

Учреждение образования
«Барановичский государственный университет»

Вестник БарГУ

Ежеквартальный научно-практический журнал

Издаётся с марта 2013 г.

Выпуск 7, сентябрь, 2019.

Серия «Биологические науки (общая биология). Сельскохозяйственные науки (агрономия)»

Учредитель: учреждение образования «Барановичский государственный университет».

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор журнала Кочурко Василий Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик Белорусской инженерной академии, академик Международной академии технического образования, академик Международной академии наук педагогического образования, академик Академии экономических наук Украины, Заслуженный работник образования Республики Беларусь, ректор учреждения образования «Барановичский государственный университет» (Барановичи, Республика Беларусь).

Заместитель главного редактора журнала Климук Владимир Владимирович, кандидат экономических наук, доцент, проректор по научной работе учреждения образования «Барановичский государственный университет» (Барановичи, Республика Беларусь).

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ СЕРИИ

Главный редактор серии

Рындевич Сергей Константинович, кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры естественнонаучных дисциплин учреждения образования «Барановичский государственный университет» (Барановичи, Республика Беларусь).

Редактор текстов на английском языке

Карапетова Елена Геннадьевна, кандидат филологических наук, доцент, заведующий кафедрой теории и практики перевода №1 учреждения образования «Минский государственный лингвистический университет» (Минск, Республика Беларусь).

Абарова Елена Эдуардовна (*ответственный за направление «Агрономия»*), кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, директор обособленного структурного подразделения «Ляховичский государственный аграрный колледж» учреждения образования «Барановичский государственный университет» (Ляховичи, Республика Беларусь);

Земоглядчук Алексей Владимирович (*ответственный за направление «Общая биология»*), кандидат биологических наук, доцент, заведующий кафедрой естественнонаучных дисциплин учреждения образования «Барановичский государственный университет» (Барановичи, Республика Беларусь);

Александрович Олег Родославович, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой зоологии Поморской академии в Слупске (Слупск, Польша);

Бизюкова Татьяна Тимофеевна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель кафедры естественнонаучных дисциплин учреждения образования «Барановичский государственный университет» (Барановичи, Республика Беларусь);

Бушуева Вера Ивановна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры селекции и генетики учреждения образования «Белорусская государственная орден Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия» (Горки, Республика Беларусь);

Гриб Станислав Иванович, академик Национальной академии наук Беларуси, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник Республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр Национальной академии Беларуси наук по земледелию» (Жодино, Республика Беларусь);

Гричик Василий Витальевич, доктор биологических наук, доцент, заведующий кафедрой общей экологии и методики преподавания биологии Белорусского государственного университета (Минск, Республика Беларусь);

Джус Максим Анатольевич, кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры ботаники Белорусского государственного университета (Минск, Республика Беларусь);

Ерошов Анатолий Иванович, доктор биологических наук, профессор, академик Международной академии экологии, профессор кафедры энергоэффективных технологий учреждения образования «Международный государственный экологический университет имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета (Минск, Республика Беларусь);

Кильчевский Александр Владимирович, член-корреспондент Национальной академии наук Беларуси, доктор биологических наук, профессор, главный ученый секретарь Национальной академии наук Беларуси (Минск, Республика Беларусь);

Лукашевич Нина Петровна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой кормопроизводства учреждения образования «Витебская ордена “Знак почёта” государственная академия ветеринарной медицины» (Витебск, Республика Беларусь);

Прокин Александр Александрович, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт биологии внутренних вод имени И. Д. Папанина Российской академии наук» (п. Борок, Российская Федерация);

Цзя Фенлонг, доктор, профессор, Институт энтомологии, факультет естественных наук, Университет имени Сунь Ятсена (Гуанчжоу, Китайская Народная Республика);

Шаманаев Виктор Анатольевич, доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, профессор кафедры агрономии и экологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Смоленская государственная сельскохозяйственная академия» (Смоленск, Российская Федерация).

Шофман Леонид Исаакович, доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник Республиканского унитарного предприятия «Минская областная сельскохозяйственная опытная станция Национальной академии наук Беларуси» (п. Натальевск, Республика Беларусь);

Янчуревич Ольга Викторовна, кандидат биологических наук, доцент, заведующий кафедрой зоологии и физиологии человека и животных учреждения образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы» (Гродно, Республика Беларусь).

Адрес редакции:

ул. Войкова, 21, 225404 г. Барановичи.

Телефон: +375 (163) 45 46 28.

E-mail: vestnik@barsu.by.

Подписные индексы: 00993 — для индивидуальных подписчиков; 009932 — для организаций.

Свидетельство о регистрации средств массовой информации № 1533 от 30.07.2012, выданное Министерством информации Республики Беларусь.

В соответствии с приказом Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь от 21 января 2015 г. № 16 научно-практический журнал «Вестник БарГУ» серия «Биологические науки (общая биология). Сельскохозяйственные науки (агрономия)» включён в Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований по биологическим наукам (общая биология), сельскохозяйственным наукам (агрономия).

Научно-практический журнал «Вестник БарГУ» включён в РИНЦ (Российский индекс научного цитирования), лицензионный договор № 06-1/2016.

Издатель: учреждение образования «Барановичский государственный университет».

Выходит на русском, белорусском и английском языках.

Журнал распространяется на территории Республики Беларусь.

Заведующий редакционно-издательской группой С. А. Березнюк

Технический редактор А. Ю. Сидоренко

Компьютерная вёрстка С. А. Березнюк

Корректор С. А. Березнюк

Подписано в печать 13.09.2019. Формат 60 × 84 ¹/₈. Бумага офсетная. Печать цифровая. Гарнитура Таймс. Усл. печ. л. 18,50. Уч.-изд. л. 14,10. Тираж 75 экз. Заказ

Цена свободная.

Полиграфическое исполнение: Гродненское областное унитарное полиграфическое предприятие «Слонимская типография». Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий № 1/203 от 07.03.2014, № 2 от 25.02.2014.

Адрес: ул. Хлюпина, 16, 231800 Слоним, Гродненская обл.

© БарГУ, 2019

Установа адукацыі
«Баранавіцкі дзяржаўны ўніверсітэт»

Веснік БарДУ

Штоквартальны навукова-практычны часопіс

Выдаецца з сакавіка 2013 г. Выпуск 7, верасень, 2019.

Серыя «Біялагічныя навукі (агульная
біялогія). Сельскагаспадарчыя
навукі (аграномія)»

Заснавальнік: установа адукацыі «Баранавіцкі дзяржаўны ўніверсітэт».

РЭДАКЦЫЙНАЯ КАЛЕГІЯ

Галоўны рэдактар часопіса Качурка Васіль Іванавіч, доктар сельскагаспадарчых навук, прафесар, акадэмік Беларускай інжынернай акадэміі, акадэмік Міжнароднай акадэміі тэхнічнай адукацыі, акадэмік Міжнароднай акадэміі навук педагагічнай адукацыі, акадэмік Акадэміі эканамічных навук Украіны, Заслужаны работнік адукацыі Рэспублікі Беларусь, рэктар установы адукацыі «Баранавіцкі дзяржаўны ўніверсітэт» (Баранавічы, Рэспубліка Беларусь).

Намеснік галоўнага рэдактара часопіса Клімук Уладзімір Уладзіміравіч, кандыдат эканамічных навук, дацэнт, прарэктар па навуковай рабоце ўстановы адукацыі «Баранавіцкі дзяржаўны ўніверсітэт» (Баранавічы, Рэспубліка Беларусь).

РЭДАКЦЫЙНАЯ КАЛЕГІЯ СЕРЫІ

Галоўны рэдактар серыі

Рындзевіч Сяргей Канстанцінавіч, кандыдат біялагічных навук, дацэнт, дацэнт кафедры прыродазнаўчых дысцыплін установы адукацыі «Баранавіцкі дзяржаўны ўніверсітэт» (Баранавічы, Рэспубліка Беларусь).

Рэдактар тэкстаў на англійскай мове

Карапетава Алена Генадзьеўна, кандыдат філалагічных навук, дацэнт, загадчык кафедры тэорыі і практыкі перакладу № 1 установы адукацыі «Мінскі дзяржаўны лінгвістычны ўніверсітэт» (Мінск, Рэспубліка Беларусь).

