

A photograph of a forest floor covered in fallen brown leaves and numerous small white flowers. Several tall, slender tree trunks are visible in the background against a clear blue sky. A semi-transparent green rectangular box is overlaid on the upper part of the image, containing the title and editors' names in white text.

WSPÓŁCZESNE BADANIA nad stanem środowiska i leczniczym wykorzystaniem roślin

pod redakcją
Miroslawy Chwil i Michała M. Skoczylasa

Współczesne badania nad stanem środowiska
i leczniczym wykorzystaniem roślin

Fotografia na okładce

Zawilec gajowy w Parku Leśnym Mścięcino, w Puszczy Wkrzańskiej, na pograniczu Szczecina i Polic w kwietniu 2014 r. (fot. Michał M. Skoczylas)

Photograph on the cover

Anemone nemorosa in Mścięcino Forest Park in Wkrzańska Forest on the border of Szczecin and Police in April 2014 (phot. by Michał M. Skoczylas)

Współczesne badania nad stanem środowiska i leczniczym wykorzystaniem roślin

pod redakcją

Mirosławy Chwil
i Michała M. Skoczylasa



Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie

Lublin 2019

Recenzenci

dr hab. Teodor Kitczak, prof. ZUT
dr n. med. Ewa Siwiec

Opracowanie redakcyjne

Anna Wypychowska
Ewa Zawadzka-Mazurek

Projekt okładki

Anna Kowalczyk



Książka, którą nabyłeś, jest dziełem twórcy i wydawcy. Prosimy, abyś przestrzegał praw, jakie im przysługują. Jej zawartość możesz udostępnić nieodpłatnie osobom bliskim lub osobiście znanym. Ale nie publikuj jej w internecie. Jeśli cytujesz jej fragmenty, nie zmieniaj ich treści i koniecznie zaznacz, czyje to dzieło. A kopiując jej część, rób to jedynie na użytek osobisty. Szanujmy cudzą własność i prawo. Więcej na www.legalnakultura.pl

Polska Izba Książki

© Copyright by Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie, 2019

ISBN 978-83-7259-310-8 on-line

DOI: 10.24326/mon.2019.2

Redaktor naczelny – prof. dr hab. Krzysztof Szkucik

WYDAWNICTWO UNIwersytetu PRzyrodniczego w LUBLINIE

ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin

e-mail: wydawnictwo@up.lublin.pl

Ark. wyd. 11,3.

Spis treści

Mirosława Chwil, Michał M. Skoczylas Przedmowa	7
Kristine Petrosyan, Joanna Ślusarczyk Antropogeniczne zmiany środowiska naturalnego a rolnictwo	9
Jarosław Szczepanek, Ewa Trzaskowska Retencja wody opadowej na osiedlach jako element poprawy warunków życia mieszkańców	17
Sylvia Paluch, Bożena Nowakowicz-Dębek Analiza ochrony zdrowia człowieka w związku ze stosowaniem środków ochrony roślin	27
Małgorzata Zakrzewska, Halina Podsiadło Farby rozpuszczalnikowe do druku fleksograficznego a bezpieczeństwo opakowań na żywność	37
Barbara Sawicka, Piotr Pszczółkowski, Ali Hulail Noaema, Barbara Krochmal-Marczak, Anna Kiełtyka-Dadasiewicz Efektywne mikroorganizmy w rolnictwie i przetwórstwie spożywczym	45
Mikołaj Kostryco, Mirosława Chwil Bioaktywne związki i lecznicze działanie liści maliny właściwej (<i>Rubus idaeus</i> L.)	65
Paulina Terlecka, Paulina Iwaniuk, Karol Terlecki Rutwica lekarska (<i>Galega officinalis</i> L.) i jej właściwości hipoglikemizujące	73
Paulina Iwaniuk, Paulina Terlecka Ksantohumol – przeciwnowotworowy prenyloflawonoid zawarty w chmielu zwyczajnym (<i>Humulus lupulus</i> L.)	81

Roman Prażak	
Ocena tolerancji na stres solny linii mieszańcowych <i>Aegilops L. × Triticum aestivum L.</i>	89
Monika Mętrak	
Health and social consequences of the Aral Lake disaster	99
Barbara Sawicka, Noaema Ali Hulail, Piotr Barbaś, Dominika Skiba, Bernadetta Bienia	
Environmentally friendly methods used to improve the quality of seed potatoes ...	109
Katarzyna Król, Alicja Ponder, Klaudia Kopeczyńska, Ewelina Hallmann	
Comparative evaluation of the nutritional value and the content of bioactive compounds in superfood products	123
Renata Matraszek-Gawron, Mirosława Chwil	
Biologically active substances and anti-tumour activity of ginger <i>(Zingiber officinale Rosc.)</i>	131
Mirosława Chwil, Renata Matraszek-Gawron, Mikołaj Kostryco	
Biologically active substances and therapeutic application of cherry laurel <i>(Prunus laurocerasus L.)</i>	139

Przedmowa

Monografia pt. „Współczesne badania nad stanem środowiska i leczniczym wykorzystaniem roślin” przedstawia problemy z pogranicza kilku nauk przyrodniczych. Zebrane w jednej publikacji wyniki badań obserwacyjnych i eksperymentalnych wraz z odniesieniami do wcześniejszego piśmiennictwa na temat środowiska życia człowieka, jego ochrony oraz właściwości leczniczych jego składników, głównie roślin, są wynikiem pracy wielu naukowców. Reprezentowane są tu zarówno nauki ścisłe i przyrodnicze, rolnicze, inżynierijno-techniczne, jak i nauki medyczne oraz nauki o zdrowiu. Monografia odzwierciedla unikalną kompozycję idei przyświecających autorom dbającym o stan środowiska naturalnego i dobro przyszłych pokoleń. Prezentuje postawy badaczy, autorów poszczególnych rozdziałów monografii, wobec nurtujących ludzkość problemów, jakimi są poszukiwanie źródeł leków, tj. nie tylko materiałów, lecz także wzorów dla nich, zabezpieczenie wyżywienia oraz skutki antropogenizacji środowiska i minimalizacja negatywnego oddziaływania przemysłu na otoczenie. Zapraszamy do lektury z nadzieją, że niniejsze opracowanie stanie się zachętą do dalszych starań o rozwój ekologii człowieka i ochronę środowiska przyrodniczego.

Mirosława Chwil¹, Michał M. Skoczylas²

¹ Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

² Pomorski Uniwersytet Medyczny w Szczecinie

Preface

The monograph “Contemporary research on the state of the environment and the medicinal use of plants” presents problems on the borderline of several natural sciences. The results of observational and experimental research collected in one publication together with references to the earlier literature on the human environment, its protection and the healing properties of its components, mainly plants, result from the work of many scientists. They represent both exact and natural sciences, agricultural, engineering and technical sciences as well as medical sciences and health sciences. This monograph reflects a unique composition of ideas guiding authors who care for the natural environment and the good of future generations. Attitudes of researchers, authors of individual chapters of the monograph, have been accepted to the problems bothering mankind, which are searching for sources of drugs, i.e. not only materials but also formulas for them, food security and effects of environmental anthropogenization as well as minimization of the negative impact of the industry on the environment. We invite you to reading-matter with the hope that this publication will be an incentive for further efforts to develop human ecology and protect the natural environment.

Mirosława Chwil¹, Michał M. Skoczylas²

¹ University of Life Sciences in Lublin

² Pomeranian Medical University in Szczecin

Kristine Petrosyan¹, Joanna Ślusarczyk²

ANTROPOGENICZNE ZMIANY ŚRODOWISKA NATURALNEGO A ROLNICTWO

Ziemia została nam dana do użytku, nie do nadużywania. Jest to zasada, o której trzeba pamiętać w gospodarce rolnej, gdy chodzi o postęp przez zastosowanie biotechnologii. Technologie te nie mogą być oceniane tylko na podstawie natychmiastowych zysków i interesów ekonomicznych. Technologie te muszą być uprzednio poddane wnikliwej ocenie naukowej i etycznej, aby zapobiec możliwości dewastacji przez nie ludzkiego zdrowia i przyszłości ziemi.

Jan Paweł II³

Wstęp

Człowiek i natura są bezpośrednio zależne od siebie nawzajem. Dziś, wraz z postępem osiągnięć naukowych i technologicznych oraz technologii informatycznych, negatywny wpływ człowieka na przyrodę osiągnął ogromne rozmiary. Większość obszarów ludzkiej działalności negatywnie wpływa na przyrodę, gatunki, zasoby wodne i lądowe, ekosystemy oraz produktywność lasów. Te negatywne skutki mogą bezpośrednio lub pośrednio, za pośrednictwem łańcucha wzajemnych interakcji, oddziaływać na człowieka, w wyniku czego zwiększa się częstość alergii oraz chorób onkologicznych, układu krążenia i układu nerwowego, co prowadzi do wzrostu śmiertelności.

Rolnictwo jest jedną z kluczowych dziedzin gospodarki, mającą wpływ na bezpieczeństwo żywnościowe, zatrudnienie i rozwój obszarów wiejskich. Rolnictwo jest bezpośrednio narażone na skutki zmian klimatu, a jednocześnie przyczynia się do zmiany warunków klimatycznych, zachodzących pod wpływem czynników antropogenicznych, np. pestycydów. Pomimo szkód wyrządzonych przez nawozy w środowisku są one niezbędne do optymalnego wzrostu i rozwoju oraz wysokiej produktywności roślin.

¹ Zakład Ekologii i Ochrony Środowiska, Instytut Biologii, Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach

² Zakład Ekologii i Ochrony Środowiska, Instytut Biologii, Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach, e-mail: joanna.slusarczyk@ujk.edu.pl

³ Wypowiedź podczas Spotkania Świata Rolniczego, 11 listopada 2000 r.

Zmiany klimatu

Globalne zmiany klimatyczne stanowią poważne zagrożenie dla przyrody. Stanowią również poważne wyzwanie dla gospodarki i człowieka.

Zwiększenie emisji gazów cieplarnianych, masowa redukcja obszarów zielonych są bezpośrednią przyczyną globalnych zmian klimatycznych, co z kolei wpływa bezpośrednio na globalną różnorodność biologiczną. W wyniku tych negatywnych oddziaływań maleje liczba gatunków flory i fauny, wzrasta liczebność gatunków powodujących choroby u roślin i zwierząt, a także zwiększa się częstotliwość zachorowań organizmów (np. choroby grzybowe u roślin). Wiele gatunków zostało całkowicie wyeliminowanych lub nastąpiła ich migracja z powodu zmniejszania się zasięgów ich naturalnego występowania. Te procesy zakłócają równowagę naturalnych ekosystemów [UNCCD NPD 2014]. Według danych IPCC w 2015 r. emisje gazów cieplarnianych do atmosfery osiągnęły poziom 1000 Gt ekwiwalentu CO₂, co skutkowało wzrostem globalnej temperatury. Tymczasem nawet ich niewielki wzrost prowadzi do nieodwracalnych zmian, przyczyniających się nawet do zniszczenia niektórych ekosystemów. W związku z tym państwa członkowskie ramowej konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu podpisały w 2015 r. w Paryżu porozumienie, że podejmą działania mające na celu złagodzenie skutków zmian klimatu. Te działania powinny skutkować zmniejszeniem emisji gazów cieplarnianych, tak by wzrost globalnej temperatury nie był większy niż 1,5°C [COP21 2015].

Rolnictwo jest elementem ekonomicznym, jest bezpośrednio uzależnione od warunków klimatycznych i ich zmian, takich jak wzrost lub spadek temperatury (upał, mróz), zmiany atmosferyczne, susza, które mają bezpośredni wpływ na obszary rolne [Szwed i in. 2010]. Intensywność tego efektu zależy od regionu, stanu gleby i jej wilgotności. Z kolei rolnictwo może także wywierać wpływ na środowisko naturalne [Sadowski 2008, Nowak i Schneider 2017].

Zmiany klimatyczne wpływają bezpośrednio na bezpieczeństwo żywnościowe, co skutkuje ubóstwem i głodem rosnącej populacji Ziemi. Obecnie wielu naukowców zwraca uwagę, że rolnictwo odgrywa pewną rolę w wielkości emisji gazów cieplarnianych i zmian klimatycznych [Vetter i in. 2017, FAO 2018]. Badania wykazują, że rolnictwo jest źródłem około 13,7% całkowitej emisji gazów cieplarnianych [Sources of Greenhouse Gas Emissions 2018]. W różnych krajach liczba ta waha się od 9% do 32%. Głównym źródłem gazów cieplarnianych jest hodowla bydła, użytki rolne i uprawy ryżu. W wyniku naturalnych procesów fermentacji anaerobowej, zachodzącej np. u przeżuwaczy oraz na polach ryżowych, czy w wyniku zabiegów agrotechnicznych dochodzi do wydzielania do atmosfery metanu, CO₂, N₂O [Żukowska i in. 2016].

Jednym z mechanizmów łagodzących zmiany klimatyczne jest rozwój odnawialnych źródeł energii (OZE) i ograniczenie wykorzystania paliw kopalnych,

co w znaczący sposób może zmniejszyć emisję gazów cieplarnianych [Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi 2015].

Produkcja energii w Polsce nadal opiera się na tradycyjnych źródłach energii, takich jak węgiel kamienny i brunatny, a tylko jej niewielki procent jest wytwarzany przez elektrownie wodne, zlokalizowane głównie na rzekach. Energia odnawialna dopiero zaczyna być stosowana na większą skalę. Nowym sektorem energii odnawialnej w Polsce jest energia słoneczna i energia wiatrowa. Według Instytutu Energetyki Odnawialnej łączna moc zainstalowanych paneli fotowoltaicznych w Polsce wyniosła w 2014 r. około 6,6 MWp, a w 2016 r. osiągnęła 101 MW [Forum Energetyki Słonecznej i Biomasy 2014, Instytut Energetyki Odnawialnej 2017].

OZE mogą być również pozyskiwane w rolnictwie. Poza energią wiatrową oraz energią słoneczną ważne jest również zwiększanie produkcji biopaliw, które nie tylko zapewnią ciepło i energię elektryczną, ale także zmniejszą odpady rolne i wtórne produkty rolne, ograniczając emisję gazów cieplarnianych o 35% w porównaniu z paliwami kopalnymi [Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi 2015].

Nawozy sztuczne i środki ochrony roślin jako źródło zanieczyszczeń

Spowodowane przez działalność człowieka zanieczyszczenia i zmiany użytkowania gruntów, w szczególności błędy agrotechniczne wywołane nadmiernym stosowaniem nawozów sztucznych, pestycydów i herbicydów, odzwierciedlają się we wskaźnikach jakości gleby. Brak składników mineralnych w glebie każdego roku, w okresie wegetacji, musi być uzupełniany nawozami, które regulują metabolizm, zapewniają normalny wzrost wegetatywny roślin oraz wysoką jakość plonów [Zahoor 2012].

Głównymi źródłami zanieczyszczeń rolniczych są nawozy sztuczne i pestycydy. Nawozy mają w swoim składzie głównie azot, fosfor, potas, sole amonowe, a także jony metali ciężkich i pierwiastki promieniotwórcze (^{238}U , ^{232}Th i ^{210}Po). Według danych literaturowych nawozy azotowe zawierają szkodliwe nagromadzenie NO_3 i NO_2 oraz nitrozamin działających rakotwórczo, które akumulują się w roślinach liściastych (np. w liściach sałaty i szpinaku) i w ten sposób mogą wejść do łańcucha pokarmowego. Azotany dostają się do organizmu z wodą pitną lub z pożywieniem. Nitrozaminy są odpowiedzialne za indukcję nowotworów w różnych organach, np. wątrobie, jelicie grubym, płucach, trzustce, żołądku, nerkach, pęcherzu moczowym, przełyku i języku. Wykazują także właściwości genotoksyczne, mutagenne, teratogenne i karcynogenne, powodując m.in. alkilowanie DNA [Nowak i Libusz 2008]. Wysoka zawartość azotu i potasu wpływa na pH gleby, zmieniając zakwaszenie, co ogranicza wzrost roślin i wydajność plonów. Nadmiar nawozów jest przyczyną akumulacji metali ciężkich i azotanów w glebie, co powoduje eutrofizację wód w zbiorni-

kach [Józwiak 2010, Serpil 2012]. Tylko około 50% nawozów azotowych jest wykorzystywanych przez roślinę, reszta przechodzi przez wodę gruntową i powierzchnię [Serpil 2012].

Skład i dawkowanie nawozów zależą od rodzaju gleby, składu chemicznego i warunków klimatycznych. Z powodu powszechnego stosowania nawozów sztucznych często naruszane są zasady ich transportu i składowania, co przyczynia się do zanieczyszczenia środowiska, w szczególności gleby i wody. Szkody spowodowane przez nawozy i pestycydy sprawiają, że gleba staje się nieużyteczna dla rolnictwa.

Oprócz nawozów mineralnych również pestycydy stanowią zagrożenie dla przyrody i ludzi. Zwykle są używane przeciwko określonym gatunkom szkodnika, ale inne gatunki występujące w jego otoczeniu również są niszczone. Chemiczne środki ochrony roślin pośrednio przyczyniają się więc także do ograniczania bioróżnorodności.

W krajach Unii Europejskiej największymi „konsumentami” nawozów mineralnych są Belgia, Niemcy, Portugalia i Grecja. W Europie Zachodniej aktywnie rozwijane są programy mające na celu minimalizację negatywnego wpływu rolnictwa na środowisko. Jednym z nich jest rozwój zdrowego, ekologicznego rolnictwa, cieszącego się także w Polsce coraz większą popularnością [Ślusarczyk 2012, Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi 2015].

Metale ciężkie

Poważnym problemem jest zanieczyszczenie środowiska przyrodniczego metalami ciężkimi. Należą do pierwiastków śladowych o potencjalnie wysokim stopniu zagrożenia dla prawidłowego wzrostu i rozwoju organizmów roślinnych i nawet ich małe ilości są niebezpieczne, ponieważ kumulują się w żywych organizmach. Metale ciężkie migrują do środowiska naturalnego drogą naturalną i antropogeniczną. Najczęściej spotykanymi metalami ciężkimi są Pb, Cd, Cu, Hg, As, Zn.

Jednym z powodów zanieczyszczeń metalami ciężkimi jest rozwój transportu i komunikacji. Głównym źródłem zanieczyszczenia gleby metalami ciężkimi są paliwa. Benzyna stosowana w krajach UE zawiera duże ilości metali ciężkich: Pb, Cd, Cr. Badania przeprowadzone na glebach przydrożnych w Polsce wykazały, że 32% emisji zanieczyszczeń drogowych przypada na tlenki azotu, 22,2% na inne związki chemiczne pochodzenia organicznego, 20,2% na tlenki węgla i 18,7% na pyły [Żurek i Prokopiuk 2011, Kuziemska i in. 2017]. Jednym ze źródeł skażenia gleby metalami ciężkimi jest także rolnictwo, w tym także paliwo stosowane w maszynach rolniczych.

Jony metali ciężkich mogą przenikać do gleby w wyniku stosowania środków ochrony roślin oraz nawozów chemicznych, ich źródłem może być także pył przemysłowy. Kumulacja w glebie metali ciężkich wpływa na jej jakość

i skład chemiczny, a poprzez łańcuchy troficzne mogą być przenoszone na inne organizmy, w tym człowieka.

Nagromadzone w żywych organizmach metale ciężkie mogą być przyczyną wielu chorób, w tym o podłożu genetycznym oraz zaburzeń metabolicznych [Cziernych i Bajewa 2004]. Rtęć powoduje blokadę aktywnych biologicznie cząsteczek białka, a jej opary najbardziej toksycznie wpływają na układ nerwowy [Kuziemska i in. 2017]. Toksyczność rtęci wyraża się w różny sposób, w zależności od ilości, właściwości chemicznych (stopnia utlenienia) i drogi, jaką przedostaje się do organizmu. Do najbardziej niebezpiecznych metali ciężkich należą ołów i kadm. Ich fitotoksyczność wynika z oddziaływań biochemiczno-fizjologicznych na podstawowe biocząsteczki oraz tendencji do bioakumulacji w tkankach roślinnych. Pewna ilość ołowiu jest konieczna do prawidłowego rozwoju roślin, jednak jego nadmiar akumuluje się w korzeniach roślin, powodując zaburzenia procesu fotosyntezy, poprzez zmianę aktywności enzymatycznej i hamowanie pobierania jonów wapnia, które są niezbędne do prawidłowego rozwoju rośliny. Nadmiar poszczególnych metali powoduje zaburzenia w żywieniu mineralnym i redukcję wzrostu roślin poprzez zmiany w przepuszczalności błon komórkowych, zaburzenia gospodarki wodnej, zaburzenia w procesie fotosyntezy i oddychaniu komórkowym, inaktywację niektórych enzymów zaangażowanych w regulację podstawowego metabolizmu komórek. Ołów, kadm i miedź hamują syntezę barwników fotosyntetycznych i obniżają ich poziom w komórkach. Rośliny żyjące na glebach silnie skażonych tracą często właściwości aktywnego i selektywnego pobierania i wtedy zawartość metali wzrasta proporcjonalnie do ich występowania w podłożu [Starck 2002]. W organizmie człowieka ich akumulacja może prowadzić do uszkodzenia ośrodkowego i obwodowego układu nerwowego oraz chorób krwi.

Jony metali ciężkich powodują zaburzenia procesu biosyntezy białek oraz są przyczyną uszkodzeń materiału genetycznego w komórkach, co prowadzi do zaburzenia podstawowych procesów życiowych organizmów roślinnych i zwierzęcych [Cziernych i Bajewa 2004].

Degradacja gleb, zasolenie, pustynnienie

Do negatywnych skutków rolnictwa dla środowiska naturalnego zaliczyć należy także degradację gleb, zasolenie i pustynnienie [Wolińska i in. 2017]. W wyniku działalności człowieka erozja gleb znacznie się nasiliła, co doprowadziło do zmniejszenia terenów zajmowanych przez grunty rolne.

Według Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi [2015] 74% gleb w Polsce charakteryzuje się niską kwasowością (pH poniżej 5,5). Prawie we wszystkich regionach Polski ziemie rolnicze wykazują potrzebę wapnowania, w różnych regionach w różnej wielkości. Wynika to z dużego wykorzystania nawozów azotowych (azot amonowy, saletrzany) albo wieloskładnikowych NP lub NPK

i niskiego zużycia nawozów wapniowych (zawierających CaO). Z biegiem lat nawozy wprowadzane do gleby ulegają przemianom chemicznym. Powoduje to zmiany pH gleby, co może skutkować ich nadmiernym zakwaszeniem lub zasoleniem. Zbyt duże ilości w glebach rozpuszczalnych soli mają negatywny wpływ na rośliny. Wysokie ciśnienie osmotyczne roztworu glebowego negatywnie wpływa na bilans wodny rośliny, hamuje fotosyntezę i może być przyczyną śmierci roślin [Korobko i Volkov 2013]. W konsekwencji bardzo poważnie ogranicza produktywność roślin uprawnych i przyczynia się do powstawania strat w plonach.

Według FAO w 2000 r. 60% ziem rolnych w Armenii charakteryzowano jako obszary podlegające erozji. Armenia to rolniczy, górzysty kraj, gdzie zasoby lądowe mają zasadnicze znaczenie. Większość gruntów rolnych jest skoncentrowana w dolinie Ararat. Około 35% tych ziem charakteryzowanych jest jako gleby w różnym stopniu zasolone. Badania wykazały, że głównym tego powodem jest poziom wód gruntowych, których głębokość zmienia się w różnych rejonach w zakresie 1–3 m [Yeghiazaryan 2017]. Do nawadniania często stosowano wody podziemne, gruntowe, o dużej zawartości soli. Jeśli nie ma systemu odwadniającego, sole gromadzą się w strefie korzeniowej i wpływają na glebę oraz produktywność roślin [Abrol i in. 1988, UNU-INWEH 2014].

Według danych UNU-INWEH [2014] każdego roku w około 75 krajach około 2000 hektarów suchych i półsuchych gruntów charakteryzuje się rozkładem i zasoleniem. Badania wykazały, że intensywnie eksploatowane grunty rolne cechują się wysokim poziomem degradacji gleby i mają niskie parametry biologiczne, a ich skład mikrobiologiczny i chemiczny są zupełnie inne niż gleb niezdegradowanych.

Podsumowanie

Rolnictwo jest bardzo ważnym działem gospodarki, zapewniającym bezpieczeństwo żywności oraz rozwój obszarów wiejskich. Ten sektor jest bardzo wrażliwy na niekorzystne zmiany klimatyczne, co stwarza stale nowe wyzwania i zagrożenia. Wobec przedstawionych antropogenicznych zmian w środowisku naturalnym alternatywą wydaje się być rolnictwo ekologiczne, sukcesywnie rozwijające się w Polsce. Rosnąca wiedza konsumentów na temat zalet żywności ekologicznej, a także wpływu rolnictwa i szeroko rozumianej produkcji i dystrybucji żywności na środowisko przekłada się na wzrost popytu na produkty pochodzące z gospodarstw ekologicznych. Produkcja roślinna metodami ekologicznymi może sprzyjać zachowaniu różnorodności biologicznej na obszarach wiejskich. Tak więc rozsądne wykorzystywanie zasobów naturalnych i ograniczenie oddziaływań człowieka na środowisko mogą zminimalizować niekorzystne zmiany w przyrodzie.

Piśmiennictwo

- Abrol I., Yadav J.S., Massoud F., 1988. Water quality and crop production. Salt-Affected Soils and their Management FAO Soils Bulletin 39, Rome, <http://www.fao.org/3/x5871e/x5871e00.htm> [dostęp: 25.10.2018].
- Cziernych N.A., Bajewa J.I., 2004. Tiażetyje mietalły i zdorowie czelowieka. Wiestnik RUDN, Ser. Ekoł. bezop. żyznodiejat. 1(10), 125–134.
- COP21 conference on climate change Paris, 2015. UNDP, <http://www.undp.org/content/undp/en/home/presscenter/events/2015/december/COP21-paris-climate-conference.html> [dostęp: 27.10.2018].
- FAO, 2018. FAO's work on climate change, <http://www.fao.org/climate-change/ru/> [dostęp: 25.10.2018].
- Forum Energetyki Słonecznej i Biomasy, 2014. Rozwój rynku fotowoltaiki w Polsce, <https://ekobudowanie.pl/trendy/rynek/2279-rozwoj-rynku-fotowoltaiki-w-polsce> [dostęp: 30.10.2018].
- Instytut Energetyki Odnawialnej, 2017. Rynek fotowoltaiki w Polsce, https://www.cire.pl/pliki/2/2017/raportpv_2017_final_18_05_2017.pdf [dostęp: 30.10.2018].
- Jóźwiak M.A., 2010. Biomonitoring środowisk lądowych i wodnych. Wyd. UHP, Kielce.
- Korobko V.V., Volkov D.P., 2013. The tolerance of seedlings of some varieties of grain sorghum in various types of salinity. Izwiest. Sarat. uniw., Ser. Chim. bioł. ekoł. 13(2), 107–112, <https://cyberleninka.ru/article/n/ustoychivost-nekotoryh-sortov-zernovogo-sorgo-k-raznokachestvennomu-zasoleniyu> [dostęp: 25.10.2018].
- Kuziemska B., Pakuła K., Pieniak-Lendzion K., Becher M., 2017. Metale ciężkie w glebach położonych wzdłuż szlaków komunikacyjnych. Zesz. Nauk. UPH w Siedlcach, Ser. Administracja i Zarządzanie 112(39), 98–107.
- Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, 2015. Rolnictwo i gospodarka żywnościowa w Polsce, https://www.gov.pl/documents/912055/913531/Rolnictwo_PL_2015.pdf [dostęp: 25.10.2018].
- Nowak A., Libusz Z., 2008. Karcynogeny w przewodzie pokarmowym człowieka. Żywn. Nauka Technol. Jakość 4 (59), 9–25.
- Nowak A., Schneider C., 2017. Environmental characteristics, agricultural land use, and vulnerability to degradation in Malopolska Province (Poland). Sci. Total. Environ. 590–591, 620–632, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.03.006>.
- Sadowski M., 2008. An approach to adaptation to climate changes in Poland. Clim. Change 90, 443–451.
- Serpil S., 2012. Investigation of effect of chemical fertilizers on environment. ICESD (International Conference on Environmental Science and Development) Hong Kong, 287–292.
- Sources of Greenhouse Gas Emissions, 2018, <https://www.epa.gov/ghgemissions/sources-greenhouse-gas-emissions> [dostęp: 25.10.2018].
- Starck Z., 2002. Fizjologiczne podstawy produktywności roślin. W: J. Kopcewicz, S. Lewak (red.), Fizjologia roślin. PWN, Warszawa, 679–706.
- Szwed M., Karg G., Pinskwar I., Radziejewski M., Grejczyk D., Kedzior A. Kundzevich Z.V., 2010. Climate change and its effect on agriculture, water resources and human health sectors in Poland. Nat. Hazards Earth Syst. Sci. 10, 1725–1737, www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/10/172525/0/ [dostęp: 20.10.2018].
- Ślusarczyk J., 2012. Obszary wiejskie: nowe perspektywy, nowe inicjatywy, nowe zagrożenia w stylu życia i odżywiania. W: I. Fudali, I. Żeber-Dzikowska, E. Buchcic (red.), Współczesne kształcenie i doskonalenie zawodowe nauczycieli przedmiotów przyrodniczych na obszarach wiejskich i miejskich. Wyd. Perpetum Mobile, Kielce, 447–466.
- UNCCD NPĐ Yerevan, 2014. Strategia struktury i krajowego planu działania w Republice Armenii w ramach Konwencji ONZ przeciwko pustosynnieniu, http://www.mnp.am/uploads/1/1551885091anapat_eng-1.pdf [dostęp: 25.10.2018].
- UNU-INWEH, 2014. World Losing 2,000 Hectares of farm soil daily to salt-induced degradation. United Nations University Institute for Water, Environment and Health. <http://inweh.unu.edu/world-losing-farm-soil-daily-salt-induced-degradation/> [dostęp: 25.10.2018].

- Vetter S.H., Sapkota T.B., Hillier J., Stirling C.M., Macdiarmid J.I., Aleksandrowicz. Ł., Green R., Joy E. J.M., Dangour A., Smitha P., 2017. Greenhouse gas emissions from agricultural food production to supply Indian diets: Implications for climate change mitigation. *Agric. Ecosyst. Environ.* 237, 234–241.
- Wolińska A., Szafranek-Nakonieczna A., Banach A., Rekosz-Burlaga H., Goryluk-Salmonowicz A., Błaszczyk M., Stępniewska Z., Górski A., 2014. Biologiczna degradacja gleb rolniczych z regionu lubelskiego. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* 3 (11), 558–571.
- Yeghiazaryan A.G., 2017. About the issue of monitoring method of Ararat valley soils salinization. *J. Ann. Agrar. Sci.* 15(4), 464–471.
- Zahoor, Waqar A., Khanzada H., Bashir U., Aziz khan, Zahir S., Faheem A.K., Raja M.M.N., 2014. Role of nitrogen fertilizer in crop productivity and environmental pollution. *Int. J. Agric. Forest.* 4(3), 201–206.
- Żukowska G., Myszura M., Baran S., Wesołowska S., Pawłowska M., Dobrowolski Ł., 2016. Rolnictwo a łagodzenie zmian klimatu. *Probl. Ekorozw./ Probl. Sustain. Develop.* 11 (2), 67–74.
- Żurek G., Prokopiuk K., 2011. Zawartości ołowiu, kadmu i chromu w glebach rolniczych przyległych do autostrady A2. *Biul. IHAR* 262, 177–181.

ANTROPOGENICZNE ZMIANY ŚRODOWISKA NATURALNEGO A ROLNICTWO

Streszczenie. Celem pracy jest ukazanie wpływu rolnictwa na środowisko oraz ich wzajemnych powiązań. Stan gleb, ich produktywność, a także plenność roślin rolniczych są ściśle zależne od czynników środowiskowych, w tym szczególnie od czynników bioklimatycznych. Środowisko naturalne jest podstawowym i istotnym elementem rozwoju roślin, a czynniki abiotyczne, takie jak temperatura, opady, susza, zasolenie gleby, bezpośrednio wpływają na mechanizmy cyklu życiowego roślin oraz ich metabolizm. Nowoczesne rolnictwo może mieć negatywny wpływ na przyrodę i często jest uważane za jeden z głównych czynników zanieczyszczeń środowiska naturalnego. Jednak odpowiedzialne wykorzystywanie zasobów naturalnych i ograniczenie oddziaływań człowieka na środowisko mogą zminimalizować niekorzystne zmiany w przyrodzie.

Słowa kluczowe: antropogeniczne zmiany środowiska, metale ciężkie, rolnictwo, zasolenie gleb

ANTHROPOGENIC CHANGES OF THE NATURAL ENVIRONMENT AND AGRICULTURE

Summary. The aim of the article is to show the impact of agriculture on the environment and their mutual relationship. The condition of soils, their productivity, as well as the fertility of the agricultural plants deeply depend on environmental factors, particularly on bioclimatic conditions. The environment is a basic and important area for plants development, and abiotic factors such as temperature, rainfall, drought, and soil salinity directly influence the mechanisms of plant's lifecycle and their metabolism. Modern agriculture has a negative impact on nature too. Besides, agriculture is often considered one of the main pollutants of the environment. However, responsibly using of natural resources and limiting the anthropogenic impact on the environment can minimize the damage to the environment.

Key words: agriculture, anthropogenic environmental changes, heavy metals, soil salinity

Jarosław Szczepanek¹, Ewa Trzaskowska²

RETENCJA WODY OPADOWEJ NA OSIEDLACH JAKO ELEMENT POPRAWY WARUNKÓW ŻYCIA MIESZKAŃCÓW

Wstęp

Ekorozwój miasta i rozwój zrównoważony ściśle wiążą się z szeroko propagowaną ideą zdrowego miasta. Kierunki rozwoju tego projektu zakładają uzyskanie poprawy warunków życia i pracy mieszkańców oraz stanu środowiska, doskonaląc sposoby działań sprzyjających osiągnięciu możliwie największego potencjału zdrowotnego i ekologicznego [Borys 2000, Błaszowska i Kurnatowski 2015]. W związku z ingerencją człowieka w środowisko naturalne problemem jest coraz większe uszczelnianie gruntu a przez to odprowadzanie wód deszczowych. Obecnie służy temu głównie kanalizacja burzowa. Woda opadowa z ulic, chodników, parkingów, dachów itp. spływa do wpustów kanalizacyjnych i siecią kolektorów podziemnych transportowania jest najczęściej do cieków wodnych. Ten system przy postępującej urbanizacji i dużej intensywności opadów staje się niewydolny, prowadząc do podtopień i powodzi miejskich. Poza tym duży odsetek powierzchni utwardzonej, uniemożliwiający jej infiltrację i stosowanie kanalizacji, sprawia, że od 70 do 90% wody deszczowej jest odprowadzane z miast, co skutkuje ujemnym bilansem wodnym [Wagner i in. 2013]. Zaburzenia obiegu wody w przestrzeniach zurbanizowanych wpływają na stosunki wodne, temperaturę i jakość powietrza, przyczyniając się do zmian klimatu. Mioduszewski i Okruszko [2016] wskazują, że obieg wody i materii w zlewniach jest szybszy, co przyczynia się do zwiększenia częstości występowania susz i powodzi. Następuje uszczuplenie zasobów wód powierzchniowych i podziemnych oraz pogorszenie ich jakości. Brak retencji wód przyczynia się do wzrostu temperatury i obniżenia wilgotności powietrza. Stan taki określany jest mianem miejskiej wyspy ciepła [Gorgoń i Gocko-Gomoła 2016]. Te przesłanki wskazują na konieczność proekologicznego

¹ Instytut Architektury Krajobrazu, Katolicki Uniwersytet Lubelski Jana Pawła II

² Instytut Architektury Krajobrazu, Katolicki Uniwersytet Lubelski Jana Pawła II, e-mail: etrzaskowska@kul.lublin.pl

zarządzania wodami opadowymi na terenie obszarów zurbanizowanych w myśl idei zrównoważonego rozwoju.

W wielu krajach, w tym w Polsce, podejmuje się tematykę nowoczesnej gospodarki wodami przy wykorzystaniu ich retencji [Jonasson 1984, Herrmann i Schmida 1999, Słyś 2009]. A najnowsze trendy urbanistyczne dotyczące zarządzania wodą w mieście zakładają rozwiązanie problemu u samego źródła – zarządzając wodą lokalnie, zmniejsza się obciążenie infrastruktury odwadniającej a tym samym koszty jej modernizacji [Bacchin in. 2014]. Wśród metod służących zwiększaniu zdolności retencyjnych jest zachowanie powierzchni infiltrujących w zabudowie miejskiej i zmniejszenie spływu kanalizacją burzową oraz zastosowanie rozwiązań technicznych umożliwiających wsiąkanie wody w glebę [Słyś 2008, Królikowska i Królikowski 2012]. Zrównoważone gospodarowanie wodami opadowymi w miastach przynosi szereg korzyści – gospodarczych, hydrologicznych, społecznych, środowiskowych – które przekładają się na poprawę warunków życia w miastach. Są nimi kształtowanie mikroklimatu, zwiększanie różnorodności biologicznej, ograniczanie zanieczyszczeń, tworzenie przyjaznej i atrakcyjnej przestrzeni miejskiej dla człowieka [Słyś 2013].

Osiedla mieszkaniowe jako jedna z dominujących form zagospodarowania przestrzennego miasta, zajmująca dużą jego powierzchnię, powinny być wykorzystywane w celu retencji i infiltracji wód opadowych. Lublin zaliczany jest do jednego z bardziej uciążliwych miast pod względem wartości biotermicznych, z wysoką temperaturą oraz parnością. Kozłowska-Szczęsna [1997] zaliczyła miasto do V regionu południowo-wschodniego, którego cechą charakterystyczną jest występowanie dużej liczby dni z warunkami pogodowymi mającymi negatywny wpływ na organizm człowieka. Dlatego istnieje pilna potrzeba poprawy tej sytuacji.

Celem pracy jest analiza funkcjonowania osiedli mieszkaniowych powstałych w różnych okresach historycznych na terenie Lublina w aspekcie retencji wody oraz wskazanie wytycznych planistycznych służących jej zwiększeniu. Zaproponowane działania mogłyby znacząco poprawić warunki życia mieszkańców.

Materiał i metody

Przeanalizowanych zostało sześć osiedli, powstałych w różnych okresach i położonych w różnych częściach miasta: ZOR Zachód (lata 40. i 50. XX w.), im. Mickiewicza (lata 60. XX w.), Błonie (lata 80. XX w.), Poręba (lata 90. XX w.), Botanik (początek XXI w.), SBM Oaza (2010–2012). Ich granice zostały ustalone na podstawie działek ewidencyjnych. Z badań przestrzeni zostały wykluczone kościoły i szkoły. Na podstawie zdjęć lotniczych, wykorzystując oprogramowanie QGIS wersja 2.14.22, dokonano analizy powierzchni przepuszczalnych i nieprzepuszczalnych. Do przepuszczalnych zaliczono wszystkie tereny

umożliwiające infiltrację wody do gruntu (trawniki, rabaty, przedogródki itp.), do nieprzepuszczalnych – tereny utwardzone (ulice, parkingi, chodniki) oraz dachy budynków. Przeprowadzono inwentaryzację elementów służących retencji wody oraz terenów zieleni, które stanowią element zielonej i błękitnej infrastruktury. Zieleń oceniona była pod względem wielkości i częstości występowania drzew, krzewów, pnączy, rabat, trawników tradycyjnych oraz ekstensywnych, piętrowości, stanu zachowania. Zastosowano czterostopniową skalę, przyjmując: 1 – mało, 2 – przeciętnie, 3 – dużo, 4 – bardzo dużo. Przeprowadzone analizy pozwoliły na określenie, czy istniejąca roślinność lub elementy służące retencji są wystarczające. Następnie zaproponowano dodatkowe sposoby odprowadzania wód opadowych na poszczególnych osiedlach oraz ich proekologicznego wykorzystywania.

Wyniki

Przeprowadzone badania pozwoliły stwierdzić, że im młodsze osiedle, tym mniej elementów zielonej infrastruktury i większy udział powierzchni nieprzepuszczalnych. Wyjątek stanowi ZOR Zachód: nieco mniejszy udział terenów umożliwiających infiltrację wody do gruntu związany jest z tym, że osiedle było budowane jako robotnicze, z gęstą zabudową. Osiedlami, na których przeważa powierzchnia zaliczana do zielonej infrastruktury, są Mickiewicza i Błonie. Największym udziałem powierzchni nieprzepuszczalnych, generujących duży spływ powierzchniowy wód opadowych, charakteryzują się najmłodsze spośród analizowanych osiedli (Botanik i Oaza), wznoszone w systemie deweloperskim (tab. 1). Obszary biologicznie czynne, umożliwiające wsiąkanie wody opadowej do gruntu stanowią tu niewielki odsetek (18% i 20%). Całość wód z obszarów nieprzepuszczalnych i dachów odprowadzana jest do kanalizacji burzowej.

Przeprowadzona ocena stanu zieleni osiedli mieszkaniowych wskazuje, że najlepsza kondycja i zróżnicowanie zieleni występuje na os. Mickiewicza (tab. 2). Wraz z os. Błonie uzyskało ono największą liczbę punktów spośród analizowanych osiedli. Na kolejnych miejscach uplasowały się os. Poręba i ZOR Zachód. Pod względem stanu zieleni słabo wypadają osiedla deweloperskie: SBM Oaza i Botanik. Wśród badanych terenów wyróżnia się osiedle im. Mickiewicza. Występują tu liczne, duże okazy drzew, tworzące piętrowy układ z krzewami i roślinami zielnymi (byliny, trawniki ekstensywne). Niemal cała powierzchnia osiedla jest zacieniona; ta zieleń przyczynia się do poprawy jakości powietrza, podnosząc poziom jego wilgotności i oczyszczając z zanieczyszczeń, daje wytchnienie mieszkańcom w okresie upałów oraz sprzyja wypoczynkowi.

Tabela 1. Zestawienie powierzchni przepuszczalnych i nieprzepuszczalnych na osiedlach

Osiedle	Powierzchnia terenu (m ²)	Powierzchnia zabudowy (m ²)	Powierzchnia przepuszczalna (m ²)	Powierzchnia nieprzepuszczalna (m ²)	Powierzchnia biologicznie czynna (%)
ZOR Zachód	60717	14914	22796	37921	38
Mickiewicza	309403	52612	161961	147442	52
Błonie	162504	24391	89991	72513	54
Poręba	458541	76405	200351	258191	44
Botanik	177285	31247	31137	146148	18
SBM Oaza	41509	13757	8162	33347	20

Tabela 2. Ocena stanu zieleni na wybranych osiedlach Lublina

Osiedle	Powierzchnia biologicznie czynna (0–100)	Piętrowość	Drzewa	Krzewy	Trawniki ekstensywne	Trawniki tradycyjne	Rabaty/ przedogródki	Pnącza – zacienienie ścian	Suma
ZOR Zachód	38	1	3	2	0	1	1	0	46
Mickiewicza	52	3	3	3	1	1	1	1	65
Błonie	55	3	2	2	0	1	1	1	65
Poręba	44	2	1	2	1	1	1	0	52
Botanik	18	0	0	1	0	1	1	0	21
SBM Oaza	20	0	0	1	0	1	1	0	23

Tabela 3. Rozwiązania techniczne zaproponowane na osiedlach w celu zwiększenia infiltracji wód opadowych

Osiedle	Nawierzchnie nieumocnione	Nawierzchnie perforowane	Rowy chłonne	Niecki chłonne	Zbiorniki chłonne	Komory rozsączające	Studnie chłonne	Rigole	Zielone dachy	Ogrody deszczowe
ZOR Zachód		X				X	X			X
Mickiewicza	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Błonie	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Poręba	X	X	X	X	X	X	X			X
Botanik	X	X	X	X	X	X	X	X		X
SBM Oaza	X	X				X	X			X

Uwzględniając różną specyfikę (topografia, układ przestrzenny, struktura powierzchni) poszczególnych osiedli, wskazano rozwiązania techniczne, które można tam zastosować w celu zmniejszenia spływu powierzchniowego i zwiększenia retencji opadów (tab. 3).

Dyskusja

W celu poprawy warunków życia mieszkańców miast niezbędne są inwestycje prośrodowiskowe wspierające rozwój usług ekosystemowych, czyli usług świadczonych przez środowisko przyrodnicze na rzecz człowieka. Dlatego działania w ramach zarządzania gruntami i ekosystemami o charakterze naturalnym lub mającymi duże znaczenie ekologiczne oraz ukierunkowywanie i przywracanie dobrze funkcjonujących struktur przyrodniczych są podstawą procesu adaptacji do zmian klimatu, a także przeciwdziałania zjawiskom ekstremalnym [Wagner i in. 2014].

