assessment of intraspecies and interspecies genetic polymorphism assessment and construction of phylogenetic

systems. **Methods.** Aphids samples were collected in Belarus. Genetic sequences of COI and EF1 α genes were sequenced using primers LCO and EF3. **Results.** Sequences of COI and EF1 α genes of 18 aphid species of Belarusian fauna including 6 aphid species of COI gene (*Aphis fabae mordvilko*i Börn. & Janisch., *Aphis pomi* Deg., *Aphis spiraeicola* Patch, *Colopha compressa* Koch, *Panaphis juglandis* (Gz.) и *Uroleucon hypochoeridis* (F.)) and 15 species of EF1 α gene (*Anoecia corni* (Fabr.), *Aphis euphorbiae* Kalt., *C. compressa*, *Drepanosiphum platanoidis* (Schr.), *Gyphina jacutensis* Mordv., *Hyalopterus pruni* (Geoffr.), *Longicaudus trirhodus* (Walk.), *Monaphis antennata* (Kalt.), *P. juglandis*, *Periphyllus aceris* (L.), *Schizolachmus pineti* (F.), *Sipha maydis* Pass., *Therioaphis tenera* Aiz., *Trichosiphonaphis corticis* (Aiz.), *U. hypochoeridis*) were obtained. **Conclusions.** COI gene and EF1 α gene sequences were decoded and deposited to GenBank.

Keywords: aphids, COI, EF1 α , nucleotide sequence, GenBank, BOLD.

ВОРОБЬОВА М. М.¹, ВОРОНОВА Н. В.²

¹ УО «Мозирський державний педагогічний університет імені І. П. Шам'якіна», Білорусь, 247760, м. Мозир, вул. Студентська, 28, e-mail: masch.89@mail.ru

² Білоруський Державний Університет, Білорусь, 220045, м. Мінськ, вул. Незалежності, 10, e-mail: nvoronova@bsu.by

РОЗШИФРУВАННЯ ПОСЛІДОВНОСТЕЙ ГЕНА СУБОДИНИЦІ 1 ЦИТОХРОМОКСИДАЗИ С (COI) І ГЕНА СУБОДИНИЦІ α ФАКТОРА ЕЛОНГАЦІЇ (EF1 α) РЯДУ ВИДІВ ПОПЕЛИЦЬ ФАУНИ БІЛОРУСІ

Мета. Ген субодиниці 1 цитохромоксидази с (COI) і ген субодиниці α фактора елонгації (EF1 α) застосовують для коректної видової діагностики складно диференційованих форм попелиць, вивчення генетичної структури виду, оцінки внутрішньовидового і міжвидового генетичного поліморфізму, а також для побудови філогенетичних систем. **Методи.** Зразки попелиць зібрано на території Білорусі. Послідовності генів COI і EF1 α секвеновано з використанням праймерів LCO і EF3. **Результати.** Отримано нуклеотидні послідовності генів COI і EF1 α вісімнадцяти видів попелиць рецентної фауни Білорусі, зокрема, гена COI шести видів попелиць (*Aphis fabae mordvilko*i Börn. & Janisch., *Aphis pomi* Deg., *Aphis spiraeicola* Patch, *Colopha compressa* Koch, *Panaphis juglandis* (Gz.) и *Uroleucon hypochoeridis* (F.)) та гена EF1 α п'ятнадцяти видів попелиць (*Anoecia corni* (Fabr.), *Aphis euphorbiae* Kalt., *C. compressa*, *Drepanosiphum platanoidis* (Schr.), *Gyphina jacutensis* Mordv., *Hyalopterus pruni* (Geoffr.), *Longicaudus trirhodus* (Walk.), *Monaphis antennata* (Kalt.), *P. juglandis*, *Periphyllus aceris* (L.), *Schizolachmus pineti* (F.), *Sipha maydis* Pass., *Therioaphis tenera* Aiz., *Trichosiphonaphis corticis* (Aiz.), *U. hypochoeridis*). **Висновки.** Послідовності генів COI і EF1 α попелиць фауни Білорусі розшифровані і депонують в GenBank.

Ключові слова: попелиці, COI, EF1 α , нуклеотидні послідовності, GenBank, BOLD.