Абаравы Алена Эдуардаўна (*адказы за напрамак «Аграномія»*), кандыдат сельскагаспадарчых навук, дацэнт, дырэктар адасобленага структурнага падраздзялення «Ляхавіцкі дзяржаўны аграрны каледж» установы адукацыі «Баранавіцкі дзяржаўны ўніверсітэт» (Ляхавічы, Рэспубліка Беларусь);

Земаглядчук Аляксей Уладзіміравіч (*адказы за напрамак «Агульная біялогія»*), кандыдат біялагічных навук, дацэнт, загадчык кафедры прыродазнаўчых дысцыплін установы адукацыі «Баранавіцкі дзяржаўны ўніверсітэт» (Баранавічы, Рэспубліка Беларусь);

Александровіч Алег Радаслававіч, доктар біялагічных навук, прафесар, загадчык кафедры заалогіі Паморскай акадэміі ў Слупску (Слупск, Польшча);

Біюкова Таццяна Цімафееўна, кандыдат сельскагаспадарчых навук, старшы выкладчык кафедры прыродазнаўчых дысцыплін установы адукацыі «Баранавіцкі дзяржаўны ўніверсітэт» (Баранавічы, Рэспубліка Беларусь);

Бушуева Вера Іванаўна, доктар сельскагаспадарчых навук, прафесар, прафесар кафедры селекцыі і генетыкі ўстановы адукацыі «Беларуская дзяржаўная ордэнаў Кастрычніцкай Рэвалюцыі і Працоўнага Чырвонага Сцяга сельскагаспадарчая акадэмія» (Горкі, Рэспубліка Беларусь);

Грыб Станіслаў Іванавіч, акадэмік Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі, доктар сельскагаспадарчых навук, прафесар, галоўны навуковы супрацоўнік Рэспубліканскага ўнітарнага прадпрыемства «Навукова-практычны цэнтр Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі па земляробстве» (Жодзіна, Рэспубліка Беларусь);

Грычык Васіль Вітальевіч, доктар біялагічных навук, дацэнт, загадчык кафедры агульнай экалогіі і методыкі выкладання біялогіі Беларускага дзяржаўнага ўніверсітэта (Мінск, Рэспубліка Беларусь);

Джус Максім Анатольевіч, кандыдат біялагічных навук, дацэнт, дацэнт кафедры батанікі Беларускага дзяржаўнага ўніверсітэта (Мінск, Рэспубліка Беларусь);

Ерашоў Анатоль Іванавіч, доктар біялагічных навук, прафесар, акадэмік Міжнароднай акадэміі экалогіі, прафесар кафедры энергаэфектыўных тэхналогій установы адукацыі «Міжнародны дзяржаўны экалагічны ўніверсітэт імя А. Д. Сахарова» Беларускага дзяржаўнага ўніверсітэта (Мінск, Рэспубліка Беларусь);

Кільчэўскі Аляксандр Уладзіміравіч, член-карэспандэнт Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі, доктар біялагічных навук, прафесар, галоўны навуковы сакратар Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі (Мінск, Рэспубліка Беларусь);

Лукашэвіч Ніна Пятроўна, доктар сельскагаспадарчых навук, прафесар, загадчык кафедры кормавытворчасці ўстановы адукацыі «Віцебская ордэна «Знак пашаны» дзяржаўная акадэмія ветэрынарнай медыцыны» (Віцебск, Рэспубліка Беларусь);

Прокін Аляксандр Аляксандравіч, кандыдат біялагічных навук, старшы навуковы супрацоўнік федэральнай дзяржаўнай бюджэтнай установы навукі «Інстытут біялогіі ўнутраных водаў імя І. Д. Папаніна Расійскай акадэміі навук» (п. Барок, Расійская Федэрацыя);

Цзя Фенлонг, доктар, прафесар, Інстытут энтамалогіі, факультэт прыродазнаўчых навук, Універсітэт імя Сунь Ятсена (Гуанчжоу, Кітайская Народная Рэспубліка);

Шаманаеў Віктар Анатольевіч, доктар сельскагаспадарчых навук, старшы навуковы супрацоўнік, прафесар кафедры аграрнага і экалогіі федэральнай дзяржаўнай бюджэтнай адукацыйнай установы вышэйшай прафесійнай адукацыі «Смаленская дзяржаўная сельскагаспадарчая акадэмія» (Смаленск, Расійская Федэрацыя).

Шофман Леанід Ісаакавіч, доктар сельскагаспадарчых навук, старшы навуковы супрацоўнік Рэспубліканскага ўнітарнага прадпрыемства «Мінская абласная сельскагаспадарчая доследная станцыя Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі» (п. Натальеўск, Рэспубліка Беларусь);

Янчурэвіч Вольга Віктараўна, кандыдат біялагічных навук, дацэнт, загадчык кафедры заалогіі і фізіялогіі чалавека і жывёл установы адукацыі «Гродзенскі дзяржаўны ўніверсітэт імя Янкі Купалы» (Гродна, Рэспубліка Беларусь).

Адрас рэдакцыі:

вул. Войкава, 21, 225404 г. Баранавічы.

Тэлефон: +375 (163) 45 46 28.

E-mail: vestnik@barsu.by .

Падпісныя індэксы: 00993 — для індывідуальных падпісчыкаў; 009932 — для арганізацый.

Пасведчанне аб рэгістрацыі сродкаў масавай інфармацыі № 1533 ад 30.07.2012, выданае Міністэрствам інфармацыі Рэспублікі Беларусь.

У адпаведнасці з загадам Вышэйшай атэстацыйнай камісіі Рэспублікі Беларусь ад 21 студзеня 2015 г. № 16 навукова-практычны часопіс «Веснік БарДУ» серыя «Біялагічныя навукі (агульная біялогія). Сельскагаспадарчыя навукі (аграрнамія)» уключаны ў Пералік навуковых выданняў Рэспублікі Беларусь для апублікавання вынікаў дысертацыйных даследаванняў па біялагічных навуках (агульная біялогія), сельскагаспадарчых навуках.

Навукова-практычны часопіс «Веснік БарДУ» уключаны ў РІНЦ (Расійскі індэкс навуковага цытавання), ліцэнзійны дагавор № 06-01/2016.

Выдавец: установа адукацыі «Баранавіцкі дзяржаўны ўніверсітэт».

Выходзіць на рускай, беларускай і англійскай мовах.

Часопіс распаўсюджваецца на тэрыторыі Рэспублікі Беларусь.

Загадчык рэдакцыйна-выдавецкай групы С. А. Беразнюк

Тэхнічны рэдактар Г. Ю. Сідарэнка

Камп'ютарная вёрстка С. А. Беразнюк

Карэктар С. А. Беразнюк

Падпісана да друку 13.09.2019. Фармат 60 × 84 ¹/₈. Папера афсетная. Друк лічбавы. Гарнітура Таймс. Ум. друк. арк. 18,50. Ул.-выд. арк. 14,15. Тыраж 75 экз. Заказ

Кошт свабодны.

Паліграфічнае выкананне: Гродзенскае абласное ўнітарнае паліграфічнае прадпрыемства «Слоніўская тыпаграфія». Пасведчанне аб дзяржаўнай рэгістрацыі выдаўца, вытворцы, распаўсюджвальніка друкаваных выданняў № 1/203 ад 07.03.2014, № 2 ад 25.02.2014.

Адрас: вул. Хлюпіна, 16, 231800 Слонім, Гродзенская вобл.

© БарДУ, 2019

Education institution
“Baranovichi State University”

BarSU Herald

A quarterly scientific-and-practical journal

Published since March 2013

Volume 7, September 2019.

Series “Biological sciences
(general biology). Agricultural
sciences (agronomy)”

Promoter: educational institution “Baranovichi State University”.

EDITORIAL BOARD

Editor-in-Chief Vasilii I. Kochurko, Doctor of Agriculture, Professor, Member of the Belarusian Academy of Engineering, Member of the International Academy of Technical Education, Member of the International Academy of Pedagogical Education, Member of the Academy of Economic Sciences of Ukraine, Distinguished Educator of the Republic of Belarus, Rector of Baranovichi State University (Baranovichi, the Republic of Belarus).

Deputy Editor-in-Chief Vladimir V. Klimuk, Ph. D. in Economic Sciences, associate professor, Vice-rector for Scientific Work of Baranovichi State University (Baranovichi, the Republic of Belarus).

EDITORIAL BOARD OF THE SERIES

Editor of the issue

Sergey K. Ryndevich, Ph. D. in Biology, associate professor at the Department of Sciences, the Education Institution “Baranovichi State University” (Baranovichi, the Republic of Belarus).

English Text Editor

Yelena G. Karapetova, Ph. D. in Philology, Head of the Translation and Interpreting Department No 1 at the Education Institution “Minsk State Linguistic University” (Minsk, the Republic of Belarus).