W 1996 r. Europejska Agencja Środowiska Mieszkaniowego opracowała wytyczne dotyczące budowania osiedli mieszkaniowych. Uwzględniła wymagania środowiskowe, społeczne i gospodarcze. Pojawiły się zagadnienia związane z zagospodarowaniem wody opadowej, a wśród nich: traktowanie obszarów otwartych jako części zespołów zabudowy mieszkaniowej, uwzględnianie wody jako elementu planowania o kreatywnym charakterze, zakładanie zbiorników retencyjnych, których rolą jest nie tylko zatrzymanie i infiltracja wody, ale także spełnianie funkcji estetycznych, poprawiających mikroklimat miejsca oraz wypoczynkowych i rekreacyjnych, podkreślenie konieczności rozdzielania wód z dachów, placów, chodników (czystych) od wód z ulic i parkingów (zanie-

czyszczonych substancjami chemicznymi), wykorzystanie deszczówki m.in. do podlewania ogrodów, kontrola systemu dostarczania wody [Januchna-Szostak 2010]. Na konieczność poprawy warunków środowiskowych w miastach, ochrony terenów otwartych, zieleni wskazują różne koncepcje, m.in. system przyrodniczy miasta (SPM), w którym uwzględniono podsystemy klimatyczny, hydrologiczny i biologiczny [Szulczewska i Kaftan 1996]. Wyniki badań prowadzone przez zespół pod kierunkiem Szulczewskiej [2015] wskazują, że osiedla mieszkaniowe bogate w zielen, zagospodarowane z uwzględnieniem powierzchni przepuszczalnych, mogą tworzyć taki system, przyczyniać się do retencji wody, zmniejszać skutki zmian klimatu, a także zapewniać odpowiednie warunki do życia osobom mieszkającym na ich terenie. Wyniki badań dowiodły, że osiedla mieszkaniowe o wyższym współczynniku terenów biologicznie czynnych (ok. 50%) charakteryzowały się niższą temperaturą powietrza, jednak ważna jest również jakość tych obszarów – rodzaj zieleni, układ budynków oraz powierzchnia zajmowana przez nawierzchnie sztuczne.

Duży związek z problemem zarządzania wodami opadowymi oraz poprawą warunków życia mieszkańców miasta ma zielona infrastruktura, która jak podaje Szulczewska [2014], jest terminem cieszącym się popularnością, który wchłonił koncepcje starsze i nowsze dotyczące „ochrony i kształtowania terenów pokrytych roślinnością, które są z różnych względów ważne dla życia i gospodarki człowieka”. Niemniej jednak pomimo wielu definicji tego pojęcia zielona infrastruktura ze względu na multifunkcyjność może być substytutem lub uzupełnieniem powszechnie stosowanych rozwiązań technicznych w tworzeniu zdrowego miasta. Główną zasadą, na której opiera się ta idea, jest ochrona przyrody i jej naturalnych cykli oraz włączanie tych działań do planowania przestrzennego i działań mających za zadanie rozwój terytorialny. Z zieloną infrastrukturą powiązana jest ściśle błękitna infrastruktura, często traktowana jako jedna z jej części. Ten termin dotyczy ekosystemów wodnych (cieków wodnych wraz z dolinami, zbiorników wód powierzchniowych oraz terenów bagiennych i podmokłych). Te dwa systemy są ważnym elementem w procesie naturalnej infiltracji wód opadowych, przyczyniają się także do ich oczyszczania. Dzięki przenikaniu się mocno oddziałują na siebie: woda jest niezbędna do rozwoju roślin, a te z kolei są naturalnym rezerwuarem wody [Wagner i Krauze 2014]. W walce z deficytem wody coraz mocniej akcentowana jest rola zieleni [Schmidt 2015, Zielonko-Jung 2015, Solarek i in. 2016]. Rozwój błękitno-zielonej infrastruktury przynosi wiele korzyści ekologicznych, społecznych i gospodarczych. Należą do nich: wyższy poziom retencji wód opadowych, a przez to przeciwdziałanie suszom i powodziom, polepszenie mikroklimatu miasta poprzez poprawę jakości powietrza, zmniejszenie kosztów finansowania utrzymania terenów zieleni, stworzenie podstaw do rozwoju ekologicznego

transportu zbiorowego, zwiększenie możliwości adaptacyjnych do zmian klimatu oraz podniesienie standardu przestrzeni publicznych dla mieszkańców i inwestorów [Wagner i in. 2013].

Także inne działania powiązane z ekohydrologią przyczyniają się do polepszenia funkcjonowania błękitnej i zielonej infrastruktury. Warto, aby były uzupełniane przez politykę zagospodarowania wód opadowych [Wagner i Breil 2013]. Wśród nich można wymienić Water Sensitive Urban Designe (WSUD), czyli zintegrowane i zrównoważone podejście do planowania zarządzania wodami opadowymi na terenach zurbanizowanych [Morawiec 2016] i Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS). Polskim odpowiednikiem jest system TRIO. Poszczególne elementy SUDS/TRIO bardzo dobrze funkcjonują w przestrzeni osiedli mieszkaniowych. Wprowadzane na etapie projektowania tych przestrzeni mogą stanowić powiązania z elementami o charakterze kompozycyjno-funkcjonalnym, a także z systemem zieleni [Januchna-Szostak 2010]. Systemy zintegrowanego retencjonowania wody stosowane są na terenach przemysłowych, usługowych, osiedlowych. Takie działania dotyczą zarówno nowych inwestycji (Hanower, Oslo, Malmö, Londyn), jak i rewitalizacji czy modernizacji (Berlin, Malmö) [Kozłowska 2008].

Warto zwrócić uwagę na aspekt estetyczny zagospodarowania wód opadowych w miastach. Staje się to zarówno wyzwaniem w kreowaniu przestrzeni miejskich, jak i możliwości tworzenia miejsc rekreacyjnych oraz wypoczynkowych. Woda deszczowa jest bardzo dobrym tworzywem ze względu na swoją dynamikę, może stać się elementem wzbogacającym krajobraz, tworzyć niepowtarzalny nastrój, poprawiając samopoczucie człowieka [Kozłowska 2008]. Nyka [2013] zwraca uwagę, że obecnie z różnych względów staje się ona również środkiem wypowiedzi artystycznej, jest elementem budującym kreatywne miasta, kształtującym przestrzenie publiczne. A te są bardzo istotnymi obiektami w strukturze miast, dlatego warto wprowadzać w nich elementy, które przyczynią się do zwiększenia ich atrakcyjności.

Podsumowanie

Przeprowadzone badania osiedli mieszkaniowych wskazują, że istnieje możliwość wprowadzenia infiltracji wód opadowych, nawet tam gdzie tego miejsca jest mało. Można zastosować rozwiązania powierzchniowe lub podziemne. Ważnym czynnikiem służącym infiltracji wody jest zieleń, która pełni wiele innych funkcji, w tym te bardzo cenne ze względu na zdrowie człowieka (oczyszczanie powietrza, jego jonizacja, wydzielanie fitoncydów, poprawa warunków mikroklimatycznych, a także funkcje rekreacyjne, wypoczynkowe, społeczne). Programy zarządzania wodą na osiedlach powinny być dostosowane do konkretnych miejsc,

ich zagospodarowania, istniejącej infrastruktury, położenia itd. Z technicznego punktu widzenia rozwiązania na mniejszą skalę, rozproszone, są bardzo wskazane, gdyż umożliwiają zagospodarowanie wód w miejscach opadów.

Piśmiennictwo

- Bacchin T., Ashley R., Sijmons D., Zevenbergen C., Van Timmeren A., 2014. Green-blue multi-functional infrastructure: an urban landscape system design new approach. 13th International Conference on Urban Drainage. Malaysia, 7–12.
- Błaszowska J., Kurnatowski P., 2015. Wstęp do ekologii człowieka. W: A. Denys (red.), Zagrożenia zdrowia publicznego. Zdrowie człowieka a środowisko. Cz. 2. Wolters Kluwer, Warszawa, 23–40.
- Borys T., 2000. Podstawy programowania ekonomii rozwoju miast. W: J. Słodczyk (red.), Ekologiczne aspekty gospodarki miejskiej i nowe instrumenty w zarządzaniu miastem. UO, Opole, 21–31.
- Gorgoń J., Gocko-Gomoła K., 2016. Woda w mieście jako czynnik wzmacniający jego odporność na zmiany klimatu. Zesz. Nauk. WST 8, 31–44.
- Herrmann T., Schmida U., 1999. Rainwater utilisation in Germany: efficiency, dimensioning, hydraulic and environmental aspects. Urban Water 1(4), 307–316.
- Januchta-Szostak A., 2010. Miasto w symbiozie z wodą. Czas. Tech. 6 A, 96–102.
- Jonasson A., 1984. Dimensioning methods for stormwater infiltration system. Therd International Conference Urban Storm Drainage. Goeteborg.
- Kozłowska E., 2008. Proekologiczne gospodarowanie wodą opadową w aspekcie architektury krajobrazu. Wyd. UP we Wrocławiu, Wrocław.
- Kozłowska-Szczęśna T., Błażejczyk K., Krawczyk, B., 1997. Bioklimatologia człowieka: metody i ich zastosowanie w badaniach bioklimatu Polski. Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, Warszawa.
- Królikowska K., Królikowski A., 2012. Wody opadowe Odprowadzanie, zagospodarowanie, podczyszczanie i wykorzystanie. Wyd. Seidel-Przywecki, Warszawa.
- Mioduszewski W., Okruszko T., 2016. Naturalna, mała retencja wodna. Metoda łagodzenia skutków suszy, ograniczania ryzyka powodziowego i ochrona różnorodności biologicznej. Polski Komitet Globalnego Partnerstwa dla Wody, Warszawa.
- Morawiec M., 2016. Sustainable Urban Drainage Infrastructure. Zrównoważona infrastruktura odwadniania miast. Probl. Ekorozw. 11(2), 113–118.
- Nyka L., 2013. Architektura i woda – przekraczanie granic. Wyd. PG, Gdańsk.
- Słyś D., 2009. Potential of rainwater utilization in residential housing in Poland. Water Environ. J. 23(4), 318–325.
- Słyś D., Zrównoważony system odwadniania miast. Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław.
- Słyś D., 2008. Retencja i infiltracja wód deszczowych. Oficyna Wyd. PR, Rzeszów.
- Solarek K., Ryńska D., Mirecka M., 2016. Urbanistyka i architektura w zintegrowanym gospodarowaniu wodami. Oficyna Wyd. PW, Warszawa.
- Szulcewska B., Kaftan J., 1996. Kształtowanie systemu przyrodniczego miasta. IGPiK, Warszawa.
- Szulcewska B., 2014. W pułapkach zielonej infrastruktury. W: A. Pancewicz (red.), Zielona infrastruktura miasta. Wyd. PŚ, Gliwice, 9–29.

- Szulcewska B., 2015. Osiedla mieszkaniowe w strukturze przyrodniczej miasta. Wyd. SGGW, Warszawa.
- Wagner I., Breil P., 2013. The role of ecohydrology in creating more resilient cities. *Ecohydrol. Hydrobiol.* 13(2), 113–134.
- Wagner I., Januchta-Szostak A., Waack-Zajac A., 2014. Narzędzia planowania i zarządzania strategicznego wodą w przestrzeni miejskiej. *Zrównoważony Rozwój – Zastosowania 5*, Fundacja Sendzimira, Kraków, 17–30.
- Wagner I., Krauze K., 2014. Jak bezpiecznie zatrzymać wodę opadową w mieście. *Narzędzia techniczne. Zrównoważony Rozwój – Zastosowania 5*, Fundacja Sendzimira, Kraków, 75–94.
- Wagner I., Krauze K., Zalewski M., 2013. Błękitne aspekty zielonej infrastruktury. *Zrównoważony Rozwój – Zastosowania 4*, Fundacja Sendzimira, Kraków, 144–155.
- Zielonko-Jung K., 2015 Znaczenie badań naukowych w projektowaniu architektonicznym i urbanistycznym na przykładzie symulacji przepływu powietrza wokół zabudowy miejskiej. W: J. Pallado (red.), *Nowoczesność w architekturze. System, struktura, sąsiedztwo*. Oficyna Wyd. PŚ, Gliwice, 105–114.

RETENCJA WODY OPADOWEJ NA OSIEDLACH JAKO ELEMENT POPRAWY WARUNKÓW ŻYCIA MIESZKAŃCÓW

Streszczenie. W procesie urbanizacji na obszarach miejskich wzrasta intensywność zabudowy. Problemem jest rosnące uszczelnianie powierzchni w miastach (ulice, chodniki, parkingi), przyspieszające spływ powierzchniowy. W celu rozwiązania problemów związanych z odprowadzaniem wody deszczowej z obszarów miejskich najczęściej stosuje się system kanalizacji burzowej, który wraz z rozwojem zabudowy staje się coraz bardziej przeciążony, a jego prawidłowe funkcjonowanie wymaga nakładów finansowych na modernizację lub rozbudowę. Zakłócenia w obiegu wody na obszarach zurbanizowanych wpływają na stosunki wodne, temperaturę i jakość powietrza, przyczyniając się do zmian klimatu. Coraz częściej mamy do czynienia z miejską wyspą ciepła. Skutkiem postępujących zmian klimatu są powodzie, susze i zwiększona intensywność występowania zjawisk ekstremalnych (ulewne deszcze, burze). W celu poprawy warunków życia mieszkańców miast potrzebne są proekologiczne inwestycje wspierające rozwój usług ekosystemowych. Zatrzymywanie wody deszczowej u źródła opadów atmosferycznych, także na obszarach intensywnie zurbanizowanych, przyczynia się do zmniejszenia negatywnych skutków zmian klimatu, które mają bezpośredni wpływ na warunki życia w miastach. W pracy przeanalizowano występowanie retencji wody opadowej na wybranych osiedlach w Lublinie i zaproponowano nowe rozwiązania, które powinny poprawić jakość życia i zdrowie mieszkańców.

Słowa kluczowe: zatrzymywanie wody, osiedla mieszkaniowe, zdrowie mieszkańców miast

RAINWATER RETENTION IN HOUSING ESTATES AS AN ELEMENT OF IMPROVING THE LIVING CONDITIONS OF RESIDENTS

Summary. In the urbanization process in urban areas, the intensity of development increases. The problem is the increasing sealing of surfaces in cities (streets, pavements, parking lots), accelerating surface runoff. In order to address the problems associated with the discharge of rainwater

from urban areas, the storm sewer system is most often used, which together with the development of buildings is becoming more and more burdensome and in order for it to function properly requires financial outlays for modernization or expansion. Disturbances of the water circulation in urbanized areas affect the water, temperature and air quality, contributing to climate change. Increasingly, we are dealing with the urban heat island. The result of progressing climate changes are floods, droughts and increased intensity of occurrence of extreme phenomena (heavy rains, storms). In order to improve the living conditions of city dwellers, pro-environmental investments supporting the development of ecosystem services. Retention of rainwater at the source of precipitation, and thus also in intensively urbanized areas, contributes to reducing the negative effects of climate change, which have a direct impact on living conditions in cities. The article analyzes the appearance of water retention on the districts of Lublin and proposed new solutions, which should ultimately affect the quality of life and health of the residents.

Key words: water retention, housing developments, urban health

Sylwia Paluch¹, Bożena Nowakowicz-Dębek²

ANALIZA OCHRONY ZDROWIA CZŁOWIEKA W ZWIĄZKU ZE STOSOWANIEM ŚRODKÓW OCHRONY ROŚLIN

Wstęp

Na masową skalę zaczęto stosować środki ochrony roślin już w latach 50. XX w. Wzrost popularności pestycydów wynika ze skuteczności zwalczania szkodliwych organizmów i poprawy kondycji plonów. Rolnicy dążą do uzyskania możliwie najlepszych plonów, zazwyczaj stosując przy tym syntetyczne środki ochronne. Łatwość stosowania i opłacalność zabiegów sprawiają, że we współczesnej ochronie roślin preparaty chemiczne mają podstawowe znaczenie [Grygiel i in. 2012]. Narażenie na kontakt z pestycydami jest rozpowszechnione, ponieważ wraz z pokarmem i skażonym powietrzem zanieczyszczenia mogą dostać się do organizmu człowieka. Długotrwałe stosowanie pestycydów ma negatywny wpływ na organizmy żywe i środowisko. Najbardziej narażoną grupą osób są rolnicy podczas aplikowania pestycydów, kobiety w ciąży, kobiety karmiące piersią oraz małe dzieci. Środki chemiczne używane są do ochrony roślin w czasie uprawy i po zbiorach [Dobosz i Jaskólecki 2007, Anderson i in. 2014]. Najbardziej zanieczyszczone mogą być produkty pochodzenia zwierzęcego, ponieważ zwierzęta mogą nie tylko bezpośrednio otrzymywać dawki pestycydów w okresie chowu, ale także mogą być pojone wodą i karmione paszami zanieczyszczonymi tego typu środkami. Stosowanie pestycydów niezgodnie z zaleceniami FAO i WHO przyczynia się do wymarcia pożytecznych owadów i roślin hodowlanych. Współcześnie w rolnictwie najczęściej stosuje się fungicydy, insektycydy i herbicydy. Środki chemiczne służące do niszczenia chwastów i szkodników pomagają zwiększyć produkcję żywności. Niemniej zanieczyszczenie pestycydami powoduje, że cała roślina jest skażona. Stopień skażenia jest uzależniony od dawki, liczby wykonanych zabiegów oraz rodzaju użytego preparatu. Istotne znaczenia mają także warunki atmosferyczne oraz okres karnacji, czyli czas, który upłynął od zabiegu do zbiorów [Żak 2016]. Wielu badaczy przedstawia negatywny wpływ

¹ Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, e-mail: sylwia.paluch95@gmail.com

² Katedra Higieny Zwierząt i Zagrożeń Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

oddziaływania rolnictwa, a zwłaszcza pestycydów na zdrowie człowieka. Według Światowej Organizacji Zdrowia choroby spowodowane zanieczyszczeniami środowiska są przyczyną ponad 13 mln zgonów. Badania wykazują znaczące powiązanie pomiędzy ekspozycją na środki ochrony roślin i wzrostem ryzyka występowania zarówno zaburzeń rozwojowych, jak i wielu chorób, w tym również niektórych nowotworów, działając na metylację DNA, zmiany martwicze wątroby, choroby Parkinsona, a także schorzenia naczyniowe. Dlatego też bardzo ważna jest ciągła analiza dotycząca stosowania tych środków, procedury, które pozwolą na zmniejszenie negatywnego wpływu na organizmy żywe oraz zwiększenie ludzkiej świadomości w tym zakresie [Anway i Skimer 2006, Makles i Domański 2008]. Polska od 2004 r. została objęta Wspólną Polityką Rolną. Ewolucja WPR ukierunkowana jest na zmniejszenie znaczenia celów produkcyjno-dochodowych na rzecz celów bardziej ogólnych, związanych z zachowaniem różnorodności biologicznej środowiska naturalnego i zrównoważonego rozwoju oraz zachowaniem i ochroną krajobrazu, a także unikatowych walorów przyrodniczych. Obecnie coraz częściej podkreślane jest znaczenie produkcji rolniczej, która pozostaje w zgodzie ze środowiskiem naturalnym. Promowane jest zatem rolnictwo ekologiczne, które ma na celu uprawę roślin bez wykorzystania chemicznych środków ochronnych [Bratkowski 2016].

Podstawowym celem badania było przeprowadzenie autorskiej ankiety w środowisku rolnym, która obejmowała tematykę zasad bezpiecznego stosowania środków ochrony roślin oraz ich wpływu na organizm ludzki. Głównym celem była ocena narażenia rolników na pestycydy zagrażające zdrowiu i życiu. Kolejnym było sprawdzenie świadomości mieszkańców gospodarstw na temat zapobiegania złemu oddziaływaniu środków chemicznych.

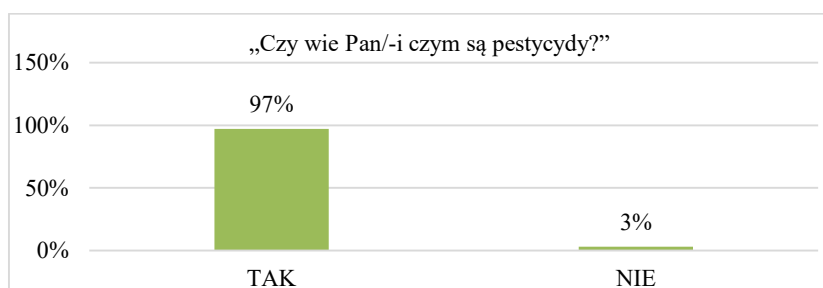
Material i metody badań

Badanie zostało przeprowadzone za pomocą ankiet, które zostały rozesłane internetowo do środowiska rolniczego oraz studentów. Autorska ankieta była anonimowa, składała się z 21 pytań w postaci zagadnień zamkniętych oraz otwartych. Po uzyskaniu wyników porównano je i wybrano 6 najważniejszych pytań do dalszej analizy.

Ankieta zawierała najistotniejsze zagadnienia na temat pracy rolników, stosowania środków ochrony, wpływu pestycydów na organizmy oraz ochrony zdrowia. Uzyskane wyniki świadczą także o zainteresowaniu ankietowanych tematem oraz ich zaangażowaniu. Badanie ankietowe przeprowadzono wśród 76 osób. Większą część ankietowanych stanowili mężczyźni, w przedziale wiekowym 35–50 lat (64%). Największą grupę respondentów stanowili rolnicy, mniejszą zaś studenci oraz pracownicy sektorów gospodarki i leśnictwa. Zdecydowana większość ankietowanych zamieszkuje województwo lubelskie (87%).

Wyniki

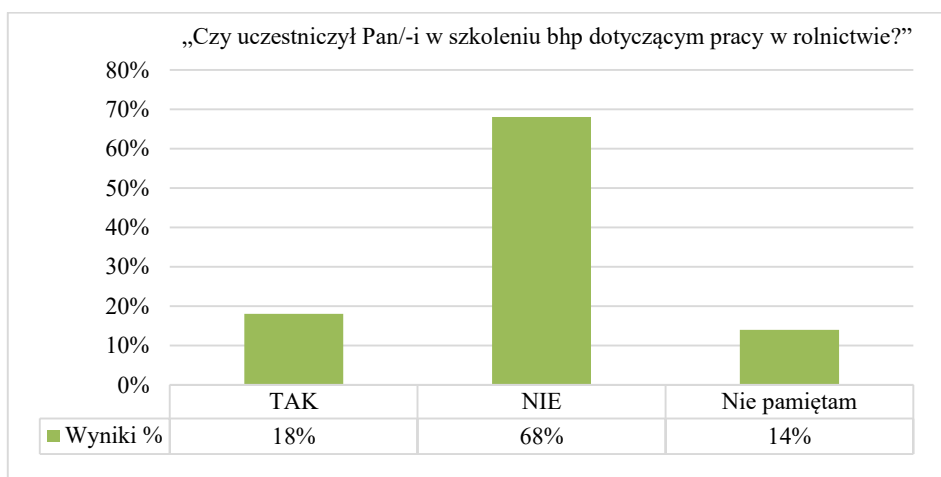
Wyniki pozwoliły na dokonanie analizy w zakresie oddziaływania środków ochrony roślin na ludzki organizm. Podczas analizy ankiety skupiono się na najważniejszych aspektach dotyczących ochrony człowieka w zakresie prac z wykorzystaniem środków ochrony roślin. Pierwsze pytanie zawarte w ankiecie dotyczyło wiedzy respondentów na temat pestycydów (ryc. 1).



Ryc. 1. Wiedza na temat pestycydów

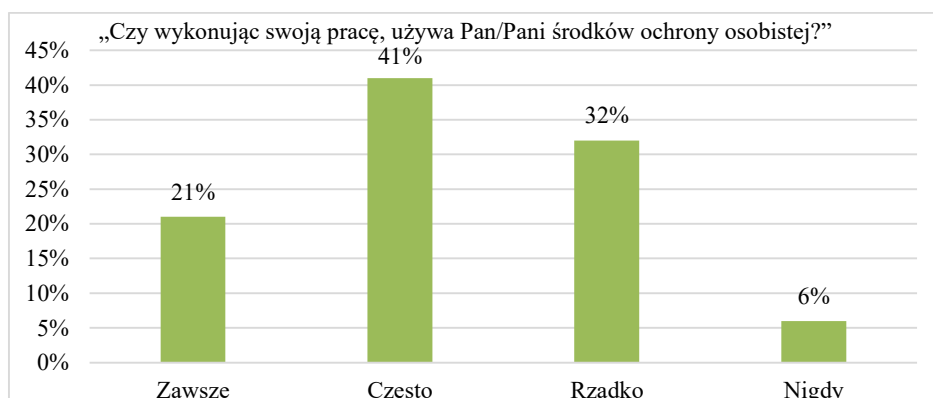
Prawie wszyscy respondenci mają świadomość w zakresie stosowania środków ochrony roślin. Jest to ważna informacja, ponieważ świadomość osób pracujących w rolnictwie na temat zagrożeń tam występujących jest bardzo ważną częścią bezpiecznej pracy. Mały procent osób nie posiada takiej wiedzy. Środki ochrony roślin są preparatami składającymi się z substancji czynnych, synergetyków lub zawierającymi składniki w postaci dostarczonej użytkownikowi.

Kolejne pytanie dotyczyło szkolenia bhp w zakresie prac wykonywanych w rolnictwie (ryc. 2).



Ryc. 2. Szkolenia bhp

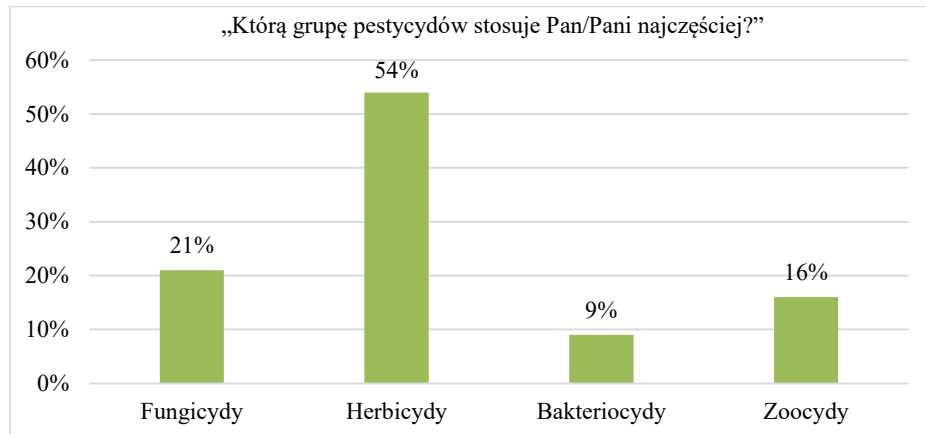
Większość respondentów (68%) nie uczestniczyła w szkoleniu bhp dotyczącym pracy w rolnictwie, 18% badanych osób przeszło takie szkolenie, zaś 14% badanych nie pamięta, czy było szkolone. Szkolenia w zakresie bezpieczeństwa i higieny pracy w rolnictwie są nieodłącznym elementem przy wykonywaniu czynności obejmujących zakres prac rolnika. Należy uświadomić społeczeństwo rolnicze, że przepisy bhp, dobra praktyka rolnicza oraz szkolenia poszerzają wiedzę oraz przyczyniają się do zmniejszenia wypadków w rolnictwie, tym samym zwiększając bezpieczeństwo pracowników.



Ryc. 3. Stosowanie ochron osobistych

Według wyników 41% osób często stosuje ochrony osobiste podczas wykonywania prac z użyciem środków ochrony roślin, 21% stosuje je zawsze, 32% rzadko, a 6% nigdy. Stosowanymi środkami ochrony indywidualnej są maseczki, płaszcz ochronny, odzież ochronna oraz obuwie ochronne. Praca w sektorze gospodarki rolnej należy do grupy, w której ryzyko zawodowe jest na wysokim poziomie. Pracownicy powinni zatem pamiętać o skuteczności stosowania środków zapobiegawczych, ponieważ zmniejszają ryzyko narażenia na szkodliwe i niebezpieczne czynniki występujące w środowisku pracy rolników.

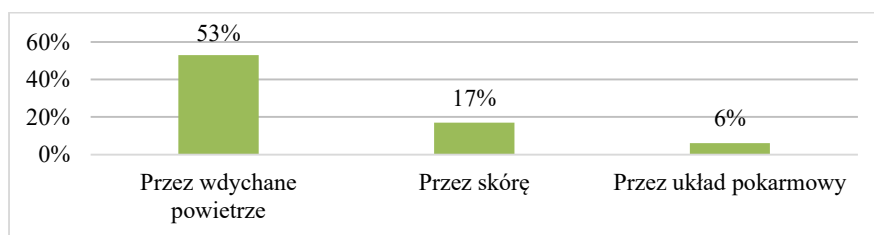
Następne pytanie odnosiło się do zatrucia podczas stosowania środków ochrony roślin. 72% badanych osób nie zatruciło się chemicznymi środkami, natomiast 28% osób tego doświadczyło. Część osób aplikujących środki ochrony roślin ulega lekkim zatruciom, których niewielkie objawy są bagatelizowane. Wpływ pestycydów na organizm ludzki stanowi poważne zagrożenie, gdyż może przyczynić się do pogorszenia stanu zdrowia. Kontakt z pestycydami powoduje rozwój chorób oraz wszelkich zaburzeń, związanych z funkcjonowaniem organizmu. Szkodliwość pestycydów dotyczy prawie każdego człowieka, jednak najbardziej na działanie pestycydów są narażeni aplikujący opryski rolnicy, kobiety w ciąży oraz małe dzieci. Aby uniknąć negatywnego wpływu środków ochrony roślin, należy szkolić pracowników oraz zastępować niebezpieczne, chemiczne oraz toksyczne substancje środkami bardziej ekologicznymi (ryc. 4).



Ryc. 4. Grupy najczęściej stosowanych pestycydów

Wśród wymienionych grup najliczniejszą stanowią herbicydy – 54%. Mniejszy procent stanowią fungicydy – 21% oraz zoocydy – 16%, zaś najmniejszy procent stanowią bakteriocydy – 9%. Herbicydy są rodzajem pestycydów, które są wykorzystywane do zwalczania różnego rodzaju chwastów, a ich działanie polega na przenikaniu do wnętrza niepożądanych roślin. Występują w postaci proszku, granulatu, płynu oraz koncentratu. Fungicydy są środkami chemicznymi, które są stosowane w zwalczaniu grzybów. Pełnią one funkcję ochronną przed chorobami grzybowymi, są wykorzystywane w uprawach rolniczych i sadownictwie. Zoocydy są środkami służącymi do zwalczania szkodników. Do zoocydów zalicza się insektycydy, moluskocydy, rodentocydy, nematocydy, aficydy, larwicydy, owicydy i akarycydy. Bakteriocydy są wykorzystywane do zwalczania bakterii.

Kolejne równie ważne pytanie odnosiło się do dróg, którymi pestycydy przedostają się do organizmu ludzkiego. Takimi drogami są: układ oddechowy, skóra i układ pokarmowy.

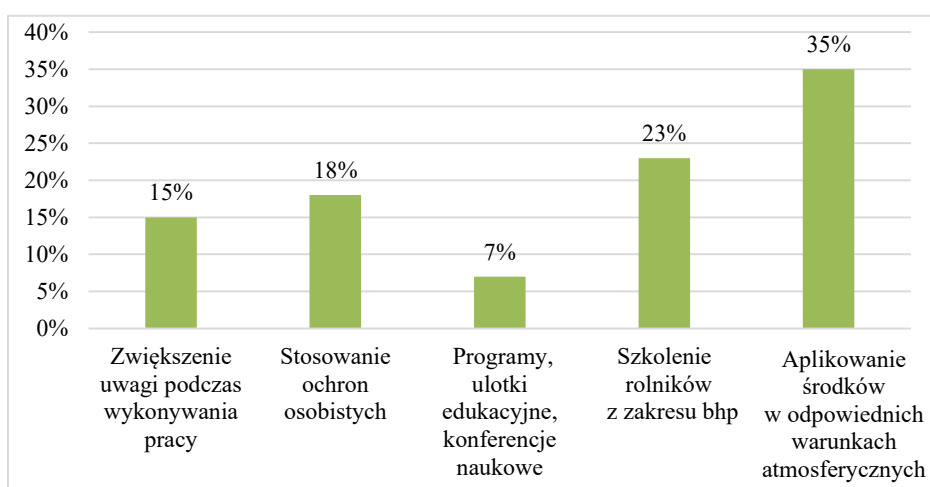


Ryc. 5. Drogi przedostawania się pestycydów do organizmu człowieka

Główną drogą przedostawania się środków ochrony roślin do organizmu ludzkiego jest układ oddechowy. Podczas ich aplikowania preparaty wraz z wdychanym powietrzem przedostają się do jamy nosowej, a ostatecznie do płuc. Brak wyposażenia w środki ochrony indywidualnej zwiększają narażenie człowieka na

wniknięcie substancji do organizmu. Wchłanianie przez skórę odbywa się w chwili kontaktu preparatu chemicznego z ciałem człowieka. Przedostanie się pestycydu do układu pokarmowego odbywa się najczęściej przez omyłkowe połknięcie substancji, które prowadzi do zatrucia. Do zatrucia może dochodzić także, gdy pracownik podczas aplikowania preparatów chemicznych spożywa posiłki lub pali papierosy. O szybkości wchłaniania substancji do układu człowieka decyduje rodzaj substancji oraz stężenie. Najłatwiej można ulec zatruciu związkami o bardzo dużych prężnościach par i małych współczynnikach podziału.

Ostatnie pytanie zawarte w ankiecie dotyczyło zmniejszenia narażenia człowieka środkami ochrony roślin (ryc. 6).



Ryc. 6. Sposoby zmniejszenia narażenia człowieka na środki ochrony roślin

Chroniąc zdrowie człowieka i zmniejszając ryzyko narażenia na niebezpieczne substancje chemiczne zawarte w środkach ochrony roślin, należy aplikować pestycydy w odpowiednich warunkach atmosferycznych, szkolić pracowników z zakresu bhp. Przystępując do aplikowania preparatów człowiek powinien zaplanować czynności, które będzie wykonywał, uwzględniając przy tym konieczność i warunki atmosferyczne. Rolnicy powinni wykonywać zabiegi z użyciem pestycydów w środkach ochrony osobistej oraz zwiększać uwagę podczas wykonywania czynności. Organizując konferencje naukowe oraz wprowadzając programy edukacyjne w szkołach dla młodszych pokoleń, można przyczynić się do zwiększenia świadomości na temat zagrożeń pestycydami. Bardzo ważny jest zatem sposób przekazywania wiedzy, ponieważ to ona jest jednym z kluczowych narzędzi bezpiecznej pracy.

Narażenie zawodowe, środowiskowe i toksyczność glifosatu

Glifosat (N-(fosfonometylo)-glicyna) jest organicznym związkiem, należącym do grupy fosfonianów. Swą popularność związek zyskał wraz z rozwojem

technik inżynierii genetycznej i wprowadzeniem roślin genetycznie zmodyfikowanych (GMO). W Polsce jest on najczęściej stosowanym środkiem ochrony roślin, używanym do niszczenia chwastów. Glifosat występuje pod postacią kwasu, soli izopropylowej, potasowej, sodowej, amonowej i soli trimetylosiarczanu [Kwiatkowska i in. 2013]. Głównym mechanizmem działania glifosatu jest hamowanie aktywności syntazy 5-enolopirogroniano-szikimo-3-fosforanu – EPSP), który jest kluczowym enzymem szlaku szikimowego zachodzącego w bakteriach, grzybach i roślinach. Enzym ten nie występuje u zwierząt i dlatego też uważany jest za nietoksyczny dla nich. W celu zwiększenia skuteczności działania glifosatu stosuje się różne modyfikacje jego cząsteczki. Postać soli izopropylowej glifosatu jest najbardziej popularna w preparatach pestycydowych. Zaczęto podejrzewać, że substancja jest toksyczna dla organizmu ludzkiego oraz środowiska. Najbardziej narażoną grupą zawodową na toksyczne działanie herbicydów zawierających glifosat są rolnicy. W zależności od rodzaju wykonywanej pracy i formy preparatu związki herbicydowe mogą przenikać do organizmu przez skórę, układ oddechowy i pokarmowy. Obecność glifosatu stwierdzono także w domach farmerów i wydalonym moczu u osób mieszkających w pobliżu upraw rolnych, w których wykorzystuje się ten herbicyd [Pieniążek i in. 2003]. Glifosat jest składnikiem popularnego środka chwastobójczego Roundup. Według najnowszych publikacji glifosat wykrywany jest w niskich stężeniach we krwi ludzi. Badania wskazują też na związek między stosowaniem glifosatu a zachorowalnością ludzi na nowotwory. Wśród preparatów zawierających glifosat należy także wymienić Avans Premium 360 SL i Dominator 360 SL. Obecnie toczona jest walka o wycofanie z rynku preparatu Roundup oraz wszystkich produktów zawierających czynną substancję aktywną glifosat. Komisja Europejska opracowała plan wycofania glifosatu z rynku do 2022 r. Grupa aktywistów dostarczyła do Komisji petycję wzywającą do zakazania glifosatu, która została podpisana przez milion Europejczyków. Kilka krajów Unii Europejskiej zabroniło jego stosowania poza rolnictwem. Z kolei w USA prawie dwieście osób pozwało do sądu w Kalifornii firmę Monsanto, czyli wynalazcę i jednego z producentów tego herbicydu, obarczając ją winą za wzrost zachorowalności na raka, wywołanej glifosatem [Rzeszutek i in. 2014, Sylwestrzak i in. 2016].

Tabela 1. Trwałość pestycydów w środowisku naturalnym

Pestycyd	Czas rozpadu	% rozpadu
DDT	4–30 lat	95%
Aldryna	1–6 lat	95%
Heptachlor	3–5 lat	95%
Metasystoks S	240 dni	50%
Systoks	2–6 lat	50%
Paration	8 lat	50%
Szradan	100 lat	50%

W tabeli 1 ukazany został czas i procent rozpadu. Najdłuższy czas rozpadu dla pestycydów z 50% rozpadem widoczny jest dla szradanu, czyli ośmiometyloczteroamidu kwasu pirofosforowego (oktametylopirofosforotetramidu). Paration rozpada się w ciągu 8 lat, zaś dla systoksu czas 50% rozpadu wynosi od 2 do 6 lat. Najkrótszym czasem 50% rozpadu charakteryzuje się merasystoks S. Długi okres degradacji (95% rozpadu) charakterystyczny jest także dla środka owadobójczego DDT, czyli dichlorodifenylotrichloroetanu. Krótszym czasem 95% rozpadu charakteryzuje się heptachlor oraz aldryna. Długość okresu degradacji środków chemicznych jest zmienna i zależy od budowy chemicznej herbicydu, obecności mikroorganizmów glebowych, zawartości materii organicznej, dawki i czasu zastosowania preparatu oraz od warunków glebowych i klimatycznych. Najczęściej rozpad pestycydów zachodzi pod wpływem czynników chemicznych, biochemicznych oraz fitochemicznych. Większa część substancji przenika do gleby, w której ulega akumulacji, bioakumulacji w organizmach żywych, rozpadowi, przemianom do innych związków, a także przenoszeniu w glebie, powietrzu i wodzie [Makles i Domański 2008, Reffstrup i in. 2010].

Zasady przeprowadzania zabiegów ochrony roślin

Zabiegi z użyciem środków ochrony roślin należy wykonywać przy bezwietrznej pogodzie, ponieważ zmniejsza to ryzyko znoszenia środka na obszary nieobjęte zabiegiem. Ważne jest także, aby wykonywać zabiegi przy pogodzie bezdeszczowej, ponieważ zmniejsza to prawdopodobieństwo zmywania z roślin substancji czynnych oraz minimalizuje ryzyko skażenia gleby i wód gruntowych.

Tabela 2. Warunki klimatyczne podczas stosowania środków ochrony roślin

Czynniki	Wartość graniczna	Wartość optymalna
Temperatura podczas zabiegu	1–25°C	12–20°C
Temperatura 1 dzień po zabiegu	max. 25°C	20°C
Wilgotność	50–95%	75–95%
Opady	poniżej 0,1 mm podczas zabiegu poniżej 2,0 mm w okresie 3–6 godzin po zabiegu	brak opadów
Prędkość wiatru	0–4 m/s	0,5–1,5 m/s

Umiarkowana temperatura oraz niewielkie nasłonecznienie, poprzez mniejsze parowanie, obniża ryzyko zatrucia szkodliwymi środkami. Podczas wykonywania zabiegów ochrony roślin należy wybrać kierunek poruszania się opryskiwacza i ustawienia rozpylaczy opryskiwacza w taki sposób, aby ograniczyć opadanie cieczy na pracownika. Jeżeli wiatr jest zbyt silny, należy przerwać opryskiwanie.

W trakcie wykonywania zabiegów ochrony roślin nie wolno palić papierosów, ponieważ zaciąganie się może powodować wprowadzenie do ust większej ilości szkodliwego preparatu. Ponadto palenie papierosów uniemożliwia stosowanie ochron osobistych. Spożywanie posiłków jest niedozwolone przy pracy, w której stosuje się środki chemiczne. Jedzenie w trakcie opryskiwania może spowodować zatrucie drogą pokarmową [Gajtkowski 2000].

Wnioski

Środki ochrony roślin są substancjami chemicznymi, które stwarzają zagrożenie dla środowiska oraz ludzi ze względu na dużą aktywność biologiczną oraz szeroki zakres stosowania. Czynniki szkodliwe mogą być przemieszczane na sąsiadujące tereny przez wiatr oraz wraz z wodą [Grotowska i in. 2018]. Zawodowe narażenie na pestycydy dotyczy w głównej mierze osób zatrudnionych w rolnictwie, zarówno zajmujących się bezpośrednio aplikacją środków ochrony roślin, jak i pracujących w środowisku, w którym dokonuje się tej aplikacji. Chemiczne środki ochrony roślin stały się szybkim, wygodnym i bardzo powszechnym elementem ochrony roślin przed patogenami [Morrison i Murray 2006, Thundiyil i in. 2008]. Przestrzeganie zaleceń i przepisów opracowanych przez grupę ekspertów organizacji FAO i WHO oraz Komisję Kodeksu Żywnościowego FAO i WHO pozwala na znaczne ograniczenie poziomu pestycydów w żywności. Negatywne oddziaływanie środków chemicznych można zmniejszyć poprzez stosowanie ochron osobistych, wykonywanie prac w odpowiednich warunkach atmosferycznych oraz odbycie szkoleń z zakresu bhp, dotyczących czynności wykonywanych w rolnictwie [Kierzek i in. 2014, Żak 2016].

Piśmiennictwo

- Anderson H., Tago D., Treich N., 2014. Pesticides and health: a review of evidence on health effects, valuation of risk, and benefit-cost analysis. *Advances in Health Economics and Health Services Research* 24, 203–295.
- Anway M.D., Skinner M.K., 2006. Epigenetic transgenerational Actions of Endocrine Disruptors. *Endocrinology (Suppl.)* 147(6), 43–49.
- Bratkowski K., 2016. Czy pestycydy są problemem w środowisku naturalnym? *Tutoring Gedanensis*. 1 (1), 7–10.
- Dobosz B., Jaskólecki H., 2007. Pozostałości pestycydów w żywności pochodzenia roślinnego. *Probl. Ecol.* 11(4), 187–190.
- Gajtkowski A., 2000. *Technika ochrony roślin*. Wyd. AR, Poznań.
- Grotowska M., Janda K., Jakubczyk K., 2018. Wpływ pestycydów na zdrowie człowieka. *Pomeronian J. Life Sci.* 64 (2), 42–50.
- Grygiel K., Sadowski J., Snopczyński T., Wysocki A., 2012. Pozostałości herbicydów w płodach rolnych i glebie. *J. Ecol. Health.* 16(4), 159–163.
- Kwiatkowska M., Jarosiewicz P., Bukowska B., 2013. Glifosat i jego preparaty – toksyczność, narażenie zawodowe i środowiskowe. *Med. Pracy* 64 (5), 717–729.
- Makles Z., Domański W., 2008. Ślady pestycydów – niebezpieczne dla człowieka i środowiska. *Bezpieczeństwo pracy*. Centralny Instytut Ochrony Pracy, 1, 5–9.

- Morrison R., Murray R., 2006. Pesticides. Environmental forensic. Elsevier, USA.
- Pieniążek D., Bukowska B., Duda W., 2003. Glifosat – nietoksyczny pestycyd?, *Med. Pracy* 54(6), 579–583.
- Kierzek i in., 2014. Kodeks dobrej praktyki ochrony roślin. IOR, Poznań.
- Reffstrup, T.K., Larsen, J.C., Meyer, O., 2010. Risk assessment of mixtures of pesticides. Current approaches and future strategies. *Regul. Toxicol. Pharmacol.* 56, 74–192.
- Rzeszutek J., Popek S., Matysiak M., Czajka M., Sawicki K., Kruszewski M., Kapka-Skrzypczak L., 2014. Zmiany epigenetyczne spowodowane ekspozycją na pestycydy. *Probl. Hig. Epidemiol.* 95(3), 561–567.
- Sylwestrzak Z., Zgrundo A., Pniewski F., Lejk K., Latała A., 2016. Wpływ glifosatu w postaci preparatu Roundup na zbiorowiska mikrofitobentosu Zatoki Gdańskiej – nowe doniesienia, 1, 163–167.
- Thundiyil J.G., Stober J., Besbelli N., Pronczuk J., 2008. Acute pesticide poisoning: a proposed classification tool. *Bull. World Health Organ.* 86(3), 205–209.
- Żak A., 2016. Środki ochrony roślin a zmiany w środowisku naturalnym i ich wpływ na zdrowie człowieka. *Zagad. Ekon. Rol.* 1(346), 155–166.

ANALIZA OCHRONY ZDROWIA CZŁOWIEKA W ZWIĄZKU ZE STOSOWANIEM ŚRODKÓW OCHRONY ROŚLIN

Streszczenie. Na masową skalę zaczęto stosować środki ochrony roślin już w latach 50. XX w. Wzrost popularności pestycydów wynika ze skuteczności zwalczania szkodliwych organizmów i poprawy kondycji plonów. W rolnictwie dąży się do uzyskania możliwie najlepszych plonów, zazwyczaj stosując syntetyczne środki ochronne. Łatwość ich stosowania i opłacalność tych zabiegów sprawiają, że we współczesnej ochronie roślin preparaty chemiczne mają podstawowe znaczenie. Długotrwałe stosowanie pestycydów ma negatywny wpływ na organizmy żywe i środowisko. Narażenie na kontakt z pestycydami jest powszechne, ponieważ wraz z pokarmem i skażonym powietrzem zanieczyszczenia mogą dostać się do organizmu człowieka. Najbardziej narażoną grupą osób są rolnicy podczas aplikowania pestycydów, także kobiety w ciąży, kobiety karmiące piersią oraz małe dzieci. Dlatego bardzo ważna jest ciągła analiza dotycząca stosowania tych środków, procedury, które pozwolą na zmniejszenie negatywnego wpływu na organizmy żywe, oraz zwiększenie świadomości w tym zakresie.

Słowa kluczowe: pestycydy, rolnictwo, zagrożenia, zatrucia

ANALYSIS OF HUMAN HEALTH PROTECTION IN CONNECTION WITH THE USE OF PLANT PROTECTION PRODUCTS

Summary. Plant protection products were already used on a mass scale in the years 50 of the 20th century. The increase in the popularity of pesticides results from the effectiveness of combating harmful organisms and improving the condition of crops. Agriculture aims to obtain the best possible yields, usually using synthetic protection measures. The ease of use and cost-effectiveness of treatments make the chemical preparations of basic importance in modern plant protection. Exposure to pesticides is widespread because contaminants can enter the human body along with food and contaminated air. Long-term use of pesticides has a negative impact on living organisms and the environment. The most vulnerable group of people are farmers, when applying pesticides, pregnant women, breastfeeding women and young children. Therefore, it is very important to constantly analyze the use of these agents, procedures that will help reduce the negative impact on the living organism and increase human awareness in this thematic area.

Key words: agriculture, pesticides, poisoning, threats

Małgorzata Zakrzewska¹, Halina Podsiadło²

FARBY ROZPUSZCZALNIKOWE DO DRUKU FLEKSOGRAFICZNEGO A BEZPIECZEŃSTWO OPAKOWAŃ NA ŻYWNOSĆ

Wstęp

Pomiędzy zapakowanym produktem a jego opakowaniem dochodzi do różnych interakcji. Zależne są one od konstrukcji opakowania, metod oraz surowców użytych do jego wytworzenia i właściwości samego produktu. Rozróżnia się zasadniczo dwa rodzaje opakowań:

- bezpośrednie, których niezadrukowana strona podłoża ma bezpośredni kontakt z zapakowanym produktem,
- pośrednie, kiedy to opakowania niebędące w takim kontakcie, oddzielone jest pewnym rodzajem bariery funkcjonalnej.

W ostatnich czasach zauważa się wzrost ilości opakowań bezpośrednich, ze względu na możliwość redukcji kosztów ich wytwarzania. Rozróżnia się kilka rodzajów wzajemnego oddziaływania pomiędzy zadrukowanym opakowaniem a produktem. Są to: migracja, niewidzialne odbijanie, przenikanie substancji do wnętrza zamkniętego opakowania.

Migracja to zjawisko następujące poprzez transport określonej substancji do produktu spożywczego i z samego produktu przez opakowanie na zewnątrz. Koncentrację migracji podaje się w mg/dm² opakowania lub też w mg/kg zapakowanego produktu. Pod względem fizycznym zjawisko migracji polega na rozdzieleniu i dyfuzji substancji mogących podlegać przenoszeniu w obszar graniczny pomiędzy opakowaniem a produktem.

Do zjawiska, jakim jest odbijanie niewidzialne, może dochodzić po zadrukowaniu arkuszy w stosie lub w nawiniętej roli. Druki z wyraźnie widocznym odbijaniem są łatwo zauważalne i traktowane jako odpad produkcyjny. Zagroženiem dla produktu jest natomiast to odbijanie, które nie jest widoczne. Może ono powodować niebezpieczeństwo przechodzenia substancji niskocząsteczkowych na tę stronę opakowania, która będzie miała później bezpośredni kontakt z produktem.

¹ Hubergroup Polska, Nowa Wieś Wrocławska, e-mail: malgorzata.zakrzewska@hubergroup.pl

² Zakład Technologii Poligraficznych, Instytut Mechaniki i Poligrafii, Politechnika Warszawska, e-mail: h.podsiadlo5@onet.pl

Z kolei przenikanie substancji do wnętrza opakowania odbywa się poprzez przenoszenie lotnych substancji wewnątrz zamkniętego opakowania, co powoduje zmiany zapachu i smaku zapakowanego produktu [hubergroup Polska Sp. z o.o., Bezpieczne Opakowanie, Interakcje, 2018].

Bezpieczne opakowanie żywności

Bezpieczne opakowanie powinno zapewnić pełną ochronę zapakowanej żywności przed takimi czynnikami zewnętrznymi, jak wilgoć, temperatura, promieniowanie. Musi być ono szczelne i odporne na uszkodzenia pod wpływem czynników mechanicznych. To zaledwie pierwsze zadanie i funkcja bezpiecznego opakowania żywności. Drugie, niezwykle ważne, ale i często trudniejsze do spełnienia to zapewnienie, iż opakowanie nie będzie źródłem „zanieczyszczenia” żywności poprzez oddziaływanie materiału opakowaniowego na nią. Chodzi tu o migrację szkodliwych pierwiastków czy związków chemicznych z opakowań do żywności. Dotyczy to w szczególności opakowań z papieru czy tektury, a także z metalowych. W wypadku opakowań z papieru i tektury pochodzących z recyklingu istnieje niebezpieczeństwo migracji metali ciężkich i ich związków, których źródłem jest farba drukowa. Opakowania z metali wbrew pozorom też nie są pozbawione wad. Charakteryzują się bowiem podatnością na korozję i możliwością przenikania do żywności jonów metali ciężkich, takich jak np. miedź, cyna, ołów i cynk, które przyczyniają się do rozkładu witamin oraz zmian cech sensorycznych żywności. Należy przy tym podkreślić, że przy nadmiernym stężeniu pierwiastków działanie barier biologicznych jest zmniejszone, co wiąże się z ryzykiem negatywnego ich oddziaływania na środowisko, a przede wszystkim na zdrowie człowieka. Metale mogą wywołać natychmiastowe ostre zatrucia lub stany przewlekłe.

W ostatnich latach w przemyśle opakowań coraz częściej stosowane są opakowania z tworzyw sztucznych. Wynika to z wielu ich zalet, takich jak: lekkość, wytrzymałość mechaniczna, łatwość formowania i odporność na działania związków chemicznych. Nie przepuszczają one pary wodnej i chronią przed przenikaniem drobnoustrojów. Niestety, zawierają także szkodliwe związki chemiczne, np. Bisfenol A (BPA), ksenoestrogeny, chlor, które mogą przenikać/migrować do żywności [Wasiak 2017].

Dlatego też zostały postawione wymagania i wprowadzone regulacje prawne dotyczące opakowywania produktów. W celu uniknięcia obecności substancji szkodliwych w krajach Unii Europejskiej postawione zostały wymagania na tzw. liście pozytywnej substancji dozwolonych do produkcji opakowań z tworzyw sztucznych. Należy jednak podkreślić, że człowiek sam sobie szkodzi, nieodpowiednio przetwarzając tworzywa sztuczne. Największym błędem jest spalanie opakowań i odpadów z tworzyw sztucznych.

Problemy i wyzwania

Żywność, niezależnie od stopnia przetworzenia, sposobu utrwalenia oraz pochodzenia jest przechowywana przez krótszy lub dłuższy czas. Głównym celem jest przedłużenie okresu jej przydatności do spożycia przy zachowaniu dobrej jakości. Bezpieczeństwo żywności w opakowaniach z tworzyw sztucznych jest obecnie bardzo ważne. Unia Europejska od wielu lat zajmuje się systematyką badań zarówno znanych dotychczas, jak i nowych opakowań pod względem migracji substancji znajdujących się wewnątrz i na zewnątrz opakowań oraz dopuszczalnych ich limitów. Zatem Polska, jako pełnoprawny członek UE, jest zobowiązana do uczestniczenia w tych procedurach.

Zastosowanie nowych materiałów na opakowania do żywności zwiększyło ilość występujących zagrożeń w związku z migracją materiału opakowaniowego do pakowanej żywności. Niezależnie od czynników zewnętrznych, na opakowania działa również sam produkt wraz z całym kompleksem środków konserwujących i stabilizujących go. Przy niewłaściwym ich doborze powoduje to uszkodzenie produktu lub nawet zniszczenie samego opakowania. Zapakowany produkt może bowiem wchodzić w interakcję z materiałem opakowaniowym, tworząc nowe związki chemiczne, które mogą być niekorzystne z punktu widzenia zmian jakości produktu. Często bywa tak, że opakowanie jest tak istotnym elementem produktu, iż samo wymaga ochrony. Powstaje więc swoisty łańcuch oddziaływania pomiędzy produktem, opakowaniem, metodami ich transportu i składowania.

Opakowanie nie może działać autonomicznie i musi być dostosowane do konkretnego produktu. Należy też pamiętać, iż parametry opakowania muszą być dostosowane do wymagań całego systemu, czyli funkcji ochronnych, logistycznych, marketingowych, informacyjno-promocyjnych.

Wszystkie te elementy oddziałują wzajemnie na siebie. Osiągnięta jakość opakowania jest wynikiem kompromisu pomiędzy wymogami jakościowymi stawianymi opakowaniu i warunkami ekonomicznymi [Kałwa i in. 2018].

Jak już wspomniano, opakowania na żywność mogą opóźniać pogorszenie jakości produktu, zachować korzystne efekty przetwarzania, wydłużyć okres przydatności do spożycia oraz zwiększyć lub utrzymać jakość i bezpieczeństwo żywności. Zapewniają one w ten sposób ochronę przed trzema głównymi rodzajami wpływów zewnętrznych: chemicznymi, biologicznymi i fizycznymi.

Ochrona chemiczna minimalizuje zmiany wywołane wpływami środowiskowymi takim jak ekspozycja na gazy, wilgoć lub światło dzienne. Wiele różnych materiałów opakowaniowych może stosować barierę chemiczną. Szkło i metale stanowią niemal absolutną barierę dla środków chemicznych i innych czynników środowiskowych. Niemniej stosunkowo niewiele opakowań wykorzystywanych do żywności jest wywarzanych ze szkła i metalu. Opakowania

z tworzyw sztucznych oferują szeroki zakres właściwości barierowych, ale generalnie są bardziej przepuszczalne niż szkło czy metal.

Ochrona biologiczna stanowi barierę dla drobnoustrojów, owadów, gryzoni i innych zwierząt, tym samym zapobiegając chorobom oraz psuciu. Ponadto bariery biologiczne utrzymują warunki pozwalające kontrolować dojrzewanie żywności.

Ochrona fizyczna chroni natomiast żywność przed uszkodzeniem mechanicznym i obejmuje amortyzację przed wstrząsem i drganiami występującymi podczas dystrybucji. Opakowania z tektury i innych falistych materiałów są odporne na uderzenia, otarcia i zgniecenia. Z tych względów są szeroko stosowane jako opakowania transportowe oraz jako opakowania dla delikatnych produktów spożywczych, takich jak jajka czy świeże owoce.

Poza tym opakowanie chroni również konsumenta przed różnymi zagrożeniami, jak np. zamknięcia zabezpieczone przed niepożądanym otwarciem przez dzieci [Kałwa i in. 2018]. Opakowanie to jest trudne do otwarcia (lub z trudnym dostępem do jego zawartości) przez małe dzieci, lecz niesprawiające trudności osobom dorosłym, przeznaczone do właściwego stosowania.

Na rynku polskim można się spotkać z różnymi zabezpieczeniami, wśród których wymienić można metalowe zamknięcia typu ROPP i zamknięcia z tworzywa sztucznego, w których pierścień zrywany jest podczas otwierania, zaś zamknięcia z tworzywa, w których element odrywany musi być usunięty przed otwarciem opakowania, termokurczliwe uszczelki czy opaski pokrywające zamknięcie i wiele innych.

Wymagania dotyczące farb drukarskich przeznaczonych do opakowań żywności

W wypadku opakowań żywności muszą być zawsze spełnione następujące zasady:

- substancje toksyczne muszą znajdować się w ilości nie większej niż dozwolona w limitach (Tolerable Daily Intake) TDI/ (Specific Migration Limit) SML;
- całkowita migracja związków nie może przekroczyć 60 ppm, co oznacza 60 mg/kg;
- całkowita, maksymalna ilość dozwolonych migrujących związków toksycznych nie może przekroczyć 10 ppb;
- żadne związki zaklasyfikowane w kategorii 3 jako: „muta- i kancerogenne” oraz „wpływające negatywnie na rozrodczość” nie mogą być użyte do wytwarzania opakowań żywności.

W celu zapobiegnięcia migracji należy zastosować odpowiednie bezpieczne surowce do produkcji farb drukarskich, dodatków do roztworu zwilżającego, lakierów dyspersyjnych, właściwych podłoży, odpowiednich środków pomocniczych.

Do produkcji opakowań do żywności generalnie zabronione jest:

- stosowanie związków powodujących zmianę koloru żywności i jej zapachu,
- stosowanie substancji niebezpiecznych tzw. CMR (carcinogenic, mutagenic and reproductively) jako rakotwórcze, mutagenne lub toksyczne ze względu na zaburzenia rozrodczości,
- migrowanie związków, nawet tych bezpiecznych, przekraczające zdefiniowane limity [hubergroup Polska Sp. z o.o. Przepisy prawne, 2018].

W celu ochrony konsumenta przed zagrożeniami ich zdrowia powstały rozporządzenia i regulacje prawne, obowiązujące zarówno w Polsce, jak i w krajach Unii Europejskiej. Zgodnie z Rozporządzeniem WE nr 1935/2004³ wymagane jest, aby materiały i wyroby, które jako już gotowy produkt opakowaniowy są przeznaczone do kontaktu ze środkami spożywczymi lub stykają się z nimi, nie przenosiły żadnych składników do zapakowanych środków spożywczych w ilościach, które mogłyby zagrażać ludzkiemu życiu lub spowodować nieakceptowalną zmianę w składzie lub pogorszenie ich właściwości organoleptycznych. Oznacza to, że nie tylko producent opakowania, ale także firma pakująca produkty spożywcze ponoszą prawną odpowiedzialność za jego zgodność z przeznaczeniem. Rozporządzenie to dotyczy wyrobów w stanie gotowym do użytkowania, co oznacza, że odnosi się także do zadrukowanych opakowań na żywność [hubergroup Polska Sp. z o.o. Statement of Composition, 2017].

Zgodnie z art. 3 tego rozporządzenia materiały i wyroby muszą być wytwarzane według zasad Dobrej Praktyki Produkcyjnej (Good Manufacturing Practice, GMP). W normalnych lub możliwych do przewidzenia warunkach użytkowania, nie może dochodzić do migracji substancji wchodzących w ich skład w ilościach, które mogłyby stanowić zagrożenie dla zdrowia człowieka, powodować niemożliwe do przyjęcia zmiany w składzie żywności, przyczyniać się do pogorszenia jej cech organoleptycznych.

Zgodnie z założeniem tego rozporządzenia jest wykluczenie powstania zagrożenia dla zdrowia ludzkiego i/lub zmiany w składzie żywności lub jej właściwości. W artykule 16 cytowanego rozporządzenia określono także wymagania dotyczące:

- składania deklaracji zgodności wyrobów z wymaganiami przepisów, jakie mają do nich zastosowanie,
- znakowania wyrobów,
- identyfikowalności pozwalającej na możliwość śledzenia drogi materiału i wyrobu na wszystkich etapach procesu produkcji, przetwarzania i dystrybucji.

Artykuł 17 reguluje natomiast konieczność możliwości wstecznego śledzenia pochodzenia materiałów na wszystkich etapach produkcji.

³ Rozporządzenie (WE) Nr 1935/2004 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 27 października 2004 r. w sprawie materiałów i wyrobów przeznaczonych do kontaktu z żywnością

Według rozporządzenia odpowiedzialność za zgodność z przepisami ponoszą zarówno producenci opakowań środków spożywczych, jak i ich dystrybutorzy [hubergroup Polska Sp. z o.o. Przepisy prawne, 2018].

W wypadku farb drukowych najważniejsza jest tzw. Rezolucja Farbowa ResAP (2005)2, która informuje m.in. o tym, że:

- farby drukowe i lakiery mogą zawierać tylko te substancje, które znajdują się na liście substancji dopuszczonych,
- migracja nie powinna przekraczać obowiązującego limitu migracji specyficznej (SML),
- substancje toksykologiczne nieokreślone nie powinny migrować do żywności, a dopuszczalny ich limit został określony na poziomie poniżej 0,01 mg/kg,
- farby przeznaczone do produkcji opakowań na artykuły spożywcze powinny być wytwarzane zgodnie z Dobrą Praktyką Produkcyjną, GMP,
- materiały i artykuły nie mogą mieć bezpośredniego kontaktu z żywnością,
- wyeliminowana musi być migracja w stosie lub w roli [hubergroup Polska Sp. z o.o. Przepisy prawne, 2018].

Dobór składników wykorzystywanych do produkcji farb przeznaczonych do opakowań na artykuły spożywcze powinien być zgodny ze ściśle określonymi zaleceniami. Pigmenty wykorzystywane do produkcji farb do opakowań spożywczych muszą być zgodne ze specyfikacją Rady Europy zawartą w Rezolucji AP (89). Tym samym surowce nie powinny zawierać substancji, które zaklasyfikowane są jako rakotwórcze, mutagenne lub wpływające na rozrodczość, są uznane jako toksyczne i bardzo toksyczne, zawierają pigmenty, w których znajdują się: antymon(IV), arsen, kadm, chrom(VI), ołów, rtęć i selen, znajdują się w Dyrektywie 76/769/EEC [hubergroup Polska Sp. z o.o. Przepisy prawne, 2018].

Dzięki rosnącej świadomości producentów żywności oraz odpowiednim przepisom możemy jako konsumenci mieć poczucie bezpieczeństwa naszego zdrowia. Ponadto producenci żywności w walce o konsumentów wreszcie dostrzegają problem opakowań. Medialne akcje bardzo często również przyczyniają się do szerokich dyskusji, zwiększają świadomość i wymuszają wprowadzanie zmian.

Podsumowanie

Ponad 90% wszystkich produkowanych w Europie środków spożywczych i używek sprzedawanych jest w zadrukowanych opakowaniach. Wiadomo, że opakowania spełniają najróżniejsze funkcje: są nośnikiem informacji i reklamy, przede wszystkim jednak mają za zadanie ochronę zapakowanego produktu. Ochrona ta dotyczy zwłaszcza zachowania odpowiedniego wyglądu, walorów smakowych i zapachowych zapakowanych środków spożywczych.

Właściwe opakowanie powinno zatem zapobiegać przedostawaniu się do jego środka, a tym samym i do zapakowanego produktu jakichkolwiek niepożądanych substancji [hubergroup Polska Sp. z o.o. Bezpieczne Opakowanie, Najnowsze rozwiązania..., 2018].

Coraz istotniejsza rola opakowań produktów spożywczych wiąże się z trendami nowych smaków i składników. Dzięki zastosowaniu najnowszych technologii w procesie przetwórstwa, producenci żywności winni zagwarantować, iż produkty nie będą zawierały ciał obcych, a ich trwałość zostanie przedłużona dzięki najnowszym technologiom opakowaniowym, bez konieczności ingerencji w żywność [Zapalska 2018].

Samo projektowanie opakowań oraz ich budowa odgrywają istotną rolę w określaniu czasu przechowywania produktu spożywczego. Właściwy dobór materiałów i technologii opakowania utrzymuje jakość produktu i świeżość podczas dystrybucji oraz przechowywania. Materiały tradycyjne używane do opakowań żywności to szkło, metal, papier i tektura oraz tworzywa sztuczne. Współczesne opakowania często łączą kilka materiałów, aby wykorzystać właściwości funkcjonalne lub/i estetyczne każdego z nich. Badania nad ulepszeniem opakowań do żywności są ciągle prowadzone. Postępy w tym obszarze muszą także uwzględniać ich oddziaływanie na środowisko naturalne [Kałwa i in. 2018].

Zakładając, iż farby fleksograficzne są wykorzystywane zgodnie z instrukcjami podanymi w informacji technicznej oraz poddawane są właściwym procesom, oraz że opakowanie żywności zostało zaprojektowane w taki sposób, aby nie dochodziło do bezpośredniego kontaktu żywności z nadrukiem, także pozwolą na uzyskanie zgodności produktu końcowego w wytycznymi Rozporządzenia (WE) 1935/2004. Dobór składników wykorzystywanych do produkcji farb drukarskich przeznaczonych do zadrukowania opakowań na artykuły spożywcze powinien być również zgodny z obowiązującymi zasadami Rady Europy, które są zawarte w Rezolucji AP (89). Surowce nie powinny zawierać niebezpiecznych substancji zgodnie z obowiązującymi deklaracjami [hubergroup Polska Sp. z o.o. Przepisy prawne, 2018]

Piśmiennictwo

- hubergroup Polska Sp. z o.o. Bezpieczne Opakowanie, Interakcje, <http://www.mhp.com.pl/index.php/bezpieczne-opakowanie/interakcje/> [10.11.2018].
- hubergroup Polska Sp. z o.o. Przepisy prawne, Aktualne przepisy prawne i zalecenia dotyczące druku opakowań, <http://www.mhp.com.pl/index.php/bezpieczne-opakowanie/przepisy-prawne/> [13.11.2018].
- hubergroup Polska Sp. z o.o. Bezpieczne Opakowanie, Najnowsze rozwiązania w druku opakowań, <http://www.mhp.com.pl/index.php/bezpieczne-opakowanie/> [10.11.2018].
- hubergroup Polska Sp. z o.o. Statement of Composition of the solvent-based printing ink and lacquer series Gecko used in the manufacture of flexible food packaging made of paper or plastic film, sierpień 2017.

- Kałwa K., Wyrostek J., Ślepecka K., 2018. Badanie migracji globalnej wybranych opakowań sztucznych przeznaczonych do kontaktu z żywnością. *Opakowanie* 9, 80–86.
- Zapalska B., 2018. Wykorzystanie zasobów naturalnych tematem targów Anuga FoodTec 2018. *Opakowanie* 3, 6–9.

FARBY ROZPUSZCZALNIKOWE DO DRUKU FLEKSOGRAFICZNEGO A BEZPIECZEŃSTWO OPAKOWAŃ NA ŻYWNOSĆ

Streszczenie. Bezpieczne opakowanie powinno zapewnić pełną ochronę zapakowanej żywności przed czynnikami zewnętrznymi. W przemyśle opakowań szeroko stosowane są – ostatnio bardzo rozpowszechnione – opakowania z tworzyw sztucznych, dzięki wielu zaletom. W celu ochrony konsumenta przed zagrożeniem zdrowia opracowano rozporządzenia oraz regulacje prawne, obowiązujące zarówno w kraju, jak i w krajach Unii Europejskiej, np. Rozporządzenie (WE) nr 1935/2004. Zakłada się, iż farby fleksograficzne są wykorzystywane zgodnie z instrukcjami podanymi w informacji technicznej, poddawane właściwym procesom, oraz że opakowanie żywności zostało zaprojektowane w taki sposób, aby nie dochodziło do bezpośredniego kontaktu żywności z nadrukiem. Dobór składników wykorzystywanych do produkcji farb drukarskich przeznaczonych do zadrukowania opakowań na artykuły spożywcze powinien być również zgodny z obowiązującymi zasadami Rady Europy, które są zawarte w Rezolucji AP (89). Surowce nie powinny zawierać niebezpiecznych substancji zgodnie z obowiązującymi deklaracjami.

Słowa kluczowe: bezpieczne opakowanie, farba drukarska, wyrób gotowy, konsument

SOLVENT BASED INKS USED IN THE MANUFACTURE OF FLEXIBLE FOOD PACKAGING MADE OF PAPER OR PLASTIC FILM

Summary. The food packaging should have full protection of packaged food from external factors. In the packaging industry, plastic packaging is widely used. Regulation (EC) No 1935/2004 requires that materials and articles which, in their finished state, are intended to be brought into contact with foodstuffs or which are brought into contact with foodstuffs, must not transfer any components to the packed foodstuff in quantities which could endanger human health, or bring about an unacceptable change in the composition or deterioration in organoleptic properties. Provided that flexographic solvent based inks products are used in accordance with the information given in the technical data sheet and are correctly processed, and provided that the food packaging is designed in a way that there is no intended direct food contact with the print, products will in principle allow compliance of the final product with Regulation (EC) No 1935/2004. Resolution AP (89) on the use of colorants in plastic materials coming into contact with food. Printing inks, coatings and varnishes may only contain constituents that are contained in an inventory list.

Key words: food packaging, printing ink, ready packaging, consumer

Barbara Sawicka¹, Piotr Pszczółkowski², Ali Hulail Noaema³,
Barbara Krochmal-Marczak⁴, Anna Kiełtyka-Dadasiewicz⁵

EFEKTYWNE MIKROORGANIZMY W ROLNICTWIE I PRZETWÓRSTWIE SPOŻYWCZYM

Wstęp

Ciągłe i nadmierne stosowanie chemicznych nawozów i pestycydów powoduje zagrożenia ekologiczne i zdrowotne, a także pogarsza stan fizykochemiczny gleby, powodując spadek plonów [Pietkiewicz i in. 2004, Al-Taweil i in. 2009]. W takich okolicznościach źródła organiczne odgrywają ważną rolę w poprawie żyzności gleby i produktywności upraw. Mikroorganizmy metabolizują materię organiczną, gromadząc substancje próchnicze, które prowadzą do mineralizacji związków organicznych, dzięki czemu wprowadzają w powtórny obieg pierwiastki niezbędne w produkcji roślinnej [Higa i Parr 1994, Higa 2003, 2005, Kaczmarek i in. 2007, 2008a, Zarzecka i in. 2013, Kołodziejczyk 2014a, Sawicka i in. 2006, 2007, 2016, Pszczółkowski i in. 2017]. Najistotniejszą rolę w tym procesie odgrywają bakterie wiążące azot atmosferyczny, przekształcając nieprzyswajalne formy azotu w postać dostępną dla roślin. Mikroorganizmy przyczyniają się znacząco do poprawy struktury gleby. Wytworzone przez nie substancje śluzowe oblepiają humus oraz cząstki mineralne, tworząc strukturę gruzelkową [Van Vliet i in. 2006]. Drobnoustroje wytwarzają również pożyteczny dla roślin materiał bioaktywny, taki jak hormony i stymulatory wzrostu, które wywołują podział komórek. W grupie biopreparatów najbardziej znane i stosowane w praktyce rolniczej są szczepionki zawierające bakterie (rizobia), które wiążą azot atmosferyczny w symbiozie z korzeniami roślin bobowatych [Van Vliet i in. 2006, Martyniuk 2010]. Technologia wytwarzania tych szczepionek obejmuje gromadzenie kolekcji różnych szczepów drobnoustrojów, kontrolowanie ich czystości i jakości (efektywności symbiotycznej), wieloetapowe rozmnażanie mikroorganizmów i kontrolowanie czystości uzyskiwanej biomasy,

¹ Pracownia Towaroznawstwa Produktów Roślinnych, Katedra Technologii Produkcji Roślinnej i Towaroznawstwa, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, e-mail: barbara.sawicka@up.lublin.pl

² Stacja Doświadczalna Oceny Odmian, Uhnin

³ Department of Field Crops College of Agriculture, Al-Muthanna University, Iraq

⁴ Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa im. Stanisława Pigionia w Krośnie

⁵ Pracownia Towaroznawstwa Produktów Roślinnych, Katedra Technologii Produkcji Roślinnej i Towaroznawstwa, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

przygotowywanie jałowego nośnika (drobno zmielony torf lub węgiel brunatny), mieszanie biomasy bakterii z nośnikiem i konfekcjonowanie szczepionki [Tompson 1991, Van Vliet i in. 2006, Okorski i Majchrzak 2008, Martyniuk 2010]. Szczepionki rizobiowe, a także inne preparaty mikrobiologiczne dopuszczane są do obrotu po spełnieniu wymogów stosownej procedury rejestracyjnej. Z tego względu szczepionki zawierające bakterie symbiotyczne roślin bobowatych są biopreparatami o sprawdzonej efektywności i dobrej jakości po względem mikrobiologicznym [Tompson 1991, Martyniuk 2010].

Olbrzymią rolę w ochronie roślin przypisuje się mikrobiologicznym antybiotkom, a alternatywną metodą zwalczania szkodników jest wykorzystanie substancji owadobójczych produkowanych przez mikroorganizmy biologiczne [Bogliłowa 2005, Janas 2009, Ji i in. 2014]. Połączenie i wykorzystanie wielu dodatnich funkcji mikroorganizmów stało się możliwe dzięki wprowadzeniu kultur mieszanych, zawierających w składzie różnego rodzaju drobnoustroje zarówno tlenowe, jak i beztlenowe. Dlatego, biorąc pod uwagę zrównoważony rozwój rolnictwa, dokonano przeglądu literatury na temat biofertylizatorów i efektywnych mikroorganizmów oraz ich roli w rolnictwie, ochronie środowiska i przetwórstwie żywności. Stąd też celem pracy jest ocena możliwości ich stosowania, podkreślenie korzyści z ich aplikacji, ale także zwrócenie uwagi na niedoskonałości efektywnych mikroorganizmów.

Efektywne mikroorganizmy

Badania nad mieszaniną drobnoustrojów przyczyniły się do stworzenia biopreparatu znanego jako efektywne mikroorganizmy (EM), zaliczane do pożytecznych – regeneratywnych, odpowiedzialnych za procesy przywracania, odtwierdzania, odnowy i odbudowy [Higa i Parr 1994, Valarini i in. 2002, Higa 2003, Kaczmarek i in. 2007, Huk 2009, Dziamba i Dziamba 2010, Martyniuk i Książak 2010, Kołodziejczyk 2014a,b, Ji i in. 2014]. EM jest mieszaniną szczepów mikroorganizmów, które mogą współistnieć i wywierają korzystne działanie m.in. na właściwości gleby i rozwój roślin. Odkrycie to zostało dokonane przez japońskiego biologa, profesora Teruo Higa z Uniwersytetu w Ryukyus na Okinawie, który nazwał tę mieszaninę efektywnymi mikroorganizmami. Preparat mikrobiologiczny EM zawiera m.in. drożdże (np. *Saccharomyces albus*, *Candida utilis*), promieniowce (np. *Streptomyces albus*, *S. griseus*), bakterie mlekowe (np. *Lactobacillus casei*, *Streptococcus lactis*), bakterie fotosyntetyzujące (np. *Rhodospseudomonas palustris*, *Rhodobacter spae*) oraz grzyby pleśniowe (*Aspergillus oryzae*, *Mucor hiemalis*) [Higa i Parr 1994, Valarini i in. 2002]. Zdaniem Higa [2003, 2005], efektywne mikroorganizmy są tak dobrane, że każde z nich spełnia wyspecjalizowaną rolę, wzajemnie się uzupełniając. Są naturalną żywą substancją, niemodyfikowaną genetycznie. Bakterie fotosyntetyzujące, korzystając z atmosferycznego CO₂, temperatury i światła słoneczne-

go wytwarzają na drodze niepełnej fotosyntezy masę organiczną [Kucharski i Jastrzębska 2005, Ji i in. 2014]. Bakterie kwasu mlekowego z kolei posiadają silne właściwości sterylizujące, gdyż wytwarzają m.in. reuterynę hamującą rozwój drobnoustrojów w środowisku grzybów z rodzaju *Fusarium*, bakterii *Escherichia coli*, *Salmonella* oraz enterokoków. Drożdże natomiast syntetyzują antybiotyczne i pożyteczne substancje, produkują hormony i enzymy aktywujące podział komórek. Wydzieliny drożdży są przydatnymi substancjami dla aktywnych mikroorganizmów, takich jak: bakterie kwasu mlekowego i promieniowce [Kaczmarek i in. 2008a, Ji i in. 2014]. Grzyby wywołują szybszy rozpad materii organicznej, w wyniku czego powstaje alkohol, estry tłumiące przykre zapachy oraz ograniczające rozwój owadów. Promieniowce, jako organizmy pośrednie między bakteriami i grzybami, wytwarzają substancje o działaniu antybiotycznym z materii organicznej, korzystając z aminokwasów wydzielonych przez bakterie fotosyntetyczne [Kaczmarek i in. 2008b, Gacka 2009b, Ji i in. 2014]. W Polsce zainteresowanie naturalnymi środkami ochrony roślin bardzo wzrasta, choć jeszcze do niedawna wykorzystywanie mikroorganizmów na szeroką skalę w uprawie roślin spotykało się z ignorancją, ale od 2002 r. stosuje się te preparaty z coraz większym powodzeniem [Huk 2009, Kaźmierczak-Koćwin 2009, Janas 2009, Paśmionka i Kotarba 2015, Wrońska i in. 2015, Sawicka i in. 2016, Pszczółkowski i in. 2017, Pszczółkowski i Sawicka 2018a,b]. Obecnie udział biopreparatów na rynku europejskim jest na poziomie około 4,5%. Wzrastające zapotrzebowanie na biopreparaty związane jest głównie z rozwojem proekologicznych metod uprawy roślin, a zwłaszcza rolnictwa ekologicznego [Martyniuk 2011, Kosicka i in. 2015, Pasionka i in. 2015, Sawicka i in. 2016, Pszczółkowski i Sawicka 2018a]. W skład preparatów EM wchodzi grupa organizmów o różnicowanych funkcjach, między którymi zachodzi ciągła wymiana pożywienia, sprzyjająca ich symbiozie. Dodatkowo preparat zawiera pożywkę opartą na bazie cukru (melasa trzcinowa), która zapewnia niską wartość pH. Wszystkie drobnoustroje wykorzystane w mieszance występują naturalnie w przyrodzie; część gatunków wyodrębniono ze zdrowej gleby, natomiast część została pozyskana ze żwaczy krów. Nie ma wśród nich organizmów genetycznie modyfikowanych, a ich namnażanie i hodowlę przeprowadza się w odpowiednio kontrolowanych warunkach. Najbardziej znanym produktem w tej grupie są tzw. efektywne mikroorganizmy (EM) i różne jego modyfikacje (EM1, EM5, Ema) [Higa 2003, Dziamba i Dziamba 2010, Wielgosz i in. 2010, Małuszyńska 2012, Paśmionka i Kotarba 2015]. Procedura rejestracyjna wobec tych biopreparatów jest w UE jeszcze bardzo łagodna – nie stawia wymogów przeprowadzenia badań potwierdzających ich skuteczność rolniczą. Wykorzystują to producenci i dystrybutorzy różnych biopreparatów, wprowadzając na rynek szereg produktów, których efektywność i jakość, z mikrobiologicznego punktu widzenia, są często wątpliwe. Zdaniem Martyniuka i Księżaka [2011], biopreparaty te pod względem mikrobiologicznym nie spełniają większości wymogów stawianych synte-

tycznym produktom wykorzystywanym w ochronie i uprawie roślin. Na przykład nieznany jest skład gatunkowy drobnoustrojów wchodzących w skład preparatów EM. Najczęściej podaje się tylko, że składają się one z 80 gatunków mikroorganizmów beztlenowych i tlenowych reprezentowanych przez bakterie fermentacji mlekowej, bakterie fototroficzne, promieniowce, drożdże i inne grzyby, ale brak jest informacji na temat liczebności wymienionych grup drobnoustrojów [Higa 2003, Wielgosz i in. 2010]. Nieznane są też oryginalne prace naukowe, w których podane jest pochodzenie mikroorganizmów wchodzących w skład tych szczepionek, metod ich identyfikacji i namnażania. Preparaty EM produkowane są głównie w formie płynnych zawiesin, o kwaśnym odczynie ($\text{pH} < 4,0$) i rozprzeczane w szczelnie zamkniętych pojemnikach plastikowych o różnej objętości. Są to warunki niesprzyjające dłuższemu ich przechowywaniu [Martyniuk 2010, Martyniuk i Książek 2011, Paśmionka i Kotarba 2015].

Korzyści dla gleby ze stosowania EM

Współczesne rolnictwo odeszło od tradycyjnego systemu gospodarowania poprzez intensyfikację produkcji roślinnej, powodującej jednostronne wyczerpanie gleby ze składników pokarmowych, wzrost populacji szkodników i zwiększenie presji infekcyjnej chorób [Al-Taweil i in. 2009]. Z kolei uproszczenia w uprawie roli i używanie ciężkich maszyn rolniczych, doprowadziło do zagęszczenia gleby. Intensywna aplikacja nawozów mineralnych, sztucznych regulatorów wzrostu, pestycydów, z drugiej zaś strony zmniejszone stosowanie nawozów naturalnych, ogranicza fizykochemiczne i mikrobiologiczne właściwości gleby [Lancaster i in. 2006, Xu 2000, Fatunbi i Ncube 2009] i przyczynia się do istotnego zmniejszenia zawartości substancji organicznej w glebie.

Urodzajność gleby, oprócz zawartości materii organicznej, będącej głównym wskaźnikiem jakości gleby, zależy od różnych form życia, począwszy od bakterii, grzybów, owadów, dżdżownic, nicieni, po ssaki [Kucharski i Jastrzębska 2005, Priyadi i in. 2005, Kaczmarek i in. 2008a, Fatunbi i Ncube 2009, Kosicka i in. 2015, Pietkiewicz i in. 2004, Szewczuk i in. 2016, Pszczółkowski i Sawicka 2018a]. Preparaty mikrobiologiczne są obecnie dość szeroko stosowane w praktyce rolniczej.

Koncepcja efektywnych mikroorganizmów (EM) dotarła do Polski ponad 15 lat temu. Założeniem tej koncepcji jest wprowadzenie do gleby mieszanki wyselekcjonowanych kultur pożytecznych, naturalnie występujących w przyrodzie mikroorganizmów, w postaci preparatów zwanych „ulepszaczami”, których głównym zadaniem jest zwiększenie biologicznej różnorodności gleby oraz poprawa jej właściwości fizykochemicznych i jakości mikrobiologicznej. W ramach kształtowania żyzności gleby stosuje się je po rozcieńczeniu z wodą w formie opryskiwania na glebę, ściernisko, słomę, poplony roślinne, które następnie przykrywa się cienką warstwą gleby [Trawczyński i Bogdanowicz 2007,

Zarzecka i Gugała 2013, Kocoń i Gałązka 2015]. Użyźniacz glebowy U-Gmax jest jednym z preparatów mikrobiologicznych, w skład którego wchodzi drożdże, bakterie kwasu mlekowego, bakterie fotosyntetyczne, *Azotobacter*, *Pseudomonas* i promieniowce oraz potas ($3500 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$), azot ($1200 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$), siarka ($1000 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$), fosfor ($500 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$), sód ($200 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$), magnez ($100 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$), cynk ($20 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$), mangan ($0,3 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$) [Trawczyński i Bogdanowicz 2007]. Użycie tego preparatu, zdaniem Emitazi i in. [2004], Al-Taweil i in. [2009], Zarzyckiej i Gugały [2013], Kołodziejczyka [2014b, 2016] wzbogaca warstwę orną gleby w pożyteczne mikroorganizmy, przyspiesza rozkład i mineralizację nawozów naturalnych i organicznych oraz zwiększa dostępność składników mineralnych z gleby, zwłaszcza fosforu, co bezpośrednio oddziałuje na wzrost i plonowanie roślin [Frąckowiak-Pawlak 2011].

Od kilkadziesiątu już lat wprowadzane są do uprawy tzw. efektywne mikroorganizmy (EM), co do których jest nadzieja, że mogą spełnić wymagania integrowanej ochrony roślin i mogą być alternatywą dla syntetycznych nawozów, jak i konwencjonalnych środków ochrony roślin [Xu 2000, Higa 2003, Galarreta i in. 2006, Kalitkiewicz i Kępińska 2008, Sobolewski i in. 2013, Kosicka i in. 2015, Sawicka i in. 2016, Pszczółkowski i Sawicka 2017, 2018a, b]. Efektywne mikroorganizmy, które stanowią mieszaninę naturalnie występujących mikroorganizmów, są w związku z tym wykorzystywane do poprawy jakości gleby, zwiększenia odporności roślin uprawnych na patogeny i zwiększenia ich plonowania, zwłaszcza w organicznym systemie produkcji [Xu 2000, Pietkiewicz i in. 2004, Sawicka i in. 2016, Pszczółkowski i in. 2017]. Zwolennicy stosowania tych preparatów udowadniają ich korzystny wpływ, tak na właściwości fizykochemiczne, jak i mikrobiologiczne gleby [Janas 2009, Kołodziejczyk 2014a, 2016]. Janas [2009] podkreśla, że działanie szczepionki EM na drobnoustroje glebowe jest zróżnicowane, gdyż indukuje ona rozwój ogólnej liczby bakterii, grzybów, promieniowców i mikroorganizmów kopiotroficznych znajdujących się w glebie. Preparat EM hamuje równocześnie rozwój drobnoustrojów oligotroficznych oraz wpływa korzystnie na aktywność dehydrogenaz glebowych [Karczmarek i in. 2008a]. Martyniuk [2010], Martyniuk i Księżak [2011] wskazują natomiast na małą wiarygodność szczepionki EM. Sugerują, iż w wypadku preparatów mikrobiologicznych, zalecanych i rejestrowanych na potrzeby rolnictwa ekologicznego, procedura rejestracyjna jest łagodniejsza i nie stawia wymogów co do potwierdzenia efektywności tych produktów.

Z badań Mayera i in. [2008], przeprowadzonych w warunkach szwajcarskich, gdzie na ziemniak, jęczmień ozimy, lucernę, pszenicę ozimą stosowano dwie technologie: jedną „zerową” – bez EM, a w drugiej użyto rozcieńczonej zawiesiny EM do opryskiwania gleby i roślin, wynika, że po inaktywacji mikroorganizmów nie stwierdzono istotnego wpływu preparatów EM na plony badanych roślin, ani na właściwości mikrobiologiczne gleby. Van Vliet i in. [2006] wykazali nieskuteczność preparatu EM w działaniu zarówno na gnojowicę, jak

i na plonowanie traw, na które stosowano ten preparat. Autorzy ci oceniali również jakość produktu EM pod kątem mikrobiologicznym oraz analizowali DNA wyekstrahowanego z tego preparatu i stwierdzili niskie liczebności bakterii, a także to, że po aktywacji preparatu liczebność bakterii wzrosła. Udowodnili oni ponadto, że różne serie zarówno nieaktywowanych, jak i aktywowanych produktów EM charakteryzują się dużą zmiennością pod względem zawartości w nich bakteryjnego DNA, co dowodzi małej stabilności tych preparatów. Fatunbi i Ncube [2009], prowadząc badania inkubacyjne EM łącznie z kompostowanymi lub świeżymi materiałami organicznymi, w porównaniu z samym stosowaniem EM na dynamikę składników odżywczych w glebie, dowiedli, iż zmiana $\text{CO}_2\text{-C}$ była znacznie wyższa w skoszonej świeżej trawie i oborniku, w porównaniu z handlowym kompostem. Łączne zastosowanie EM z materiałami organicznymi doprowadziło do wyższej o 24% utraty C po 56 dniach inkubacji, w porównaniu z samym stosowaniem EM. Aplikacja EM dodatkowo zwiększyła szybkość dekompozycji. Mineralizacja netto N była o 51% i 99% wyższa niż w integrowanej aplikacji EM z nawozem naturalnym i ściętą trawą, w porównaniu z ich oddzielnym stosowaniem. Mineralizacja netto N została zmniejszona o 30%, gdy EM stosowano z kompostem, w porównaniu z samym kompostem. Stewart i Daly [1999] oraz Van Vliet i in. [2006] tłumaczą ten efekt mineralizacją węgla. Xu [2000] twierdzi natomiast, iż EM stosowane wobec nawozów organicznych wspomagają wzrost i aktywność korzeni roślin, a także zwiększają ich wydajność i zdolność fotosyntetyczną, co powoduje zwiększenie plonu roślin. Wynika to w znacznym stopniu z wyższej dostępności składników odżywczych ułatwiających aplikację EM w czasie.