Yelena E. Abarova (*responsible for the topic area “Agronomy”*), Ph. D. in Agriculture, associate professor, Head of the economically autonomous structural subdivision “Lyakhovichi State Agricultural Colledge” at the Education Institution “Baranovichi State University” (Lyakhovichi, the Republic of Belarus);

Aleksey V. Zemoglyadchuk (*responsible for the topic area “General Biology”*), Ph. D. in Biology, associate professor, Head of the Department of Sciences, the Education Institution “Baranovichi State University” (Baranovichi, the Republic of Belarus);

Oleg R. Alexandrovich, D. Sc. in Biology, Professor, Head of the Department of Zoology at Pomorsk Academy in Slupsk (Slupsk, Poland);

Tatyana T. Bizyukova, Ph. D. in Agriculture, Senior Lecturer of the Department of Sciences, the Education Institution “Baranovichi State University” (Baranovichi, the Republic of Belarus);

Vera I. Bushueva, D. Sc. in Agriculture, professor at the Department of Selection and Genetics, the Education Institution “The Belarusian State Agricultural Academy in the name of order of the October Revolution and Labor Red Banner” (Gorki, the Republic of Belarus);

Stanislav I. Grib, D. Sc. in Agriculture, member of the National Academy of Sciences of Belarus, Head Researcher at the Republican Unitary Enterprise “The Scientific-and-Practical Centre of the National Academy of Sciences of Belarus for Arable Farming” (Zhodino, the Republic of Belarus);

Vitaly V Grichik, D. Sc. in Biology, Head of the Department of General Ecology and Methods of Teaching Biology the Belarusian State University (Minsk, the Republic of Belarus);

Maxim A. Dzhus, Ph. D. in Biology, associate professor at the Department of Botany the Belarusian State University (Minsk, the Republic of Belarus);

Anatoly I. Eroshov, D. Sc. in Biology, Member of the International Academy of Ecology, Professor at the Department of Energy Efficient Technologies, at the Education Institution “The International State University of Ecology named after A. D. Sakharov” the Belarusian State University (Minsk, the Republic of Belarus);

Alexander V. Kilchevskiy, D. Sc. in Biology, corresponding member of the National Academy of Sciences of Belarus, Chief Scientific Secretary of the National Academy of Sciences of Belarus (Minsk, the Republic of Belarus);

Alexander A. Prokin, Ph. D. in Biology, Senior Researcher at the Papanin Institute for Biology of Inland Waters Russian Academy of Sciences (Borok, the Russian Federation);

Nina P. Lukashevich, D. Sc. in Agriculture, Head of the Department of Fodder Cropping at the Education Institution “Vitebsk of the Badge of Honor Order State Academy of Veterinary Medicine” (Vitebsk, the Republic of Belarus);

Fenglong Jia, Ph. D. in Biology, Institute of Entomology, School of Life Sciences, Sun Yat-sen University (Guangzhou, China);
Viktor A. Shamanayev, D. Sc. in Agriculture, Senior Researcher at the Department of Agronomical Science and Ecology, the Federal State Education Institution of Higher Vocational Education “Smolensk State Academy of Agriculture” (Smolensk, the Russian Federation).

Leonid I. Shofman, D. Sc. in Agriculture, Senior Researcher at the Republican Unitary Enterprise “Minsk Regional Agricultural Experimental Station” of the National Academy of Sciences of Belarus (Natalyevsk, the Republic of Belarus);

Olga V. Yanchurevich, Ph. D. in Biology, Head of the Department of Zoology and Physiology of Man and Animals, the Education Institution “Grodno State University named after Yanka Kupala” (Grodno, the Republic of Belarus).

Editorial address:

21 Voykova Str., 225404 Baranovichi. Phone: +375 163 45 46 28.

E-mail: vestnik@barsu.by.

Subscription indexes: 00993 — for individual subscribers; 009932 — for companies.

The certificate of the registration of mass media № 1533 of 30.07.2012 issued by the Ministry of Information of Belarus.

In accordance with the order of the board of the Higher Attestation Commission of the Republic of Belarus on January 21, 2015 № 16 the scientific-and-practical journal “BarSU Herald”, the series “Biological sciences (general biology). Agricultural sciences (agronomy)” was included on the list of the scientific publications of the Republic of Belarus for publishing the results of dissertation research in biological sciences (general biology), agricultural sciences (agronomy).

Scientific-and-practical journal “BarSU Herald” is included into RSCI (Russian Science Citation Index), license agreement № 06-01/2016.

Published: educational institution “Baranovichi State University”.

Issued in Russian, Belarusian and English.

The journal is distributed on the territory of the Republic of Belarus.

Managing editor S. A. Bereznyuk
Technical editor A. Y. Sidorenko
Desktop Publishing S. A. Bereznyuk
Proofreader S. A. Bereznyuk

Signed to print 13.09.2019. Format 60 x 84 ¹/₈. Offset paper. Digital printing. Headset Times. Cond. print. l. 18.50. Acc.-pub. l. 14.15.
Circulation: 75 copies. Order

Free price.

Printing performance: Grodno Regional Printing Unitary Enterprise “Slonim printing establishment”. The state registration certificate of the publisher, manufacturer and publications distributor № 1/203 of 07.03.2014, № 2 of 25.02.2014.

Address: 16 Hlyupin St., 231800 Slonim, Grodno region.

СОДЕРЖАНИЕ

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Общая биология

Заика Ю. В., Аникина Н. Ю. О новых местонахождениях микроостатков морских организмов в отложениях верхнего кайнозоя Беларуси	9
Земоглядчук К. В. Стациальное распределение особей <i>Succinea putris</i> (L.) (Gastropoda, Succineidae) в Борисовском районе	26
Крылов А. В. Новые ордовикские трилобиты из Ленинградской и Архангельской областей (Trilobita: Phacopida: Pterygometeropidae; Asaphida: Nielidae, Niobidae; Agnostida: Agnostidae)	34
Крылов А. В., Марке Р. Новые данные по кайнозойским моллюскам родов <i>Mya</i> , <i>Cyrtodaria</i> и <i>Neptunea</i> (Mollusca: Niatellidae, Myidae, Buccinidae) полуостровов Канин и Югорский	45
Лукашэня М. А. Жесткокрылые — обитатели плодовых тел ксилотрофных грибов (Insecta: Coleoptera) Национального парка «Беловежская пушча»	59
Лундышев Д. С. Жесткокрылые семейств Histeridae и Silphidae (Coleoptera) Барановичской равнины (Беларусь)	66
Мороз Д. С., Шпак М. Ю., Петровская Е. А., Медведик С. Е. Особенности адаптации меристемных растений земляники садовой <i>Fragaria</i> × <i>Ananassa</i> Duch. в условиях светодиодного освещения	73
Плакс Д. П. Новый вид акантодовой рыбы из Костюковичского горизонта (средний девон, эйфель) Беларуси	83
Рындэвич С. К. Энтомофауна (Insecta: Ephemeroptera, Odonata, Plecoptera, Hemiptera, Coleoptera, Megaloptera, Trichoptera) ненарушенных водных экосистем некоторых особо охраняемых природных территорий Беларуси.	98

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Агрономія

Абраскова С. В., Шишлова Н. П. Изменение кормовой ценности зерна тритикале в зависимости от сортовых различий и условий выращивания.	108
Бученков И. Э., Рышкель И. В. Анализ признаков селекционного материала <i>Ribes Nigrum</i> L., <i>R. Rubrum</i> L., <i>Grossularia Reclinata</i> MILL., созданного на основе метода автополиплоидии.	116
Поух Е. В. Оценка интродуцированных клоновых подвоев яблони в маточнике в южной зоне плодоводства Республики Беларусь	124
Релина Л. И., Вечерская Л. А., Голик О. В. Содержание белка и минералов в зерне некоторых видов редких тетраплоидных пшениц	130
Шиянова Т. П., Супрун О. Г., Богуславский Р. Л. Жирнокислотный состав масла эндоспермальных мутантов кукурузы в связи с долговечностью семян при хранении	139

ЗМЕСТ

БІЯЛАГІЧНЫЯ НАВУКІ

Агульная біялогія

Заіка Ю. У., Анікіна Н. Ю. Аб новых месцазнаходжаньнях мікрарэшткаў марскіх арганізмаў у адкладах верхняга кайназоя Беларусі	9
Земаглядчук К. У. Стацыяльнае размеркаванне асобін <i>Succinea putris</i> (L.) (Gastropoda, Succineidae) у Барысаўскім раёне	26
Крылоў А. У. Новыя ардовікскія трылабіты з Ленінградскай і Архангельскай абласцей (Trilobita: Phacopida: Pterygometeropidae; Asaphida: Nielidae, Niobidae; Agnostida: Agnostidae)	34
Крылоў А. У., Марке Р. Новыя звесткі па кайназойскіх малюсках родаў <i>Mya</i> , <i>Cyrtodaria</i> і <i>Neptunea</i> (Mollusca: Niatellidae, Myidae, Buccinidae) паўастравой Канін і Югорскі	45
Лукашэня М. А. Цвёрдакрылыя — насельнікі пладовых целаў ксілатрофных грыбоў (Insecta: Coleoptera) Нацыянальнага парка «Белавежская пушча»	59
Лундышаў Д. С. Цвёрдакрылыя сямействаў Histeridae і Silphidae (Coleoptera) Баранавіцкай раўніны (Беларусь)	66
Мароз Д. С., Шпак М. Ю., Пятроўская Е. А., Мядзведзік С. Я. Асаблівасці адаптацыі мерыстэмных раслін суніц садовых <i>Fragaria</i> × <i>Ananassa</i> Duch. ва ўмовах светадыёднага асвятлення	73
Плакс Д. П. Новы від акантодавай рыбы з Касцюковіцкага гарызонту (сярэдні дэвон, эйфель) Беларусі	83
Рындзевіч С. К. Энтамафаўна (Insecta: Ephemeroptera, Odonata, Plecoptera, Hemiptera, Coleoptera, Megaloptera, Trichoptera) непарушаных водных экосістэм некаторых асабліва ахоўваемых прыродных тэрыторый Беларусі	98