Z kolei Fatunbi i Ncube [2009] dowiedli, iż integrowane wykorzystanie EM z materiałami organicznymi, stymuluje mineralizację składników odżywczych, ale jego aplikacja ze świeżym materiałem organicznym jest bardziej korzystna, niż w przypadku świeżego kompostu. Samo zastosowanie EM do gleby powoduje, w ich opinii, unieruchomienie N i niewielką mineralizację materii organicznej gleby. Można to przypisać niskiej jakości C, jako składnika kompostu, który jest typowy dla bardziej dojrzałego produktu. Kompostowane odpady organiczne mają niską zawartość rozpuszczalnego C, który może nie być w stanie skutecznie wspierać proliferacji społeczności dekompozytorów [Daly i Stewart 1999, Valarini i in. 2002, Kumar i Goh, 2003, Abdul i in. 2006, Fatunbi i Ncube 2009]. Można zatem konkludować, że na dogłębowe użycie EM ma istotny wpływ rozkład i mineralizacja materiałów organicznych wniesionych do gleby.

W dotychczasowych badaniach wielkość efektów uzyskanych na skutek stosowania EM była niewielka, biorąc pod uwagę całkowitą pulę organiczną, ale istotny, bo 27% efekt, uważa się za proporcjonalny do zastosowanych materiałów organicznych [Kumar i Goh, 2003, Fatunbi i Ncube 2009, Szewczuk i in. 2016]. Jakość zastosowanego C w materiale organicznym odgrywa również ważną rolę w skuteczności EM, jako czynnika zmienności gleby. Podczas gdy

świeże materiały organiczne mogą dostarczyć większej ilości łatwo hydrolizowanego C, podatnego na szybką mineralizację, zaś kompostowane materiały zawierają więcej stabilnego C, który ulega degradacji powoli, chociaż labilna zawartość N mineralnego w późniejszym okresie może być wyższa [Fatunbi i Ncube 2009, Szewczuk i in. 2016].

Kompozycja pożytecznych mikroorganizmów w EM-Farming™ w glebie przekształca niedostępne formy składników odżywczych w formy łatwo przyswajalne. Wiążą one azot atmosferyczny i wprowadzają w obieg kompleks pierwiastków niezbędnych do prawidłowego rozwoju roślin. Ziarati i in. [2019] twierdzi, że preparaty zawierające efektywne mikroorganizmy „odtruwają” glebę z pozostałości po środkach ochrony roślin, jednocześnie neutralizując metale ciężkie, dzięki czemu nie przedostają się one do roślin. Na skutek tego gleba odzyskuje zdolność samooczyszczania z substancji szkodliwych, poprawia się jej struktura, co z kolei powoduje, że roślina ma możliwość silnej rozbudowy systemu korzeniowego i czerpania składników pokarmowych z głębszych warstw gleby. W badaniach Wrońskiej i in. [2015] zawartość biomasy żywych mikroorganizmów w glebie wzbogaconej preparatem biologicznym wynosiła 1647,5 mg C · 100 g⁻¹, natomiast w glebie kontrolnej była ponad 2-krotnie mniejsza. Do odmiennych wniosków doszli Schweinsberg-Mickan i Müller [2009], którzy nie zaobserwowali zwiększenia wartości tego parametru po zastosowaniu biostymulatora.

Według Szembowskiego [2009] zastosowanie biopreparatu EM-Farming™ powoduje wzrost próchnicy w glebie. Trudno rozkładane i nieprzyswajalne części organiczne w glebie zostają zhumifikowane przez mikroorganizmy zawarte w tym preparacie. Dzięki temu nastąpiło zwiększenie odczynu pH gleby, bez wapnowania. Zdaniem Kołodziejczyka [2014a] i Ziarati i in. [2019], poprawa struktury gleby zmniejsza opory jednostkowe pracy narzędzi w trakcie uprawy, co pozwala zaoszczędzić na paliwie oraz obniżyć koszty naprawy sprzętu uprawowego. Szembowski [2009] twierdzi, iż w uproszczonej uprawie bezorkowej, nie występują choroby z rodzaju *Fusarium* na ściernisku pszenным lub *Sclerotium* w przypadku ścierniska po rzepaku. Zastosowanie EM-Farming™ w uprawie pszenicy wywołało zwiększoną odporność na grzyby z rodzaju *Fusarium*, poprzez aktywizowanie rozwoju grzybów przyjaznych pszenicy, a antagonistycznych wobec *Fusarium*. Autor ten dowodzi, iż bezorkowa uprawa podłoża wspierana przez substancje zawierające efektywne mikroorganizmy ogranicza emisję CO₂, który jest kumulowany w glebie. Biopreparat EM-Farming™ ogranicza też skutki degradacji i zmęczenia gleb. Zdaniem Kołodziejczyka [2014b] oraz Zarzeckiej i Gugały [2013], mikroorganizmy zawarte w preparacie U-Gmax stwarzają roślinom optymalne warunki rozwoju, poprzez przemianę materii organicznej oraz gromadzenie substancji próchnicznych i nadają glebie strukturę gruzelkową, a także zwiększają jej pojemność wodną. Roślina może rozbudować swój system korzeniowy i czerpać pokarm z głębszych warstw. Huk [2009] twierdzi, że po

zastosowaniu EM-Farming™ korzenie roślin wytwarzają większą ilość włósników, co prowadzi do intensywniejszego pobierania substancji odżywczych.

Pożyteczne drobnoustroje prowadzą do utrzymania oraz odtworzenia przez warstwę orną gleby żyzności, poprzez poprawę pierwotnego mechanizmu immunologicznego z wykorzystaniem dostępnej biomasy. Zastosowanie efektywnych mikroorganizmów dogłębowo poprawia drenaż, a tym samym umożliwia szybkie odprowadzenie wody opadowej na glebach ciężkich, natomiast na glebach lekkich zabezpiecza je przed szybkim przesuszaniem [Kaczmarek i in. 2007, 2008a, 2008b].

Substancje zawierające żywe kultury efektywnych mikroorganizmów stosowane w różnych dawkach oddziałują na właściwości fizyczne i wodne gleby. Zdaniem Kaczmarka i in. [2007] preparaty EM prowadzą do zwiększenia ilości wody dostępnej dla roślin. Skutkuje to bardziej efektywnym wykorzystaniem opadów, a przez to prowadzi do przyspieszenia wschodów oraz umożliwia roślinom przetrwanie okresów suszy.

Zastosowanie EM do gleby tylko na krótki czas nie może być jednak skuteczne. Jednakże efekt konsekwentnego stosowania EM w połączeniu ze świeżą masą organiczną przez kilka sezonów może być zrównoważonym sposobem na odtworzenie organicznych składników odżywczych. Konieczne są jednak dalsze badania w celu oceny skuteczności EM na różnych typach gleb i w różnych warunkach klimatycznych. Powinny to być badania długoterminowe (3–6 lat), które są konieczne do potwierdzenia potencjału EM, jako wiarygodnego sposobu uprawy w systemie ekologicznym w środkowo-wschodniej Europie [Kaczmarek i in. 2008a, Pszczółkowski i Sawicka 2017, 2018a].

Rola EM w ochronie środowiska naturalnego

Biopreparaty EM mają szerokie zastosowanie w ochronie środowiska naturalnego, poprawiając przyswajalność trudno dostępnych w środowisku makro- i mikroelementów oraz eliminując z niego skażenia pestycydami, przez ich rozkład i dejonizację jonów metali ciężkich [Pasionka i in. 2015, Ziarati i in. 2019]. Za pomocą biopreparatów można też przetwarzać gnojowicę i obornik w cenny, wolny od biogenów nawóz naturalny [Szembowski i in. 2009, Baranowska i in. 2018].

Biotechnologię EM można też stosować w ochronie środowiska do takich zabiegów jak: rewitalizacja wody, oczyszczanie akwenów i cieków wodnych, oczyszczanie powietrza oraz w zapobieganiu zjawiskom epidemiologicznym [Fatunbi i Ncube 2009, Szewczuk i in. 2016]. Ważne zastosowanie EM jest np. przy pozbywaniu się uciążliwego zapachu po przejściu tsunami w krajach azjatyckich (Japonia, Tajlandia, Tajwan) [Kolasa-Więcek 2010]. Gacka i Kolbusz [2009] twierdzą, że wprowadzanie do kanałów ściekowych preparatów zawierających pożyteczną mikroflorę umożliwia nie tylko neutralizację nieprzyjemnych zapachów i zmniejszenia transmisji gazów, ale także utrzymanie w doskonałym

stanie technicznym urządzeń i infrastruktury kanalizacyjnej poprzez ich udrażnianie. Duża obecność korzystnych drobnoustrojów w procesach gospodarki odpadami komunalnymi zabezpiecza elementy metalowe przed rdzewieniem poprzez wytwarzanie na ich powierzchni bardzo mocno przylegającej patyny odpornej na utlenienie oraz eliminuje rozkład betonu, zwłaszcza w miejscach występowania silnej emisji siarkowodoru. Proces mineralizacji materii organicznej w towarzystwie efektywnych mikroorganizmów nie zagraża otoczeniu i może przebiegać w wolnej przestrzeni, bez względu na odległość od najbliższych siedlisk ludzi bądź zwierząt [Paśmionka i Kotarba 2015, Wrońska i in. 2015].

W gospodarce komunalnej biotechnologię EM wykorzystuje się na wysypiskach śmieci do kompostowni, w oczyszczaniu ujęć wody i w wodociągach, w traktach ściekowych, w oczyszczalniach ścieków, w zieleni miejskiej, w szambach przydomowych, na trawnikach. Tak wszechstronne, potencjalne wykorzystanie efektywnych mikroorganizmów spowodowane jest wysoką specyfiką enzymatyczną drobnoustrojów, umożliwiając im przetrwanie w zróżnicowanych środowiskach [Martyniuk 2011, Ji i in. 2014, Paśmionka i Kotarba 2015]. Stąd też stają się one narzędziem korygowania i nadzoru różnych ekosystemów.

Konwencjonalne sposoby unieszkodliwiania ścieków komunalnych i zagospodarowanie odpadów można skutecznie wesprzeć lub zastąpić metodami, takimi jak KWADRANT-EkosystEM. Podstawowym celem tej metody jest kompleksowe zagospodarowanie osadów ściekowych poprzez opracowanie drogi przekwalifikowania ich w bezpieczny produkt organiczny. Metoda KWADRANT-EkosystEM polega na odpowiednim stosowaniu naturalnych instrumentów biologicznych, specyficznym doborze kompozycji pożytecznych mikroorganizmów [Gacka i Kolbusz 2009, Kosicka i in. 2015].

Technologia EM jest stosowana przy produkcji najlepszej jakości nawozów z odpadów organicznych, umożliwia utylizację odpadów i przetworzenie ich w wartościowe surowce. Dzięki użyciu jej w procesie recyklingu makulatury i plastiku uzyskuje się materiały znacznie lepszej jakości i trwałości [Kolasa-Więcek 2010].

Obecnie technologię EM wykorzystuje ponad 130 państw na większości kontynentów, a największym ich użytkownikiem jest Brazylia, gdzie efektywne mikroorganizmy uznano za odpowiedni sposób zastąpienia tradycyjnych metod gospodarowania metodami naturalnymi. Ograniczono wypalanie oraz wycinanie drzew amazońskiej dżungli w celu powiększania terenów rolniczych. Dzięki technologii EM rolnicy będą w stanie zwiększyć ilość oraz jakość plonów, bez ujemnego wpływu na środowisko [Majewski 2010, Paśmionka i Kotarba 2015]. W Japonii popularny jest program, którego celem jest kompleksowa ochrona środowiska z wykorzystaniem EM. W miastach stosuje się tę technologię w przydomowych kompostowniach, miejskich ujęciach wody, składowiskach odpadów i oczyszczalniach ścieków. Oczyszcza się też rzeki, jeziora, stawy i morza z pomocą technologii EM. Ponadto przyjęto narodowy program rewita-

lizacji największego morza wewnętrznego. Bezpośrednim efektem stosowania EM w rolnictwie japońskim jest jednak zwiększenie plonów ryżu oraz zmniejszenie zachwaszczenia upraw [Higa i Parr 1994, Majewski 2010]. W Polsce technologia ta staje się również coraz bardziej powszechna. Dzięki kontaktom z Niemcami, Japonią i Holandią od 2000 r. jest stosowana na większą skalę w kilku miejscowościach w kraju, a także na poziomie indywidualnych gospodarstw, zwłaszcza ekologicznych [Higa 2003, Mrugalska i Świerk 2012].

Mikroorganizmy w biologicznej ochronie roślin

FAO [2018] szacuje, że na całym świecie wzrost produkcji o jeden procent przypada na jeden hektar gruntów ornych i jest związany ze wzrostem zużycia pestycydów o 1,8% na hektar. Tym samym zużycie pestycydów na hektar wzrasta bardziej niż proporcjonalnie, w związku z intensywnością użytkowania gruntów. Sugeruje to, że zwiększenie światowego zaopatrzenia w żywność poprzez intensyfikację rolnictwa może prowadzić do dalszego rozszerzania stosowania pestycydów w przyszłości. Wyjściem z tego problemu jest stosowanie biologicznej ochrony roślin. W krajach członkowskich OECD zarejestrowanych było około 220 biologicznych środków ochrony roślin (biopestycydów) [Martyniuk 2011, FAO 2017]. Rejestracja tych środków odbywa się jednak na podobnych zasadach jak preparatów chemicznych [Tomalak 2007, 2010, Tomalak i in. 2010], czyli w sposób bardzo kosztowny. Trudna i kosztowna procedura rejestracyjna biologicznych środków ochrony roślin powoduje, że część producentów rezygnuje z wytwarzania biopreparatów, co zmniejsza ich asortyment i ogranicza zakres stosowania biologicznej ochrony w rolnictwie, ale zapewnia za to bezpieczeństwo ich stosowania (dla ludzi i środowiska) oraz powoduje, że są to produkty dobrej jakości. W przypadku niektórych biopreparatów, np. zawierających *Bacillus thuringiensis*, skala produkcji jest duża i prowadzona z wykorzystaniem fermentorów o objętości nawet 100 000 litrów [Tomalak i in. 2010, Martyniuk 2011]. Wzrastające zapotrzebowanie na biopreparaty związane jest głównie z rozwojem proekologicznych metod uprawy roślin, w tym rolnictwa ekologicznego [Tomalak 2010, Pszczółkowski i Sawicka 2018b].

Stosowanie preparatów mikrobiologicznych w uprawie roślin

Na rynku dostępnych jest obecnie wiele preparatów mikrobiologicznych, które mogą być aplikowane doglebowo, jak i dolistnie w uprawie roślin rolniczych i ogrodniczych [Tomalak 2010, Kosicka i in. 2015]. Np. preparaty zawierające w swoim składzie bakterie wiążące azot atmosferyczny, przyczyniające się do asymilacji azotu z powietrza i dostarczające go dla roślin bobowatych. Dostępne są również powszechnie preparaty mikoryzowe charakteryzujące się dodatnim oddziaływaniem na wzrost i rozwój roślin oraz przyczyniające się do ich ochrony przed patogenami. Alternatywnymi preparatami są również szczepionki na bazie grzyba

z rodzaju *Trichoderma* sp. Szczepionki te poprzez produkcję antybiotyków i enzymów degradujących ściany komórkowe patogenów przyczyniają się do ochrony roślin. Preparatami mikrobiologicznymi, które można stosować w uprawie roślin, są Azotobakteryna i Fosfobakteryna. W ich skład wchodzi drobnoustroje zaopatrujące glebę w trudno przyswajalne formy fosforu lub azotu [Ji i in. 2014, Kosicka i in. 2015]. W rolnictwie ekologicznym dużym zainteresowaniem cieszą się również preparaty entomopatogenne, w skład których wchodzi mikrobiologiczne insektycydy ograniczające liczbę szkodliwych owadów [Bolińska 2005, Bolińska i Gieł 2008, Kaczmarczyk i in. 2008a, Kosicka i in. 2015].

Za kontrowersyjne preparaty mikrobiologiczne, ze względu na szerokie ich spektrum działania, są uważane biopreparaty EM (Efektywne Mikroorganizmy), w skład których wchodzi odpowiednio wyselekcjonowane szczepy mikroorganizmów [Martyniuk 2010, Martyniuk i Książek 2010]. Zdaniem niektórych autorów [Zgoła 2009, Dziamba i Dziamba 2010, Solarska 2010, Zarzecka i Gugała 2013, Wrońska i in. 2015, Szewczuk 2016], wywierają one pozytywny wpływ na cechy morfologiczne roślin, ich funkcje fizjologiczne oraz na właściwości podłoża. Stosowanie środków zawierających efektywne mikroorganizmy ma duże znaczenie m.in. w uprawie chmielu, w ochronie przed groźnymi chorobami, np. mączniakiem rzekomym i mączniakiem prawdziwym, a także przed szkodnikami, takimi jak: mszyca śliwowo-chmielowa i przędziorek chmielowiec [Huk 2009, Solarska 2010]. Np. preparaty EM-FarmingTM, w opinii Janasa [2009], posiadają duże możliwości oddziaływania biologicznego poprzez wyspecjalizowane enzymy mające zdolność przekształcania uciążliwych związków chemicznych w pożyteczne ich formy. Efektywne mikroorganizmy pomagają również w produkcji dwucukru, jakim jest trehaloza, który ma zdolność ochrony całej rośliny, gdy ten znajdzie się w warunkach zagrożenia, np. suszy, czy dużego zasolenia. Trehaloza uniemożliwia bowiem tworzenie się kryształów wody, gdyż w niej powstają wiązania wodorowe. Natomiast jej roztwory wodne, wysuszone, tworzą szkliwo, które jest idealnym związkiem do zabezpieczenia roślin przed suszą i wysoką temperaturą [Szymański i Patterson 2003, Ji i in. 2014]. W opinii Gacka [2009a,b], Zgoły [2009], Dziamby [2010], Solarskiej [2010], Małuszyńskiej i in. [2012] preparaty EM-FarmingTM, zawierające kultury efektywnych mikroorganizmów, można aplikować w różnych zabiegach uprawowych oraz hodowlanych. Można je stosować m.in. do zaprawiania nasion, szczepienia gleby przed wysadzeniem roślin, opryskiwania upraw oraz ich podlewania, a także w czasie przechowywania w chłodniach, w celu obniżenia lub całkowitego wyeliminowania stosowania środków ochrony roślin przed patogenami i chorobami i zwalczania szkodników upraw.

Zastosowanie aktywnych kultur efektywnych mikroorganizmów w uprawie ziemniaka, wg Marczakiewicza [2010], znacznie przyspiesza ożywienie gleby, odtworzenie warstwy próchnicznej, a w konsekwencji zwiększa plonowanie. Po odbudowie trwałej próchnicy znacznie zwiększa się wytrzymałość roślin ziemniaka na agrofagi, a tym samym zmniejsza się ich zapotrzebowanie na nawoże-

nie fosforowo-potasowe. W ożywionej glebie wzrasta bowiem ilość grzybów, które w symbiozie z korzeniami roślin (mikoryza) przyspieszają przyswajanie składników odżywczych. Dzięki mikoryzie zostaje wykorzystane przeciętnie 90% więcej azotu, 75% potasu oraz 200% fosforu, niż u roślin bez mikoryzy [Bolińska 2005, Kosicka i in. 2015]. Janas [2009] oraz Baranowska i in. [2018] twierdzą, że szczepienie gleby efektywnymi mikroorganizmami, przed sadzeniem bulw ziemniaka, chroni je przed ospowością (*Rhizoctonia solani*) oraz parchem zwykłym (*Streptomyces scabies*).

W opinii wielu autorów [Gacka 2009a, Szembowski 2009, Szembowski Denisiuk 2009, Dobrowolska i Michałek 2010] stosowanie biotechnologii EM-Farming™ w uprawie pszenicy oraz rzepaku przyspiesza rozkład resztek pożywnych, wyklucza stosowanie zabiegów przeciw pleśniom, eliminuje stosowanie zaprawy nasiennej, powoduje podwyższenie pH bez stosowanie wapna, znacząco poprawia poziom próchnicy w glebie oraz zwiększa dostępność fosforu, co w efekcie prowadzi do uzyskania większego plonu nasion i słomy. Preparaty EM stanowią uzupełnienie innych zabiegów agrotechnicznych mających na celu ograniczenie występowania agrofagów. Nie działają one bezpośrednio na ograniczenie chorób, ale poprzez aplikowanie ich dogłębowo, powodują wzrost aktywności mikrobiologicznej gleby [Małuszyńska i in. 2012, Stępień i Adamiak 2009].

Według Marczakiewicza [2009] w uprawie kukurydzy na ziarno i kiszonkę ważnym zjawiskiem zachodzącym po zastosowaniu EM jest konwersja procesów gnilnych, które są przyczyną rozwoju chorób i szkodników, autoutleniania oraz regeneracji. Dlatego resztki pożywno-potraktowane efektywnymi mikroorganizmami przestają być źródłem rozwoju patogenów chorobowych, a stają się pokarmem dla pożytecznych drobnoustrojów, które przetwarzają je w komplementarne składniki pokarmowe dla roślin.

Grabowska [2009] podaje, że w produkcji ogrodniczej pod osłonami stosowanie biotechnologii EM-Farming™ znacząco ogranicza proces gnicia roślin, blokuje rozwój chorób i szkodników oraz stymuluje proces humifikacji, w wyniku którego roślina otrzymuje pełnowartościowe nawożenie. Ma to ogromne znaczenie w uprawie roślin wrażliwych na choroby z rodzaju *Fusarium*, takich jak goździki, lilie, gerbery. Przeciwdziałanie chorobom z rodzaju *Fusarium* i innym prowadzi do zaprzestania wymiany podłoża oraz jego dezynfekcji. W przypadku warzyw zabiegi wykonywane przy użyciu EM-Farming™, w okresie zbiorów prowadzą do ochrony roślin przed chorobami grzybowymi, takimi jak szara pleśń, mączniak rzekomy, zaraza ziemniaczana oraz kiła kapuściana. W przypadku roślin uprawianych pod osłonami poprawia się również ich zdrowotność i wigor, wzrasta jakość i ilość plonu oraz polepszeniu ulega smak i wybarwienie [Grabowska 2009]. Według Zgoły [2009], wniesienie preparatu zawierającego efektywne mikroorganizmy w uprawie truskawki ogranicza szarą pleśń, a jednocześnie poprawia trwałość, smak oraz zapach owoców. Pożyteczne mikroorganizmy zwiększają też ich odporność na suszę. Zdaniem Dylewskiego [2009a], w uprawie kapusty aktywne kultury mikroorganizmów pozwalają wyeliminować stosowanie zabiegów grzy-

bobójczych, zmniejszyć nawożenie mineralne nawet o 35–40% oraz zwiększyć plon handlowy o około 15–20%. Z kolei w opinii Huka [2009] warzywa przeznaczone do chłodni lepiej się przechowują, co wiąże się z niższymi stratami. Efektem działania mikroorganizmów jest lepsza kondycja roślin, zmniejszenie ilości szkodników oraz uruchamianie nawozów uwstecznionych.

Rosnący popyt na całym świecie na produkty z gospodarstw ekologicznych, a zwłaszcza biodynamicznych, wywołało potrzebę badań naukowych mających na celu wieloaspektową weryfikację naukową wpływu preparatów biodynamicznych na jakość surowca roślinnego. Istnieje jednak bardzo niewiele danych w literaturze opisujących działanie preparatów biodynamicznych na cechy jakościowe płodów rolnych, a ich wpływ na cechy jakościowe plonu jest niejednoznacznie oceniany [Wojdyła 1997, Boligłowa 2005, Kołodziejczyk 2014a,b].

W opinii wielu autorów [Janas 2009, Szembowski i Denysiuk 2009, Dziamba i Dziamba 2010, Zarzecka i Gugala 2013, Kosicka i in. 2015, Szewczuk 2016, Pszczółkowski i Sawicka 2018b] biopreparaty EM można kompleksowo wykorzystywać w uprawie roślin do szczepienia gleby przed siewem czy sadzeniem roślin, do zaprawiania nasion, bulw, kłacz, moczenia sadzonek, w uprawach poplonowych, w formie opryskiwania na ściernisko przed przyoraniem oraz w formie opryskiwania bezpośrednio na rośliny. Duże sukcesy obserwuje się też w wykorzystaniu EM do przygotowania wysokiej klasy nawozów, kompostów oraz wyciągów z roślin jako silnych odżywek [Huk 2009, Dziamba i Dziamba 2010, Małuszyńska i in. 2012]. Aplikowanie biopreparatu EM na polu przed siewem czy sadzeniem pozwala wzbogacić glebę w niezbędne mikroorganizmy [Janas i Grzesik 2006, Faltyn i Miskieło 2008, Janas 2009, Zarzycka i Gugala 2013, Kołodziejczyk 2014a, b].

Korzyści w produkcji zwierzęcej

Według Higa [1994] w 1 cm³ EM-Farming™ znajduje się ok. miliarda mikroorganizmów, które polepszają dobrostan zwierząt hodowlanych w zamkniętych obiektach [Gacka i Kolbusz 2009, Faturrahman i in. 2015]. Fizjologiczna funkcja układu trawiennego u zwierząt roślinożernych zależy od mikrobiologicznych czynności w przewodzie żołądkowo-jelitowym. Zastosowanie preparatów EM-Farming™ w chowie trzody chlewnej przez podanie do picia prosiętom wody zawierającej efektywne mikroorganizmy wpływa bowiem na poprawę procesów trawiennych, a tym samym na lepsze wykorzystanie paszy. W przypadku cieląt stosowanie efektywnych mikroorganizmów znacznie usprawnia proces trawienia, poprawia stan zdrowotny zwierząt oraz powoduje szybszy przyrost masy ciała zwierząt. Preparaty zawierające EM polepszają kondycję fizyczną oraz funkcje fizjologiczne bydła, eliminują występowanie grzybic, ograniczają pojawianie się biegunki, powodują spadek aktywności chorób dróg oddechowych, a także likwidują odór oraz redukują populację insektów w budynkach inwentarskich [Gacka i Kolbusz 2009]. Ograniczeniu

ulega również występowanie stanów zapalnych u zwierząt. Stosowanie preparatu EM-FarmingTM na użytki zielone, zdaniem Widuch [2009], znacznie obniża podatność na niedobór wody na tych terenach, a tym samym ogranicza ujemne efekty suszy.

Preparaty EM stosowane są też hodowli zwierząt, jako dodatek do pasz i wody pitnej, higienizacji chlewni oraz usuwania przykrego zapachu, do produkcji pełnowartościowego, naturalnego nawozu oraz do produkcji kiszonek [Gacka 2009b, Faturrahman i in. 2015].

Stosowanie EM-FarmingTM w budynkach inwentarskich, szczególnie starego typu, gdzie jest słaba wentylacja oraz jest duże zagęszczenie zwierząt, pośrednio stabilizuje ich procesy życiowe (ruch, oddychanie, reakcja na bodźce, wzrost, wydalenie, rozmnażanie i odżywianie), poprzez poprawę warunków sanitarnych (zapewnienie dobrostanu zwierząt; poprawę statusu zdrowotnego stada zwierząt, stworzenie odpowiednich warunków zoohigienicznych w pomieszczeniach inwentarskich, wyeliminowanie zagrożeń związanych z niebezpiecznymi środkami żywienia zwierząt). Za pomocą efektywnych mikroorganizmów zawartych w EM-FarmingTM można ograniczyć do minimum nadmierne stężenie uciążliwych gazów bądź skutecznie wyeliminować występujące w budynkach inwentarskich niedogodności wpływające na dyskomfort zwierząt. Preparaty zawierające efektywne mikroorganizmy można również stosować w przypadku chorób skóry, a także zranień i otarć u zwierząt [Dylewski 2009b, Fatunbi i Ncube 2009, Faturrahman i in. 2015].

Rola bakterii agarolitycznych, jako producentów egzogennej agarazy, znana jest także w żywieniu zwierząt [Fatunbi i Ncube 2009, Faturrahman i in. 2015]. Probiotyty mogą skolonizować przewód żołądkowo-jelitowy. Liczba komórek somatycznych hodowlanych, wyizolowanych z *Halotia asinina* karmionej probiotykiem przez 14 dni w ilości 106–107 cfu/g materiału [Alberts i in. 2002, Faturrahman i in. 2015]. Aktywność agaraz w przewodzie pokarmowym samicy *Halotia asinina* była istotnie wyższa niż karmionych probiotycznie, w porównaniu z *H. asinina* karmionej bez Agar, a zawartość energetyczna brutto okazała się niższa niż *H. asinina* karmionej dietą suplementowaną kulturą mieszaną szczepów alg Alg3.1-Abn1.2, które wykazywały istotnie większą szybkość wzrostu, w porównaniu z *H. asinina*, karmionej standardową dietą w warunkach laboratoryjnych. Tempo wzrostu zwierząt potraktowanych antybiotykiem była wyjątkowo słaba, w porównaniu z *H. asinina*, w przypadku której nie stosowano diety uzupełnionej antybiotykami. Społeczności niektórych grup bakterii morskich wytwarzały zewnątrzkomórkowe enzymy agarazowe, które zdegradowały agar w agarooligosacharyd i galaktozę. Wprowadzenie bakterii do *H. asinina* powinno zwiększyć „pulę” enzymów trawiennych i poprawić strawność agaru, która jest głównym składnikiem paszy [Burd i in. 1998].

Gacka [2009b] podaje, że u bydła mlecznego efektem stosowania EM jest spadek ilości komórek somatycznych poniżej 100 tys., widoczny spadek stanów zapalnych, co stwarza możliwość wyeliminowania stosowania antybiotyków.

Zdaniem Dylewskiego [2009b], aplikacja EM-Farming™ w budynkach inwentarskich wywołuje fermentację niskotemperaturową, wypierającą gnienie. W środowisku zdominowanym przez pożyteczne mikroorganizmy nie są wytwarzane przykre zapachy i gazy oraz związki utleniające. Drobnoustroje pożyteczne eliminują proces gnicia i wstrzymują wydzielanie gazów, takich jak: amoniak, siarkowodór i merkaptany. Azot pozostaje związany w gnojówce czy oborniku. Efektywne mikroorganizmy ograniczają bądź eliminują drobnoustroje chorobotwórcze (*Salmonella*, enterokoki, bakterie *Escherichia coli*), grzyby, co w konsekwencji prowadzi do poprawy zdrowotności stada zwierząt, m.in. poprzez usprawnienie procesu trawienia, poprawę kondycji fizycznej, poprawę funkcji fizjologicznych i zwiększenie przyrostów masy ciała [Faturrahman i in. 2015].

Korzyści w przetwórstwie rolno-spożywczym

Z uwagi na niekorzystny wpływ nadmiernej chemizacji na jakość surowca, szuka się alternatywnych rozwiązań również w przetwórstwie rolno-spożywczym [Kolasa-Więcek 2010, Vaitkevičienė 2016]. W opinii Szembowskiego [2009], zastosowanie biotechnologii EM-Farming™ w produkcji i przetwórstwie rolno-spożywczym zapewnia podniesienie standardów, przy jednoczesnym zmniejszeniu uciążliwości pracy, co w ostateczności prowadzi do znaczącego obniżenia kosztów produkcji rolniczej. Część z nich wykorzystywana jest w przemyśle oraz w gospodarstwach domowych. Przykładem mogą być drożdże, stosowane do produkcji alkoholu (wina, piwa) i wypieku chleba. Inne znane człowiekowi mikroorganizmy, to bakterie kwasu mlekowego, używane w przetwórstwie mlecznym do wyrobu m.in. serów, a także bakterie kwasu octowego służące do produkcji octu [Mrugańska i Świerk 2012]. Oprócz mikroorganizmów, stosuje się również enzymy produkowane przez drobnoustroje, m.in. pektynazy, służące do klarowania soków owocowych czy proteinaz [Kolasa-Więcek 2010, Vaitkevičienė 2016].

Podsumowanie

Społeczeństwo dąży do poprawy środowiska i przywrócenia naturalnej równowagi. Wszystkie działania podjęte w tym kierunku, a także wyznaczone cele, mogą być łatwiejsze do wdrożenia za pomocą efektywnych mikroorganizmów. W rolnictwie i ogrodnictwie służą one do zaprawiania nasion /sadzonek przed sadzeniem roślin, do opryskiwania upraw, co zwiększa plony; do poprawy jakości i trwałości owoców i warzyw, do eliminowania środków ochrony roślin przeciwko patogenom i chorobom; do zwalczania szkodników upraw; poprawy jakości przechowywanych surowców roślinnych w chłodniach i magazynach; eliminowania źródeł infekcji w glebie. Preparaty mikrobiologiczne mają obecnie szerokie zastosowanie, wykraczające poza obszar rolnictwa. W ochronie środowiska EM przeciwdziałają zjawiskom epidemiologicznym (używanie EM po

zatruciu gleby, po powodzi, tsunami). W wyniku zastosowania technologii EM można prowadzić wydajny recykling odpadów, a także efektywnie oczyszczać wodę i ścieki. Stosowane są w kompostowaniu odpadów spożywczych, na składowiskach, w małych domowych oczyszczalniach ścieków; do czyszczenia szamba, eliminują zanieczyszczenia środowiska glebowego pestycydami poprzez ich rozkład i dejonizację jonów metali ciężkich, służą do rewitalizacji rzek, jezior i stawów, a także stosowane są w przetwarzaniu obornika w cenny nawóz, tłumią nieprzyjemne zapachy związane z produkcją zwierzęcą. Zastosowanie biotechnologii EM-Farming™ w przetwórstwie rolnym zapewnia wyższe standardy, jednocześnie zmniejszając uciążliwość pracy, co prowadzi do znacznego obniżenia kosztów produkcji. Kultury EM posiadają wysoki potencjał antyoksydacyjny. Służą w przetwórstwie spożywczym m.in. do produkcji pektynaz, używanych do klarowania soków owocowych lub proteinaz, do produkcji alkoholu, w przetwarzaniu mleka.

PIŚMIENNICTWO

- Abdul K., Abbasi M.K., Hussain T., 2006. Effects of integrated use of organic and inorganic nutrient sources with effective microorganism (EM) on seed cotton yield in Pakistan. *Bioresour. Technol.* 97, 967–972.
- Alberts B., Johnson A., Lewis J., Raff M., Roberts K., Walter P., 2002. *Molecular Biology of the Cell*, 4. Ed. Garland Science, New York.
- Al-Taweil H.I., Bin Osman M., Hamid A.A., Yusoff W.M., 2009. Development of microbial inoculants and the impact of soil application on rice seedlings growth. *Am. J. Agric. Biol. Sci.* 4, 79–82.
- Baranowska A., Zarzecka K., Gugała M., Mystkowska I., 2018. The effect of fertilizer on UGmax soil on the presence of *Streptomyces scabies* on edible potato tubers. *J. Ecol. Eng.* 3, 68–73, DOI: 10.12911 / 22998993/85743.
- Boligłowa E., 2005. Ochrona ziemniaka przed chorobami i szkodnikami przy użyciu Efektywnych Mikroorganizmów (EM) z udziałem ziół. W: *Wybrane zagadnienia ekologiczne we współczesnym rolnictwie*. Red. Z. Zbytek, PIMR, Poznań, 165–170.
- Boligłowa E., Gleń K., 2008. Assessment of effective microorganism activity (EM) in winter wheat protection against fungal diseases. *Ecol. Chem. Eng. A*, 15 (1–2), 23–27.
- Burd G.I., Dixon D.G., Glick B.R., 1998. A plant growth-promoting bacterium that decreases nickel toxicity in seedlings. *Appl. Environ. Microbiol.* 64, 3663–3668.
- Daly M.J., Stewart D.P.C., 1999. Influence of “effective microorganisms” (EM) on vegetative production and carbon mineralization a preliminary investigation. *J. Sustainable Agric.* 14, 15–25.
- Dobrowolska A., Michałek W., 2010. Ochrona i kształtowanie środowiska naturalnego na terenach wiejskich. *Ogólnopolska Konferencja Naukowa Lublin – Urszulin (Poleski Park Narodowy) 2010*, 21–22 czerwca 2010, 22.
- Dylewski T., 2009a. EM-Farming™ w produkcji ogrodniczej. Naturalne probiotyczne mikroorganizmy. *Stow. Ekosystem, Licheń*, 77.
- Dylewski T., 2009b. Higienizacja – mikroorganizmy czy chemia? Naturalne probiotyczne mikroorganizmy. *Stow. Ekosystem, Licheń*, 106.
- Dziamba S., Dziamba J., 2010. Doświadczenia z EM-Farming™ – Rola światła i Pożytecznych Mikroorganizmów w produkcji roślinnej. Materiały z I Lubelskiej Konferencji Naukowo-Technicznej. Mikroorganizmy w rewitalizacji środowiska – nauka i praktyka. Lublin 23–24 marca, 55.
- Emitazi G., Nader A., Etemadifar Z., 2004. Effect of nitrogen fixing bacteria on growth of potato tubers. *Adv. Food Sci.* 26, 56–58.

- Faltyn U., Miszkieto T., 2008. Wpływ efektywnych mikroorganizmów (EM®) na zdolność kielkowania ziarna pszenicy jarej. Zesz. Nauk. UP Wroc., Rolnictwo 92(568), 31–35.
- FAO, 2018. Food Agriculture Organisation of the United Nations <http://www.fao.org/news/archive/news-by-date/2018/en/>.
- Fatunbi O., Ncube L., 2009. Activities of Effective Microorganism (EM) on the Nutrient Dynamics of Different Organic Materials Applied to Soil. Am. Eurasian J. Agron. 2(1), 26–35.
- Faturrahman L., Meryandini A., Junior M.Z., Rusmana I., 2015. The Role of Agarolytic Bacteria in Enhancing Physiological Function for Digestive System of Abalone (*Haliotis asinina*). J. Appl. Environ. Biol. Sci. 5(5), 49–56.
- Frąckowiak-Pawlak K., 2011. Wyniki wieloletnich doświadczeń z UGmax. Poradnik Gosp. 2, 75–87.
- Gacka S., 2009a. Ekonomiczne aspekty wdrażania biotechnologii EM-Farming™. Naturalne probiotyczne mikroorganizmy. Stow. Ekosystem, Licheń, 28–33.
- Gacka S., 2009b. Alternatywa dla GMO. Eurogospodarka 2, 26–27.
- Gacka S., Kolbusz S., 2009. Biotechnologia EM-Farming™ – kompleksowe, naturalne, rozwiązania w produkcji zwierzęcej gwarantujące dobrostan zwierząt. Naturalne probiotyczne mikroorganizmy. Stow. Ekosystem, Licheń, 102–103.
- Galarreta J.I.R., Ezpelata B., Pascualena J., Ritter E., 2006. Combining ability in early generations of potato breeding. Plant Breed. 2006, 125, 183–186.
- Grabowska E., 2009. EM-Farming™ w produkcji ogrodniczej. Naturalne probiotyczne mikroorganizmy. Stow. Ekosystem, Licheń, 41–42.
- Higa T., 2003. Rewolucja w ochronie naszej planety. Fundacja Rozwój SGGW, Greenland – Technologia EM, Warszawa.
- Higa T., 2005. Efektywne mikroorganizmy – technologia XXI wieku. Mat. konferencji Efektywne Mikroorganizmy na Świecie. Wielka Brytania, 20–24.
- Higa T., Parr J.F., 1994. Beneficial and effective microorganisms for a sustainable agriculture and environment. International Nature Farming Research Centre, Atami. Jaoan D. 16, 3.
- Huk W., 2009. Znaczenie i zastosowanie mikroorganizmów w uprawie roślin. Naturalne probiotyczne mikroorganizmy. Stow. Ekosystem, Licheń, 61–63.
- Janas R., 2009. Możliwość wykorzystania efektywnych mikroorganizmów w ekologicznych systemach produkcji roślin uprawnych. Probl. Inż. Rol. 3, 111–119.
- Ji B., Hu H., Zhao Y., Mu X., Liu K., Li C., 2014. Effects of deep tillage and straw returning on soil microorganism and enzyme activities. Sci. World J. 1–12, DOI: 10.1155/2014/451493.
- Kaczmarek Z., Owczarzak W., Mrugalska L., Grzelak M., 2007. Wpływ efektywnych mikroorganizmów na wybrane właściwości fizyczne i wodne poziomów orno-próchnicznych gleb mineralnych. J. Res. Appl. Agric. Eng. 52(3), 73–77.
- Kaczmarek Z., Wolna-Murawska A., Jakubas M., 2008a. Change in the number of selected groups of soil microorganisms and enzymatic activity in soil inoculated with effective microorganisms (EM). J. Res. Appl. Agric. Eng. 53(3), 122–128.
- Kaczmarek Z., Jakubas M., Grzelak M., Mrugalska L., 2008b. Impact of the addition of various doses of Effective Microorganisms to arable-humus horizons of mineral soils on their physical and water properties. J. Res. Appl. Agric. Eng. 53(3): 118–121.
- Kalitkiewicz A., Kępińska E., 2008. Wykorzystanie ryzobakterii do stymulacji wzrostu roślin. Biotechnologia 2, 102–114.
- Kaźmierczak-Koćwin A., 2009. Dlaczego warto stosować EM-Farming. Naturalne probiotyczne mikroorganizmy. Stow. Ekosystem, Licheń, ss. 24.
- Kocoń A., Gałązka A., 2015. Wpływ preparatów z mikroorganizmami pożytecznymi na właściwości fizykochemiczne gleby oraz plon roślin. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2015, 45(19), 113–125.
- Kolasa-Więcek A., 2010. Czy Efektywne Mikroorganizmy zrewolucjonizują świat? Post. Technol. Przetw. Spoż. 1, 66–69.
- Kołodziejczyk M., 2014a. Effect of nitrogen fertilization and microbial populations on potato yielding. PSE 60, 379–386.
- Kołodziejczyk M., 2014b. Effectiveness of nitrogen fertilization and application of microbial preparations in potato cultivation. Turk. J. Agric. For., 38, 299–310.