СЕЛЬСКАГАСПАДАРЧЫЯ НАВУКІ

Аграномія

Абраскова С. В., Шышлова Н. П. Змяненне кармавой каштоўнасці зерня трыцікале ў залежнасці ад сартавых адрозненняў і ўмоў вырошчвання	108
Бучанкоў І. Э., Рышкель І. В. Аналіз прыкмет селекцыйнага матэрыялу <i>Ribes Nigrum</i> L., <i>R. Rubrum</i> L., <i>Grossularia Reclinata</i> Mill., створанага на аснове метаду аўтаполіплаіды	116
Поух А. В. Ацэнка інтрадуцыраваных клонавых падвояў яблыні ў матачніку ў паўднёвай зоне пладаводства Рэспублікі Беларусь	124
Рэліна Л. І., Вячэрская Л. А., Голік А. В. Утрыманне бялку і мінералаў у зерні некаторых відаў рэдкіх тэтраплоідных пшаніц	130
Шыянова Т. П., Супрун А. Г., Багуслаўскі Р. Л. Тлустакіслотны склад алею эндаспермальных мутантаў кукурузы ў сувязі з даўгавечнасцю насення пры захоўванні	139

CONTENTS

BIOLOGICAL SCIENCES

General Biology

Zaika Yu. U., Anikina N. Yu. On new localities of marine microfossils in Upper Cenozoic deposits of Belarus	9
Zemoglyadchuk K. V. Station distribution of <i>Succinea putris</i> (L.) (Gastropoda, Succineidae) individuals in Borisov area	26
Krylov A. V. New ordovician trilobites from Leningrad and Arkhangelsk regions (Trilobita: Phacopida: Pterygometopidae; Asaphida: Nielidae, Niobidae; Agnostida: Agnostidae)	34
Krylov A. V., Marquet R. New data on the Cenozoic molluscs of the genera <i>Mya</i> , <i>Cyrtodaria</i> and <i>Neptunea</i> (Mollusca: Hiatelidae, Myidae, Buccinidae) of the Kanin and Jugorskii peninsulas	45
Lukashenia M. A. Beetles (Insecta: Coleoptera) inhabiting the fruiting bodies of xylophilic fungi in the National park "Belovezhskaya pushcha"	59
Lundyshev D. S. Beetles of families of Histeridae and Silphidae (Coleoptera) of the Baranovichy plain (Belarus)	66
Moroz D. S., Shpak M. Y., Petrovskaya E. A., Medvedik S. E. The adaptation features of strawberry <i>Fragaria</i> × <i>Ananassa</i> Duch. meristemic plants under led lighting conditions	73
Plax D. P. A new species of the acanthodian fish from the Kostyukovichy regional stage (Middle Devonian, Eifelian) of Belarus	83
Ryndevich S. K. Entomofauna (Insecta: Ephemeroptera, Odonata, Plecoptera, Hemiptera, Coleoptera, Megaloptera, Trichoptera) of intact water ecosystems of some specially protected natural areas of Belarus	98

AGRICULTURAL SCIENCES

Agronomy

Abraskova S. V., Shishlova N. P. Change of fodder value of grain of triticale depending on high-quality distinctions and conditions of cultivation	108
Butschenkov I. E., Ryshkel I. V. The analysis of the features of breeding material <i>Ribes Nigrum</i> L., <i>R. Rubrum</i> L., <i>Grossularia Reclinata</i> Mill. created on the basis of the auto-polyploidy method	116
Поух А. В. Evaluation of introduced apple clonal rootstocks in mother plantings in the Southern zone of fruit growing of the Republic of Belarus	124
Relina L. I., Vecherska L. A., Golik O. V. Protein and mineral contents in the grain of some underutilized tetraploid wheats	130
Shyianova T.P., Suprun O.G., Boguslavskiy R.L. Fatty acid composition of oil of maize endospermal mutants in connection with seed longevity in storage	139

УДК 633.15:581.6:58.08

Т. П. Шиянова, О. Г. Супрун, Р. Л. Богуславский

Институт растениеводства имени В. Я. Юрьева Национальной академии аграрных наук, Московский проспект, 142, 61060 Харьков, Украина, +380 (98) 949 45 24, yuriev1908@gmail.com

ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ МАСЛА ЭНДОСПЕРМАЛЬНЫХ МУТАНТОВ КУКУРУЗЫ В СВЯЗИ С ДОЛГОВЕЧНОСТЬЮ СЕМЯН ПРИ ХРАНЕНИИ

В модельном опыте с ускоренным старением семян эндоспермальных мутантов кукурузы установлена положительная связь показателей долговечности семян кукурузы с массовой долей линолевой кислоты ($r = 0,48—0,76$); отрицательная связь — с массовыми долями олеиновой (ненасыщенной) и стеариновой (насыщенной) кислот ($r =$ от $-0,36$ до $-0,74$).

Ключевые слова: кукуруза; эндоспермальные мутанты; семена; долговечность; жирнокислотный состав; ускоренное старение.

Рис. 2. Табл. 1. Библиогр.: 9 назв.

T. P. Shyanova, O. G. Suprun, R. L. Boguslavskiy

V. Ya. Yuryev Plant Production Institute of the National Academy of Agrarian Sciences, Kharkov, 61060, 142, Moskovskiy ave., Ukraine, +380 (98) 949 45 24, yuriev1908@gmail.com

FATTY ACID COMPOSITION OF OIL OF MAIZE ENDOSPERMAL MUTANTS IN CONNECTION WITH SEED LONGEVITY IN STORAGE

In a model experiment with accelerated aging of seeds of maize endospermal mutants, a positive connection was established between the indicators of maize seed longevity and the mass fraction of linoleic acid ($r = 0.48—0.76$); negative relationship with mass fractions of oleic (unsaturated) and stearic (saturated) acids ($r = -0.36$ to -0.74).

Key words: maize; endospermal mutants; seeds; longevity; fatty acid composition; accelerated aging.

Fig. 2. Table 1. Ref.: 9 titles.

Введение. Генетическое регулирование состава и структуры эндосперма кукурузы дает возможность в более полной мере использовать широкий потенциал этой важной зерновой культуры как источника сырья для промышленности и различных направлений потребления, особенно учитывая то, что мутации структуры эндосперма имеют природное происхождение и их использование не связано с преодолением законодательных ограничений и человеческих предубеждений. Исследованиями показано, что хранение семян эндоспермальных мутантов кукурузы как в семеноводстве и селекции, так и в генбанках является проблемой, поскольку долговечность этих семян часто ниже, чем у традиционно выращиваемых сортов и гибридов кремнистого и зубовидного подвидов [1; 2].

Известно, что семена, богатые липидами, к которым относится кукуруза, имеют ограниченную долговечность. Важную роль в этом играет жирнокислотный состав масла, в том числе доля ненасыщенных жирных кислот [3]. До настоящего времени определение зависимости между жирнокислотным составом и долговечностью семян эндоспермальных мутантов кукурузы по сравнению с традиционными зубовидным и кремнистым типами в связи с их хранением не проводилось. Вместе с тем такое исследование является актуальным, поскольку способствует решению проблемы поддержания жизнеспособности семян при длительном хранении в генбанках и рабочих коллекциях селекционных учреждений

и в семеноводстве. Целью этого исследования было установить характер связи между содержанием жирных кислот в масле из зерна эндоспермальных мутантов кукурузы и долговечностью зерна в хранении.

Материалы и методы исследований. Для проведения анализов использовались семена от контролируемого опыления. Материалом для исследования послужили семена шести простых гибридов F_1 и двенадцати их родительских линий, принадлежащих к разным группам носителей эндоспермальных мутаций, которые регулируют содержание и соотношение основных фракций углеводов зерна: wx , ae , su_1 , se , sh_2 и обычного зубовидного типа (*ssp. indentata*) — гибрида Вымпел и его родительских линий ♀ГК 26 М, ♂Х 523 ЗМ, с которым сравнивали все остальные.