- Kołodziejczyk M., 2016. Effect of nitrogen fertilisation and microbial preparations on quality and storage losses in edible potato. *Acta Agrophysica* 23(1), 67–78.
- Kosicka D., Wolna-Maruwka A., Trzeciak M., 2015. Wpływ preparatów mikrobiologicznych na glebę oraz wzrost i rozwój roślin. *Kosmos. Probl. Nauk Biol.* 64(2), 327–335.
- Kucharski J., Jastrzębska E., 2005. Rola efektywnych mikroorganizmów w kształtowaniu właściwości mikrobiologicznych gleby. *Inż. Ekol.* 12, 295–296.
- Kumar, K., Goh K.M., 2003. Nitrogen release from crop residues and organic amendments as affected by biochemical composition. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* 34, 2441–2460.
- Lancaster S.H., Haney R.L., Senseman S.A., Hons F.M., Handler J.M., 2006. Soil microbial activity is affected by Roundup Weather Max and pesticides applied to cotton (*Gossypium hirsutum*). *J. Agric. Food Chem.* 54, 7221–7226.
- Majewski A., 2010. Efektywne Mikroorganizmy EMTM – Technologia XXI wieku nagrodzona! *Diennik Gazeta Prawna* 84, Dodatek Informacyjno-Promocyjny Biznes Raport 4, 3.
- Małuszyńska E., Szydłowska A., Martyniak D., Dziamba S., Dziamba J., 2012. Wpływ preparatów zawierających efektywne mikroorganizmy na zdolność kiełkowania nasion z upraw ekologicznych. *Biul. IHAR* 263, 33–42.
- Marczakiewicz J., 2009. Kolejny rok z biotechnologią EM w RZD SGGW Chylce. Naturalne probiotyczne mikroorganizmy. *Stow. Ekosystem, Licheń*, 65.
- Martyniak S., 2010. Wytwarzanie preparatów mikrobiologicznych na przykładzie bakterii symbiotycznych roślin motylkowatych. *J. Res. Appl. Agric. Eng.* 55, 20–23.
- Martyniak S., 2011. Effective and ineffective microbial preparations used in plant protection and production and methods of their evaluation. *Progr. Microbiol.* 50(4), 321–328.
- Martyniak S., Księżak J., 2010. Ocena wpływu pseudomikrobiologicznych biopreparatów stosowanych w uprawie roślin. *Pol. J. Agron.* 6, 27–33.
- Mayer J., Scheid S., Oberholzer H.R., 2008. How effective are “Effective microorganisms”? Results from an organic farming field experiment. 16th JFOAM Organic World Congress, 18–20 June 2008, Modena, Italy, 40–43. <http://orgprints.org/14838>.
- Mrugalska L., Świerk D., 2012. Efektywne Mikroorganizmy — rewolucyjna technologia? *Por. Gosp.* 5, 33–35.
- Okorski M., Majchrzak B., 2008. Grzyby zasiedlające nasiona grochu siewnego po zastosowaniu preparatu mikrobiologicznego EM 1. *Prog. Plant Prot.* 48(4), 1314–1318.
- Paśmionka I., Kotarba K., 2015. Możliwości wykorzystania efektywnych mikroorganizmów w ochronie środowiska. *Kosmos. Probl. Nauk Biol.* 64(1), 173–184.
- Pietkiewicz S., Kołpak R., Wietrzyńska A., Łoboda T., Ostrowska D., 2004. Wpływ efektywnych mikroorganizmów na wzrost i plonowanie ziemniaków rozmnażanych z minibulw. *Rocz. Gleb.* 60(1), 285–290.
- Priyadi K., Hadi A., Siagan T.H., Nisa C., Azizah A., Raihani N., Inubushi K., 2005. Effect of soil type, applications of chicken manure and Effective Microorganisms on corn yield and microbial properties of acidic wetland soils in Indonesia. *Soil Sci. Plant Nutr.* 51, 689–691.
- Pszczółkowski P., Sawicka B., Danilčenko H., Jarienė E., 2017. The role of microbiological preparations in improving the quality of potato tubers. International Scientific Conference ‘New trends in food safety and quality’. Aleksandras Stulginskis University, Akademija, Lithuania, 5–7 October 2017, 22–23.
- Pszczółkowski P., Sawicka B., 2018a. The effect of application of biopreparations and fungicides on the yield and selected parameters of seed value of seed potatoes. *Acta Agrophysica* 25(2), 239–255, doi: 10.31545/aagr/93104.
- Pszczółkowski P., Sawicka B., 2018b. Wpływ stosowania fungicydów, preparatów mikrobiologicznych i wyciągów z ziół na kształtowanie plonu ziemniaka. *Fragm. Agron.* 35(1), 17–28.
- Sawicka B., Barbaś P., Kuś J., 2006. Wpływ zachwaszczenia łąnu na plon ogólny i handlowy bulw ziemniaka w warunkach ekologicznego i integrowanego systemu produkcji Pam. Puł. 142, 429–443.
- Sawicka B., Barbaś P., Kuś J., 2007. Variability of potato yield and its structure in organic and integrated crop production systems. *EJPau, Agronomy* 10, 1, www.ejpau.media.pl.

- Sawicka B., Pszczółkowski P., Barbaś P., 2016. Technologia stosowania probioemów w uprawie ziemniaka. International Conference: Bioeconomy in agriculture. Wyd. IUNG – PIB Puławy, 21–22 czerwca 2016, 70–71.
- Schweinsberg-Mickan M., Müller T., 2009. Impact of effective microorganisms and other biofertilizers on soil microbial characteristics, organic-matter decomposition, and plant growth. J. Plant Nutr. Soil Sci. 172, 704–712, DOI: 10.1002/jpln.200800021.
- Sobolewski J., Gidlewska A., Szczech M., Robak R., 2013. *Trichoderma* spp. jako zaprawa nasienna przeciwko zgorzelom siewek roślin warzywnych. Prog. Plant Prot. 53, 340–344.
- Stewart D.P.C., Daly M.J., 1999. Influence of “effective microorganisms” (EM) on vegetable production and carbon mineralization – a preliminary investigation. J. Sus. Agric. 14, 15–25.
- Stępień A., Adamiak E., 2009. Efektywne Mikroorganizmy (EM-1) i ich wpływ na występowanie chorób zbóż. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin 49(4), 2027–2040.
- Solarska E., 2010: Opracowanie technologii produkcji chmielu ekologicznego. Mat. I Lubelskiej Konf. naukowo-technicznej – Mikroorganizmy w rewitalizacji środowiska – nauka i praktyka. Lublin, 23–24 marca 2010, 56–64.
- Szembowski B., 2009. Doświadczenia gospodarstwa rolnego w Trankwicach z biotechnologią EM-Farming™. Naturalne probiotyczne mikroorganizmy. Stow. Ekosystem, Licheń, 56–58.
- Szembowski B., Denisiuk W., 2009. Możliwości zwiększenia plonu bulw ziemniaka w biotechnologii EM-Farming. Wieś Jutra 2, 4.
- Szewczuk C., Sugier D., Baran S., Bielińska E.J., Gruszczyk M., 2016. Wpływ preparatów użyźniających i zróżnicowanych dawek nawozów na wybrane właściwości chemiczne gleb oraz plon i cechy jakościowe bulw ziemniaka. Annales UMCS, sec. E, 71(2), 65–79.
- Szymański N., Patterson R.A., 2003. Effective microorganisms (EM) and wastewater systems in future directions for on-site systems: best management practice. W: Proceedings of On-site '03 Conference. Armidale N.S.W. (ed.). Australia, Lanfax Laboratories, 2003, 347–354.
- Tomalak M., 2007. Rejestracja biologicznych środków ochrony roślin w Europie – nowe perspektywy. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin 47, 233–240.
- Tomalak M., 2010. Rynek biologicznych środków ochrony roślin i przepisy legislacyjne. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin 50, 1053–1063.
- Tomalak M., Sosnowska D., Lipa J.J., 2010. Tendencje rozwoju metod biologicznych w ochronie roślin. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin 50, 1650–1660.
- Tompson J.A., 1991. Legume inoculant production and control. W: Report on expert consultation on legume inoculants production and control, FAO, Rome, Italy, 15–32.
- Trawczyński C., Bogdanowicz P., 2007. Wykorzystanie użyźniacza glebowego w aspekcie ekologicznej uprawy ziemniaka. J. Res. App. Agric Eng. 52(4), 12–21.
- Vaitkevičienė N., 2016. The effect of biodynamic preparations on the accumulation of biologically active compounds in the tubers of different genotypes of ware potatoes. Doctoral dissertation. Agricultural Sciences, Agronomy (01A), ASU, Akademija, Kaunas, Lithuania, 2016, pp. 212.
- Valarini P.J., Alvarez M.C.D., Gasco J.M., Guerrero F., Tokeshi H., 2002. Integrated Evaluation of soil quality after the incorporation of organic matter and microorganism. Braz. J. Microorg. 33, 35–40.
- Van Vliet P.C.J., Bloem J., De Goede R.G.M., 2006. Microbial diversity, nitrogen loss and grass production after addition of effective microorganisms (EM) to slurry manure. Appl. Soil Ecol. 32, 188–198.
- Widuch E., 2009. Niewidzialni dobroczyńcy. Naturalne probiotyczne mikroorganizmy. Stow. Ekosystem, Licheń, 27.
- Wielgosz E., Dziamba Sz., Dziamba J., 2010. Effect of application of EM spraying on the populations and activity of soil microorganisms occurring in the root zone of spring barley. Pol. J. Soil Sci. 43, 65–72.
- Wojdyła T., 1997. Smakowitość bulw ziemniaka w zależności od zastosowanych fungicydów i nawożenia azotem. Fragm. Agron. 14(4), 4–6.

- Wrońska I., Onyszek M., Cybulska K., Telesiński A., Mahdi-Oraibi S., 2015. Zawartość biomasy żywych mikroorganizmów oraz ich liczebność w glebie ogrodniczej wzbogaconej biopreparatem. *Proceedings of ECOpole* 9(2), 795–801, DOI: 10.2429/proc.2015.9(2)090.
- Xu H.L., 2000. Effects of a microbial inoculant and organic fertilizer on the growth, photosynthesis and yield of sweet corn. *JCP* 3, 183–214.
- Zarzecka K., Gugała M., 2013. Wpływ użyźniacza glebowego UGmax na plon ziemniaka i jego strukturę. *Biul. IHAR* 267, 107–112.
- Zgoła K., 2009. Praktyczne aspekty stosowania biotechnologii EM-Farming™ w rolnictwie. *Naturalne probiotyczne mikroorganizmy*. Stow. Ekosystem, Licheń, 58–61.
- Ziarati P., El-Esawi M., Sawicka B., Umachandran K., El Din Mahmoud A., Hochwimmer B., Vambol S., Vambol V., 2019. Investigation of Prospects for Phytoremediation Treatment of Soils Contaminated with Heavy Metals. *J. Med. Discov.* 4(2), 1–16, jmd19011, DOI:10.24262/jmd.4.2.19011.

EFEKTYWNE MIKROORGANIZMY W ROLNICTWIE I PRZETWÓRSTWIE SPOŻYWCZYM

Streszczenie. Społeczeństwo dąży do poprawy stanu środowiska i przywrócenia jego naturalnej równowagi. Wszystkie działania podejmowane w tym kierunku mogą być łatwiejsze do wdrożenia przy użyciu efektywnych mikroorganizmów (EM). Można je stosować w rolnictwie, przetwórstwie spożywczym, ochronie gleby, ochronie środowiska i produkcji zwierzęcej. W rolnictwie skuteczne organizmy można wykorzystać między innymi do opryskiwania roślin i ich nawadniania, bez wpływu na zdrowie ludzi, roślin i zwierząt; do szczepienia sadzonek roślin przed sadzeniem, w celu zmniejszenia lub wyeliminowania środków ochrony roślin przed patogenami i chorobami; do zwalczania szkodników upraw, w celu uzupełnienia działania innych środków ograniczających obecności szkodników; podczas przechowywania surowców roślinnych w chłodniach i magazynach w celu poprawy jakości i trwałości owoców i warzyw; w celu zwiększenia aktywności biologicznej gleby; do poprawy kontroli szkodników owadów.

Słowa kluczowe: biotechnologia, efektywne mikroorganizmy, rolnictwo, ochrona środowiska, przetwarzanie składników odżywczych

EFFECTIVE MICROORGANISMS IN AGRICULTURE AND FOOD PROCESSING

Summary. Society strives to improve the environment and restore its natural balance. All actions undertaken in this direction can be easier to implement using effective microorganisms (EM). They can be used in agriculture, food processing, soil protection, environmental protection and animal production. In agriculture, effective organisms can be used, among others, for: spraying plants and watering them, without affecting the health of humans, plants and animals; for grafting new plants before planting, in order to reduce or eliminate plant protection products against pathogens and diseases; for the control of crop pests, to supplement the action of other measures aimed at reducing the presence of pests; during storage of plant raw materials in cold stores and warehouses to improve the quality and durability of fruit and vegetables; to increase soil biological activity; for improving the control of insect pests.

Key words: agriculture, biotechnology, effective microorganisms, environmental protection, food processing

Mikołaj Kostryco¹, Mirosława Chwil²

BIOAKTYWNE ZWIĄZKI I LECZNICZE DZIAŁANIE LIŚCI MALINY WŁAŚCIWEJ (*Rubus idaeus* L.)

Wstęp

Malina właściwa (*Rubus idaeus* L.) jest szeroko rozpowszechniona w Europie, Azji i Ameryce. Gatunek ten pochodzi z Azji Mniejszej [Alice i Cambell 1999]. Już w czasach starożytnych były spożywane owoce maliny właściwej [Roach 1985, Dubeny 1996]. Od wieków w wielu krajach ekstrakty z różnych organów *R. idaeus* były tradycyjnie używane w medycynie ludowej m.in. w leczeniu przeziębienia, stanów zapalnych ran, dysfunkcji oczu, zaburzeń pokarmowych i jako środek ściągający oraz ułatwiający poród [Rojas-Vera i in. 2002, Patel i in. 2004, Ferlemi i Lamari 2016]. Bioaktywne związki o znaczeniu farmakologicznym pozyskuje się z kilku surowców *R. idaeus*: liści (*Rubi idaei folium*), owoców (*Rubi idaei fructus*) i nasion (*Rubi idaei semen*) w celach: leczniczych, kosmetycznych i spożywczych oraz nowych, nietoksycznych, opłaczalnych i przyjaznych dla środowiska nanotechnologiach [Tămaş i in. 2005, Pradeepa i in. 2014]. Udokumentowano, że zielone nanocząstki z użyciem ekstraktu z liści *R. idaeus* działają przeciwbakteryjnie w stosunku do *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* i *Escherichia coli* [Pradeepa i in. 2014]. Celem pracy było wskazanie substancji biologicznie czynnych i ich działania na podstawie przeglądu wybranej najnowszej literatury naukowej.

Substancje biologicznie czynne

W ekstrakcie liści roślin *R. idaeus* występujących w różnych miejscach Litwy ogólna zawartość związków fenolowych wahała się 0,3–12,0 mg GA g⁻¹ [Venskutonis i in. 2007]. W roztworze tym zidentyfikowano: glukuronid kwercetyny, 3-O-glukozyd kwercetyny i glukozylramnozyd kwercetyny (rutynę)

¹ Katedra Botaniki i Fizjologii Roślin, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

² Katedra Botaniki i Fizjologii Roślin, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, e-mail: mirosława.chwil@up.lublin.pl

[Venskutonis i in. 2007, Dvaranauskaite i in. 2008]. Z kolei zawartość fenoli w liściach tego gatunku dziko rosnącego w centralnym regionie Bałkanów mieściła się w przedziale 59,7–96,8 mg GA g⁻¹ [Veljkovic i Djordjevic 2019].

Zawartość garbników i antocyjanów w liściach różnych odmian *R. idaeus* wynosiła odpowiednio 1,3 mg mL⁻¹ i 9 mg mL⁻¹ [Veljkovic i Djordjevic 2019]. W innych badaniach procentowy udział garbników i kwasów fenylokarboksylowych w ekstrakcie liści maliny zwyczajnej wynosił odpowiednio 2,3–13,2% i 1,13% [Gudej i Tomczyk 2004, Cobzac i in. 2005, Costea i in. 2016]. Zawartość kwasu p-kumarowego i kwasu ferulowego wynosiła odpowiednio 17,6% i 4,9%, z kolei kwas askorbinowy stanowił 4,4% [Costea i in. 2016].

Wśród garbników dominował kwas elagowy i elagotanniny. Kwas elagowy stanowił 2,1–4,32%. Liście *R. idaeus* zawierały większą ilość garbników niż inne gatunki z rodzaju *Rubus* [Gudej i Tomczyk 2004]. Zawartość flawonoidów w tym surowcu oscylowała w granicach 0,1–0,8% [Cobzac i in. 2005, Costea i in. 2016]. W grupie tej zidentyfikowano 16 flawonoidów w tym: 4 pochodne kwercetyny, 2 pochodne luteoliny, 8 pochodnych kemferolu i 2 pochodne izoramnetyny [Li i in. 2016].

Ogólne stężenie przeciwutleniaczy w ekstraktach wodnych liści *R. idaeus* w zależności od próby wynosiło powyżej 7,7%, 7,8% i 11% AC. Wśród nich dominował kwas elagowy (10,8–19,7 mg/l), następnie epikatechina (1,5–3,9 mg/l), procyanidyna B1 (3,8 mg/l) i kwas galusowy (1,5–1,9 mg/l) [Buricova i in. 2011]. W miarę starzenia się liści zmniejszała się aktywność antyoksydacyjna i całkowita zawartość fenoli [Wang i Lin 2000].

W liściach trzech popularnie uprawianych odmian *R. idaeus* ogólna zawartość cukrów, tłuszczów, błonnika pokarmowego wynosiła odpowiednio: 6,2; 2,2 i 58%. Z kolei koncentracja karotenów i chlorofilu oscylowała w granicach 4,3–4,4 i 4–4,3 mg·g⁻¹ f.w. Zawartość kwasów tłuszczowych w ekstrahowanym tłuszczu wynosiła 55%. Wśród nich dominował kwas palmitynowy (18,1%), arachidonowy (9,2%), lignocerynowy (8,8%), stearynowy (5,1%) i mirystynowy (2,2%) [Chwil i Kostryco 2018]. W liściach występowały witaminy (A, B kompleks, C i E), makroelementy (Ca, Fe, Mg, P, K, Na) i mikroelementy (Cu, Mn, Zn) oraz Se i V [Blumenthal i in. 1999, Gallaher i in. 2006, Antal i in. 2009, 2010]. A także sterole (0,9%) (stigmasterol i β -sitosterol) [Rojas-Vera i in. 2002, Patel i in. 2004, Costea i in. 2016]. Liście *R. idaeus* są stosowane w postaci herbat, mieszanek ziołowych, tabletek, mrożonych chipsów i kremów [Mellgren 2001]. Obecnie wzrasta zainteresowanie fitozwiązkami wielu gatunków roślin i wykorzystaniem ich w fitoterapii [Vera i in. 2006, Ghalayini i in. 2011].

Działanie

Wyciągi z liści *R. idaeus* stanowią źródło biologicznie czynnych związków głównie polifenoli, flawonoidów, antocyjanów i witamin o właściwościach an-

tyksoydacyjnych [Wang i Lin 2000, Buricova i in. 2011, Costea i in. 2016, Chwil i Kostryco 2018]. Surowiec *Rubi idaei folium* stosowany w diecie może uzupełnić dzienne spożycie naturalnych przeciwutleniaczy wpływających korzystnie na organizm [Durgo i in. 2012]. Według Gião i in. [2012] stwierdzili, że proces trawienia (*in vitro*) nie wpływa na właściwości związków przeciwutleniających. Kreander i in. [2006] podają, że spożycie tego surowca ma wpływ na wchłanianie równocześnie przyjmowanych leków (*in vivo*). Grupa polifenoli wykazuje właściwości przeciwpłytkowe, przeciwzapalne i przeciwzakrzepowe z tego względu określana jest jako naturalne leki kardioprotekcyjne. Związki te korzystnie wpływają na agregację płytek krwi, prawdopodobnie poprzez modulację stanu utlenienia zależnego od aktywności oksydacyjnej neutrofilów [Dudzinska i in. 2016].

W badaniach (*in vitro*) stwierdzono rozkurczające działanie metanolowego ekstraktu z liści *R. idaeus* na mięśnie układu pokarmowego świnki morskiej [Rojas-Vera i in. 2002]. W roztworze tym głównie związki triterpenowe (olean-18-ene-1 β , 2 α , 3 α -triol) działały rozkurczająco na mięśnie gładkie tych zwierząt [Vera i in. 2006, Patel i in. 2007].

Od dawna kobiety w ciąży w wielu krajach Europy i Ameryki Północnej oraz w Chinach stosują *Rubi idaei folium* jako środek ułatwiający poród [Westfall 2001, Simpson i in. 2001]. W doniesieniach literaturowych istnieje pogląd, że spożywanie preparatów z liści maliny zwyczajnej ułatwia proces porodu m.in. zwiększa siłę skurczów porodowych [Mills 1989, McFarlin i in. 1999, Hoffman 1990]. Po spożyciu tego surowca nie odnotowano działań niepożądanych u matki i dziecka [Parsons i in. 1999, Simpson i in. 2001]. Inni autorzy twierdzą, że liście *R. idaeus* stosowane przez pacjentki nie skracają pierwszego okresu porodu, natomiast drugi okres był nieznacznie krótszy (około 10 min) [Simpson i in. 2001, Dante i in. 2013]. Johnson i in. [2009] podają, że stosowanie liści malin w czasie ciąży było związane ze zwiększoną długością czasu ciąży. Stosowanie tego surowca w okresie ciąży może mieć długoterminowe konsekwencje dla zdrowia dziecka i budzić obawy o bezpieczeństwo. Według Olson i DeGolier [2016], liście maliny zwyczajnej są tradycyjnie stosowane jako ziołowy środek o działaniu uterotonicznym, jednak nie odnosi się do względnej skuteczności w procesie porodu.

W badaniach fitozwiązków o działaniu antynowotworowym, ekstrakt z liści *R. idaeus* wykazał wysoką aktywność cytotoksyczną w stosunku do linii komórek białaczki HL60 [Skupień i in. 2006]. Roztwór ten wpływał także na proliferację i apoptozę komórek nowotworu krtani (HEp2) i gruczolaka jelita [Durgo i in. 2012]. Zawarte w ekstrakcie liści *R. idaeus* ellagitanniny (sanguin H-6, SH-6 i lambertianina C) działały geno- i cytotoksyczne na linie komórkowe gruczolakoraka okrężnicy Caco-2. Indukowały uszkodzenie DNA w zakresie 7,3–56,8%, powodowały dwuniciowe pęknięcia i utlenianie zasad DNA oraz apoptozę komórek Caco-2 [Nowak i in. 2017]. Ekstrakty z liści działały przeciwnowotworowo w stosunku do linii komórek ludzkiego raka jelita grubego HCT-116 [Veljkovic i Djordjevic 2019]. Uwzględniając chemoprewencyjną aktywność elagotanin, związki te w odpowiednich surowcach mogą być stoso-

wane jako naturalny dodatek do żywności w celu zwiększenia korzyści zdrowotnych [Ismail i in. 2016, Nowak i in. 2017]. Naturalnym polifenolem jest kwas elagowy o właściwościach przeciwzapalnych, przeciwproliferacyjnych, przeciwingiennych, przeciwnowotworowych i przeciwutleniających, stosowany w farmakologii, przemyśle spożywczym i kosmetycznym oraz medycynie [Kilic i in. 2014].

Ekstrakt z liści *R. idaeus* rozpuszczalny w tłuszczach jest wykorzystywany w kosmetykach do pielęgnacji skór: jako składnik nawilżający w balsamach do twarzy i ciała oraz w kremach przeciwzmarszczkowych [Tito i in. 2015]. Roztwór ten zawiera główne grupy fenoli, m.in. flawonole i kwasy fenolowe, działa antyoksydacyjnie i przeciwdrobnoustrojowo wobec Gram-dodatnich i Gram-ujemnych szczepów, w stosunku do *Escherichia coli* (ATCC 8739), a także drożdży [Milenkovic-Andjelkovic i in. 2016, Veljkovic i Djordjevic 2019].

Podsumowanie

Liście *R. idaeus* stanowią źródło bioaktywnych związków, m.in. antocyjanów, flawonoidów, garbników, kwasów fenolowych, kwasów tłuszczowych i polifenoli o znaczeniu farmakologicznym. Substancje te działają antyoksydacyjnie, antyproliferacyjnie, przeciwzapalnie, przeciwzkrzepowo, regeneracyjnie na skórę oraz antybakteryjnie w stosunku do *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* i *Escherichia coli*. Wykazują także aktywność cytotoksyczną w stosunku do linii komórek: białaczki HL60, nowotworu krtani (HEp2), gruczolaka okrężnicy Caco-2 i raka jelita grubego HCT-116. *Rubi idaei folium* może stanowić funkcjonalny składnik żywności lub suplement diety. Właściwości immunomodulujące, antyoksydacyjne, przeciwdrobnoustrojowe predysponują *Rubi idaei folium* do wykorzystania w fitoterapii oraz jako dodatek do produktów spożywczych. Wybrane fitozwiązki liści *R. idaeus* mogą być wykorzystane także do oceny jakości tego surowca lub w chemotaksonomii roślin z rodzaju *Rubus*. Potrzebne są dalsze badania eksperymentalne w celu wyjaśnienia mechanizmów działania biologicznie czynnych substancji liści *R. idaeus*, ich właściwości funkcjonalnych i efektów farmakologicznych, a także bezpieczeństwa stosowania i skuteczności działania tego surowca. Istotne różnice w składzie chemicznym ekstraktów liści *R. idaeus*, stanowiące np. składnik mieszanek ziołowych, wymagają szczegółowego badania w zakresie standaryzacji.

Piśmiennictwo

- Alice L.A., Campbell S.A., 1999. Phylogeny of *Rubus* (Rosaceae) based on nuclear ribosomal DNA internal transcribed spacer region sequences. *Am. J. Bot.* 86(1), 81–97, <https://doi.org/10.2307/2656957>.

- Antal D.S., Canciu C., Denelean C., Anke M., 2010. How much selenium do medicinal plants contain? Results of a research on wild-growing species from Western Romania. *An. Univ. Oradea. Fasc. Biol.* 17(1), 23–28.
- Antal D.S., Dehelean C.A., Canciu C.M., Anke M., 2009. Vanadium in medicinal plants: new data on the occurrence of an element both essential and toxic to plants and man. *An. Univ. Oradea. Fasc. Biol.* 16(2), 5–10.
- Blumenthal M., Busse W.R., Goldberg A., Gruenwald J., Hall T., Riggins C.W., Rister R.S., 1999. The complete german commission E monographs. Therapeutic guide to herbal medicines. *Ann. Intern. Med.* 130(5), 459, <https://doi.org/10.7326/0003-4819-130-5-199903020-00024>.
- Buricova L., Andjelkovic M., Cermakova A., Reblova Z., Jurcek O., Kolehmainen E., Kvasnicka F., 2011. Antioxidant capacities and antioxidants of strawberry, blackberry and raspberry leaves. *Czech J. Food Sci.* 29(2), 181–189.
- Chwil M., Kostyco M., 2018. Bioactive compounds and antioxidant activity of *Rubus idaeus* L. leaves. *Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus* 17(2), 135–147, <https://doi.org/10.24326/asphc.2018.2.12>.
- Cobzac S., Moldovan M., Olah N.K., Bobos L., Surducan E., 2005. Tannin extraction efficiency, from *Rubus idaeus*, *Cydonia oblonga* and *Rumex acetosa*, using different extraction techniques and spectrophotometric quantification. *Acta Univ. Cibin. Ser. F Chem.* 8(2), 55–59.
- Costea T., Vlase L., Gostin I. N., Olah N.K., Predan G.M.I., 2016. Botanical characterization, phytochemical analysis and antioxidant activity of indigenous red raspberry (*Rubus idaeus* L.) leaves. *Stud. Univ. "Vasile Goldis" Arad. Ser. Stiint. Vietii, Life Sci. Ser.*, 26(4), 463–472.
- Dante G., Pedrielli G., Anessi E., Fachinetti F., 2013. Herb remedies during pregnancy: a systematic review of controlled clinical trials. *J. Matern. Fetal. Neonatal. Med.* 26(3), 306–312, <https://doi.org/10.3109/14767058.2012.722732>.
- Dubeny H.A., 1996. *Brambles*, W: J. Janick, J.N. Moore (red.), *Fruit Breeding. Volume II: Vine and small fruits*, Wiley & Sons, New York, 109–190.
- Dudzinska D., Bednarska K., Boncler M., Luzak B., Watala C., 2016. The influence of *Rubus idaeus* and *Rubus caesius* leaf extracts on platelet aggregation in whole blood. Cross-talk of platelets and neutrophils. *Platelets*, 27(5), 433–439, <http://dx.doi.org/10.3109/09537104.2015.1131254>.
- Durgo K., Belscak-Cvitanovic A., Stancic A., Franekic J., Komes D., 2012. The bioactive potential of red raspberry (*R. idaeus* L.) leaves exhibiting cytotoxic and cytoprotective activity on human laryngeal carcinoma and colon adenocarcinoma. *J. Med. Food* 15(3), 258–268, <https://doi.org/10.1089/jmf.2011.0087>.
- Dvaranauskaitė A., Venskutonis P.R., Labokas J., 2008. Comparison of quercetin derivatives in ethanolic extracts of red raspberry (*Rubus idaeus* L.) leaves. *Acta Ali.* 37(4), 449–461.
- Ferlemi A.V., Lamari F., 2016. Berry leaves: an alternative source of bioactive natural products of nutritional and medicinal value. *Antioxidants* 5(17), 1–20, <https://doi.org/10.3390/antiox5020017>.
- Gallaher R.N., Gallaher K., Marshall A.J., Marshall A.C., 2006. Mineral analysis of ten types of available tea. *J. Food Compos. Anal.* 19, 53–57, <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2006.02.006>.
- Ghalayini I.F., Al-Ghazo M.A., Harfeil M.N., 2011. Prophylaxis and therapeutic effects of raspberry (*Rubus idaeus*) on renal stone formation in Balb/c mice. *Int. Braz. J. Urol.* 37(2), 259–267, <http://dx.doi.org/10.1590/S1677-55382011000200013>.
- Gião M.S., Gomes S., Madureira A.R., Faria A., Pestana D., Calhau C., Malcata F.X., 2012. Effect of *in vitro* digestion upon the antioxidant capacity of aqueous extracts of *Agrimonia eupatoria*, *Rubus idaeus*, *Salvia* sp. and *Satureja montana*. *Food Chem.* 131(3), 761–767, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.09.030>.
- Gudej J., Tomczyk M., 2004. Determination of flavonoids, tannins and ellagic acid in leaves from *Rubus* L. species. *Arch. Pharm. Res.* 27(11), 1114–1119, <https://doi.org/10.1007/BF02975114>.
- Hoffman D., 1990. *The new holistic herbal*. Element Pres, Shaftesbury Dorset, Great Britain.
- Ismail T., Calcabrini C., Diaz A., Fimognari C., Turrini E., Catanzaro E., Akhtar S., Sestili P., 2016. Ellagitannins in cancer chemoprevention and therapy. *Toxins* 8(151), 1–22, <https://doi.org/10.3390/toxins8050151>.

- Johnson J., Makaji R., Ho E., Boya Xiong S., Crankshaw D.J., Holloway A.C., 2009. Effect of maternal raspberry leaf consumption in rats on pregnancy outcome and the fertility of female offspring. *Reprod. Sci.* 16(6), 605–609, <https://doi.org/10.1177/1933719109332823>.
- Kilic I., Yeşiloğlu Y., Bayrak Y., 2014. Spectroscopic studies on the antioxidant activity of ellagic acid. *Spectrochim. Acta A: Mol. Biomol. Spectrosc.* 130(15), 447–452, <https://doi.org/10.1016/j.saa.2014.04.052>.
- Kreander K., Galkin A., Vuorela S., Tammela P., Laitinen L., Heinonen M., Vuorela P., 2006. *In-vitro* mutagenic potential and effect on permeability of co-administered drugs across Caco-2 cell monolayers of *Rubus idaeus* and its fortified fractions. *J. Pharm. Pharm.* 58(11), 1545–1552, <https://doi.org/10.1211/jpp.58.11.0016>.
- Li Z.H., Guo H., Xu W.B., Ge J., Li X., Alimu M., He D.J., 2016. Rapid identification of flavonoid constituents directly from PTP1B inhibitive extract of raspberry (*Rubus idaeus* L.) leaves by HPLC–ESI–QTOF–MS–MS. *J. Chromatogr. Sci.* 54(5), 805–810, <https://doi.org/10.1093/chromsci/bmw016>.
- McFarlin B.L., Gibson M.H., O'Rear J., Harman P., 1999. A national survey of herbal preparation use by nurse-midwives for labor stimulation. Review of the literature and recommendations for practice. *NLM.* 44(3), 205–216, [https://doi.org/10.1016/S0091-2182\(99\)00037-3](https://doi.org/10.1016/S0091-2182(99)00037-3).
- Mellgren J., 2001. Healthy teas. *Gourm. Tetailer.* 22(11), 58–63.
- Milenkovic-Andjelkovic A.S., Andjelkovic M.Z., Radovanovic A.N., Radovanovic B.C., Randjelovic V., 2016. Phenol composition, radical scavenging activity and antimicrobial activity of berry leaf extracts. *Bulg. Chem. Commun.* 48(1), 27–32.
- Mills S., 1989. The a-z of modern herbalism. London, Thorsons.
- Nowak A., Sójka M., Klewicka E., Lipińska L., Klewicki R., Kołodziejczyk K., 2017. Ellagitannins from *Rubus idaeus* L. exert geno- and cytotoxic effects against human colon adenocarcinoma cell line Caco-2. *J. Agric. Food Chem.* 65(14), 2947–2955, <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b05387>.
- Olson A.E., DeGulier T.F., 2016. Contractile activity of *Rubus idaeus* extract on isolated mouse uterine strips. *Bios* 87(2), 39–48, <https://doi.org/10.1893/BIOS-D-15-00001.1>.
- Parsons M., Simpson M., Ponton T., 1999. Raspberry leaves and its effect on labour: safety and efficacy. *Aust. Coll. Midwives. Inc. J.* 12(3), 20–25, [https://doi.org/10.1016/S1031-170X\(99\)80008-7](https://doi.org/10.1016/S1031-170X(99)80008-7).
- Patel A.V., Dacke C.G., Blunden G., Vera J.R., 2007. A Straight-chain alcohol glycoside, with smooth muscle relaxant activity, from *Rubus idaeus* (raspberry) leaves. *Nat. Prod. Commun.* 2(9), 913–916, <https://doi.org/10.1177/1934578X0700200908>.
- Patel A.V., Rojas-Vera J., Dacke C.G., 2004. Therapeutic constituents and actions of *Rubus* species. *Curr. Med. Chem.* 11(11), 1501–1512, <https://doi.org/10.1177/1934578X0700200908>.
- Pradeepa M., Harini K., Ruckmani K., Geetha N., 2014. Extracellular bio-inspired synthesis of silver nanoparticles using raspberry leaf extract against human pathogens. *Int. J. Pharm. Sci. Rev. Res.* 25(2), 160–165.
- Roach F.A., 1985. Cultivated fruits in Britain. Basil Blackwell Publisher Ltd. Oxford, UK.
- Rojas-Vera J., Patel A.V., Dacke C.G., 2002. Relaxant activity of raspberry (*Rubus idaeus*) leaf extract in guinea-pig ileum *in vitro*. *Phytother. Res.* 16(7), 665–668, <https://doi.org/10.1002/ptr.1040>.
- Simpson M., Parsons M., Greenwood J., Wade K., 2001. Raspberry leaf in pregnancy: its safety and labour. *J. Midwifery Womens Health* 46(2), 51–59, [https://doi.org/10.1016/S1526-9523\(01\)00095-2](https://doi.org/10.1016/S1526-9523(01)00095-2).
- Skupień K., Oszmiański J., Kostrzewa-Nowak D., Tarasiuk J., 2006. *In vitro* antileukemic activity of extracts from berry plant leaves against sensitive and multidrug resistant HL60 cells. *Cancer Lett.* 236(2), 282–291, <https://doi.org/10.1016/j.canlet.2005.05.018>.
- Tămaş M., Bendec D., Oniga I., Ilioaia O., 2005. Ghid pentru recunoaşterea şi recoltarea plantelor medicinale. Flora spontană. Editura Dacia, Cluj-Napoca, 88–89.

- Tito A., Bimonte M., Carola A., De Lucia A., Barbulova A., Tortora A., Colucci G., Apone F., 2015. An oil-soluble extract of *Rubus idaeus* cells enhances hydration and water homeostasis in skin cells. *Int. J. Cosmet. Sci.* 37(6), 1–7, <https://doi.org/10.1111/ics.12236>.
- Veljkovic B., Djordjevic Z., 2019. Antioxidant and anticancer properties of leaf and fruit extracts of the wild raspberry (*Rubus idaeus* L.). *Not. Bot. Horti Agrobot. Cluj-Na.* 47(2), 359–367, <https://doi.org/10.15835/nbha47111274>.
- Venskutonis P.R., Dvaranauskaitė A., Labokas J., 2007. Radical scavenging activity and composition of raspberry (*Rubus idaeus*) leaves from different locations in Lithuania. *Fitoterapia* 78(2), 162–165, <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2006.10.001>.
- Vera J.R., Dacke C.G., Patel A.V., Blunden G., 2006. Triterpenoids, including one with smooth muscle relaxant activity, from *Rubus idaeus* (raspberry) leaves. *Nat. Prod. Commun.* 1(8), 613–617, <https://doi.org/10.1177/1934578X0600100803>.
- Wang S.Y., Lin H.S., 2000. Antioxidant activity in fruits and leaves of blackberry, raspberry, and strawberry varies with cultivar and developmental stage. *J. Agric. Food Chem.* 48(2), 140–146, <https://doi.org/10.1021/jf9908345>.
- Westfall R.E., 2001. Herbal medicine in pregnancy and childbirth. *Adv. Ther.* 18(1), 47–55, <https://doi.org/10.1007/BF0285025>.

BIOAKTYWNE ZWIĄZKI I LECZNICZE DZIAŁANIE LIŚCI MALINY WŁAŚCIWEJ
(*Rubus idaeus* L.)

Streszczenie. Ekstrakty z różnych organów maliny właściwej (*Rubus idaeus* L.) od wieków w wielu krajach były tradycyjnie używane w medycynie ludowej. Bioaktywne związki o znaczeniu farmakologicznym pozyskuje się z kilku surowców tego gatunku: *Rubi idaei folium*, *Rubi idaei fructus*, *Rubi idaei semen*. Liście *R. idaeus* stanowią źródło bioaktywnych związków, m.in. antocyjanów, flawonoidów, garbników, kwasów fenolowych, kwasów tłuszczowych i polifenoli oraz błonnika pokarmowego, barwników fotosyntetycznych, witamin i pierwiastków odżywczych. W niniejszej pracy, opierając się na danych literaturowych, przedstawiono najnowsze doniesienia na temat substancji biologicznie czynnych w liściach maliny właściwej i ich możliwości zastosowania w fitoterapii. Substancje biologicznie czynne liści *R. idaeus* m.in. działają antoksydacyjnie, antyproliferacyjnie, przeciwzapalnie, przeciwzakrzepowo, regeneracyjnie na skórę oraz antybakteryjnie oraz cytotoksycznie w stosunku do linii komórek: białaczki HL60, nowotworu krtani (HEp2), gruczolakoraka okrężnicy Caco-2 i raka jelita grubego HCT-116.

Słowa kluczowe: substancje biologicznie czynne, fitoterapia, fitozwiązki, Rosaceae, *Rubi idaei folium*

BIOACTIVE COMPOUNDS AND THERAPEUTIC ACTIVITY OF RASPBERRY (*Rubus idaeus* L.)
LEAVES

Summary. Extracts from various organs of raspberry (*Rubus idaeus* L.) have been traditionally used in the folk medicine of many countries for centuries. Pharmacologically important bioactive compounds are obtained from several raw materials of this species: *Rubi idaei folium*, *Rubi idaei fructus*, and *Rubi idaei semen*. *R. idaeus* leaves are a source of bioactive compounds, e.g. anthocyanins, flavonoids, tannins, phenolic acids, fatty acids, polyphenols dietary fibre, photosynthetic dyes, vitamins, and nutrients. The present study based on literature data compiles the latest reports on biologically active substances contained in raspberry leaves and their application in phytothera-

py. Biologically active substances in *R. idaeus* leaves have been found to exert antioxidant, anti-proliferative, anti-inflammatory, antithrombotic, skin-regenerative, and antibacterial effects. They also have cytotoxic activity against HL60 leukaemia, larynx cancer (HEp2), Caco-2 colon adenocarcinoma, and colon cancer HCT-116 cell lines.

Key words: biologically active substances, phytochemicals, phytotherapy, Rosaceae, *Rubi idaei folium*

Paulina Terlecka¹, Paulina Iwaniuk², Karol Terlecki³

RUTWICA LEKARSKA (*Galega officinalis* L.) I JEJ WŁAŚCIWOŚCI HIPOGLIKEMIZUJĄCE

Wstęp

Cukrzyca typu II jest chorobą metaboliczną polegającą na upośledzeniu wydzielania insuliny u osób z insulinopornością. Skutkuje zaburzeniami gospodarki węglowodanowej w postaci hiperglikemii [Nasri i Rafieian-Kopaei 2014]. Jest to najczęstsza (85–90%) postać cukrzycy występująca zazwyczaj u osób z otyłością brzuszną o małej aktywności fizycznej [Walicka i in. 2015, Walkiewicz i in. 2016]. Wczesne wykrycie stanów przedcukrzycowych (IGT, ang. *impaired glucose tolerance* – nieprawidłowa tolerancja glukozy i IFG, ang. *impaired fasting glycaemia* – nieprawidłowa glikemia na czczo) i cukrzycy zmniejsza ryzyko rozwoju przewlekłych powikłań: retinopatii, nefropatii, neuropatii cukrzycowej, zespołu stopy cukrzycowej i powikłań makroangiopatycznych [Walicka i in. 2015].

Od wielu lat obserwuje się wzrost zachorowalności na cukrzycę. W 2017 r. ogółem na tę chorobę chorowało 425 mln ludzi na świecie. International Diabetes Federation prognozuje, że do 2045 r. liczba ta wzrośnie do 629 mln. Cukrzyca typu II stanowi przeważającą część i dotyczy aż 90% wszystkich rozpoznań. Niepokojący wzrost liczby osób z cukrzycą spowodował, że choroba ta została uznana za globalną epidemię [Briones i in. 2016].

W terapii cukrzycy niezmiennie istotne jest postępowanie nefarmakologiczne, polegające na edukacji pacjentów, zachęcaniu do aktywności fizycznej, prowadzenia zdrowego stylu życia z odpowiednio zbilansowaną dietą, a także redukcji masy ciała u osób z nadwagą lub otyłych. Takie działania pozwalają na skuteczne kontrolowanie cukrzycy typu II, jednakże u wielu pacjentów konieczne jest zastosowanie leczenia farmakologicznego. W cukrzycy typu II stosuje się leki poprawiające wrażliwość tkanek na insulinę i zwiększające wychwyt obwodowy glukozy, preparaty powodujące wzrost wydzielania insuliny (np. pochodne sulfonylomocznika), a także insulinę. Z uwagi na możliwe działania niepożą-

¹ Katedra i Klinika Pneumonologii, Onkologii i Alergologii, Uniwersytet Medyczny w Lublinie, e-mail: paulina.chwil@gmail.com

² Katedra i Klinika Anestezjologii i Intensywnej Terapii, Uniwersytet Medyczny w Lublinie

³ Katedra i Klinika Chirurgii Naczyń i Angiologii, Uniwersytet Medyczny w Lublinie

dane związane ze stosowaniem leków przeciwcukrzycowych w ostatnich latach obserwuje się wzrost zainteresowania związkami aktywnymi pochodzenia naturalnego i możliwością wykorzystania właściwości fitoterapeutycznych odpowiednich gatunków roślin w terapii wspomagającej cukrzycy [Tripathi i Chandra 2009, Gnalicka i Jabłecka 2013].

Celem pracy było określenie korzystnego działania rutwicy lekarskiej (*Galega officinalis* L.) i jej właściwości przeciwcukrzycowych na podstawie przeglądu aktualnych oryginalnych publikacji naukowych.

Występowanie i charakterystyka morfologiczna

Rutwica lekarska (*Galega officinalis* L.) należy do rodziny bobowatych (*Fabaceae*). Gatunek ten w naturalnym środowisku występuje na południu i południowym wschodzie Europy, w Afryce Północnej i w Azji [Szwejkowski 2003]. Liczne odmiany tego gatunku uprawiane są w wielu krajach, również w Polsce, na cele lecznicze [Czerpak i Jabłońska-Trypuć 2008].

W Polsce w naturalnym środowisku rośnie na południu kraju, głównie na mokrych łąkach, w pobliżu rowów, na przydrożach i na stanowiskach antropogenicznych [Różański i Wróbel 2017]. W miejscach tych rutwica lekarska jest zwykle zawleczona [Rutkowski 2018]. Surowcem zielarskim jest ziele (*Galegae herba*). Górne części pędów zbierane są w czasie rozkwitania kwiatów [Czerpak i Jabłońska-Trypuć 2008].

Pędy rutwicy lekarskiej dorastają do 100 cm wysokości. Wzniesione łodygi wykształcają liście nieparzystopierzaste, od 5 do 8 par lancetowatych listków o długości do 4 cm, z dużymi, zastrzonymi przylistkami. Młode liście były używane jako warzywo i dodawane do sałatek [Podbielkowski i Sudnik-Wójcikowska 2003]. Rutwica lekarska kwitnie w lipcu i sierpniu. Kwiaty o długości 1 cm mają długie szypułki i są zebrane w wielokwiatowe grona, wyrastające z kątów liści. Zrośnięty pięciorzębki kielich ma kształt dzwonkowaty. Płatki korony mają zabarwienie niebieskie, rzadko białe. Owocem jest strąk o długości około 2–3 cm. Rutwica należy do roślin leczniczych, kosmetycznych, jadalnych, trujących i ozdobnych jako bylina rabatowa. W południowej Europie jest uprawiana jako roślina pastewna. W Polsce gatunek ten jest objęty ochroną prawną [Podbielkowski i Sudnik-Wójcikowska 2003, Czerpak i Jabłońska-Trypuć 2008, Rutkowski 2018].

Substancje biologicznie czynne

Rutwica lekarska jest od dawna wykorzystywana w Europie jako roślina lecznicza, wspomagająca leczenie cukrzycy. *Galegae herba* jest bogatym źródłem pochodnych guanidyny: galeginy i hydroksy-4-galeginy. Zawiera także pochodne chinazoliny, garbniki, saponiny, alkaloidy, glikozydy flawonoidowe –

galuteoliny, stachiozę, flawonoidy (luteolinę, kwercetynę, kempferol, izoramnetynę), stachiozę, gorycze i sole mineralne (sole chromu) [Kohlmünzer 2007, Walkiewicz i in. 2016].

Zastosowanie rutwicy lekarskiej w medycynie

W medycynie ludowej rutwica lekarska była stosowana jako środek pobudzający laktację. Jej nazwa pochodzi od greckiego „galega”, co oznacza „stymulant mleka” [Bailey 2017]. Wzmianki o wykorzystaniu rutwicy lekarskiej w leczeniu objawów cukrzycy typu II pochodzą ze średniowiecza [Selby i in. 1997, Bailey i Day 2004, Grzybowska i in. 2011]. W XVII w. stwierdzono właściwości hipoglikemizujące rutwicy lekarskiej [Culpeper 1983]. Z kolei w 1772 r. John Hill zwrócił uwagę, że gatunek ten z powodzeniem można stosować w leczeniu niektórych objawów cukrzycy, np. wzmożonego pragnienia i częstego oddawania moczu [Hadden 2005, Bailey 2017].

Wyekstrahowana z rutwicy lekarskiej guanidyna ze względu na swoją toksyczność nie znalazła zastosowania w lecznictwie, natomiast galegina była stosowana w leczeniu cukrzycy na początku XX w. [Bailey 2017]. Ekstrakty z *G. officinalis* były używane w leczeniu cukrzycy w latach 30. XX w. [Parturier i Hugnot 1935, Bailey i Day 2004, Grzybowska i in. 2011]. Guanidyny dzięki poznany właściwościom hipoglikemizującym stały się prekursorem do syntezy jednej z najważniejszych grup doustnych leków przeciwcukrzycowych – pochodnych biguanidów (metforminy) [Walkiewicz i in. 2016]. Biguanidyny zostały wyizolowane z rutwicy lekarskiej. W pierwszej połowie XX w. prowadzono badania nad syntetycznymi pochodnymi guanidyny, jednakże dopiero w roku 1957 Jean Sterne wykazał hipoglikemizujące działanie dimetylobiguanidu (metforminy) [Grzybowska i in. 2011]. Uznano ją za słabiej działającą niż pozostałe dwa biguanidy (fenformina, buformina), które zostały jednak wycofane z obrotu, ponieważ ich stosowanie wiązało się z dużym ryzykiem rozwoju kwasicy mleczanowej. Metformina została zaakceptowana do ponownego obrotu w USA przez FDA (Food and Drug Administration) dopiero w roku 1995 [Bailey 2017]. Po 60 latach od odkrycia przeciwcukrzycowych właściwości metforminy stała się ona jednym z najczęściej przepisywanych doustnych leków wśród pacjentów z cukrzycą na świecie.

Z innych właściwości substancji aktywnych zawartych w *Galega officinalis* wymienia się działanie bakteriostatyczne, przeciwzapalne, aktywność przeciwwirusową, przyspieszanie gojenia się ran pooperacyjnych oraz wywieranie efektu cytotoksycznego w stosunku do komórek raka piersi. W badaniach przeprowadzonych na myszach udowodniono, że ekstrakt z ziela rutwicy lekarskiej miał działanie hipoglikemizujące, a także redukujące masę ciała [Palit i in. 1999]. Właściwości zmniejszające stężenie glukozy we krwi *Galega officinalis* prawdopodobnie spowodowane są przez poprawę insulinowrażliwości, zwiększenie

obwodowego wychwyty glukozy, zwiększenie transportu glukozy, hamowanie glukoneogenezy i glikogenolizy wątrobowej oraz zmniejszenie wchłaniania glukozy w jelicie cienkim [Walkiewicz i in. 2016].

Metformina

Metformina jest lekiem z grupy pochodnych biguanidu, stanowiącym leczenie pierwszego rzutu w terapii cukrzycy typu II i szeroko stosowanym na całym świecie od ponad 50 lat [Vigneri i Goldfine 1987, Gnalicka i Jabłicka 2013, Inzucchi i in. 2015, Briones i in. 2016, Cui i Schröder 2016, Walkiewicz i in. 2016, Garber i in. 2017]. Lek ten stał się najczęściej przepisywanym środkiem obniżającym stężenie glukozy we krwi na całym świecie [WHO 2015]. Metformina uważana jest za lek o korzystnym profilu bezpieczeństwa. Z najczęściej występujących działań niepożądanych wymienia się zaburzenia żołądkowo-jelitowe takie jak nudności, wymioty, biegunka, dolegliwości bólowe jamy brzusznej lub utratę apetytu. Z tego względu terapię rozpoczyna się zwykle od mniejszych dawek, które następnie są odpowiednio modyfikowane. Metformina może również być odpowiedzialna za występujący rzadko, ale poważny stan w postaci kwasicy mleczanowej (kwasica mleczanowa związana z leczeniem metforminą, ang. *Metformin-Associated Lactic Acidosis*) [Lalau i in. 2017]. Jednakże, porównując do buforminy lub fenforminy, kwasica mleczanowa w przypadku stosowania metforminy występowała rzadziej i zazwyczaj wiązała się z przyjmowaniem tego leku przez pacjentów z przewlekłą lub ostrą niewydolnością nerek [Luft i in. 1978, Lalau 2010, Królik i in. 2018].

Metformina swoje działanie hipoglikemizujące wykazuje poprzez:

- poprawę insulinowrażliwości, zwiększenie aktywności AMPK (kinazy białkowej aktywowanej przez AMP) $\alpha 2$ w mięśniach szkieletowych i zwiększenie obwodowego wychwyty glukozy [Musi i in. 2002],
- zwiększenie transportu glukozy przez błonę wszystkich typów transporterów glukozy (GLUTs) [Hamann i in. 1993, Ryder i in. 2000],
- wpływ na wątrobową produkcję glukozy (hamuje glukoneogenezę i glikogenolizę wątrobową),
- zmniejszenie jelitowego wchłaniania glukozy [Wilcock i Bailey 1991].

Metformina w przeciwieństwie do pochodnych sulfonilomocznika i insuliny, nie powoduje hipoglikemii, co więcej obniża stężenie wolnych kwasów tłuszczowych (WKT) [Arner 2001] oraz u niektórych chorych wspomaga redukcję masy ciała. Wyniki badania UKPDS (United Kingdom Prospective Diabetes Study) opublikowane w 1998 r. dowodzą, że u pacjentów chorych na cukrzycę typu II z nadwagą zanotowano mniejsze przyrosty wagi i mniej epizodów hipoglikemii w porównaniu z grupą leczoną pochodnymi sulfonilomocznika lub insuliną [Grzybowska i in. 2011].

U osób z cukrzycą typu II poddanych terapii metforminą jest mniejsze ryzyko rozwoju chorób nowotworowych w porównaniu z chorymi nieleczonymi metforminą. Na podstawie obserwacyjnego badania kohortowego potwierdzono słuszność tej hipotezy i wykazano, że pacjenci leczeni metforminą charakteryzują się mniejszym ryzykiem powstawania nowotworu w porównaniu z chorymi na cukrzycę typu II, u których nigdy nie stosowano metforminy [Evans i in. 2005, Libby i in. 2009]. Również w badaniu ZODIAC-16 wykazano, że pacjenci z cukrzycą typu II mają zwiększone ryzyko zgonu z powodu nowotworu. Metformina wykazywała ochronne działanie i wiązała się ze zmniejszeniem umieralności na raka w porównaniu z grupą kontrolną nieotrzymującą tego leku [Landman i in. 2010]. Ponadto metformina zmniejsza ryzyko rozwoju raka piersi u kobiet z współistniejącą cukrzycą typu II [Bodmer i in. 2010].

Wykazano, że nie tylko pacjenci z cukrzycą typu II odnoszą realne korzyści z przyjmowania metforminy. Również otyli chorzy na cukrzycę typu I (insulinozależna) po włączeniu do terapii metforminy osiągalni istotne statystycznie zmniejszenie dobowego zapotrzebowania na insulinę i poprawę wartości hemoglobiny glikowanej [Khan i in. 2006].

Podsumowanie

Potencjał terapeutyczny *Galega officinalis* L. znalazł potwierdzenie w wielu badaniach naukowych, a także w praktycznym zastosowaniu tej rośliny w medycynie ludowej. *Galegae herba* jest bogatym źródłem pochodnych guanidyny. Dzięki właściwościom hipoglikemizującym związki te stały się prekursorem do syntezy jednej z najważniejszych grup doustnych leków przeciwcukrzycowych – pochodnych biguanidów (metforminy). Liczne badania wykazały skuteczność rutwicy lekarskiej w obniżaniu poziomu glukozy we krwi u osób chorych na cukrzycę typu II, a także pozytywny wpływ na redukcję masy ciała. Z innych właściwości *Galega officinalis* wymienia się jej działanie bakteriostatyczne, przeciwzapalne, aktywność przeciwwirusową, przyspieszanie gojenia się ran pooperacyjnych oraz działanie przeciwnowotworowe. Odpowiednie preparaty pochodzenia roślinnego mogą stanowić uzupełnienie standardowej terapii cukrzycy typu II.

Piśmiennictwo

- Arner P., 2001. Free fatty acids – do they play a central role in type 2 diabetes? *Diabetes Obes. Metab.* 3: 11–19, <https://doi.org/10.1046/j.1463-1326.2001.00031.x>.
- Bailey C.J., 2017. Metformin: historical overview. *Diabetologia* 60(9), 1566–1576, <https://doi.org/10.1007/s00125-017-4318-z>.
- Bailey C.J., Day C., 2004. Metformin: its botanical background. *Prac. Diab. Int.* 21(3), 115–117, <https://doi.org/10.1002/pdi.606>.

- Bodmer M., Meier C., Krähenbühl S., Jick S.S., Meier C.R., 2010. Long-term metformin use is associated with decreased risk of breast cancer. *Diabetes Care* 33(6), 1304–1308, <https://doi.org/10.2337/dc09-1791>.
- Briones R.M., Sarmah A.K., Padhye L.P., 2016. A global perspective on the use, occurrence, fate and effects of antidiabetic drug metformin in natural and engineered ecosystems. *Environ. Pollut.* 219, 1007–1020, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.07.040>.
- Cui H., Schröder P., 2016. Uptake, translocation and possible biodegradation of the antidiabetic metformin by hydroponically grown *Typha latifolia*. *J. Hazard. Mater.* 308(5), 355–361, <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2016.01.054>.
- Culpeper N., 1983. Culpeper's colour herbal. Potterton D (ed) Foulsham & Co Ltd, London
- Czerpak R., Jabłońska-Trypuc A., 2008. Roślinne surowce kosmetyczne. MedPharmPolska, Wrocław.
- Evans J.M., Donnelly L.A., Emslie-Smith A.M., Alessi D.R., Morris A.D., 2005. Metformin and reduced risk of cancer in diabetic patients. *BMJ* 330(7503), 1304–1305, <https://doi.org/10.1136/bmj.38415.708634.F7>.
- Garber A.J., Abrahamson M.J., Barzilay J.I., Blonde L., Bloomgarden Z.T., Bush M.A., Dagogo-Jack S., DeFronzo R.A., Einhorn D., Fonseca V.A., Garber J.R., Garvey W.T., Grunberger G., Handelsman Y., Hirsch I.B., Jellinger P.S., McGill J.B., Mechanick J.I., Rosenblit P.D., Umpierrez G.E., 2017. Consensus statement by the American Association of Clinical Endocrinologists and American College of Endocrinology on the comprehensive type 2 diabetes management algorithm – 2017 executive summary. *Endocr. Pract.* 23(2), 207–228, <https://doi.org/10.4158/EP161682.CS>.
- Gnalicka A., Jabłeczka A., 2013. Miejsce wyciągu z morwy białej we współczesnej farmakoterapii cukrzycy typu II – praca pogładowa. *Farm. Współ.* 6, 196–201.
- Grzybowska M., Bober J., Olszewska M., 2011. Metformina – mechanizmy działania i zastosowanie w terapii cukrzycy typu 2/ Metformin – mechanisms of action and use for the treatment of type 2 diabetes mellitus. *Post. Hig. Med. Dosw.* 65, 277–285.
- Hadden D.R., 2005. Goat's rue – French lilac – Italian fitch – Spanish sainfoin: *Gallega officinalis* and metformin: the Edinburgh connection. *J. R. Coll Physicians Edinb.* 35, 258–260.
- Hamann A., Benecke H., Greten H., Matthaei S., 1993. Metformin increases glucose transporter protein and gene expression in human fibroblasts. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 196(1), 382–387, <https://doi.org/10.1006/bbrc.1993.2260>.
- International Diabetes Federation, 2017. IDF Diabetes Atlas, 8th edn. Brussels, Belgium, <https://diabetesatlas.org/resources/2017-atlas.html> [dostęp: 18.05.2019].
- Inzucchi S.E., Bergenstal R.M., Buse J.B., Diamant M., Ferrannini E., Nauck M., Peters A., Tsapas A., Wender R., Matthews D.R., 2015. Management of hyperglycemia in type 2 diabetes, 2015: a patient-centered approach: update to a position statement of the American Diabetes Association and the European Association for the Study of diabetes. *Diabetes Care* 38(1), 140–149, <https://doi.org/10.2337/dc14-2441>.
- Khan A.S.A., McLoughney C.R., Ahmed A.B., 2006. The effect of metformin on blood glucose control in overweight patients with type 1 diabetes. *Diabet. Med.* 23(10), 1079–84, <https://doi.org/10.1111/j.1464-5491.2006.01966.x>.
- Kohlmünzer S., 2007. Farmakognozja. Wyd. PZWL, Warszawa.
- Królik P.W., Rusinek B., Dobrzańska-Pielech T., Rudnicka-Drożak E., 2018. Metformin-associated lactic acidosis. *Geriatrics* 12, 117–125.
- Lalau J.D., 2010. Lactic acidosis induced by metformin: incidence, management and prevention. *Drug Saf.* 33(9), 727–740, <https://doi.org/10.2165/11536790-000000000-00000>.
- Lalau J.D., Kajbaf F., Protti A., Christensen M.M., De Broe M.E., Wiernsperger N., 2017. Metformin-associated lactic acidosis (MALA): Moving towards a new paradigm. *Diabetes Obes Metab.* 19(11), 1502–1512, <https://doi.org/10.1111/dom.12974>.
- Landman G.W., Kleefstra N., van Hateren K.J., Groenier K.H., Gans R.O., Bilo H.J., 2010. Metformin associated with lower cancer mortality in type 2 diabetes: ZODIAC-16. *Diabetes Care*, 33(2), 322–326, <https://doi.org/10.2337/dc09-1380>.

- Libby G., Donnelly L.A., Donnan P.T., Alessi D.R., Morris A.D., Evans J.M., 2009. New users of metformin are at low risk of incident cancer: a cohort study among people with type 2 diabetes. *Diabetes Care*, 32(9), 1620–1625, <https://doi.org/10.2337/dc08-2175>.
- Luft D., Schmulling R.M., Eggstein M., 1978. Lactic acidosis in biguanide-treated diabetics. *Diabetologia* 14(2), 75–87.
- Musi N., Hirshman M.F., Nygren J., Svanfeldt M., Bavenholm P., Rooyackers O., Zhou G., Williamson J.M., Ljunqvist O., Efendic S., Moller D.E., Thorell A., Goodyear L.J., 2002. Metformin increases AMP-activated protein kinase activity in skeletal muscle of subjects with type 2 diabetes. *Diabetes* 51(7), 2074–2081, <https://doi.org/10.2337/diabetes.51.7.2074>.
- Nasri H., Rafieian-Kopaei M., 2014. Metformin: Current knowledge. *J. Res. Med. Sci.* 19(7), 658–664.
- Parturier G., Hugnot G., 1935. *Le galega dans le traitement du diabete*. Paris: Masson.
- Palit P., Furman B.L., Gray A.L., 1999. Novel weight-reducing activity of *Galega officinalis* in mice. *J. Pharm. Pharmacol.* 51(11), 1313–9.
- Podbielkowski Z., Sudnik-Wójcikowska B., 2003. *Słownik roślin użytkowych*. Państw. Wyd. Rolnicze i Leśne, Warszawa.
- Różański H., Wróbel D., 2017. *Galega officinalis* L. rutwica lekarska (Fabaceae Lindl.) w Kotlinie Jasielsko-Krośnieńskiej. *Herbalism*. 1(3), 92–100.
- Rutkowski L., 2018. *Klucz do oznaczania roślin naczyniowych Polski niżowej*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- Ryder J.W., Yang J., Galuska D., Rincón J., Björnholm M., Krook A., Lund S., Pedersen O., Wallberg-Henriksson H., Zierath J.R., Holman G.D., 2000. Use of a novel impermeable biotinylated photolabeling reagent to assess insulin- and hypoxia-stimulated cell surface GLUT4 content in skeletal muscle from type 2 diabetic patients. *Diabetes* 49(4), 647–654, <https://doi.org/10.2337/diabetes.49.4.647>.
- Selby J.V., Ray G.T., Zhang D., Colby C.J., 1997. Excess cost of medical care for patients with diabetes in a managed care population. *Diabetes Care* 20(9), 1396–402, <https://doi.org/10.2337/diacare.20.9.1396>.
- Szwejkowscy A.J., 2003. *Słownik botaniczny*. Wyd. Wiedza Powszechna, Warszawa.
- Tripathi U.N., Chandra D., 2009. Diabetes induced oxidative stress: a comparative study on protective role of *Momordica charantia* and metformin. *Pharm. Res.* 1(5), 299–306.
- UK Prospective Diabetes Study (UKPDS) Group., 1998. Effect of intensive blood-glucose control with metformin on complications in overweight patients with type 2 diabetes (UKPDS 34). *Lancet*. 352 (9131), 854–865. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(98\)07037-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(98)07037-8).
- Vigneri R., Goldfine I.D., 1987. Role of metformin in treatment of diabetes mellitus. *Diabetes Care* 10(1), 118–122, <https://doi.org/10.2337/diacare.10.1.118>.
- Walicka M., Chomiuk T., Filipiak K.J., Mamcarz A., Olszanecka-Glinianowicz M., Wożakowska-Kapłon B., Wyleżół M., Franek E., 2015. Zapobieganie rozwojowi cukrzycy typu 2. Stanowisko grupy ekspertów wsparte przez Sekcję Farmakoterapii Sercowo-Naczyniowej Polskiego Towarzystwa Kardiologicznego/ Type 2 diabetes prevention. Experts' Group position paper endorsed by the Polish Cardiac Society Working Group on Cardiovascular Pharmacotherapy. *Kardiol. Pol.* 73(10), 949–957. <https://doi.org/10.5603/KP.2015.0183>.
- Walkiewicz K., Nasiek-Palka A., Gętek M., Muc-Wierzoń M., Kokot T., Klakla K., Nowakowska-Zajdel E., 2016. Znaczenie substancji aktywnych pochodzenia roślinnego w cukrzycy. *Post. Fitoter.* 17(1), 49–54.
- Wilcock C., Bailey C.J., 1991. Reconsideration of inhibitory effect of metformin on intestinal glucose absorption. *J. Pharm. Pharmacol.* 43(2), 120–121. <https://doi.org/10.1111/j.2042-7158.1991.tb06645.x>.
- World Health Organization, 2015. WHO model list of essential medicines. Available from w.who.int/medicines/publications/essentialmedicines/EML_2015_FINAL_amended_NOV2015.pdf?ua=1 [dostęp: 21.05.2019].

RUTWICA LEKARSKA (*Galega officinalis* L.) I JEJ WŁAŚCIWOŚCI HIPOGLIKEMIZUJĄCE

Streszczenie. Od wielu lat obserwuje się wzrost zachorowalności na cukrzycę. W 2017 r. ogółem na tę chorobę chorowało 425 mln ludzi na świecie. Cukrzyca typu II jest to najczęstsza postać cukrzycy. W ostatnich latach obserwuje się wzrost zainteresowania związkami aktywnymi pochodzenia naturalnego i możliwością wykorzystania właściwości fitoterapeutycznych odpowiednich gatunków roślin w terapii wspomagającej cukrzycy. Spośród wielu gatunków roślin w literaturze udokumentowano przeciwcukrzycowe działanie *Galega officinalis* L. Liczne odmiany tego gatunku uprawiane są w wielu krajach, również w Polsce, na cele lecznicze, m.in. wspomagające leczenie cukrzycy. *Galegae herba* jest źródłem guanidyny, prekursora do syntezy jednej z najważniejszych grup doustnych leków przeciwcukrzycowych – pochodnych biguanidów (metforminy). Metformina jest lekiem stosowanym na całym świecie od ponad 50 lat, najczęściej przepisywanym środkiem obniżającym stężenie glukozy we krwi o korzystnym profilu bezpieczeństwa. U osób z cukrzycą typu II poddanych terapii metforminą jest mniejsze ryzyko rozwoju chorób nowotworowych w porównaniu z chorymi nieleczonymi metforminą.

Słowa kluczowe: cukrzyca, Fabaceae, fitoterapia, fitozwiązki

MEDICAL RUTWORT (*Galega officinalis* L.) AND ITS HYPOGLYCEMIC PROPERTIES

Summary. An increase in the incidence of diabetes has been observed for many years. In 2017, 425 million people suffered from the disease worldwide. Type II diabetes is the most common form of the disease. In recent years, there has been a growing interest in active compounds of natural origin and the possibility of application of plant species with phytotherapeutic properties in adjuvant therapy of diabetes. *Galega officinalis* L. is one of the plants with antidiabetic activity documented in the literature. Many varieties of this species are cultivated in many countries, also in Poland, for application thereof in adjuvant treatment of diabetes *Galegae herba* is a source of guanidine, i.e. a precursor of the synthesis of one of the most important oral antidiabetic drugs – a biguanide derivative metformin. Metformin has been used worldwide – for over 50 years; it is a most frequently prescribed agent with a high safety profile. Metformin therapy is associated with a lower risk of development of cancer diseases, compared to type II diabetes patients with who are not treated with metformin.

Key words: diabetes, Fabaceae, phytochemicals, phytotherapy

Paulina Iwaniuk¹, Paulina Terlecka²

KSANTOHUMOL – PRZECIWNOWOTWOROWY PRENYLOFLAWONOID ZAWARTY W CHMIELU ZWYCZAJNYM (*Humulus lupulus* L.)

Wstęp

Jednym z największych problemów społeczeństwa jest stale rosnący odsetek nowotworów. W Polsce liczba zachorowań i umieralność na nowotwory złośliwe w ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat zwiększyła się ponad dwukrotnie. W 2013 r. odnotowano ponad 156 000 zachorowań i 94 000 zgonów z tego powodu. Wśród najczęstszych nowotworów u mężczyzn znajduje się rak płuca, rak gruczołu krokowego i rak jelita grubego, natomiast u kobiet – rak piersi, rak jelita grubego i rak płuca. Nowotwory złośliwe stanowią drugą przyczynę zgonów w Polsce. Główną nowotworową przyczyną zgonów zarówno u mężczyzn, jak i kobiet jest rak płuca [Tuchowska i in. 2013, Didkowska i Wojciechowska 2019].

Jedną z podstawowych metod leczenia nowotworów stanowi chemioterapia. Skala problemu skłania do poszukiwania nowych substancji, mogących spełniać rolę chemioterapeutyków. Jedną z nich jest należący do prenyloflawonoidów ksantohumol, występujący w chmielu zwyczajnym.

Charakterystyka morfologiczna

Chmiel zwyczajny (*Humulus lupulus*) jest wieloletnią byliną z rodziny konopiowatych (*Cannabaceae*). Naturalnie występuje w lasach liściastych i zaroślach, głównie w Europie. Uprawiany jest na szeroką skalę w celach przemysłowych. Łodyga chmielu zwyczajnego osiąga wysokość do 8 m w stanie dzikim, w uprawach do 12 m. Liście występują w postaci 2–3-klapowej o ząbkowanym brzegu. Charakterystyczny wygląd roślinie nadają kwiaty żeńskie, bez okwiatu, zebrane w kwiatostany przypominające szyszki [Strzelecka i Kowalski 2000, Nowak 2012].

¹ Katedra i Klinika Anestezjologii i Intensywnej Terapii, Uniwersytet Medyczny w Lublinie

² Katedra i Klinika Pneumonologii, Onkologii i Alergologii, Uniwersytet Medyczny w Lublinie,
e-mail: paulina.chwil@gmail.com

Substancje biologicznie czynne chmielu zwyczajnego

Do głównych surowców pozyskiwanych z chmielu zwyczajnego i wykorzystywanych w lecznictwie należą olejek lotny oraz żywica. Skład olejku jest zmienny i zależy od pochodzenia rośliny. Olejki eteryczne w szyszkach chmielu stanowią od 0,5% do 3% suchej masy. Dominującą grupą olejków są terpenoidy (90%): mircen, farnezen, humulen, beta-kariofilen oraz związki siarki. W skład żywicy wchodzi: gorzkie kwasy alfa (humulon) i beta (lupulon), które stanowią od 5% do 20% suchej masy szyszek, prenylowane flawonoidy i garbniki [Strzelecka i Kowalski 2000, Zanol i Zavatti 2008, Nowak 2012].

Prenyloflawonoidy zbudowane są z poliketydowego szkieletu z podstawionymi grupami prenylowymi i stanowią od 0,2% do 1,5% suchej masy szyszek chmielowych. Do grupy tej należą: ksantohumol, demetyloksantohumol oraz ksantogalenol. Wśród nich dominuje ksantohumol (0,1–1% suchej masy szyszek) i stanowi 80–90% prenyloflawonoidów [Stevens i in. 1999, Wang i in. 2008].

Zastosowanie w lecznictwie

Chmiel zwyczajny w medycynie ludowej wykorzystywany był od wieków. W średniowieczu wierzono, że posiada właściwości zmniejszające popęd płciowy, co przyczyniło się do jego rozpowszechnienia wśród duchowieństwa. Stosowano go również w zatruciach oraz chorobach pęcherza moczowego. Obecnie w lecznictwie wykorzystywane są szyszki chmielu (*Lupuli strobili*) oraz lupulina – wysuszone i otarte z szyszek włoski gruczołowe [Strzelecka i Kowalski 2000]. Wyciąg z szyszek obniża ciśnienie, pobudza wydzielanie soków trawiennych i zwiększa łaknienie. Dzięki działaniu leczniczemu w stanach lękowych czy zaburzeniach snu związki chmielu zwyczajnego wchodzi w skład tabletek nasennych i uspokajających. Ponadto badania *in vivo* wykazały działanie przeciwdrgawkowe ekstraktu z szyszek chmielu [Strzelecka i Kowalski 2000, Nowak 2012]. Potwierdzono działanie łagodzące objawy menopauzy, zwłaszcza napady uczucia gorąca [Heyerick i in. 2006]. Wyciąg z chmielu posiada właściwości przeciwbakteryjne, przeciwgrzybicze, przeciwwirusowe i antyoksydacyjne. Działanie to przypisuje się głównie ksantohumolowi. W ostatnich latach trwają liczne badania nad aktywnością chemoprewencyjną tego flawonoidu [Mielczarek i in. 2010].

Właściwości antyoksydacyjne

Produkcja reaktywnych form tlenu i azotu w organizmie jest kontrolowana między innymi przez kwas askorbinowy, witaminę E i enzymy wewnątrzkomórkowe: peroksydazę glutationową i dysmutazę nadadtlenkową. Mechanizmy antyoksydacyjne ulegają jednakże zaburzeniom poprzez wpływ czynników zewnętrznych [Evans i Halliwell 1999]. Ze względu na negatywne działanie stresu

oksydacyjnego na organizm stale poszukiwane są nowe substancje o właściwościach antyoksydacyjnych. Wśród antyoksydantów pochodzenia roślinnego znajdują się związki zawarte w wyciągu z chmielu. Badania wykazały wysoką zdolność antyoksydacyjną ksantohumolu poprzez wygaszanie tlenu singletowego odpowiedzialnego za starzenie się skóry oraz jej choroby, np. trądzik czy atopowe zapalenie skóry [Yamaguchi i in. 2009]. Również w badaniach nad wpływem wyciągu z chmielu na leczenie trądziku pospolitego stwierdzono działanie antyoksydacyjne ksantohumolu i lupulonów [Weber i in. 2019]. Ponadto wykazano, że ksantohumol zapobiega utlenianiu lipoprotein o małej gęstości (LDL – low-density lipoprotein), zapobiegając tym samym miażdżycy [Evans i Halliwell 1999, Miranda i in. 2000, Stevens i in. 2003].

Właściwości przeciwbakteryjne, przeciwwirusowe i przeciwgrzybicze

Ze względu na stale rosnącą oporność organizmów chorobotwórczych wobec znanych antybiotyków wydaje się zasadne poszukiwanie nowych leków i substancji wspomagających leczenie. W badaniach nad wpływem ekstraktów chmielowych na trądzik pospolity wykazano silne działanie hamujące ksantohumolu i lupulonów wobec pięciu najczęstszych szczepów bakterii powodujących trądzik: *Propionibacterium acnes*, *Staphylococcus epidermidis*, *Staphylococcus aureus*, *Kocuria rhizophila* i *Staphylococcus pyogenes* [Yamaguchi i in. 2009]. Kolejne badania potwierdziły silną aktywność hamującą ksantohumolu i lupulonów wobec *Propionibacterium acnes* i *Staphylococcus aureus* oraz ich działanie przeciwzapalne poprzez zmniejszenie ekspresji interleukiny IL-6 [Weber i in. 2019]. Zaobserwowano także działanie przeciwbakteryjne wobec *Staphylococcus* spp., zarówno wobec szczepów wrażliwych na metycylinę, jak i metycylinoopornych. Ksantohumol i lupulon nie tylko obniżyły liczbę komórek bakteryjnych uwolnionych z biofilmu, ale dodatkowo przenikały do niego i w wyższych stężeniach redukowały liczbę przeżywających komórek bakteryjnych do zera [Bogdanova i in. 2018]. Ponadto wykazano aktywność przeciwbakteryjną wobec szczepów beztlenowych: *Bacteroides fragilis*, *Clostridium perfringens* i *Clostridium difficile*. Najsilniejsze działanie obserwowano w przypadku ksantohumolu, którego minimalne stężenie hamujące i minimalne stężenie bakteriobójcze było porównywalne do rutynowo stosowanych antybiotyków [Cermak i in. 2017]. W innych badaniach udowodniono działanie przeciwbakteryjne ksantohumolu wobec *Staphylococcus aureus* i *Streptococcus mutans* oraz przeciwwirusowe w stosunku do wirusa biegunki bydła (BVD – bovine viral diarrhea), wirusa opryszczki pospolitej typu 1 i 2 (HSV – *Herpes simplex virus*), wirusa cytomegalii (CMV – cytomegalovirus) i ludzkiego wirusa niedoboru odporności 1 (HIV-1 – human immunodeficiency virus-1). Prenyloflawonoid wykazuje również efekt przeciwgrzybiczy wobec *Trichophyton* spp., a także silnie hamuje replikację *Plasmodium falciparum*, wywołującego malarię

[Gerhäuser 2005]. Dodatkowo w badaniach *in vitro* udowodniono współdziałanie ksantohumolu i lupulonów z siarczanem polimyksyny B, tobramycyną i cyprofloksacyną na wybrane bakterie Gram-dodatnie [Natarajan i in. 2008].

Właściwości antynowotworowe

Ksantohumol wykazuje szeroki zakres działania, działając zarówno w fazie inicjacji, promocji, jak i progresji w procesie nowotworzenia. Głównym mechanizmem ochronnym ksantohumolu przed indukcją rozwoju nowotworu są jego właściwości antyoksydacyjne. Prenyloflawonoid chroni przed uszkodzeniem DNA przez reaktywne formy tlenu (ROS – reactive oxygen species) i jego dalszymi mutacjami. Z kolei w fazie promocji ksantohumol hamuje aktywność cyklooksygenaz, zapobiegając syntezie prostaglandyn. Ponadto poprzez hamowanie indukowanej syntazy tlenu azotu (iNOS – inducible nitric oxide synthase), powstrzymuje produkcję tlenu azotu. Oba mechanizmy chronią przed rozwojem stanu zapalnego i onkogenezy [Zhao i in. 2005, Gołąbczak i Gendaszewska-Darmach 2010]. Największą rolę ksantohumol odgrywa na nieodwracalnym etapie progresji nowotworu, podczas którego dochodzi do kolejnych zaburzeń molekularnych i zmian w karyotypie [Kordek 2013]. Działając wielokierunkowo, hamuje syntezę DNA, blokuje cykl komórkowy, jak również aktywuje apoptozę [Gołąbczak i Gendaszewska-Darmach 2010].

Nowotwory płuca stanowią około 13% wszystkich diagnozowanych nowotworów na świecie. W Polsce wśród nowotworów najczęstszy pod względem liczby zachorowań i zgonów jest rak płuca. W 2013 r. odnotowano ponad 21 000 zachorowań oraz 22 000 zgonów. Dodatkowo wskaźniki 5-letniego przeżycia wśród pacjentów szacuje się na 13% [Didkowska i Wojciechowska 2019]. Z tego powodu stale poszukiwane są nowe substancje, które mogłyby poprawić wyniki leczenia. Badania nad ksantohumolem wykazały jego aktywność antyproliferacyjną wobec linii komórek A549 i H1563 raka gruczołowego, przy czym działanie to było znacznie silniejsze w stosunku do linii A549. Prenyloflawonoid hamował także kinazy ERK 1/2 i p90RSK, co przyczyniało się do dalszego zahamowania fosforylacji oraz aktywacji białka CREB. W efekcie ksantohumol powodował zatrzymanie cyklu komórkowego w fazie G1 oraz indukował apoptozę poprzez zwiększoną aktywność kaspazy-3 [Sławińska-Brych i in. 2016].

Wśród czynników odpowiedzialnych za proces nowotworzenia znajdują się również hormony płciowe. Odpowiadają one za rozwój nowotworów, m.in. raka endometrium, raka sutka, raka prostaty i raka okrężnicy [Makowski i in. 2007, Mielczarek i in. 2010]. Badania wykazały zdolność ksantohumolu oraz jego metabolitów – izoksantohumolu i 8-prenyloaryngeniny do hamowania aromatazy i tworzenia estrogenów. Związki te zmniejszały proliferację linii komórkowej raka piersi Sk-Br-3 oraz indukowały apoptozę [Monteiro i in. 2006, 2007]. Badania *in vitro* wykazały zdolność ksantohumolu do zatrzymania cyklu komór-

kowego w fazie G0/ G1 oraz indukcję apoptozy w liniach komórkowych MCF-7 i MDA-MB-231 raka sutka. Ponadto w modelu *in vivo* ksantohumol zmniejszał aktywację szlaku sygnałowego Notch [Sun i in. 2018]. W badaniach *in vitro* zaobserwowano również zależną od dawki aktywność antyproliferacyjną ksantohumolu w stosunku do linii komórkowych: raka sutka (MCF-7), raka okrężnicy (HT-29) i raka jajnika (A-2780) [Miranda i in. 1999]. Inne badania wykazały natomiast działanie antyproliferacyjne prenyloflawonoidów, głównie ksantohumolu, w stosunku do linii komórkowych: SW-480, SW-620 i CaCo-2 raka jelita grubego. Niemniej jednak dołączenie ich do stosowanych w terapii raka chemioterapeutyków (5-fluorouracyl, oksaliplatyna i irinotekan) wykazało działanie antagonistyczne względem tych leków [Ambroż i in. 2019]. Ponadto liczne badania potwierdziły działanie antyproliferacyjne ekstraktu z chmielu na linie komórkowe: HT-29, SW-489 i SW-620 raka jelita grubego [Hudcova i in. 2014, Önder i in. 2016, Caban i in. 2018]. Efekt taki uzyskano również wobec komórek Hep3B raka wątroby [Önder i in. 2016]. Udowodniono także, że prenylowane flawonoidy hamują wzrost linii komórkowej PC-3 i DU145 raka prostaty, przy czym ksantohumol wykazywał największą aktywność antyproliferacyjną [Delmulle i in. 2006]. Wszystkie związki indukowały apoptozę bez aktywacji kaspazy-3, ale jedynie w przypadku izoksantohumolu, 8-prenylnaringeniny i 6-prenylnaringeniny prawdopodobnie dochodziło do autofagii [Delmulle i in. 2008]. Ponadto ksantohumol indukował apoptozę i obniżał aktywację NFκappaB w komórkach BPH-1 [Colgate i in. 2007].

Wyciąg z chmielu badany był również pod kątem właściwości przeciwnowotworowych w stosunku do ośrodkowego układu nerwowego. W Polsce pierwotne nowotwory OUN stanowią około 2% wszystkich nowotworów złośliwych u dorosłych. W ciągu ostatnich 30 lat odnotowano blisko 2-krotny wzrost ich występowania. Z kolei u dzieci nowotwory mózgu należą do jednych z najczęstszych, stanowiąc około 20% [Kordek 2013, Didkowska i Wojciechowska 2019]. U osób dorosłych najczęstszym nowotworem OUN jest wysoce inwazyjny i trudny do wyleczenia glejak wielopostaciowy. Wysokie wskaźniki śmiertelności skłaniają do poszukiwania nowych substancji o działaniu przeciwnowotworowym. W badaniach nad ksantohumolem wykazano, że istotnie zmniejszał proliferację komórek poprzez hamowanie ekspresji STIM 1 [Ho i in. 2018]. Ponadto zmniejszał żywotność linii komórek T98G oraz indukował ich apoptozę [Festa i in. 2011]. Dodatkowo ksantohumol wykazał działanie antyproliferacyjne względem linii komórkowych: NGP, SH-SY-5Y i SK-N-AS neuroblastoma, który jest najczęstszym guzem pochodzenia embrionalnego u dzieci [Kordek 2013, Engelsgerd i in. 2019].

Podsumowanie

Rosnąca liczba przypadków zachorowań na nowotwory jest istotnym problemem, stanowiącym jedną z głównych przyczyn zgonów na świecie. Nie zaw-

sze wystarczające leczenie skłania do poszukiwania nowych substancji, również pochodzenia roślinnego, mogących poprawić skuteczność terapii przeciwnowotworowych. Takie właściwości posiada znany od wieków chmiel zwyczajny. Zawarte w nim prenyloflawonoidy, głównie ksantohumol, wykazują działanie antyoksydacyjne oraz antyproliferacyjne. Wyniki badań nad ksantohumolem są obiecujące i potwierdzają jego skuteczność w nowotworach, m.in. raka płuca, raka piersi i jajnika, raka prostaty, raka jelita grubego i nowotworach OUN. Ponadto flawonoidy prenylowane wykazują działanie przeciwbakteryjne, przeciw-wirusowe oraz przeciwgrzybicze. Zasadna jest kontynuacja badań nad ksantohumolem w celu włączenia tej substancji jako leczenie wspomagające w terapii nowotworów.

Piśmiennictwo

- Ambrož M., Lněničková K., Matoušková P., Skálová L., Boušová I., 2019. Antiproliferative effects of hop-derived prenylflavonoids and their influence on the efficacy of oxaliplatin, 5-fluorouracil and irinotecan in human colorectalC cells. *Nutrients* 11(4), 879.
- Bogdanova K., Röderova M., Kolar M., Langova K., Dusek M., Jost P., Kubelkova K., Bostik P., Olsovska J., 2018. Antibiofilm activity of bioactive hop compounds humulone, lupulone and xanthohumol toward susceptible and resistant staphylococci. *Res. Microbiol.* 169(3), 127–134.
- Caban M., Chojnacka K., Owczarek K., Fichna J., Podsędek A., Sosnowska D., Lewandowska U., 2018. Wpływ ekstraktu z wychmielin (*Humulus lupulus* L.) na przeżywalność ludzkich nowotworowych i prawidłowych komórek jelita. *Post. Fitoter.* 19(4), 223–229, <https://doi.org/10.25121/PF.2018.19.4.223>.
- Cermak P., Olsovska J., Mikyska A., Dusek M., Kadleckova Z., Vanicek J., Nyc O., Sigler K., Bostikova V., Bostik P., 2017. Strong antimicrobial activity of xanthohumol and other derivatives from hops (*Humulus lupulus* L.) on gut anaerobic bacteria. *APMIS* 125(11), 1033–1038.
- Colgate E.C., Miranda C.L., Stevens J.F., Bray T.M., Ho E., 2007. Xanthohumol, a prenylflavonoid derived from hops induces apoptosis and inhibits NF-kappaB activation in prostate epithelial cells. *Cancer Lett.* 246(1–2), 201–209.
- Delmulle L., Bellahcène A., Dhooge W., Comhaire F., Roelens F., Huvaere K., Heyerick A., Castronovo V., De Keukeleire D., 2006. Anti-proliferative properties of prenylated flavonoids from hops (*Humulus lupulus* L.) in human prostate cancer cell lines. *Phytomedicine* 13(9–10), 732–734.
- Delmulle L., Vanden Berghe T., Keukeleire D.D., Vandenabeele P., 2008. Treatment of PC-3 and DU145 prostate cancer cells by prenylflavonoids from hop (*Humulus lupulus* L.) induces a caspase-independent form of cell death. *Phytother. Res.* 22(2), 197–203.
- Didkowska J., Wojciechowska U., 2019. Zachorowania i zgony na nowotwory złośliwe w Polsce. Krajowy Rejestr Nowotworów, Centrum Onkologii – Instytut im. Marii Skłodowskiej-Curie, <http://onkologia.org.pl/k/epidemiologia> [dostęp: 19.05.2019].
- Engelsgerd S., Kunnimalaiyaan S., Kandil E., Gamblin T.C., Kunnimalaiyaan M., 2019. Xanthohumol increases death receptor 5 expression and enhances apoptosis with the TNF-related apoptosis-inducing ligand in neuroblastoma cell lines. *PLoS one.* 14(3), <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0213776>.
- Evans P., Halliwell B., 1999. Free radicals and hearing. Cause, consequence, and criteria. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 884, 19–40.

- Festa M., Capasso A., D'Acunto C.W., Masullo M., Rossi A.G., Pizza C., Piacente S., 2011. Xanthohumol induces apoptosis in human malignant glioblastoma cells by increasing reactive oxygen species and activating MAPK pathways. *J. Nat. Prod.* 74(12), 2505–2513.
- Gerhäuser C., 2005. Broad spectrum anti-infective potential of xanthohumol from hop (*Humulus lupulus* L.) in comparison with activities of other hop constituents and xanthohumol metabolites. *Mol. Nutr. Food Res.* 49(9), 827–831.
- Gołąbczak J., Gendaszewska-Darmach E., 2010. Ksantohumol i inne prenyloflawonoidy szyszek chmielu – aspekty biologiczne i technologiczne. *Biotechnologia* 1(88), 75–89.
- Heyerick A., Vervaeke S., Depypere H., Bracke M., De Keukeleire D., 2006. A first prospective, randomized, double-blind, placebo-controlled study on the use of a standardized hop extract to alleviate menopausal discomforts. *Maturitas* 54(2), 164–175.
- Ho K.H., Chang C.K., Chen P.H., Wang Y.J., Chang W.C., Chen K.C., 2018. miR-4725-3p targeting stromal interacting molecule 1 signaling is involved in xanthohumol inhibition of glioma cell invasion. *J. Neurochem.* 146(3), 269–288.
- Hudcova T., Bryndova J., Fialova K., Fiala J., Karabín M., Jelínek L., Dostálek P., 2014. Antiproliferative effects of prenylflavonoids from hops on human colon cancer cell lines. *J. Inst. Brew.* 120(3), 225–230.
- Kordek R. (red.), 2013. *Onkologia – podręcznik dla studentów i lekarzy*. Via Medica, Gdańsk.
- Makowski M., Połać I., Pertyński T., 2007. Estrogeny a rak sutki. *Przegl. Menopauz.* 3, 150–154.
- Mielczarek M., Kołodziejczyk J., Olas B., 2010. Właściwości lecznicze chmielu zwyczajnego (*Humulus lupulus* L.). *Post. Fitoter.* 4, 205–210.
- Miranda C.L., Stevens J.F., Helmrigh A., Henderson M.C., Rodriguez R.J., Yang Y.H., Deinzer M.L., Barnes D.W., Buhler D.R., 1999. Antiproliferative and cytotoxic effects of prenylated flavonoids from hops (*Humulus lupulus*) in human cancer cell lines. *Food Chem. Toxicol.* 37(4), 271–285.
- Miranda C.L., Stevens J.F., Ivanov V., McCall M., Frei B., Deinzer M.L., Buhler D.R., 2000. Antioxidant and prooxidant actions of prenylated and nonprenylated chalcones and flavanones *in vitro*. *J. Agric. Food Chem.* 48(9), 3876–3884.
- Monteiro R., Becker H., Azevedo I., Calhau C., 2006. Effect of hop (*Humulus lupulus* L.) flavonoids on aromatase (estrogen synthase) activity. *J. Agric. Food Chem.* 54(8), 2938–2943.
- Monteiro R., Faria A., Azevedo I., Calhau C., 2007. Modulation of breast cancer cell survival by aromatase inhibiting hop (*Humulus lupulus* L.) flavonoids. *J. Steroid. Biochem. Mol. Biol.* 105(1–5), 124–130.
- Natarajan P., Katta S., Andrei I., Babu Rao Ambati V., Leonida M., Haas G.J., 2008. Positive antibacterial co-action between hop (*Humulus lupulus*) constituents and selected antibiotics. *Phytomedicine* 15(3), 194–201.
- Nowak G., 2012. *Leki pochodzenia naturalnego*, Wyd. Nauk. UM, Poznań.
- Önder F.C., Ay M., Türkoğlu S.A., Köçkar F.T., Çelik A., 2016. Antiproliferative activity of *Humulus lupulus* extracts on human hepatoma (Hep3B), colon (HT-29) cancer cells and proteases, tyrosinase, β -lactamase enzyme inhibition studies. *J. Enzym. Inhib. Med. Chem.* 31(1), 90–98.
- Sławińska-Brych A., Zdzisińska B., Dmoszyńska-Graniczka M., Jeleniewicz W., Kurzepa J., Gagoś M., Stepulak A., 2016. Xanthohumol inhibits the extracellular signal regulated kinase (ERK) signalling pathway and suppresses cell growth of lung adenocarcinoma cells. *Toxicology* 357, 65–73.
- Stevens J.F., Miranda C.L., Frei B., Buhler D.R., 2003. Inhibition of peroxynitrite-mediated LDL oxidation by prenylated flavonoids: the alpha, beta-unsaturated keto functionality of 2'-hydroxychalcones as a novel antioxidant pharmacophore. *Chem. Res. Toxicol.* 16(10), 1277–1286.
- Stevens J.F., Taylor A.W., Clawson J.E., Deinzer M.L., 1999. Fate of xanthohumol and related prenylflavonoids from hops to beer. *J. Agric. Food Chem.* 47(6), 2421–2428.
- Strzelecka H., Kowalski J., 2000. *Encyklopedia zielarstwa i ziołolecznictwa*. PWN, Warszawa.