Зерно желтое, крупное, удлинненное, плоское. Эндосперм по бокам зерновки роговидный, в центре и верхушке мучнистый, рыхлый. При созревании на верхушке зерна образуется углубление. Зубовидная кукуруза среди других групп получила наибольшее распространение. В зерне содержится 70—75 % крахмала, до 15 % белка, 3—6 % жира.

Носители эндоспермальной мутации ae представлены гибридом АЕ 392/АЕ 800 и родительскими линиями ♀АЕ 392, ♂АЕ 800. Ген ae (*amylose extender*) увеличивает содержание амилозы — полисахарида с простыми, неразветвленными молекулами крахмала — до 60 %. Зерновки удлинненные, уплощенные, матово-желтые.

Мутация $waxy$ (wx) представлена гибридом Бинот и родительскими линиями ♀ВК 69 и ♂ВК 64. Ген wx обуславливает образование крахмалов, почти полностью состоящих из амилопектина (разветвленных молекул), который лучше, чем амилоза, гидролизуется амилолитическими ферментами. На этой основе создают специальные сорта (гибриды) спиртодистиллятного направления технологического использования. Зерновки матово-желтые, слегка удлинненные.

Сахарный тип кукурузы представлен носителями мутации su_1 (*sugary 1*) — гибридом Дмитрик и родительскими линиями ♀МС 401, ♂МС 266. Ген вызывает частичную депрессию синтеза крахмала и резко увеличивает в зерне технической спелости содержание водорастворимых полисахаридов и сахаров. Зерновки желтые, широкие, ширина превышает длину.

Мутация se (*sugary enhancer*, рецессивный модификатор гена su_1) — гибридом Снежная королева и родительскими линиями ♀СЕ 854, ♂СЕ 843, которые относятся к улучшенной сахарной кукурузе с содержанием сахара 7—15 % (сахарная кукуруза с мутацией su_1 содержит 5—10 %). Зерновка белая, сильно морщинистая, слегка удлинненная.

Мутация sh_2 (*shrunken 2*) представлена гибридом SS 386/SS 389 и родительскими линиями ♀SS 386, ♂SS 389. Зерновки светло-желтые с сильно морщинистым эндоспермом. Блокирована первичная полимеризация сахаров, в результате чего их содержание повышается до 21—32 %, что в 10 раз больше, чем у зубовидной кукурузы. Мутанты по гену sh_2 являются основой гибридов сверхсахарной кукурузы.

Семена для исследований выращивали в условиях восточной лесостепи Украины. Почва — глубокий слабовыщелоченный чернозем с зернистой структурой. Характеризуется следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса (по Тюрину) — 5,8 %; рН — 5,8; гидролитическая кислотность — 3,29 мг / экв. на 100 г почвы. Содержание питательных веществ на фоне без удобрений: азот — 132 мг / кг, фосфор — 104 мг / кг, калий — 128 мг / кг; на фонах с применением минеральных удобрений ($N_{30}P_{30}K_{30}$): азот — 130—140 мг / кг, фосфор — 180—200 мг / кг, калий — 170—190 мг / кг почвы.

Опыты проводили с семенами двух лет репродукции: 2011 и 2014. В 2011 году во все месяцы вегетации среднемесячная температура превышала среднюю многолетнюю на 0,7—2,2 °С с максимумом 36 °С в июле. Сухая погода с максимальной температурой 35 °С

в августе и 30 °С в сентябре способствовала быстрой влагоотдаче зерна кукурузы. В целом год был благоприятным для формирования и созревания зерновок кукурузы.

В свою очередь 2014 год характеризовался температурным режимом в целом близким к среднему многолетнему, только в начале вегетации (май) средняя температура была выше нормы на 3,2 °С; в июле — на 1,1 °С с максимумами 35 °С. Созревание зерна кукурузы происходило при сухой, преимущественно бездождевой погоде. Это способствовало быстрому созреванию и низкой уборочной влажности зерна. В целом в критические периоды для растений кукурузы год характеризовался как засушливый.

Долговечность семян линий и гибридов кукурузы с влажностью 7—10 % изучали в модельном опыте «ускоренное старение» по методу Б. С. Лихачева [4], который моделирует естественное старение во время длительного хранения. Контролем для обоих вариантов служили семена тех же линий и гибридов (с той же исходной влажностью), хранившиеся в бумажных пакетах при комнатной температуре. Перед началом опыта и на каждом его этапе определяли лабораторные показатели энергии прорастания и всхожести семян согласно ДСТУ 4138-2002 [5]. Семена проращивали в рулонах на дистиллированной воде при температуре 25 °С. Существенность различий между средними показателями оценивали на уровне вероятности $P = 0,95$ [6].

Влияние ускоренного старения на показатели жизнеспособности семян оценивали по индексу влияния I , определяемому по формуле

$$I = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}{(\bar{X}_2)} 100 \%,$$

где \bar{X}_1 — средний показатель в опытном варианте,

\bar{X}_2 — средний показатель в контроле.

Положительное значение I означает увеличение показателя, отрицательное — его уменьшение [2].

Жирнокислотный состав растительного масла определяли методом Пейскера [7]. Анализ жирнокислотного состава масла осуществляли методом газовой хроматографии метиловых эфиров жирных кислот на газовом хроматографе «Селмихром-1» с пламенно-ионизационным детектором. Параметры работы: температура термостата колонок — 180 °С; температура испарителя — 230 °С; температура детектора — 220 °С; скорость потока газа носителя (азот) — 30 см³ / мин; объем пробы раствора метиловых эфиров кислот в гексане — 2 мм³. Использовали стандарты насыщенных и ненасыщенных метиловых эфиров жирных кислот фирмы “Sigma”.

Результаты и их обсуждение. Основными жирными кислотами в масле из семян изученных образцов кукурузы были ненасыщенные жирные кислоты (олеиновая и линолевая), на долю которых приходится наибольшая доля от суммы кислот: линолевая — от 36,7 до 68,2 % в зависимости от генотипа и варианта опыта, олеиновая — от 17,4 до 47,8 %. Меньшую, но значительную долю составляли насыщенные жирные кислоты: пальмитиновая — от 8,9 до 13,5 % и стеариновая — от 1,4 до 4,4 %. Остальные жирные кислоты — пальмитолеиновая, линоленовая, эйкозановая, эйкозеновая, бегеновая — представлены очень малой долей (от 0,06 до 4,32 %).

При сравнении массовой доли жирных кислот в оба года исследований наблюдается положительная высокая существенная корреляция для стеариновой ($r = 0,90$), олеиновой (0,97), линолевой (0,96), линоленовой (0,72), пальмитиновой (0,77) кислот. Жирные кислоты со сравнительно высокой массовой долей (рисунки 1 и 2) входят именно в эту группу.

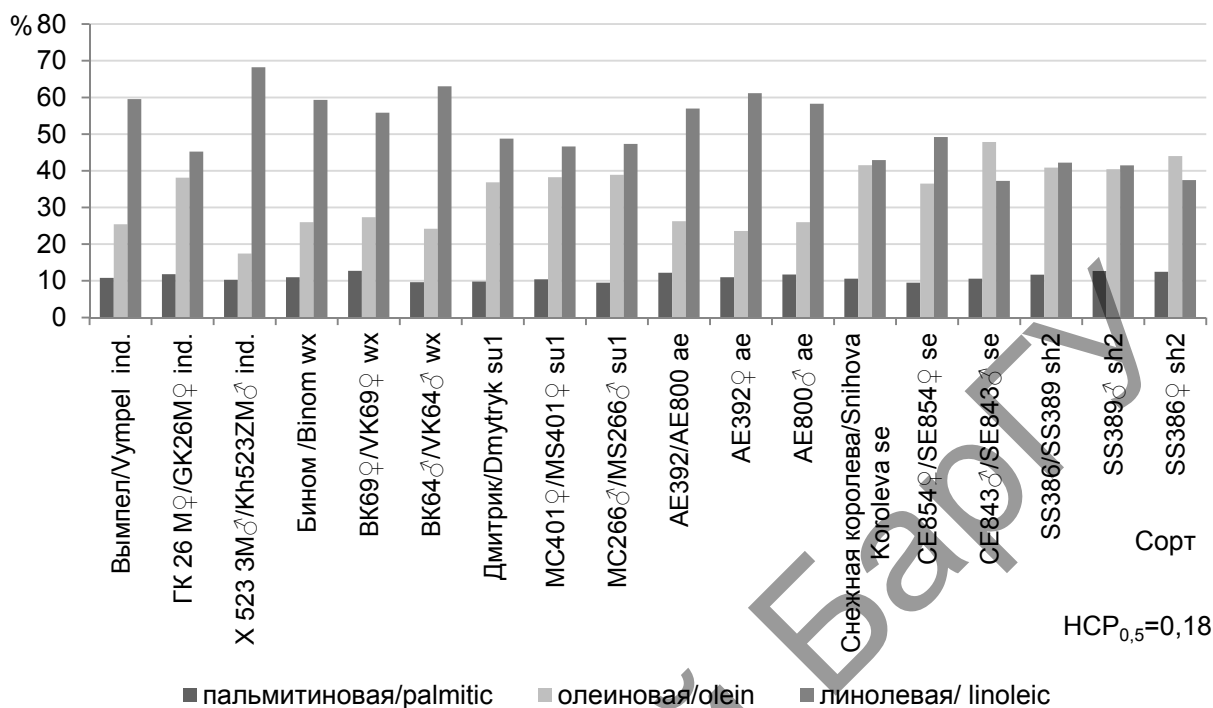


Рисунок 1. — Массовая доля основных жирных кислот в контрольном варианте (%), 2011 год

Figure 1. — Mass fraction of the main fatty acids in the control variant (%), 2011

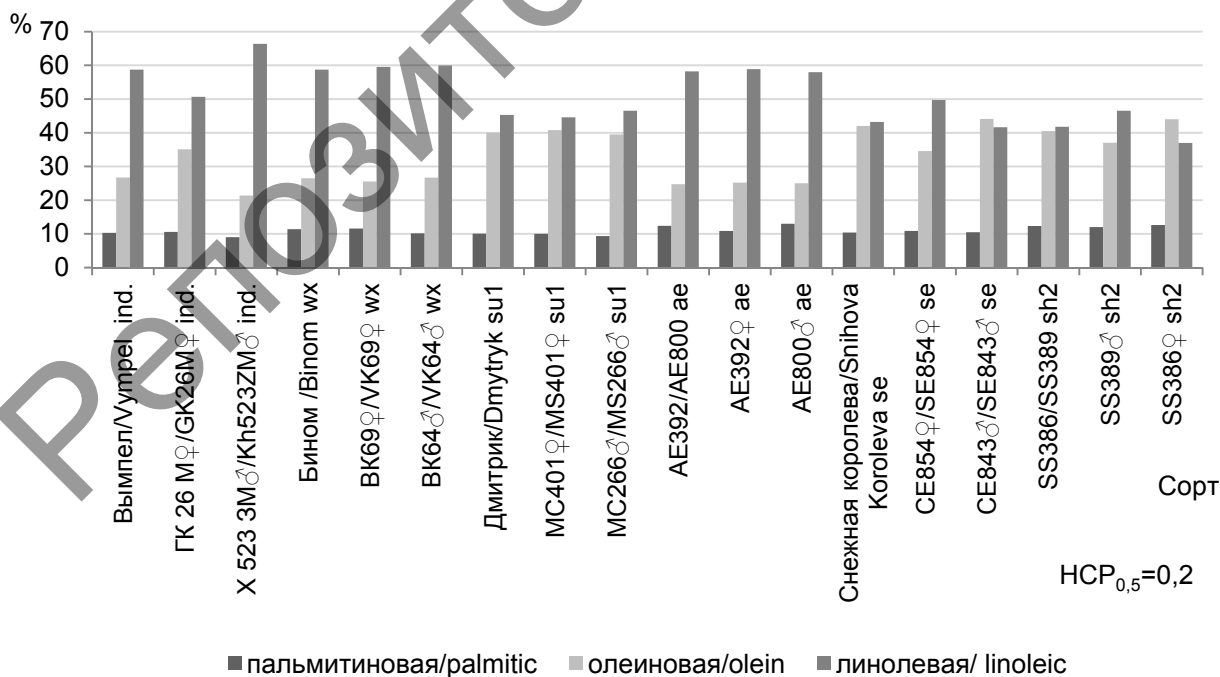


Рисунок 2. — Массовая доля основных жирных кислот в контрольном варианте (%), 2014 год

Figure 2. — Mass fraction of the main fatty acids in the control variant (%), 2014

Для жирных кислот с низкой массовой долей коэффициент корреляции положительный средний существенный (для пальмитолеиновой кислоты 0,48) или корреляция отсутствует, для эйкозановой, эйкозеновой и бегеновой кислот — несущественные коэффициенты от – 0,26 до 0,29. Ранжирование образцов по массовой доле каждой жирной кислоты в 2011-м и 2014 годах близкое (см. рисунки 1 и 2). Это дает основание сравнивать образцы между собой по среднему показателю за два года.

По массовой доле линолевой кислоты выделяются образцы зубовидного подвида — гибрид Вымпел и родительская линия ♂X 523 3М (в контрольном варианте в среднем за 2011 и 2014 год 59,1 и 67,3 % соответственно); восковидные (ген *ix*) — гибрид Бином и родительские линии ♀ВК 69 и ♂ВК 64 (59,0; 57,7; 61,2 %); носители гена *ae* — гибрид АЕ 392/АЕ 800 и родительские линии ♀АЕ 392 и ♂АЕ 800 (57,6; 60,0; 58,1 %). Наименьшей массовой долей линолевой кислоты характеризовались линии ♀SS 386 (ген *sh₂*) — 37,2 % и ♂СЕ 843 (*se*) — 39,4%. У остальных образцов этот показатель был промежуточным и составил в среднем 43,0—49,4%.

Массовая доля второй по представленности жирной кислоты (олеиновой) была больше у носителей гена *se* — гибрида Снежная королева и родительских линий ♀СЕ 854 и ♂СЕ 843 (в среднем за 2011 и 2014 год соответственно 41,8; 35,6; 46,0 %); носителей гена *sh₂* — гибрида SS 386/SS 389 и линий ♀SS 386 и ♂SS 389 (40,7; 44,0; 38,7 %); носителей гена *su₁* — гибрида Дмитрик и линий ♀МС 401 и ♂МС 266 (38,4; 39,5; 39,2 %), а также у зубовидной линии ♀ГК 26 М (36,6 %).

Низкая массовая доля олеиновой кислоты (19,4 %) отмечена у линии ♂X 523 3М зубовидного подвида. У остальных гибридов и линий массовая доля олеиновой кислоты составляла 24,4—26,5 %.

По массовой доле пальмитиновой кислоты (диапазон изменчивости от 9,4 до 12,2 %) образцы мало отличались друг от друга, этот показатель не удалось связать с наличием определенной эндоспермальной мутации. Повышенной массовой долей пальмитиновой кислоты характеризовались носители гена *sh₂* — гибрид SS 386/SS 389, линии ♂SS 389 и ♀SS 386 (12,02; 12,3; 12,5 %); носители гена *ae* — гибрид АЕ 392/АЕ 800 и линия ♂АЕ 800 (12,3; 12,4 %); линия ♀ВК 69 (*ix*) — 12,2 %.

Низкой долей пальмитиновой кислоты характеризуются носители гена *su₁* — гибрид Дмитрик и линия ♂МС 266 (9,9 и 9,4%), а также линии ♂X 523 3М (зубовидная) — 9,7 % и ♂ВК 64 (*ix*) — 9,9 %. У остальных образцов этот показатель составлял 10,2—11,2 %.

Долговечность семян эндоспермальных мутантов характеризуют энергия прорастания и всхожесть в опытно-контрольном варианте по сравнению с контрольным, а также индексы влияния факторов в модельном опыте «ускоренное старение».

В подавляющем большинстве случаев (56 из общего количества 72) энергия прорастания и всхожесть семян снижались, в остальных случаях не изменились или не значительно увеличились, о чем свидетельствуют индексы влияния.

В опытно-контрольном варианте сравнительно высокими показателями энергии прорастания и всхожести характеризовались семена обоих лет репродукции образцов зубовидного подвида — гибрида Вымпел (во всех случаях 100 %) и линии ♀ГК 26 М (92—94 %); семена, выращенные в 2011 году, — носители гена *ae* — гибрида АЕ 392/АЕ 800 (соответственно 96 и 99 %) и материнской линии ♀АЕ 392 (100 %); носители гена *su₁*: гибрида Дмитрик (100 %) и линии ♀МС 401 (92—98 %); семена репродукции 2014 года — восковидных (*ix*): гибрида Бином (92—93 %) и материнской линии ♀ВК 69 (93—96 %).

Низкими показателями жизнеспособности семян обоих лет репродукции характеризовались носители гена *se* — гибрид Снежная королева (78—85 %) и родительская линия ♂СЕ 843 (22—71 %); носители гена *sh₂* — линии ♀SS 386 и ♂SS 389 (28—57 %).

Для определения связи содержания жирных кислот с долговечностью семян эндоспермальных мутантов кукурузы рассчитаны коэффициенты корреляции между

массовой долей жирных кислот в контрольном варианте (исходные показатели) и показателями жизнеспособности семян при ускоренном старении (таблица 1).