- Sun Z., Zhou C., Liu F., Zhang W., Chen J., Pan Y., Ma L., Liu Q., Du Y., Yang J., Wang Q., 2018. Inhibition of breast cancer cell survival by xanthohumol via modulation of the Notch signaling pathway *in vivo* and *in vitro*. *Oncol. Lett.* 15(1), 908–916.
- Tuchowska P., Worach-Kardas H., Marcinkowski J.T., 2013. The most frequent malignant tumors in Poland – the main risk factors and opportunities to optimize preventive measures. *Probl. Hig. Epidemiol.* 94(2), 166–171.
- Wang G., Tian L., Aziz N., Broun P., Dai X., He J., King A., Zhao P.X., Dixon R.A., 2008. Terpene biosynthesis in glandular trichomes of hop. *Plant. Physiol.* 148(3), 1254–1266.
- Weber N., Biehler K., Schwabe K., Haarhaus B., Quirin K.W., Frank U., Schempp C.M., Wölfl U., 2019. Hop extract acts as an antioxidant with antimicrobial effects against *Propionibacterium acnes* and *Staphylococcus aureus*. *Molecules* 24(2), 223.
- Yamaguchi N., Satoh-Yamaguchi K., Ono M., 2009. *In vitro* evaluation of antibacterial, anticollagenase, and antioxidant activities of hop components (*Humulus lupulus*) addressing *acne vulgaris*. *Phytomedicine* 16(4), 369–376.
- Zanoli P., Zavatti M., 2008. Pharmacognostic and pharmacological profile of *Humulus lupulus* L. *J. Ethnopharmacol.* 116(3), 383–396.
- Zhao F., Watanabe Y., Nozawa H., Daikonnya A., Kondo K., Kitanaka S., 2005. Prenylflavonoids and phloroglucinol derivatives from hops (*Humulus lupulus*). *J. Nat. Prod.* 68(1), 43–49.

KSANTOHUMOL – PRZECIWNOWOTWOROWY PRENYLOFLAWONOID
ZAWARTY W CHMIELU ZWYCZAJNYM (*Humulus lupulus* L.)

Streszczenie. Stale rosnący odsetek zachorowań na nowotwory złośliwe skłania do poszukiwania nowych chemioterapeutyków, również pochodzenia roślinnego. Wyciąg z chmielu zwyczajnego (*Humulus lupulus* L.) wykorzystywany był w lecznictwie od wieków. Posiada właściwości obniżające ciśnienie tętnicze i pobudzające wydzielanie soków trawiennych. Skutecznie stosowany jest w preparatach o działaniu nasennym i przeciwlękowym. Cennym składnikiem wyciągu z chmielu zwyczajnego jest ksantohumol, który należy do prenyloflawonoidów. Posiada on właściwości przeciwbakteryjne, przeciwgrzybicze, przeciwwirusowe i antyoksydacyjne oraz wykazuje działanie chemoprewencyjne na wielu etapach nowotworzenia. Liczne badania potwierdzają aktywność antyproliferacyjną ksantohumolu głównie w stosunku do komórek raka płuc, raka jelita grubego, raka piersi i jajnika, raka prostaty, a także wobec nowotworów ośrodkowego układu nerwowego, takich jak glejak wielopostaciowy czy neuroblastoma.

Słowa kluczowe: chemioterapeutyk, fitoterapia, rak

XANTOHUMOL – ANTICANCER PRENYLATED FLAWONOID
CONTAINED IN HOPS (*Humulus lupulus* L.)

Summary. Constantly growing percentage of malignant tumors contributes to research on new chemotherapeutics, also of plant origin. The extract from hops (*Humulus lupulus* L.) has been used in medicine for centuries. It has properties that lower blood pressure and stimulate the secretion of digestive juices. It is effectively used in medicaments with hypnotic and anxiolytic effects. A valuable component of hops extract is xanthohumol, which belongs to prenylflavonoids. It has antibacterial, antifungal, antiviral and antioxidant properties as well as chemopreventive activity in carcinogenesis. Numerous studies confirm the antiproliferative activity of xanthohumol mainly against lung cancer, colon cancer, breast and ovarian cancer, prostate cancer, as well as against central nervous system cancers such as glioblastoma multiforme or neuroblastoma.

Key words: cancer, chemotherapeutic agent, phytotherapy

OCENA TOLERANCJI NA STRES SOLNY LINII MIESZAŃCOWYCH *Aegilops* L. × *Triticum aestivum* L.

Wstęp

Zasolenie jest jednym z najważniejszych stresów abiotycznych ograniczających produkcję rolną i główną przeszkodą w podniesieniu wydajności rolnictwa. Nadmierne zasolenie środowiska przyczynia się do stresu związanego z niskim potencjałem wody otoczenia i trudnościami w jej pobieraniu przez roślinę. Rośliny bardziej tolerujące zasolenie mogą być bardziej odporne na suszę, która w ostatnich latach coraz częściej występuje w Polsce.

Reakcja roślin na stres solny jest dość dobrze rozpoznana. Ekspresja genów warunkujących wzrost odporności jest możliwa tylko w czasie pojawiającego się stresu osmotycznego i solnego. W jej wyniku może nastąpić wzmożona synteza osmoprotektantów i białek stresowych, a czasem również uruchomienie alternatywnych dróg metabolicznych [Zhu 2002, Starck 2006, Nader 2012, Fahramand 2014]. Dodatkowy stres pochodzi ze szkodliwego działania nadmiaru jonów Na^+ w komórkach. Wypierają one z błon jony Ca^{2+} , powodując zmiany w ich przepuszczalności i wpływ jonów, zwłaszcza potasowych. Poza innymi skutkami, nienormalny wzrost wartości stosunku Na^+/K^+ wpływa niekorzystnie na aktywność enzymów i hamuje syntezę białka [Munns i Tester 2003, Nader 2012]. Zasolenie jest szkodliwe dla wzrostu roślin, powodując ograniczenia żywieniowe poprzez zmniejszenie absorpcji przez korzenie N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe i Zn, jonową cytotoksyczność i stres osmotyczny, zmniejszenie transpiracji liści, a tym samym intensywności fotosyntezy [Martinez i Creda 1989, Dec i Kubicka 2005, Iqbal i in. 2006, Tuna i in. 2007, Matuszak i in. 2009, Turan i in. 2010, Nader 2012, Matuszak-Slamani i Brzóstowicz 2015].

Pszenica jest średnio tolerancyjna na zasolenie. Szansą na zmniejszenie strat plonów pszenicy spowodowanych zasoleniem i suszą jest hodowla odmian o wyższej tolerancji na ten stres. Introgresja korzystnych genów z gatunków *Aegilops* do pszenicy jest możliwa poprzez krzyżowanie i selekcję uzyskanych mieszańców. Pokrewne gatunki z rodzaju *Aegilops* mogą być źródłem wielu pożądanых cech agronomicznych dla pszenicy, takich jak wysoka zawartość białka, Fe i Zn w ziarnie [Rawat i in. 2009, Prażak i Molas 2017, Prażak i Krzepińko 2018], odporność

¹ Instytut Genetyki, Hodowli i Biotechnologii Roślin, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, e-mail: roman.prazak@up.lublin.pl

na patogeny grzybowe i szkodniki [Chhuneja i in. 2008, Montes i in. 2008, Marais i in. 2010, Kilian i in. 2011], tolerancyjność na suszę, zasolenie, czy zakwaszenie gleby [Shimishi i in., 1982, Farooq i in. 1992, Stefanowska i in. 1995].

Celem badań była ocena tolerancji na zasolenie siewek linii mieszańcowych *Aegilops kotschy* Boiss. i *Aegilops variabilis* Eig. z *Triticum aestivum* L.

Material i metody

Materiał badawczy stanowiło 16 linii mieszańcowych pszenicy z *Ae. kotschy* Boiss. i *Ae. variabilis* Eig. oraz ich komponenty rodzicielskie (tab. 1). Analizowane formy pochodziły z kolekcji Instytutu Genetyki, Hodowli i Biotechnologii Roślin Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie. Badania przeprowadzono w latach 2017–2018.

Tabela 1. Linie mieszańcowe i ich formy rodzicielskie

Nr	Formy	Symbol
1	F ₁₂₋₁₄ * <i>Ae. variabilis</i> × Rusalka	VR
2	F ₁₂₋₁₄ Rusalka × <i>Ae. variabilis</i>	RV
3	F ₁₂₋₁₄ <i>Ae. kotschy</i> × Rusalka	KR
4	F ₁₂₋₁₄ Rusalka × <i>Ae. kotschy</i>	RK
5	BC ₁ F ₈₋₁₀ (<i>Ae. kotschy</i> × Rusalka) × Begra	KRB
6	BC ₁ F ₈₋₁₀ (<i>Ae. kotschy</i> × Rusalka) × Gama	KRG
7	BC ₁ F ₈₋₁₀ (<i>Ae. kotschy</i> × Rusalka) × Korweta	KRKO
8	BC ₁ F ₈₋₁₀ (<i>Ae. kotschy</i> × Rusalka) × Monopol	KRMO
9	BC ₁ F ₈₋₁₀ (<i>Ae. kotschy</i> × Rusalka) × Muza	KRMU
10	BC ₁ F ₈₋₁₀ (<i>Ae. kotschy</i> × Rusalka) × Piko	KRP
11	BC ₁ F ₈₋₁₀ (<i>Ae. kotschy</i> × Rusalka) × Smuga	KRS
12	BC ₁ F ₈₋₁₀ (<i>Ae. kotschy</i> × Rusalka) × Turnia	KRT
13	BC ₁ F ₈₋₁₀ (<i>Ae. kotschy</i> × Rusalka) × Zyta	KRZ
14	BC ₂ F ₇₋₉ [(<i>Ae. kotschy</i> × Rusalka) × Begra] × Piko	KRBP
15	BC ₂ F ₇₋₉ [(<i>Ae. kotschy</i> × Rusalka) × Begra] × Smuga	KRBS
16	BC ₂ F ₇₋₉ [(<i>Ae. kotschy</i> × Rusalka) × Begra] × Turnia	KRBT
17	<i>Triticum aestivum</i> L. cv. Begra	Begra
18	<i>T. aestivum</i> L. cv. Gama	Gama
19	<i>T. aestivum</i> L. cv. Korweta	Korweta
20	<i>T. aestivum</i> L. cv. Monopol	Monopol
21	<i>T. aestivum</i> L. cv. Muza	Muza
22	<i>T. aestivum</i> L. cv. Piko	Piko
23	<i>T. aestivum</i> L. cv. Rusalka	Rusalka
24	<i>T. aestivum</i> L. cv. Smuga	Smuga
25	<i>T. aestivum</i> L. cv. Turnia	Turnia
26	<i>T. aestivum</i> L. cv. Zyta	Zyta
27	<i>A. kotschy</i> Boiss.	AK
28	<i>A. variabilis</i> Eig.	AV

* Pokolenie od ostatniego krzyżowania

Odkazone ziarniaki kiełkowano na bibule Whatmana nr 10, w szalkach Petriego (10 ziarniaków na szalkę) uzupełnionych wodą destylowaną z dodatkiem chlorku sodu w stężeniu: 0 (kontrola) i 200 mM NaCl. Od momentu wysiewu do 5-dniowej siewki kultury prowadzono w termostacie, w ciemności, w temperaturze 25°C. W każdej kombinacji wysiano po 50 ziarniaków. Po 2 dniach określono energię kiełkowania, a po 5 dniach zdolność kiełkowania, maksymalną długość korzeni i liści siewek. Na podstawie pomiarów długości liści 5-dniowych siewek wyznaczono indeks tolerancji soli NaCl: $I_T = (\text{średnia długość liści traktowanych NaCl} / \text{średnia długość liści kontrolnych}) \times 100\%$.

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie za pomocą analizy wariancji, a istotność różnic zweryfikowano testem Tukeya przy $\alpha = 0,05$.

Wyniki

Przeprowadzone badania wykazały istotny wpływ wysokiego stężenia chlorku sodu (200 mM NaCl) na energię i zdolność kiełkowania 8 z 16 badanych linii *Ae. kotschyi* Boiss. i *Ae. variabilis* Eig. z *T. aestivum* L. – VR, RV, KRMo, KRP, KRS, KRZ, KRBP, KRBT i 3 odmian pszenicy – Korweta, Piko i Smuga. W kontroli (bez dodatku soli NaCl) średnia wartość energii kiełkowania linii mieszańcowych wahała się od 75,4% dla KRS do 95,2% dla KRG, a średnia wartość zdolności kiełkowania – od 75,8% dla KR do 96,6% dla KRG. Przy wysokim stężeniu chlorku sodu (200 mM NaCl) odnotowano osłabienie kiełkowania linii mieszańcowych i ich form rodzicielskich. Wartość energii kiełkowania linii mieszańcowych mieściła się w granicach od 40,2% dla RV do 81,6% dla RK, a zdolności kiełkowania od 42,9% dla KRMo do 84,6% dla RK (tab. 2). W kombinacjach z 200 mM NaCl najlepiej kiełkowały mieszańce pszenicy z *Ae. kotschyi* Boiss. – RK, KRB, KRG, KRKo, KRMu, KRT, pszenice Begra, Gama, Monopol, Muza, Rusalka, Turnia i Zyta oraz gatunki dzikie *Ae. kotschyi* Boiss. i *Ae. variabilis* Eig. (tab. 2).

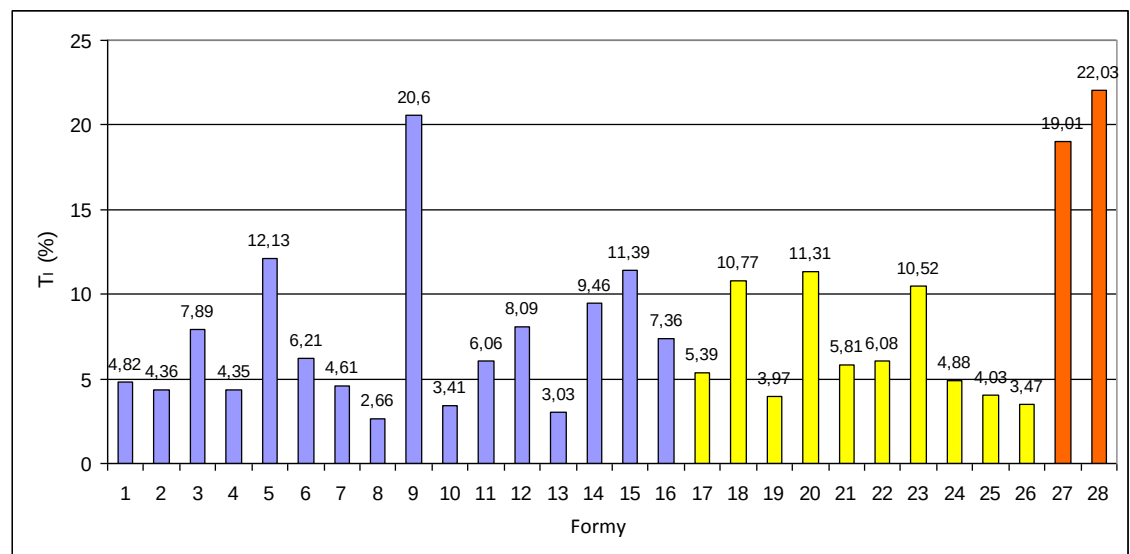
Zaobserwowano negatywny wpływ stężenia 200 mM NaCl na długość korzeni i liści linii mieszańcowych *Ae. kotschyi* Boiss. i *Ae. variabilis* Eig. z *Triticum aestivum* L. i ich form rodzicielskich (tab. 2). Średnia długość korzeni i liści siewek w tej kombinacjach była istotnie mniejsza od średniej długości korzeni i liści siewek kontrolnych. W kombinacji 200 mM NaCl najdłuższe korzenie wytworzyła linia KRS (17,13 mm), pszenica Rusalka (18,75 mm) i gatunki *Aegilops* sp. – *Ae. kotschyi* Boiss. (17,67 mm) i *Ae. variabilis* Eig. (20,09 mm). Natomiast najkrótsze korzenie miały linia KRBP (6,35 mm) i pszenica Turnia (5,89 mm). W kombinacji 200 mM NaCl najdłuższe liście odnotowano u linii KRMu (17,67 mm), KRB (10,45 mm), KRBS (9,74 mm), u pszenic Monopol (8,71 mm) i Rusalka (7,25 mm) oraz u *Ae. kotschyi* Boiss. (8,98 mm) i *Ae. variabilis* Eig. (12,29 mm). Natomiast najkrótsze liście w tej kombinacji miały linie KRMo (2,18 mm), KRZ (2,25 mm), RV (3,12 mm) oraz pszenica Korweta (3,20 mm) (tab. 2).

Tabela 2. Wpływ soli NaCl na kiełkowanie i wzrost siewek linii mieszańcowych *Aegilops kotschy* Boiss. i *Aegilops variabilis* Eig. z *Triticum aestivum* L. i form rodzicielskich

Nr	Formy	Energia kiełkowania (%)		Zdolność kiełkowania (%)		Długość korzeni (mm)		Długość liści (mm)	
		NaCl (mM)							
		0	200	0	200	0	200	0	200
1	VR	82,4	55,6*	85,6	65,2*	99,50	7,00*	106,42	5,13
2	RV	88,3	45,3*	95,4	46,5*	93,91	7,10*	71,59	3,12*
3	KR	75,5	56,9	75,8	63,4	50,17	9,12*	68,17	5,38*
4	RK	90,4	81,6	92,8	84,6	115,82	8,29*	93,08	4,05*
5	KRB	91,5	72,4	93,9	76,8	55,73	13,64*	86,14	10,45*
6	KRG	95,2	74,6	96,6	75,3*	83,11	10,26*	79,77	4,95*
7	KRKo	86,4	70,5	88,6	73,8	83,63	11,64*	82,57	3,81*
8	KRMo	81,6	40,2*	82,5	42,9*	75,50	6,42*	81,89	2,18*
9	KRMu	82,7	68,3	85,4	69,9	70,03	15,90*	85,71	17,65*
10	KRP	85,1	45,4*	87,9	48,2*	76,84	9,55*	67,86	2,90*
11	KRS	75,4	46,9*	78,6	48,4*	60,75	17,13*	70,13	4,25*
12	KRT	85,6	66,7	88,3	69,3	97,86	13,20*	95,54	7,73*
13	KRZ	85,4	54,4*	87,6	56,8*	69,13	7,63*	74,25	2,25*
14	KRBP	80,6	45,3*	82,3	46,3*	49,13	6,35*	72,17	6,83*
15	KRBS	76,2	65,7	78,5	67,9	90,88	10,00*	85,50	9,74*
16	KRBT	86,1	63,3*	89,8	65,6*	64,31	9,34*	69,15	5,09*
17	Begra	96,4	81,3	98,4	83,4	118,89	6,75*	95,38	5,14*
18	Gama	97,5	78,4	98,2	80,3	76,11	9,17*	57,11	6,15*
19	Korweta	95,3	61,0*	96,4	65,6*	85,00	8,80*	80,60	3,20*
20	Monopol	96,7	91,2	98,1	92,7	79,11	13,29*	77,00	8,71*
21	Muza	96,3	88,5	98,3	89,2	108,00	12,80*	89,50	5,20*
22	Piko	89,2	65,6*	84,1	67,3*	113,40	6,67*	118,00	7,17*
23	Rusałka	97,1	83,7	98,3	88,4	65,22	18,75*	68,89	7,25*
24	Smuga	94,3	62,5*	96,7	65,4*	86,38	14,00*	86,13	4,20*
25	Turnia	96,6	82,8	97,3	87,8	105,75	5,89*	95,12	3,83*
26	Zyta	93,8	80,4	95,9	82,6	108,80	12,29*	98,88	3,43*
27	AK	95,9	85,8	96,8	86,7	46,45	17,67*	47,23	8,98*
28.	AV	93,4	80,9	95,4	85,3	69,46	20,09*	55,80	12,29*

* Wynik istotnie różny od kontroli (0 mM NaCl)

Spośród 16 linii *Ae. kotschy* Boiss. i *Ae. variabilis* Eig. z *T. aestivum* L. największą wartością indeksu tolerancji 200 mM NaCl charakteryzowały się KRMu (20,6%), KRB (12,13%) i KRBS (11,39%). Dzikie gatunki *Aegilops* sp. również cechowała wysoka wartość indeksu tolerancji – *Ae. variabilis* Eig. (22,03%) i *Ae. kotschy* Boiss. (19,01%). Najniższą wartość indeksu tolerancji odnotowano u linii KRMo (2,66%), KRZ (3,03%), KRP (3,41%) i pszenicy odmiany Zyta (3,47%).



Ryc. 1. Indeks tolerancji 200 mM NaCl 5-dniowych siewek linii mieszańcowych *Aegilops variabilis* Eig. i *Aegilops kotschy* Boiss. z *Triticum aestivum* L. (1–16), odmian pszenicy (17–26) i *Aegilops* sp. (27–28)

Dyskusja

Ocena kiełkowania i wzrostu siewek może być pierwszym wskaźnikiem poziomu tolerancji na zasolenie [Nader 2012]. Wielu autorów sugeruje ocenę tolerancji na zasolenie w oparciu o markery fizjologiczne i wskazuje na istnienie wysokiej korelacji między wynikami testowania siewek w kulturach wodnych a wzrostem i plonowaniem roślin w warunkach polowych [Flowers i Yeo 1995, Sadat Noori i McNeilly 2000, Kubicka i Dec 2001, Nader 2012].

W badaniach własnych wysokie stężenie chlorku sodu (200 mM NaCl) wpływało istotnie na energię i zdolność kiełkowania połowy badanych linii mieszańcowych *Ae. kotschy* Boiss. i *Ae. variabilis* Eig. z *T. aestivum* L. (VR, RV, KRMo, KRP, KRS, KRZ, KRBP, KRBT) oraz 3 odmian pszenicy – Korweta, Piko i Smuga. Dzikie gatunki *Ae. kotschy* Boiss. i *Ae. variabilis* Eig. w kontroli (bez soli NaCl) kiełkowały bardzo dobrze (zdolność kiełkowania – 96,8% i 95,4%), natomiast w środowisku zasolonym nieco gorzej (zdolność kiełkowania – 86,7% i 85,3%). W badaniach Nadera [2012] zdolność kiełkowania *Aegilops kotschy* Boiss. wyniosła w środowisku kontrolnym – 94,0%, a w kombinacji z 200 mM NaCl – 73,4%. Według autora odmiana pszenicy zwyczajnej Sids 1, o wyższej tolerancji na zasolenie, kiełkowała w warunkach kontrolnych w 97,0%, a w środowisku zasolonym (200 mM NaCl) w 71,3%. W przypadku mniej tolerancyjnej odmiany Gemmeiza 9 zdolność kiełkowania wyniosła 98,3% w kontroli i 65,6% w 200 mM NaCl.

We wcześniejszych badaniach [Prażak 2001, 2003] nie odnotowano istotnych różnic statystycznych w kiełkowaniu gatunków pszenicy *T. aestivum* L., *T. durum* Desf., *T. monococcum* L. i mieszańców *Aegilops* sp. × *Triticum* sp. w środowisku zasolonym (10–200 mM NaCl) i kontrolnym (bez soli). Jedynie w przypadku gatunku *T. dicoccum* (Schränk) Schubl, w kombinacjach 100 i 200 mM NaCl energia i zdolność kiełkowania były istotnie niższe niż w kontroli [Prażak 2001]. Dec i in. [2003] odnotowali obniżenie zdolności kiełkowania 8 linii wsobnych żyta ozimego (*Secale cereale* L.) pod wpływem 150 i 200 mM NaCl. Cordazzo [1999] zaobserwował, że z badanych stężeń 45, 80, 130, 170, 215 mM NaCl jedynie to ostatnie miało istotny wpływ na kiełkowanie trawy *Spartina ciliata* Brong. Według Noble [1985] pszenica, sorgo, ryż i niektóre trawy, np. *Secale montanum* Guss. są mniej wrażliwe na zasolenie w fazie kiełkowania niż w stadium trzech liści.

Zastosowane stężenie 200 mM NaCl istotnie ograniczało wzrost korzeni i liści siewek linii mieszańcowych *Ae. kotschy* Boiss. i *Ae. variabilis* Eig. z *T. aestivum* L. i ich form rodzicielskich. Potwierdza to wyniki licznych badań prowadzonych w warunkach laboratoryjnych, że zaburzenia obserwowane u roślin poddanych działaniu soli NaCl prowadzą do zahamowania i zmniejszenia tempa wzrostu liści i korzeni roślin [Fricke i in. 2006, Nader 2012]. W badaniach wcześniej-

szych [Prażak 2003] również odnotowano istotne skrócenie korzeni i liści siewek pszenicy zwyczajnej odmian Arda, Begra, Panda i linii CZR 1406, pszenicy twardej odmiany Grandur oraz mieszańców *Aegilops* sp. × *Triticum* sp. pod wpływem wysokich stężeń soli NaCl (100 i 200 mM). Podobnie w badaniach Cordazzo [1999] wysokie stężenia soli (130, 170 mM NaCl) ograniczały wzrost korzeni i pędów trawy *Spartina ciliata* Brong. W badaniach Dec i in. [2003] pod wpływem 150 i 200 mM NaCl następowało istotne zahamowanie wzrostu części nadziemnej i korzeni 8 linii wsobnych żyta ozimego (*Secale cereale* L.). Podobne wyniki w przypadku jęczmienia uzyskali Wasilewski i in. [2015]. W badaniach Matuszak i in. [2004] oraz Matuszak-Slamani i Brzóstowicza [2015] wysokie stężenia soli NaCl (75, 100, 150 mM) w pożywce wpływały istotnie na zmniejszenie się wartości badanych parametrów biometrycznych siewek (długości liści i korzeni, świeżej i suchej masy) pszenicy zwyczajnej odmiany Almari, pszenżyta Tornado i żyta Amilo.

Odporność roślin na zasolenie polega na usuwaniu nadmiaru soli z organizmu lub na tolerowaniu toksycznych skutków zwiększonego stężenia jonów [Brzóstowicz i Matuszak 2006]. Tolerancja na stres solny w płemieniu *Triticeae* jest prawdopodobnie związana z preferencyjnym pobieraniem K⁺ kosztem Na⁺, nawet jeśli jony sodu występują w nadmiarze w środowisku zewnętrznym korzeni. Badania nad liniami substytucyjnymi pszenicy Chinese Spring z chromosomami *Lophopyrum elongatum* (Host) Á. Löve wykazały, że cecha preferencyjnego pobierania kationów potasu kosztem sodu jest w wysokim stopniu skorelowana z tolerancją na zasolenie [Dvořák i Gorham 1992].

Z przeprowadzonych pomiarów wynika, że wzrost części nadziemnej siewek badanych form był silniej hamowany niż korzenie. Według Kuipera i in. [1990] korzenie roślin łatwiej radzą sobie z niwelowaniem negatywnych skutków zwiększonego stężenia soli w środowisku niż część nadziemna roślin. Stąd indeks tolerancji soli NaCl wyznaczono na podstawie długości liści siewek. Największą wartością indeksu tolerancji charakteryzowały się linie mieszańcowe pszenicy zwyczajnej z *Ae. kotschy* Boiss. (KRMu, KRB, KRBS) oraz dzikie gatunki *Ae. variabilis* Eig. i *Ae. kotschy* Boiss. Ogólnie większość linii mieszańcowych *Ae. kotschy* Boiss. i *Ae. variabilis* Eig. z *T. aestivum* L. okazała się bardziej tolerancyjna od swoich pszenicznych komponentów.

Wnioski

1. Chlorek sodu (NaCl) w stężeniu 200 mM powodował istotny spadek energii i zdolności kiełkowania u połowy badanych linii mieszańcowych *Ae. kotschy* Boiss. i *Ae. variabilis* Eig. z *T. aestivum* L., natomiast u wszystkich linii ograniczał istotnie wzrost siewek.

2. Linie mieszańcowe *Ae. kotschy* Boiss. i *Ae. variabilis* Eig. z *T. aestivum* L. wykazały się różnym stopniem tolerancji na stres solny. Wśród nich wystąpiły formy bardziej i mniej tolerancyjne od badanych pszenicznych komponentów rodzicielskich.

3. Linie mieszańcowe *Ae. kotschy* Boiss. i *Ae. variabilis* Eig. z *Triticum aestivum* L. o wyższej tolerancji na sól NaCl mogą zostać wykorzystane w programach hodowlanych pszenicy zwyczajnej, których celem jest uzyskanie odmian bardziej odpornych na suszę.

Piśmiennictwo

- Brzóstowicz A., Matuszak R., 2006. Ocena wpływu chlorku sodu na wzrost siewek dwóch odmian jęczmienia. *Acta Agrophysica* 7(4), 77–82.
- Chhuneja P., Kaur S., Goel R.K., Aghaee-Sarbarzeh M., Prashar M., Dhaliwal H.S., 2008. Transfer of leaf rust and strip rust resistance from *Aegilops umbellulata* Zhuk. to bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Genet. Resour. Crop Evol.* 55. 849–859, <http://doi:10.1007/s10722-007-9289-3>.
- Cordazzo C.V., 1999. Effects of salinity on seed germination, seedling growth and survival of *Spartina ciliata* Brong. *Acta Bot. Bras.* 13(3), 317–322.
- Dec D., Kubicka H., Koprowicz M., 2003. Wpływ zasolenia na kiełkowanie i wzrost siewek linii wsobnych żyta ozimego. *Biul. IHAR* 226/227 (2), 333–338.
- Dec D., Kubicka H., 2005. Zawartość wybranych pierwiastków w siewkach żyta rosnących w warunkach stresu solnego w kulturach wodnych. *Biul. IHAR* 235, 235–241.
- Dvořák J., Gorham J., 1992. Methodology of gene transfer by homoeologous recombination into *Triticum turgidum*: transfer of K^+/Na^+ discrimination from *Triticum aestivum* L. *Genome* 35, 639–646.
- Fahramand M., Mahmood M., Keykha A., Noori M., Rigi K., 2014. Influence of abiotic stress on proline, photosynthetic enzymes and growth. *Int. Res. J. Appl. Basic Sci.* 8(3), 257–265.
- Farooq S., Iqbal N., Asghar M., Shah T.M., 1992. Intergeneric hybridization for wheat improvement – IV. Expression of salt tolerance gene (s) of *Aegilops cylindrica* in hybrids with hexaploid wheat. *Cer. Res. Comm.* 20(1–2), 111–118.
- Flowers T.J., Yeo A.R., 1995. Breeding for salinity resistance in crop plants. *J. Plant Physiol.* 22, 875–884.
- Fricke W., Akhiyarova G., Wei W., Alexandersson E., Miller A., Kjellbom P. O., Richardson A., Wojciechowski T., Schreiber L., Veselov D., Kudoyarova G., Volkov V., 2006. The short-term growth response to salt of the developing barley leaf. *J. Exp. Bot.* 57, 1079–1095.
- Iqbal N., Ashraf M.Y., Javed F., Martinez V., Ahmad K., 2006. Nitrate reduction and nutrient accumulation in wheat (*Triticum aestivum* L.) grown in soil salinization with four different salts. *J. Plant Nutr.* 29, 409–421.
- Kilian B., Mammen K., Millet E., Sharma R., Graner A., Salamini F., Hammer K., Özkan H., 2011. *Aegilops*. In: *Wild crop relatives: genomic and breeding resources cereals*. Chittaranjan Kole (Ed.), Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, p. 1–76.
- Kubicka H., Dec D., 2001. The influence of salinity on germination of seeds and growth of seedlings of cereals. *Obieg pierwiastków w przyrodzie, monografia, t. 1*, 237–242.
- Kuiper D., Suij J., Kuiper P.J.C., 1990. Actual cytokine concentrations in plant tissue as an indicator for salt resistance in cereals. *Plant and Soil* 123, 243–250.
- Marais G.F., Badenhorst P.E., Eksteen A., Pretorius Z.A., 2010. Reduction of *Aegilops sharonensis* chromatin associated with resistance genes *Lr56* and *Yr38* in wheat. *Euphytica* 171 (1), 15–22, <http://doi:10.1007/s10681-009-9973-9>.

- Martinez V., Creda A., 1989. Nitrate reductase activity in tomato and cucumber leaves as influence by NaCl and source. *J. Plant Nutr.* 12, 1335–1350.
- Matuszak R., Baranowski P., Walczak R.T., Brzóstowicz A., 2004. Ocena wpływu zasolenia na wzrost, fotosyntezę, potencjał wody i temperaturę liści siewek pszenicy odmiany Almari. *Acta Agrophysica* 4(1), 97–103.
- Matuszak R., Włodarczyk M., Brzóstowicz A., Wybieralski J., 2009. Wpływ NaCl na zawartość wybranych mikroelementów w liściach i korzeniach siewek pszenicy ozimej odmiany Almari. *Acta Agrophysica* 14(1), 145–153.
- Matuszak-Slamani R., Brzóstowicz A., 2015. Influence of salt stress on growth and frost resistance of three winter cereals. *Int. Agrophys.* 29, 193–200, [http://doi: 10.1515/intag-2015-0018](http://doi:10.1515/intag-2015-0018).
- Montes M.J., Andrés M.F., Sin E., López-Braña I., Martín-Sánchez J.A., Romero M.D., Delibes A., 2008. Cereal cyst nematode resistance conferred by the *Cre7* gene from *Aegilops triuncialis* and its relationship with *Cre* genes from Australian wheat cultivars. *Genome* 51(5), 315–319. <http://doi:10.1139/G08-015>.
- Munns R., Tester M., 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Ann. Rev. Plant Biol.* 59, 651–681.
- Nader R.A., 2012. Screening for salt tolerance in common and relatives wheat via multiple parameters. *Res. J. Agric. Biol. Sci.* 8(1), 36–44.
- Noble C.J., 1985. Germination and growth of *Secale montanum* Guss in presence of sodium chloride. *J. Agric. Res.* 36, 385–395.
- Prażak R., 2001. Salt tolerance of *Triticum monococcum* L., *T. dicoccum* (Schrank) Schubl., *T. durum* Desf. and *T. aestivum* L. seedlings. *J. Appl. Genet.* 42(3), 289–292.
- Prażak R., 2003. Ocena tolerancji mieszańców międzygatunkowych pszenicy (*Triticum* sp.) na stres solny. *Biul. IHAR* 230, 95–102.
- Prażak R., Molas J., 2017. Ocena jakości ziarna linii mieszańcowych *Aegilops* L. × *Triticum aestivum* L. *Pol. J. Agron.* 29, 35–42.
- Prażak R., Krzepiło A., 2018. Evaluation of iron and zinc content in grain of *Aegilops* L. × *Triticum aestivum* L. hybrid lines. *J. Elem.* 23(2), 545–557, [http://doi: 10.5601/jelem.2017.22.3.1486](http://doi:10.5601/jelem.2017.22.3.1486).
- Rawat N., Tiwari V.K., Singh N., Randhawa G.S., Singh K., Chhuneja P., Dhaliwal H.S., 2009. Evaluation and utilization of *Aegilops* and wild *Triticum* species for enhancing iron and zinc content in wheat. *Genet. Resour. Crop Evol.* 56, 53–64. [http://doi: 10.1007/s10722-008-9344-8](http://doi:10.1007/s10722-008-9344-8)
- Sadat Noori S.A., McNeilly T., 2000. Assessment of variability in salt tolerance based on seedling growth in *Triticum durum* Desf. *Genet. Resour. Crop Evol.* 47, 285–291.
- Shimshi D., Mayoral M. L., Atsmon D., 1982. Response to water stress in wheat and related wild species. *Crop Sci.* 22, 123–128.
- Starck Z., 2006. Role of conductive systems in the translocation of long-distance stress signals. *Acta Physiol. Plant.* 28, 289–301.
- Stefanowska G., Prażak R., Strzembicka A., Masłowski J., 1995. Transfer genów z *Aegilops ventricosa* Tausch. i *Aegilops juvenalis* (Thell.) Eig. do *Triticum aestivum* L. *Biul. IHAR* 194, 45–52.
- Tuna A.L., Kaya C., Dikilitas M., Yokas I., Burun B., Altunlu H., 2007. Comparative effects of various salicylic acid derivatives on key growth parameters and some enzyme activities in salinity stressed maize (*Zea mays* L.) plants. *Pak. J. Bot.* 39(3), 787–798.
- Turan M.A., Elkarim A.H.A., Taban N., Taban S., 2010. Effect of salt stress on growth and ion distribution and accumulation in shoot and root of maize plant. *Afr. J. Agric. Res.* 5 (7), 584–588.
- Wasilewski M., Brzóstowicz A., Matuszak-Slamani R., 2015. Ocena wpływu chlorku sodu na wzrost i fotosyntezę siewek wybranych odmian jęczmienia jarego. *Acta Agrophysica* 22(2), 209–218.
- Zhu J.K., 2002. Salt and drought stress signal transduction in plants. *Ann. Rev. Plant Biol.* 53, 247–273.

OCENA TOLERANCJI NA STRES SOLNY LINII MIESZAŃCOWYCH
Aegilops L. × *Triticum aestivum* L.

Streszczenie. Badano wpływ soli NaCl na kiełkowanie i wzrost siewek 16 linii mieszańcowych otrzymanych w wyniku krzyżowania *Aegilops kotschy* Boiss. i *Aegilops variabilis* Eig. z *Triticum aestivum* L. Porównywano reakcję na NaCl wybranych linii i ich komponentów rodzicielskich. Ziarniaki badanych form kiełkowano na bibule, w szalkach Petriego, uzupełnionych wodą destylowaną z dodatkiem 0 i 200 mM · dm⁻³ NaCl. Po 2 dniach określono energię kiełkowania, a po 5 dniach zdolność kiełkowania oraz długość korzeni i liści siewek. Na podstawie pomiarów długości liści 5-dniowych siewek wyznaczono indeks tolerancji soli NaCl(I_T). Wysokie stężenie soli NaCl wpływało negatywnie na kiełkowanie ziarniaków oraz ograniczało wzrost korzeni i liści siewek. Różne genotypy linii mieszańcowych wykazały się zróżnicowanym stopniem odporności na stres solny. Były wśród nich formy bardziej i mniej tolerancyjne od odmian pszenicy zwyczajnej. Najwyższe wartości indeksu tolerancji soli odnotowano u linii mieszańcowych pszenicy z *Ae. kotschy* Boiss. Badania wykazały silny wpływ 200 mM NaCl na kiełkowanie linii mieszańcowych VR, RV, KRMo, KRT, KRBT, KRBP oraz odmian pszenicy zwyczajnej Gama, Korweta, Smuga. Wśród 16 linii mieszańcowych *Ae. kotschy* Boiss. i *Ae. variabilis* Eig. z *Triticum aestivum* L. 3 linie (KRMu, KRB, KRBS) charakteryzowały się wyższym indeksem tolerancji soli NaCl od pozostałych linii i odmian rodzicielskich pszenicy. Siewki *Ae. variabilis* Eig. (22,03%), *Ae. kotschy* Boiss. (19,01%) oraz linii KRMu (20,6%), KRB (12,13%) i KRBS (11,39%) wykazały się najwyższą tolerancją na stres solny.

Słowa kluczowe: *Aegilops*, kiełkowanie, linie mieszańcowe, stres solny, wzrost siewek, *Triticum*

EVALUATION OF SALT STRESS TOLERANCE IN *Aegilops* L.
WITH *Triticum aestivum* L. HYBRID LINES

Summary. The influence of NaCl on seed germination and seedling growth of sixteen hybrid lines obtained by crossing *Aegilops kotschy* Boiss. and *Aegilops variabilis* Eig. with *Triticum aestivum* L. was studied. Responses of the selected hybrid lines to NaCl were compared with reactions of their parental forms. Seeds were germinated on filter paper in Petri dishes, and moistened in distilled water containing 0 and 200 mM NaCl. After 2 days, germination energy, and after 5 days, germination capacity, maximum length of roots and leaves of seedlings were determined. The NaCl tolerance index (I_T) was determined based on leaf length measurements. High concentrations of NaCl salts had a negative effect on germination of kernels and significantly limited the growth of roots and leaves of seedlings. Various genotypes of hybrid lines showed different degrees of resistance to saline stress. There were more tolerant and less tolerant forms than wheat varieties. The highest values for the salt tolerance index were noted in the hybrid lines of wheat with *Ae. kotschy* Boiss. Analysis of seed germination revealed a strong influence of 200 mM NaCl on the germination of VR, RV, KRMo, KRT, KRBT and KRBP hybrid lines and Gama, Korweta and Smuga cultivars. Among sixteen *Ae. kotschy* Boiss. and *Ae. variabilis* Eig. with *Triticum aestivum* L. hybrid lines three (KRMu, KRB, KRBS) were characterized with the higher tolerance index to NaCl salt than their wheat parental cultivars and other hybrid lines. The seedlings of *Ae. variabilis* Eig. (22,03%), KRMu (20,6%), *Ae. kotschy* Boiss. (19,01%), KRB (12,13%) and KRBS (11,39%) showed the highest tolerance to NaCl stress.

Key words: *Aegilops*, germination, hybrid lines, salt stress, growth of seedlings, cultivars, *Triticum*

Monika Mętrak¹

HEALTH AND SOCIAL CONSEQUENCES OF THE ARAL LAKE DISASTER

Introduction

Desiccation of the Aral Lake is an unprecedented ecological disaster that impacts, with different strength, nature, society and economy in the whole lake basin, covering in total 1.6 mln km² in seven Central-Asian countries (Uzbekistan, Kazakhstan, Turkmenistan, Kyrgyzstan, Tajikistan, Pakistan and Afghanistan) [Micklin 2007, TEEB 2012, Stulina and Eshchanov 2013, Indoitu et al. 2015, McDermid and Winter 2017]. Over the last 60 years, various aspects of this disaster have been the most pronounced in the Karakalpakstan region in the Northern Uzbekistan. The reason behind vanishing of the fourth inland lake in the world (surface area 69,790 km², volume 1056 km³, maximum depth 69 m) [Micklin 2007, TEEB 2012, Stulina and Eshchanov 2013, Indoitu et al. 2015, McDermid and Winter 2017] was overexploitation of water resources in the region, caused by unsustainable irrigation and agricultural practices. Back in the 1940s, when Uzbekistan was a part of the USSR, the Soviet government decided that Central-Asian republics should provide the whole country with raw cotton. Such decision, combined with collectivization of agriculture, resulted in restructuring of crop patterns, establishment of state farms and increasing area of irrigated fields, as cotton is a particularly water demanding species [Micklin 2007, TEEB 2012, Stulina and Eshchanov 2013, Indoitu et al. 2015, McDermid and Winter 2017].