В оба года исследований имели место:

– положительная средняя существенная корреляция между массовой долей линолевой кислоты, с одной стороны, и энергией прорастания, всхожестью, индексами энергии прорастания и всхожести — с другой: r составлял от 0,48 до 0,67;

– отрицательная средняя, в основном существенная (исключая энергию прорастания в 2011 году) корреляция между массовой долей олеиновой кислоты и теми же показателями: r составлял от –0,44 до –0,65;

– отрицательная средняя, в основном существенная (исключая энергию прорастания и ее индекс в 2011 году) корреляция между массовой долей стеариновой кислоты и теми же показателями: r составлял от –0,36 до –0,61;

– отрицательная средняя или слабая, в основном несущественная (кроме энергии прорастания в 2011) корреляция между массовой долей пальмитиновой кислоты и теми же показателями: r составил в 2011 г. от –0,39 до –0,50, в 2014 г. от –0,12 до –0,40. В этом случае можно констатировать тенденцию к отрицательной связи.

Для массовых долей пальмитолеиновой и эйкозеновой кислот в 2011 году наблюдалась отрицательная средняя корреляция со всхожестью и индексами энергии прорастания (несущественная) и всхожести: r составлял от –0,40 до –0,48. В 2014 году имела место положительная средняя существенная корреляция массовой доли пальмитолеиновой кислоты с индексом энергии прорастания.

Следует отметить, что для всех жирных кислот корреляция массовой доли с энергией прорастания и всхожестью в контрольном варианте была слабой или отсутствовала.

Т а б л и ц а 1. — Коэффициенты корреляции между индексами влияния ускоренного старения на массовую долю жирных кислот у эндоспермальных мутантов кукурузы, 2011/2014 год

T a b l e 1. — Correlation coefficients between the indexes of the accelerated aging effect on the mass fraction of fatty acids in maize endospermal mutants, 2011/2014

	Олеиновая С18:1	Пальмитолеиновая С16:1	Эйкозеновая С20:1	Линолевая С18:2	Линоленовая С18:3	Эйкозановая (арахиновая) С20:0	Стеариновая С18:0	Бегеновая С22:0
Пальмитиновая С16:0	0,34/ 0,26	0,19/ 0,21	0,00/ –0,02	–0,11/ –0,13	0,19/ 0,28	0,06/ 0,02	–0,15/ –0,19	0,39/ 0,32
Пальмитолеиновая С16:1	—	0,33/ 0,37	0,20/ 0,26	–0,23/ –0,39	–0,08/ –0,10	–0,13/ –0,14	0,19/ 0,21	–0,97*/ –0,95*
Стеариновая С18:0	—	—	0,04/ –0,05	–0,01/ –0,09	–0,09/ –0,06	0,15/ 0,19	–0,26/ –0,25	0,71*/ 0,80*
Олеиновая С18:1	—	—	—	–0,83*/ –0,90*	–0,21/ –0,12	–0,05/ –0,07	–0,33/ 0,13	0,93*/ 0,11
Линолевая С18:2	—	—	—	—	–0,15/ –0,11	–0,27/ –0,12	0,16/ 0,10	–0,98*/ –0,98*
Линоленовая С18:3	—	—	—	—	—	0,17/ 0,25	0,10/ 0,21	0,97*/ 0,97*
Эйкозановая (арахиновая) С20:0	—	—	—	—	—	—	0,33/ 0,30	0,92*/ 0,94*
Эйкозеновая С20:1	—	—	—	—	—	—	—	–0,55*/ –0,60*

Воздействие ускоренного старения привело к изменениям массовой доли жирных кислот в масле из зерна эндоспермальных мутантов кукурузы. Причем характер этих изменений, характеризуемый индексами, был идентичным в оба года исследований: коэффициенты корреляции между индексами в 2011 и 2014 годы составляют от 0,96 до 1,00. Это дает основание рассмотреть усредненные индексы за 2011 и 2014 годы.

Под действием ускоренного старения в среднем по образцам значительно увеличилась массовая доля пальмитолеиновой кислоты: $I = 47,26\%$. Наиболее значительным ($I > 50\%$) это увеличение было у гибрида Дмитрик (su_1) и его материнской линии ♀МС 401, линии ♂АЕ 800 (ae), гибрида Снежная королева (se) и обеих его родительских линий — ♀СЕ 854 и ♂СЕ 843. Вместе с тем зубовидная линия ♂Х 523 М снизила массовую долю этой кислоты на 26,6%. Значительные изменения имели место в массовой доле эйкозановой кислоты: увеличение на 65% у линии ♂МС 266 (su_1), уменьшение у зубовидного гибрида Вымпел и линии ♀АЕ 392 (ae) ($I < -50\%$); эйкозеновой кислоты — уменьшение у зубовидной линии ♀ГК 26 М ($I = -52,08\%$), увеличение у линии ♂СЕ 843 (se) ($I = 68,24\%$). Можно также отметить общую тенденцию к уменьшению содержания линоленовой кислоты (16 образцов из 18), эйкозановой кислоты (12 образцов из 18).

Рассмотрим значимые коэффициенты корреляции между индексами влияния ускоренного старения на массовую долю жирных кислот у эндоспермальных мутантов кукурузы (в таблице 1 отмечены знаком «*»). Существенными были коэффициенты корреляции, касающиеся в основном бегеновой — насыщенной жирной кислоты, которая обнаружена только у образцов зубовидного подвида. В трех случаях эти коэффициенты отрицательные, причем все они выражают соотношение между насыщенной и ненасыщенной кислотами. В четырех случаях коэффициенты, по крайней мере в один из двух лет, положительные; из них два — между двумя насыщенными жирными кислотами, два — между насыщенной и ненасыщенной кислотами. Коэффициент корреляции между массовыми долями олеиновой и линолевой кислот (обе ненасыщенные) отрицательный.

Можно предполагать, что ненасыщенная линолевая кислота будет способствовать повышению долговечности семян у носителей указанных генов. Фактически же носители генов se — гибрид Снежная королева и родительской линии ♂СЕ 843; su_1 — гибрида Дмитрик, линий ♂МС 266 и ♀МС 401, а также их — гибрида Бином, линий ♀ВК 69 и ♂ВК 64 характеризовались пониженной долговечностью. При этом носители мутаций su_1 и se отличаются повышенной массовой долей олеиновой кислоты, обладающей протекторными свойствами. В то же время сравнительно высокую долговечность показали семена носители гена ae — гибрида АЕ 392/АЕ 800 и родительской линии ♀АЕ 392. Самую низкую долговечность проявили семена носителей генов sh_2 — линий ♀СС 386 и ♂СС 389, имеющие повышенную массовую долю триглицеридов пальмитиновой, олеиновой и стеариновой жирных кислот. Анализ коэффициентов корреляции свидетельствует о положительной связи показателей долговечности семян с массовой долей линолевой (ненасыщенной) кислоты; отрицательной связи с массовыми долями олеиновой (ненасыщенной) и стеариновой (насыщенной) кислот. Отрицательная связь содержания олеиновой кислоты с долговечностью семян не дает основания говорить об однозначной положительной связи содержания ненасыщенных жирных кислот с долговечностью семян эндоспермальных мутантов кукурузы.

Рассмотрение коэффициентов корреляции между индексами влияния ускоренного старения на массовые числа жирных кислот показывает, что у образцов кукурузы изменения в жирнокислотном составе под влиянием ускоренного старения, по крайней мере в части случаев, можно объяснить протекторной ролью ненасыщенных жирных кислот, которые подвергаются насыщению; в других случаях массовые числа жирных кислот одной группы (насыщенных либо ненасыщенных) изменяются параллельно.

Согласно общепринятому мнению, норма реакции гибрида шире, чем его родительских линий [8; 9]. Следовательно, можно было ожидать, что способность гибридных семян проти-

востоять стрессовым факторам (которыми являются ускоренное старение и промораживание) должна быть выше, чем у родительских линий. В наших опытах это проявилось в варианте с ускоренным старением в группе носителей гена *sh₂*, имеющих наименее долговечные семена, и у образцов зубовидного подвида, семена которых были наиболее долговечными.

Заключение. Основными жирными кислотами в масле изученных образцов кукурузы являются ненасыщенные — олеиновая (17,4—47,8 %) и линолевая (36,7—68,2 %). Меньшую, но значительную долю составляют насыщенные жирные кислоты: пальмитиновая (8,9—13,5 %) и стеариновая (1,4—4,4 %). Остальные жирные кислоты — пальмитолеиновая, линоленовая, эйкозановая (арахиновая), эйкозеновая, бегеновая — представлены очень малой долей: от 0,06 до 4,32 %. Масло из зерна образцов зубовидного подвида — гибрида Вымпел, линий ♀ГК 26 М и ♂Х 523 ЗМ — содержит также бегеновую кислоту в незначительных количествах (от 0,07 до 0,18 %).

Ранжирование по массовой доле в разные годы в целом совпадает для жирных кислот со сравнительно высокой массовой долей — стеариновой, олеиновой, линолевой, линоленовой, пальмитиновой. Для жирных кислот с низкой массовой долей ранжирование не совпадает.

Повышенной массовой долей линолевой кислоты выделяются образцы зубовидного подвида — гибрид Вымпел и линии ♀ГК 26 М и ♂Х 523 ЗМ, восковидные — носители гена *wx* — гибрид Бином и родительские линии ♀ВК 69 и ♂ВК 64; гена *ae* — гибрид АЕ 392/АЕ 800 и родительские линии ♀АЕ 392 и ♂АЕ 800 (47,9—67,3 %). Наименьшей массовой долей линолевой кислоты характеризовались линии ♀SS 386 (ген *sh₂*) и ♂СЕ 843 (*se*) — 37,0 и 39,4 %. У остальных образцов этот показатель был промежуточным — в среднем 43,0—49,4 %.

Массовая доля олеиновой кислоты была большей у носителей гена *se* — гибрида Снежная королева и родительских линий ♀СЕ 854 и ♂СЕ 843 (35,6—46,0 %); гена *su₁* — гибрида Дмитрик и линий ♀МС 401 и ♂МС 266 (38,4—39,5 %), а также линии ♀ГК 26 М (зубовидной). Низкая массовая доля олеиновой кислоты (19,4 %) отмечена у линии зубовидного подвида ♂Х 523 ЗМ. У остальных гибридов и линий массовая доля олеиновой кислоты составляла 24,4—26,5 %.

Повышенной массовой долей пальмитиновой кислоты характеризовались носители гена *sh₂* — гибрид SS 386/SS 389, линии ♂SS 389 и ♀SS 386 (12,0—12,5 %); гена *ae* — гибрид АЕ 392/АЕ 800 и линия ♂АЕ 800 (12,3; 12,4 %); линия ♀ВК 69 (*wx*) — 12,2 %. Низкой долей пальмитиновой кислоты характеризуются носители гена *su₁* — гибрид Дмитрик и линия ♂МС 266 (9,9 и 9,4 %), а также линии ♂Х 523 ЗМ (зубовидная) — 9,7 % и ♂ВК 64 (*wx*) — 9,9 %. у остальных образцов этот показатель составлял 10,2—11,2 %.

В опыте с ускоренным старением долговечными оказались семена образцов зубовидного подвида — гибрида Вымпел и линии ♂Х 523 ЗМ, носителей гена *ae* — гибрида АЕ 392/АЕ 800 и материнской линии ♀АЕ 392. Низкой долговечностью характеризуются семена носителей гена *se* — гибрида Снежная королева и родительской линии ♂СЕ 843; гена *sh₂* — линий ♀SS 386 и ♂SS 389.

Для всех жирных кислот корреляция массовой доли с показателями жизнеспособности семян в контрольном варианте была слабой или отсутствовала.

Установлена положительная связь показателей долговечности семян с массовой долей линолевой (ненасыщенной) кислоты ($r = 0,48—0,76$); отрицательная связь с массовыми долями олеиновой (ненасыщенной) и стеариновой (насыщенной) кислот (r составляет от $-0,36$ до $-0,74$).

Воздействие ускоренного старения привело к изменениям массовой доли жирных кислот в масле из зерна эндоспермальных мутантов кукурузы, причем характер этих изменений был идентичным в оба года исследований и зависел от генотипа.

Под действием ускоренного старения в среднем по образцам значительно увеличилась массовая доля пальмитолеиновой кислоты, причем наиболее значительным это увеличение было у гибрида Снежная королева и обеих его родительских линий — ♀СЕ 854 и ♂СЕ 843

(*se*), гибрида Дмитрик (*su₁*) и его материнской линии ♀МС 401, линии ♂АЕ 800 (*ae*) и гибрида SS 386/SS 389 (*sh₂*). Значительные изменения имели место в массовой доле эйкозановой кислоты: увеличение у линии ♂МС 266 (*su₁*), уменьшение у зубовидного гибрида Вымпел и линии (*ae*) ♀АЕ 392; эйкозеновой кислоты — уменьшение у зубовидной линии ♀ГК 26 М, увеличение у линии (*se*) ♂СЕ 843. Отмечена общая тенденция к уменьшению содержания линоленовой и эйкозановой кислот.

Список цитируемых источников

1. Shyianova, T. P. Morphological parameters of maize endospermal mutants seedlings and effect of seed storage regimes on them / T. P. Shyianova, S. M. Tymchuk // Селекція і насінництво. — Харків : Вид. ІР ім. В. Я. Юр'єва НААН, 2018. — Вип. 113. — С. 188—200.
2. Шиянова, Т. П. Довговічність насіння форм кукурудзи з різною структурою ендосперму / Т. П. Шиянова, С. М. Тимчук, Р. Л. Богуславський // Генетичні ресурси рослин. — Харків : Вид. ІР ім. В. Я. Юр'єва НААН, 2015. — № 17. — С. 87—98.
3. Робертс, Е. Жизнеспособность семян / Е. Робертс. — М. : Колос, 1978. — 410 с.
4. Лихачёв, Б. С. Некоторые методические вопросы изучения биологии старения семян / Б. С. Лихачёв // Сельскохозяйственная биология. — 1980. — Т. XV. — № 6. — С. 842—844.
5. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості : ДСТУ 4138-2002 [Чинний від 2004-01-01]. — К. : Держспоживстандарт України, 2003. — 173 с.
6. Лакин, Г. Ф. Биометрия / Г. Ф. Лакин. — М. : Высш. шк., 1973. — 343 с.
7. Прохорова, М. И. Методы биохимических исследований / М. И. Прохорова. — Л. : Химия, 1982. — 272 с.
8. Генетические основы селекции растений : в 4 т. / науч. ред. А. В. Кильчевский, Л. В. Хотылева. — Минск : Беларус. навука, 2010. — Т. 2. Частная генетика растений. — 579 с.
9. Gustafson A. The effect of heterozygosity on variability and vigour / A. Gustafson // Hereditas. — 1946. — Vol. 32. — P. 263—284.

References

1. Shyianova T. P., Tymchuk S. M. Morphological parameters of maize endospermal mutants seedlings and effect of seed storage regimes on them // Seleksiia i nasinnystvo. 2018. Vyp. 113. S. 188—200.
2. Shyianova T.P., Tymchuk S. M., Bohuslavskiy R. L. Dovhovichnist nasinnia form kukurudzy z riznoiu strukturoiu endospermu [Seed durability of maize forms with different endosperm structure] // Henetychni resursy rosllyn. Kharkiv. 2015. № 17. S. 87—98.
3. Roberts E. Zhiznesposobnost semyan [Seed viability]. M. : Kolos. 1978. 410 s.
4. Likhachev B. S. Nekotoryye metodicheskyye voprosy izucheniya biologii stareniya semyan [Some methodological issues of studying the biology of seed aging] // Selskokhozyaystvennaya biologiya. 1980. Vol. XV. № 6. S. 842—844.
5. Nasinnia silskohospodarskykh kultur. Metody vyznachennia yakosti: DSTU [Seeds of agricultural crops. Methods for determining quality. DSTU 4138-2002. [Chynnyi vid 2004-01-01.] K. : Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2003. 173 s.
6. Lakin G. F. Biometriya [Biometrics]. M. : Vysshaya shkola. 1973. 343 s.
7. Prokhorova M. I. Metody biokhimicheskikh issledovaniy [Methods of biochemical research]. L. : Khimiya, 1982. 272 s.
8. Geneticheskyye osnovy selektsii rasteniy [Genetic bases of plant breeding. In 4 vol. Vol. 2. Special genetics of plants]. Minsk : Belarus. navuka. 2010. — 579 s.
9. Gustafson A. The effect of heterozygosity on variability and vigour // Hereditas. 1946. Vol. 32. P. 263—284.

In the experiment with accelerated aging of maize endospermal mutants seed, a positive relationship was established between the indicators of its longevity and the mass fraction in their oil of linoleic acid ($r = 0.48—0.76$); negative connection with mass fractions of oleic and stearic acids ($r = -0.36$ to -0.74).

Under the influence of accelerated aging, the mass fraction of palmitoleic acid increased significantly (by more than 50%) in the Snezhnaya Koroleva (*se*) and both its parent lines — ♀CE 854 and ♂CE 843, the hybrid Dmitrik (*su₁*) and its mother line ♀МС 401, the line АЕ 800 (*ae*) and SS 386 / SS 389 hybrid (*sh₂*). The mass fraction of eicosanoic acid increased by 65 % in the line ♂МС 266 (*su₁*), decreased by more than 50 % in the tooth-like hybrid Вымпел and the line АЕ 392 (*ae*); eicosenic acid — decreased in the indentata line ♀ГК 26 М by 52 %, increased by 68.2 % in the line CE 843 (*se*).