Since the 1960s, after the beginning of large scale development of new irrigated areas in Central Asia, a steady decline in lake levels was observed, leading to decreasing area, volume and depth. Interestingly, decline of the lake was expected and deemed a positive economic outcome, so the push to increase cotton production continued till the collapse of the USSR [Stulina and Eshchanov 2013, White 2013]. As a result, area of irrigated agriculture in

¹ Faculty of Biology, Biological and Chemical Research Centre, University of Warsaw, e-mail: mmetrak@biol.uw.edu.pl

Uzbekistan had increased from 25,700 km² in 1960s to 43,090 km² in 2000. Huge increases were observed also in Turkmenistan [from 4340 km² to 17,350 km²] and Tajikistan (from 4080 km² to 7190 km²) [Aus der Beek et al. 2011]. Simultaneously, water withdrawals from the Aral Lake basin nearly doubled between 1960 (66 km³) and 1980 (116 km³). In 1985 water withdrawals began to steadily decrease and in 2000 they dropped to the level of 97 km³ [Aus der Beek et al. 2013]. Ineffective irrigation system lead to significant losses of transported water via evaporation and massive seepages into the groundwaters, further increasing consumption of water diverted from rivers feeding the Aral Lake. In 1960 water flow in Amudarya and Syrdarya rivers was around 60 km³ per year. After almost ceasing in the 1980s (3 km³ per year), current water flow varies between 5 and 10 km³ per year [Indoitu et al. 2015]. Due to inefficient drainage systems, excess of diverted river water remained on the fields till evaporation, leading to losses of arable land due to soil secondary salinization. Persistent water overexploitation resulted in devastating decline of the Aral Lake – over the last 50 years surface of the lake decreased from almost 70,000 km² to around 20,000 km², and its volume decreased 10 fold (Fig. 1).

Subsequently, lake shoreline receded, leaving huge part of the lake bottom dried and exposed to erosion (more than 57,000 km² in 2011). Moreover, area of wetlands and lakes developed in deltas of Syrdarya and Amudarya rivers dropped significantly (by more than 90%), leaving thousands of hectares without vegetation cover, and thus susceptible to erosion and desertification [Micklin 2007, TEEB 2012, Stulina and Eshchanov 2013, Indoitu et al. 2015, McDermid and Winter 2017].

Today, the Aral Lake is divided into a northern (the North or Lesser Aral) and a southern part (the South or Greater Aral). These parts are separated by the Kok-Aral dike and dam, which were established in the 1990s, and improved and finished in 2005. The dam prevents water flow out of the North Aral (fed by Syrdarya) into the lower-elevation South Aral (fed by Amudarya). Thus, it leads to increase in area and volume of the North Aral, which means rebounding of fisheries in this region. The Southern Aral consists of two main parts—the eastern part is larger by area, while the western part is deeper. Due to its depth, the area of the western part doesn't fluctuate much, while the eastern part is prone to large fluctuations in area and is generally the quickest to respond to wet and dry periods or seasonal changes [<https://earthobservatory.nasa.gov/>].

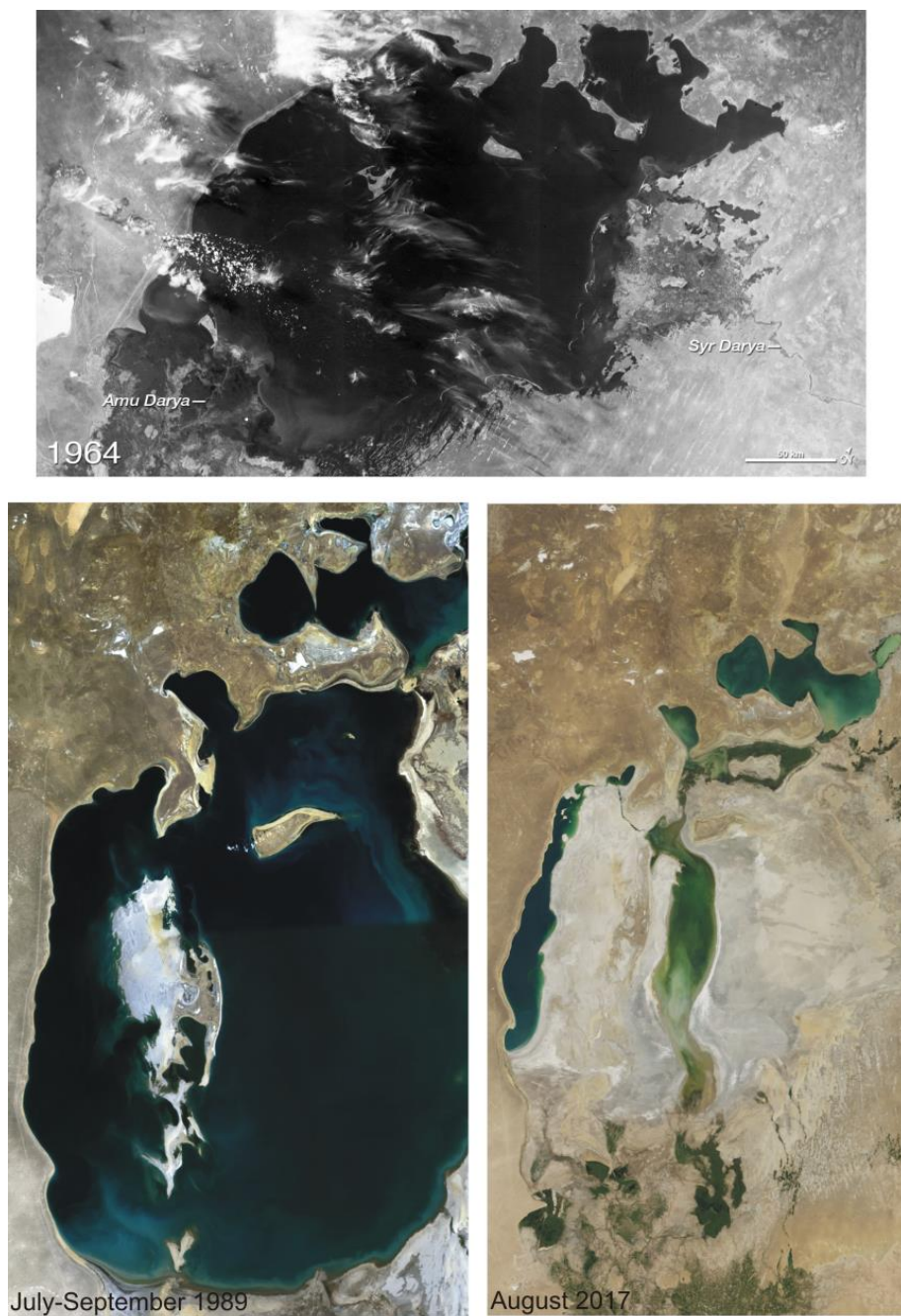


Fig. 1. Satellite images of shrinking Aral Lake obtained from the NASA Earth Observatory (1989 – Landsat, 2017 – MODIS), <https://earthobservatory.nasa.gov/>

Health consequences

Environmental impacts of the Aral Lake disaster, influenced general health of local population, especially in the Karakalpakstan region. According to the United Nations Development Program (UNDP) report prepared for Uzbekistan in 2006, total mortality rate in Karakalpakstan was 8 per 1000 population, which was higher than the average total mortality rate in Uzbekistan (5 per 1000). In Karakalpakstan respiratory illnesses caused around 17% of deaths, while in Uzbekistan around 8%. Percentage of deaths due to malignant tumors was similar – 7.9% in Karakalpakstan and 7.3% in Uzbekistan. Circulatory illnesses caused 35% of deaths in Karakalpakstan and 55% in Uzbekistan. In 2006 life expectancy in Karakalpakstan reached 70.3 years, while in Uzbekistan 72.5 [UNDP 2006].

In Karakalpakstan one of the main reasons behind higher incidences of respiratory illnesses and deaths caused by them are dust storms, showing continuous increase in strength and frequency [Indoitu et al. 2015]. For millions of years the Aral Lake received salts from its basin, and over the last 60 years it has become a repository of various biocides and fertilizers washed from the irrigated fields. Today, exposed lake sediments are being eroded and distributed in the neighboring areas as "white dust storms", causing pollution of air, water, soils and as a result, agricultural products. The amount of salts and pollutants carried annually from the lake bottom varies according to different estimates from 13 mln metric tons to 75 mln metric tons [Saiko and Zonn 2000]. The length of dust clouds reaches values from 150 to 600 km [Indoitu et al. 2013]. Apart from the dust storms, tuberculosis (TB) poses a serious problem in whole Uzbekistan, especially in regions with pressing socio-economic and environmental problems, including the basin of the Aral Lake [UNDP 2006]. In Karakalpakstan region 13% of new patients and 40% of patients previously treated for TB, are diagnosed with multi-drug resistant TB, which combined with development of new forms of TB, and inefficient TB testing and monitoring system, results in high TB mortality rates, especially among people aged 25–44 [UNDP 2006]. Luckily, after a peak in 2005 (120 per 100,000 population), TB incidences in Uzbekistan decreased almost by half and reached 72 per 100,000 population in 2016 [Human Development Reports 2018], which is slightly higher than in Russian Federation (66 per 100,000 population in 2016) and noticeably higher than in European Union countries (on average below 20 per 100,000 population). In general, situation in the basin of the Aral Lake follows trends typical for the whole country, yet the number of TB incidences and TB mortality rate are higher.

According to Multiple Indicator Cluster Surveys performed by State Statistical Committee of the Republic of Uzbekistan (SSCRU, under auspices of UNESCO) in 2006, infant mortality rate in Karakalpakstan (54 per 1000 live births) was slightly higher than in Uzbekistan (on average 48 per 1000 live births). Similarly, under five mortality rates were higher in Karakalpakstan

(65 per 1000 population) than in Uzbekistan (57 per 1000 population). Among the most often causes of death are dehydration due to diarrheal diseases, anemia and kidney dysfunction, resulting mainly from inadequate quality of potable water. Though over 60% of Karakalpakstan population had access to piped water (piped into dwelling, piped into yard, public tap), it frequently did not meet chemical standards. Around 25% of potable water samples collected in Karakalpakstan were over-mineralized, in the neighboring Khorezm region it was almost half of them (46.7%) [SSCRU 2006]. As a result, infants were observed to refuse their own mother's milk, because of its elevated salt content [Franz and Fitzroy 2006]. Moreover, 1 in 10 samples didn't meet microbiological standards [SSCRU 2006].

Water, soil, dust and agricultural products cultivated in the Aral Lake basin contain elevated levels of heavy metals (Cd, As, Pb, U, Cr, Ni, Cu, Mn), coming to Syrdarya and Amudarya rivers with acid mine drainage. As mines are located mostly in Kazakhstan and Kyrgyzstan, the problem becomes trans-border and requires international solutions [Friedrich, 2009, Törnqvist et al. 2011, White 2013]. Another important pollutant in Karakalpakstan region are organochlorine pesticides (mostly DDT and lindane) and products of their transformations, e.g. 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin, classified by International Agency for Research on Cancer as group 1 carcinogen [White 2013]. Between 1980 and 1992 organochlorides were over-abundantly used in whole Uzbekistan (54 kg per hectare) and especially in Karakalpakstan – 72 kg per hectare. During the same period application rate in Russia was about 4 kg per hectare [White 2013]. As organochlorides are persistent in the environment, inhabitants of the Aral Lake basin are still exposed to their elevated concentrations, especially in lipid-rich food of animal origin (meat, eggs, milk). As a result, dietary dioxin intake for Karakalpakstan population is nearly 3 times higher than the safe limit set by the World Health Organization [White 2013]. Several research showed elevated concentrations of organochlorine pesticides and toxic metals in human blood, milk, hair and urine of inhabitants of the Aral Lake basin [Törnqvist et al. 2011, White 2013]. Among adverse effects of these pollutants on human health are reduced fertility (16 births per 1000 population, the lowest value in whole Uzbekistan, with state average of 20.9 births per 1000) and delayed growth and puberty of children, as organochlorides are endocrine disruptors [SSCRU 2006, Törnqvist et al. 2011, Tatina et al. 2015,]. Moreover, immune deficiency problems and allergies, disorders of liver and digestive system, renal disorders, and, in general, increased rates of infant and overall mortality [White 2011, Törnqvist et al. 2013].

Social consequences

With 7 to 9 people per km² and GDP per capita between 45 and 55% of average national value, Karakalpakstan region is nowadays the least inhabited and

the poorest part of Uzbekistan [UNDP 2006]. As Karakalpaks (inhabitants of this region) are closer ethnically and linguistically to Kazakhs than to Uzbeks, Karakalpakstan had had a status of an autonomous region since 1925, and an autonomous republic since 1932. A few years later, in 1936, it became a part of Uzbekistan, constituting 37% of its territory. Though the first constitution of Karakalpakstan (adopted in 1993) included the prospect of its independence from the Uzbekistan government, officials in Tashkent prevented Karakalpaks from organizing a referendum on sovereignty. Today ethnic Karakalpaks constitute around one third of the population of Karakalpakstan region [McLeman 2011].

The first out-migrations from Karakalpakstan region began in 1960s with initial effects of lake's retreat and loss of fishery and fish canning jobs. It is estimated that over the next 20 years more than 200,000 people left Karakalpakstan [McLeman 2011]. The second major wave of out-migration took place between the late 1980s and early 1990s, due to political instability and general lack of governance after the collapse of the USSR. This wave was estimated at more than 100,000 people [McLeman 2011]. Between 1990 and 2000 the economic situation of Uzbekistan additionally worsened, because of significant decrease of cotton prices (from 1800 to 1000 US \$ per ton). Thus, the cultivation of the former cash crop became unprofitable, while the state still mandated production targets for cotton, entrenching farmers in the circle of poverty [Aus der Beek et al. 2011, White 2013]. Economic situation of the region and lack of educational and job possibilities led to out-migration of young and skilled professionals, mostly ethnic Russians. Some Karakalpakstan residents, declaring ethnic connections with Kazakh population, moved from Uzbekistan to neighboring Kazakhstan, using Kazakhstani policy to return people to their ethnic homeland. By 2003 migration out of Karakalpakstan region was estimated at 3,000 to 4,000 per year and population of former port cities became heavily reduced (by 90% in case of Muynak) [McLeman 2011, Stulina and Eshchanov 2013].

Impoverished in professionals, especially from medical field, local communities became more vulnerable to adverse environmental impacts. In the face of ever deepening crisis brought to them, as deemed by Karakalpaks, by outsiders from Moscow and Tashkent, local communities consolidated around nationalistic ideas. In the 1980s the first Karakalpak separatist movement, Halk Mapi (People's Interest), was formed by a Nukus-based economist, Marat Aralbaev [Saidazimova 2008]. However, environmental problems overshadowed question of Karakalpakstan independence. Another separatist movement, Free Karakalpakstan National Revival Party, was formed in 2008 and accused Uzbekistan of genocide against Karakalpaks as an ethnicity, calling for referendum on the Karakalpakstan Republic's independence from Tashkent [Saidazimova 2008]. As no current information about this group can be found, they probably ceased to exist by now.

Future perspectives

As a large inland waterbody, the fully functioning Aral Lake had a significant impact on both regional climate and large scale weather patterns [McDermid and Winter 2017]. Hence, restoration of the Aral Lake may help minimize observed effects of on-going climate change, as it will reestablish large temperature and moisture buffering capacity of this waterbody. It may also significantly reduce problem of dust storms and release of pollutants stored in lake sediments. Though several large scale, geo-engineering projects of the Lake restoration were suggested (diverting waters from Siberian rivers or Black and Caspian Seas) [Badescu and Schuiling 2009, Dukhovny 2009], a small steps strategy seems to be much more realistic. As a first step, existing irrigation and drainage infrastructure should be improved to make water transport more efficient and sustainable (lined and covered channels, to reduce seepage and evaporation; more efficient drainage systems to decrease risk of soil secondary salinization). Secondly, the choice of crop types should be reevaluated. Instead of water demanding cash crops (cotton), less water intensive food crops are suggested, such as wheat, grapes, vegetables or maize should be selected. Saline-tolerant crops such as sorghum, millet and rapeseed are also of interest, especially in context of utilizing rejected, salinized former agricultural areas [Aus der Beek et al. 2011]. However, adapting such a strategy may not be easy, since many of the Central Asian countries included increase of their irrigated areas into national political development plans [Aus der Beek et al. 2011]. Therefore, further consultations of the national policies should be performed, if possible with participation of external experts and NGOs, and the need to change water policies should be communicated to the general public to raise their awareness.

The ongoing projects enhancing ecosystem resilience in the basin of the Aral Lake should be continued, e.g. constructional approach to save the North Aral (Kok-Aral dike and dam), which led to rising of water level and increase in fish biomass (from 3500 tons in 2005 to 18,000 tons in 2011); and artificial planting of saline-tolerant plants (saxaul forests) overgrowing dried lake sediments, minimizing their erosion and release of dust particles [Pala 2011, Stulina and Eshchanov 2013, White 2013]. Furthermore, to avoid competition over water between upstream states (Kyrgyzstan, Tajikistan) willing to store water till winter to produce hydroelectric energy, and downstream states (Uzbekistan, Kazakhstan, Turkmenistan) relying upon summer field irrigation, market-based water allocation mechanisms can be implemented. Thus, water-rich but resource-poor upstream states can be compensated for summertime water releases by water-poor but resource-rich downstream states. Market-based methods of water allocation would also lead to reduction of water overuse and investments in efficient technologies [Aus der Beek et al. 2011, Beckhanov et al. 2015].

Better transboundary water management will be much needed, especially concerning enhanced melting of glaciers in the Pamir and Tien Shan mountains, that feed Syrdarya and Amudarya rivers.

Acknowledgements. This review is a part of an ongoing collaborative work within the framework of COST action CA16233: Drylands facing change: Interdisciplinary research on climate change, food insecurity, political instability.

References

- Aus der Beek T., Voß F., Flörke M., 2011. Modelling the impact of global change on the hydrological system of the Aral Sea basin. *Phys. Chem. Earth* 36(13), 684–695, <https://doi.org/10.1016/j.pce.2011.03.004>.
- Badescu V., Schuiling R.D., 2009. Aral Sea. Irrecoverable loss or Irtysh imports? *Water Resour. Manage.*, <https://doi.org/10.1007/s11269-009-9461-y>.
- Bekchanov M., Bhaduri A., Ringler C., 2015. Potential gains from water rights trading in the Aral Sea Basin. *Agr. Water Manage.* 152, 41–56, <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2014.12.011>.
- Bishop J. (ed.), 2012. TEEB: The Economics of Ecosystems and Biodiversity in Business and Enterprise. Earthscan, London–New York.
- Dukhovny V.A., 2009. Again about re-distribution of Siberian river flow to the South. SIC ICWC report, http://www.cawater-info.net/library/articles_e.htm [access: 30.11.2018].
- Franz J., Fitzroy F., 2006. Child mortality in Central Asia: social policy, agriculture and the environment. *Cent. Asian Surv.*, 25(4), 481–498, <https://doi.org/10.1080/02634930701210476>.
- Friedrich J., 2009. Uranium contamination of the Aral Sea. *J. Marine Syst.* 76, 322–335, <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2008.03.020>.
- Human Development Reports, 2018, <http://hdr.undp.org> [access: 30.11.2018].
- Indoitu R., Kozhoridze G., Batyrbaeva M., Vitkovskaya I., Orlovsky N., Blumberg D., Orlovsky L., 2015. Dust emission and environmental changes in the dried bottom of the Aral Sea. *Aeolian Res.* 17, 101–115, <https://doi.org/10.1016/j.aeolia.2015.02.004>.
- McDermid S.S., Winter J., 2017. Anthropogenic forcings on the climate of the Aral Sea: A regional modeling perspective. *Anthropocene* 20, 48–60, <https://doi.org/10.1016/j.ancene.2017.03.003>.
- McLeman R., 2011. Settlement abandonment in the context of global environmental change. *Global Environ. Change* 21S, 108–120, <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.08.004>.
- Micklin P., 2007. The Aral Sea disaster. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.* 35, 47–72, <https://doi.org/10.1146/annurev.earth.35.031306.140120>.
- NASA Earth Observatory, <https://earthobservatory.nasa.gov/> [access: 30.11.2018].
- Pala C., 2011. In Northern Aral Sea, rebound comes with a big catch. *Science* 334, 303, <https://doi.org/10.1126/science.334.6054.303>.
- Saidazimova G., 2008. Uzbekistan: Shadowy Group Agitates for ‘Free Karakalpakstan’, <https://www.rferl.org/a/1079744.html> [access: 29.11.2018].
- Saiko T., Zonn I.S., 2000. Irrigation expansion and dynamics of desertification in the Circum-Aral region of Central Asia. *Appl. Geogr.* 20, 349–367, [https://doi.org/10.1016/S0143-6228\(00\)00014-X](https://doi.org/10.1016/S0143-6228(00)00014-X).
- SSCRU, 2006. Multiple Indicator Cluster Survey: Monitoring the Situation of Children and Women. State Statistical Committee of the Republic of Uzbekistan, <http://mics.unicef.org/surveys> [access: 30.11.2018].

- Stulina G., Eshchanov O., 2013. Climate change impacts on hydrology and environment in the Pre-Aral region. *Quat. Int.* 311, 87–96, <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2013.07.015>.
- Tatina E., Ibraibekov Z., Kenzhin Z., Kislitskaya V., Kultanov B., Dosmagambetova R., 2015. Assessment of the histone like proteins treatment in men's sperm, living at Aral Sea Region. *Free Radical Bio. Med.* 86(1), 29, <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2015.07.105>.
- Törnqvist R., Jarsjö J., Karimov B., 2011. Health risks from large-scale water pollution: Trends in Central Asia. *Environ. Int.* 37, 435–442, <https://doi.org/10.1016/j.envint.2010.11.006>.
- UNDP, 2006. United Nations Development Program. Health for All: A Key Goal for Uzbekistan in the New Millennium, <http://www.uz.undp.org/content/uzbekistan/en/home/post-2015/mdgoverview.html> [access: 30.11.2018].
- Weinthal E., 2006. Water conflict and cooperation in Central Asia. Human Development Report Office occasional paper no. 32, <http://hdr.undp.org/en/content/water-conflict-and-cooperation-central-asia> [access: 30.11.2018].
- White K.D., 2013. Nature-society linkages in the Aral Sea region. *J. Eurasian Stud.* 4, 18–33, <http://dx.doi.org/10.1016/j.euras.2012.10.003>.

HEALTH AND SOCIAL CONSEQUENCES OF THE ARAL LAKE DISASTER

Summary. The Aral Lake, once the world's fourth biggest lake, became a synonym for man-made environmental disaster, dubbed "ecocide" by popular press. Due to overexploitation of water resources bound to irrigation agriculture in the region (cotton production), the lake started to dry-out in the 1960s. Over the last 50 years the area of the Aral Lake decreased from almost 70,000 km² to ca. 20,000 km², and its volume dropped tenfold. Among the environmental consequences of this situation are intense erosion and desertification, causing dust storms and releasing pesticides stored in uncovered lake sediments. Significant decrease in quality of environment heavily influences health of local inhabitants, especially in the Karakalpakstan province (high mortality, mostly due to respiratory illnesses, high occurrences of disorders caused by endocrine disruptors). Deteriorating environmental conditions force people to migrate in search for better opportunities, especially as Karakalpakstan is one of the poorest regions in Uzbekistan. Simultaneously, many actions are being undertaken in order to improve living conditions in Karakalpakstan and retain remnants of the Aral Lake.

Key words: Central Asia, migrations, overexploitation of water resources, population health

ZDROWOTNE I SPOŁECZNE KONSEKWENCJE WYSYCHANIA JEZIORA ARALSKIEGO

Streszczenie. Jezioro Aralskie, kiedyś czwarte co do wielkości jezioro na świecie, stało się synonimem jednej z największych współczesnych katastrof wywołanych presją człowieka na środowisko. Na skutek rabunkowej gospodarki wodnej prowadzonej w tym rejonie, związanej z uprawą bawełny, jezioro zaczęło zanikać już w latach 60. W ciągu ostatnich 50 lat powierzchnia Jeziora Aralskiego zmniejszyła się z prawie 70 000 km² do około 20 000 km², a jego objętość ponaddziesięciokrotnie. Rezultatami tych zmian są m.in. intensywna erozja i pustyńnienie, burze pyłowe oraz uwalnianie się do środowiska pestycydów nagromadzonych w odsłoniętych osadach jeziornych. Drastyczne pogorszenie jakości środowiska wpływa na zdrowie mieszkańców rejonu, zwłaszcza prowincji Karakalpakstan w Uzbekistanie (wysoka śmiertelność, zwłaszcza spowodowana chorobami układu oddechowego, objawy chorobowe związane z działaniem

substancji zaburzających funkcjonowanie układu hormonalnego). Stan środowiska dodatkowo motywuje mieszkańców do emigracji w poszukiwaniu lepszych warunków życia, zatrudnienia czy samorealizacji. Jednocześnie podejmowane są liczne działania mające poprawić jakość życia mieszkańców Karakalpakstanu i zachować pozostałości Jeziora Aralskiego.

Słowa kluczowe: Azja Środkowa, migracje, rabunkowa gospodarka wodna, zdrowie populacji

Barbara Sawicka¹, Noaema Ali Hulail², Piotr Barbaś³,
Dominika Skiba⁴, Bernadetta Bienia⁵

ENVIRONMENTALLY FRIENDLY METHODS USED TO IMPROVE THE QUALITY OF SEED POTATOES

Introduction

The use of healthy good-quality certified seed material is one of the basic conditions for potato plantation. The selection of the cultivar as well as the right date and density of planting are important. One of the most important practices is the treatment of propagation material. After harvesting, potato tubers do not germinate, because they are in the period of physiological rest. They are at rest before maturation at the end of the growth period [Rykaczewska 1993, Bielińska-Czarnecka 1995, Chang et al. 2008, Wróbel and Robak 2011]. Potato tuber rest is a physiological stage in which they do not germinate although they are kept in suitable conditions for this process (darkness, temperature of 15–20°C, high air humidity). This varietal trait is independent of the length of vegetation of individual genotypes. The length of dormancy varies between years and depends to the greatest extent on the genetic features of the variety, and the degree of its modification induced by thermal and humidity conditions depends on this feature [Sowa-Niedziałkowska 2004, Wróbel 2008, Wróbel and Robak 2009, Zarzyńska 2004, 2010, Rykaczewska 2015, 2016]. Regulation of the duration of tuber dormancy is highly important for many directions of potato production. In the seed potato production, it is difficult to interrupt the physiological dormancy of potato tubers and it is impossible to make an eye test of potato tubers immediately after harvest, which is the basis for official health tests applied to seed potatoes by plant protection and seed production laboratories. Traditional safe methods of interrupting the rest of tubers based on the use of gibberellic acid, kinetin, or thiourea are not always effective, especially in the

¹ Department of Plant Production Technology and Commodities Science, University of Life Sciences in Lublin, e-mail: barbara.sawicka@up.lublin.pl

² Department of Field Crops College of Agriculture, Al-Muthanna University, Iraq

³ Department of Potato Agronomy, Plant Breeding & Acclimatization Institute, Branch Jadwisin

⁴ Department of Plant Production Technology and Commodities Science, University of Life Sciences in Lublin

⁵ Department of Agriculture and Food Safety, State Higher Vocational in Krosno

case of cultivars with very deep and deep resting periods [Akoumianakis et al. 2000, Struik and Wiersema 1999, Wróbel 2008, Wróbel and Robak 2008, Chang et al. 2008, Muthoni et al. 2014, Yilmaz et al. 2016]. Other methods of breaking dormancy using rindite, ethylene chlorohydrin, ethyl bromide, or carbon disulphide are dangerous humans and the environment, as they are often toxic and carcinogenic and, hence, banned in some countries [Struik and Wiersema 1999]. Very often premature attempts to stop dormancy in many cultivars cause only weak stimulation reactions or, in extreme situations, lack of germination, which consequently does not allow assessment of virus infestation of tubers [Ranalli et al. 1994, Wróbel 2008, Wróbel and Robak 2011, Yilmaz et al. 2016]. Therefore, it is very important to determine the time when the attempt to end the rest will be effective and will yield at least 80% of sprouted eyes. Seed potato tubers can be treated before planting with moist or dry seed coating or with ultrasounds with adequate power [Yildirim et al. 2010, Miano et al. 2015, Kiełtyka-Dadasiewicz et al. 2017].

Ultrasound is energy produced by acoustic waves with frequencies higher than 20 kHz [Mason and Peters 2004]. This technology is often used in industry to strengthen such processes as extraction, emulsification, washing, or drying [Mason et al. 2005]. The ultrasound used in processing, analysis and quality control is described as low or high power ultrasound. Low power ultrasound (LPU) is generated with frequencies higher than 100 kHz and intensities lower than 104 W m^{-2} , while high power ultrasound (HPU) is generated with frequencies from 20 to 500 kHz and intensities higher than 104 W m^{-2} [Sawicka and Dolatowski 2007, Awad et al. 2012, Miano et al. 2015, Sawicka et al. 2015]. Progress in potato seed production and improvement of the quality and health of seed potatoes may be ensured by unconventional methods, which do not increase the level of crop chemisation. Such pro-ecological methods based on physical phenomena include ultrasound (sonification). They are used to evoke primary or secondary phenomena. Depending on the frequency and intensity, ultrasonic waves facilitate non-destructive testing of the structure of products without changing their chemical and physical properties. The effects of the application of ultrasonic energy in plant production include increased cell membrane capacity, improved tissue respiration, emergence of biologically active compounds, effects on enzymes, changes in the structure and hydration of tissue colloids, and changes in the ionic systems of tissues. Through an influence on plants or biologically active substances, development, cell division, and intracellular divisions in plants can be stimulated, or their growth can be inhibited. This technique is also used in agricultural production, especially in seed production [Yildirim et al. 2010, Awad et al. 2012, Cárcel et al. 2012, Chiu and Sung 2013, Patero and Augusto 2014, Miano et al. 2015]. However, the influence of ultrasound treatment on the quality parameters of seed potatoes, such as germination rate and vigor, has not been sufficiently investigated. The present study ad-

addressed the question whether ultrasonic technology contributes to acceleration of germination and vigor of seed potatoes. The aim of the research was to find out if ultrasound would shorten the period of tuber rest in seed potatoes. Such findings could contribute to improvement of the quantity and quality of seed potato yield/production.

Material and methods

Tuber samples from a field experiment carried out on podzolic soil in Poland (51°08'N, 22°29'E) in 2014–2016 were used for the study. The experiment was established in a dependent split-plot system in three replications, where the first order factors were the pre-processing treatments: a) the use of sonification of seed potatoes for 6 minutes, b) the use of sonification of seed potatoes for 12 minutes, c) the control group, without sonication. The second order factor was constituted by 14 potato cultivars from all groups of earliness: Krasa (very early); Bellarosa, Ewelina, Korona, Nora, Vineta (early); Blue Congo, Nicola, Red Fantasy, Roxana, Zuzanna (medium early), Jelly, Oktan (medium late), and Hinga (late). The potatoes were grown on a field after winter oilseed rape. In autumn, stubble cultivation was carried out. Next, manure was used in an amount of 30 tons ha⁻¹ and the field was subjected to deep plowing. In spring, the field was tilled and harrowed, and mineral fertilization was applied in the following quantities: 100 kg N, 43.6 kg P, and 124.5 kg K ha⁻¹, according to the amount of ingredients in the soil. All fertilizers were applied once before planting. Nitrogen was supplied as 46% urea, phosphorus as 19% granulated superphosphate, and potassium as 60% potassium. The seed potatoes used for the tests were classified as class A [Sadzeniaki ziemniaka – wymagania obowiązujące od 2015 roku]. The tubers were planted mechanically with a spacing of 62.5 × 40 cm on April 26. The area of the cultivation plots was 16.5 m². All treatments were applied in accordance with the requirements of Good Agricultural Practice [Prószyński et al. 2007]. The collection of tubers was carried out during the technical maturity period in the early cultivar groups. Before planting, the potato tubers were subjected to immersion sonification using an ultrasonic bathtub. The ultrasonic bath of the potato propagation material was carried out at a frequency of 32 kHz and a volumetric power of 0.028 W m⁻³. The bath has piezoelectric elements placed below the bathtub. It generates mechanical waves that are transmitted by water. The volumetric power was determined according to the method proposed by Cárcel et al. [2012]. Its acoustic power was 200 W at 32 kHz. Sonification was carried out in an aqueous environment at 18°C for 6 and 12 minutes.

At the time of harvest, representative samples were collected for a laboratory experiment with tuber pre-seeding. The first observation of the efficacy of tuber dormancy breakage was carried out at day 10 after the sonication treatment and

the next observations were conducted at 3–4-day intervals. A term in which a minimum of 80% of sections of tubers were clearly stimulated and had sprouts longer than 2 mm, and the other 50% of the slices had sprouts with a minimum length of 15 mm was adopted as the optimal start-up period of the eye test. Observations of sprout development as well as their number and mass were made on 10 dates. The BBCH scale was used to determine the growth rate of the sprouts [Meier et al. 2009]. The BBCH scale is a uniform system created by combining many scales and designed to determine phases of development of various plant groups. The scale is precise and lists the main and minor development phases. Subordinate plant development phases allow determination of specific potato traits. The number of germinated and non-germinated eyes was estimated, as well as the number and mass of sprouts on one tuber and the mass of tubers before and after the testing (storage).

The results of the study were statistically calculated using the analysis of variance (ANOVA) and descriptive statistics (SPSS) as well as analysis of correlations and multiple regressions. The significance of the differences was evaluated by the Fisher-Snedecor F-test, at the level of $\alpha = 0.05$, while the significance of differences between the averages was estimated by means of multiple Tukey intervals. The rate at which the tubers germinated was determined by means of a regression coefficient and was regarded as a unitary increase in the mass of the sprouts over time [Van der Plank 1963]. Its credibility was assessed by the coefficient of determination, which shows the extent to which the regression equation explains the variability of the dependent variable. It is a measure of the extent to which the model explains the evolution of the explained variable. In addition, some features of descriptive statistics were calculated, i.e. the mean, standard deviation, range, maximum, minimum, kurtosis, and coefficient of variation [Smith 2018].

Results

Sprouted tubers of potato cultivars are shown in figures 1–5.

The germination rate of tubers. The pre-treatment varied the rate of germination of tubers in the tested potato cultivars.

The deepest physiological rest was exhibited by the cultivar Krasa, but the dormancy of Blue Congo and Korona was the most difficult to interrupt (tab. 1).

The rate at which the tubers germinated was determined by means of a regression coefficient and was regarded as a unitary increase in the mass of the sprouts over time. Its credibility was assessed by the coefficient of determination, which shows the extent to which the regression equation explains the variability of the dependent variable. It is a measure of the extent to which the model explains the evolution of the explained variable. The coefficient of determination describes the part of the explained variability that results from its dependence on the explanatory variables included in the model. It takes a value from 0 to 100%.

The model fit is better when the value of the determination coefficient ($R^2 \cdot 100\%$) is closer to 100. The highest stability of this feature was characteristic of the early cultivar Nora, and the lowest value was noted for the early cultivar Vineta. The tested cultivars showed varied response to the sonification. Only the Krasa cultivar reacted positively both levels of exposure to the sonification process. The Nora, Roxana, Blue Congo, and Oktan cultivars did not show any significant response to the shorter exposure of sonication, while to Bellarosa and Vineta did not respond to the longer sonification process. The longer exposure to sonification, however, increased the rate of germination in the following cultivars: Krasa, Roxana, Ewelina, Jelly, Hinga and Zuzanna, and reduced it significantly in Red Fantasy, Korona, Oktan, and Nicola (tab. 1).



Fig. 1. Bellarosa cv.
Phot. B. Sawicka



Fig. 2. Roxana cv.
Phot. B. Sawicka



Fig. 3. Hinga cv.
Phot. B. Sawicka



Fig. 4. Red Fantasy cv.
Phot. B. Sawicka



Fig. 5. Blue Congo cv.
Phot. B. Sawicka

The cultivars also exhibited a differentiated tuber germination rate (tab. 1). The highest rate of germination was noted for the early Nora cultivar, whereas the lowest value was found for the very early Korona, Krasa, and the middle late Zuzanna cultivars; the trait turned out to be homogeneous in the latter cultivars.

The determination coefficient, which is independent of the scale of units and describes this part of explained variability, resulted from its dependence on the explanatory variables included in the model and reached 82 to 94% (tab. 1).

Table 1. Coefficients of the germination rate of potato tubers (mean for 2014–2016)

Cultivars	Control object	Sonification		Mean	R^2 (%)
		Exposure I	Exposure II		
Bellarosa	0.097	0.061	0.100	0.086	90
Blue Congo	0.081	0.080	0.083	0.081	87
Ewelina	0.099	0.084	0.110	0.098	90
Hinga	0.101	0.074	0.112	0.096	88
Jelly	0.090	0.083	0.111	0.095	90
Korona	0.083	0.073	0.059	0.072	87
Krasa	0.069	0.084	0.085	0.079	89
Nicola	0.108	0.098	0.098	0.101	89
Nora	0.144	0.143	0.144	0.144	94
Oktan	0.104	0.102	0.090	0.099	88
Red Fantasy	0.110	0.097	0.079	0.095	91
Roxana	0.090	0.088	0.105	0.094	88
Vineta	0.089	0.081	0.091	0.087	82
Zuzanna	0.088	0.080	0.110	0.093	89
Mean	0.097	0.088	0.098	0.094	89

The exposure of the tubers to sonification significantly affected the number of germinating shoots and the mass of the sprouts from the tubers; a greater negative effect was found upon the longer exposure to ultrasound (tab. 2).

The number of germinated sprouts was significantly higher in the objects treated with sonification, with a better effect of the longer sonification exposure. The weight of sprouts and the number of non-sprouted dormant eyes turned out to be independent of the sonification exposure (tab. 2).

Table 2. Physiological characteristics of tubers immediately after the rest period (mean for 2014–2016)

Specification	x_1	x_2	x_3	x_4
Exposures sonification 1	4.3	10.9	1.16	3.0
Exposures sonification 2	4.1	10.9	1.30	2.7
Control object	4.7	11.0	1.37	3.6
HSD _{0,05}	0.2	ns	ns	0.1

x_1 – number of germinated sprouts, x_2 – mass of germinated sprouts from the tubers (g), x_3 – number of non-germinated dormant eyes on the tuber, ns – not significant at $p = 0.05$

Significant reduction in the number of buds germinated under the influence of the 6- and 12-minute exposure to ultrasounds was observed in the following cultivars: Blue Congo, Hinga, Krasa, and Red Fantasy, but only 2 cultivars: Nicola and Zuzanna showed positive response to the ultrasounds. The other cultivars showed no significant response to this treatment (Fig. 6).

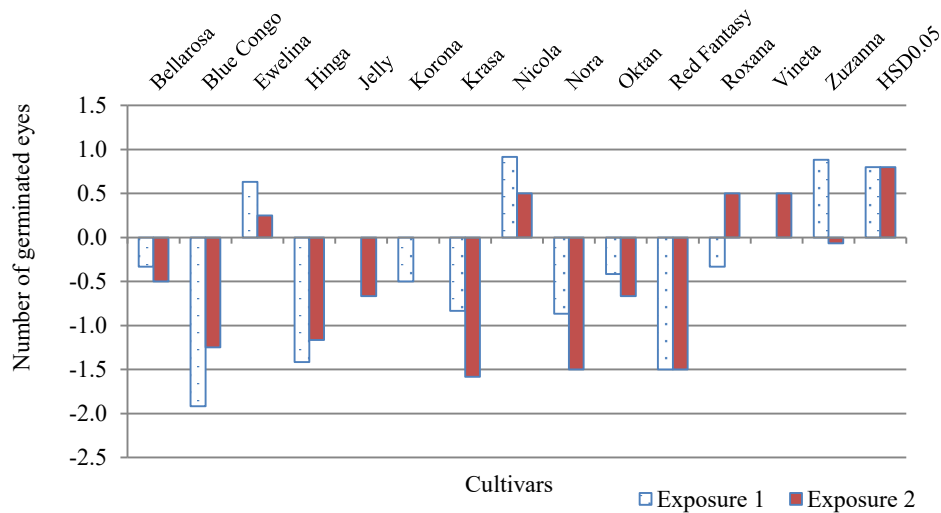


Fig. 6. Differences in the number of germinated eyes as a response of the potato cultivars to the sonification exposure

The average total number of sprouts on the tuber was 3.92 with a standard deviation of 2.24, and the coefficient of variation of this trait was 57.39%. The number of apical sprouts on the tuber was on average 2.68, with a standard deviation of 2.00. The variability of this feature was also high ($V = 59.02\%$). The other statistical parameters of the analyzed features are best illustrated by the descriptive statistics of variables (tab. 3).

Table 3. Descriptive statistics of dependent (y) and independent (x) variables: number of sprouts

Statistical parameters	y	x_1	x_2
Average	6.00	3.91	2.68
Mediana	6.00	4.00	2.00
Standard deviation	4.92	2.24	1.58
Kurtosis	-1.51	1.35	0.68
Slant	0.00	1.10	1.01
Range	12.00	11.00	7.00
Coefficient of variation (%)	81.93	57.39	59.02

y – exposure to sonification, x_1 – total sprouts, x_2 – apical sprouts

The median divides the data set in half. 50% of the results of a given set are distributed below and above the value indicated in Table 3 for this parameter. Kurtosis, in turn, provided information on how many of the results obtained were close to the average. The value of kurtosis in both independent variables was greater than zero, which means that there were many results close to the average value in the data set. Hence, the distribution of the value of this feature was normal in this case. The coefficient of skewness for the normal distribution had the value "0" and was perfectly symmetrical for the value of y , but was right-angled (positive) in the case of independent variables (tab. 3).

The largest losses of tuber mass due to transpiration, respiration, and sprouting were found in the control object, whereas the smallest losses were detected in the object treated with 12-minute sonification (tab. 4).

Table 4. Weight loss due to storage of tubers (mean for 2014–2016)

Specification	x_1	x_2	x_3	x_4
Exposures sonification 1	278.53	213.18	65.35	20.12
Exposures sonification 2	237.21	211.76	25.45	16.64
Control object	289.11	218.02	71.09	22.55
HSD _{0,05}	13.4	ns	2.70	0.99

x_1 – mass of tubers prior to the experiment, x_2 – mass of tubers after the end of the experiment, x_3 – loss of tuber mass, x_4 – loss of sprout mass

Descriptive statistics of the independent variables (x) of the mass of tubers before and after storage as well as the total mass losses due to storage and loss of mass due to germination of tubers indicate large overall loss of tuber mass during storage (19.8%), of which 7.4% was attributable to the mass losses due to germination of tubers.

Table 5. Descriptive statistics of dependent (y) and independent (x) variables: mass of tubers

Statistical parameters	y	x_1	x_2	x_3	x_4
Average	6.00	268.28	214.32	53.96	19.77
Mediana	6.00	261.15	212.49	48.66	19.20
Standard deviation	4.95	86.01	66.68	19.33	4.12
Kurtosis	–1.53	–0.35	–0.49	–0.14	–0.93
Slant	0.00	0.38	0.31	0.07	0.02
Range	12.00	362.24	276.31	85.90	14.72
Coefficient of variation (%)	82.51	32.06	31.11	35.82	20.84

y – exposure to sonification, x_1 – mass of tubers prior to the experiment, x_2 – mass of tubers after the end of the experiment, x_3 – loss of tuber mass, x_4 – loss of sprout mass in %

The loss of tuber mass caused by transpiration, respiration, and germination throughout the research period was 19.8% with a standard deviation of 4.1%. The loss of tuber mass due to germination ($V = 20.82\%$) turned out to be the

most stable feature, and the total loss of tuber mass during storage was the most variable (tab. 5). The median divides the set of data considered in the analysis into half (tab. 4). Kurtosis, i.e. a measure of the density (concentration) of results around the average, provided information on how close the results were to the average. There were many extreme results in the data set and few results similar to the average tuber weight value. Hence, the distribution was flattened. Skewness, defining the asymmetry of the distribution of variables, indicated how the results of each variable shaped around the average. A coefficient of skewness above "0" for each of the independent variables indicated that the distribution was right-angled. In the case of variable (y), the skewness was "0", which indicates its symmetrical distribution (tab. 5).

The relationship between the exposure to ultrasound and the weight of tubers before and after germination is best described by the regression equation: $y = 11.952 - 0.024 x_2 - 0.041 x_3$, with a regression coefficient of $R^2 = 32.41$. As shown by Smith [2018], the ratio obtained is not statistically reliable.

Discussion

The length of the resting period is under environmental, physiological, and hormonal control. Muthoni et al. [2014] proved that the availability of sucrose is a prerequisite for interruption of rest. In the absence of sucrose, buds on the tuber do not crack. Therefore, sucrose can be used simultaneously as a nutrient and a signaling molecule. The sucrose detection method is only vaguely understood, but most likely it involves the signaling networks of trehalose 6-phosphate and SnRK1. Atypical manipulation of trehalose-6-phosphate levels affects the length of the resting period. After reaching physiological maturity, germination is controlled by the level of phytohormones [Alexopoulos et al. 2008]. As shown by Rykaczewska [1993], Muthoni et al. [2014], and Ranjbari et al. [2013], two phytohormones, i.e. ABA and ethylene, suppress germination of tubers; however, the exact role of ethylene remains unexplained. Cytokinins and gibberellins are required for bud breakage and shoot growth, respectively. The fifth classic phytohormone, i.e. auxin, seems to play a role in angiogenesis. During the resting period, sprouts are symplastically isolated, which changes during the cracking of the apical bud. Parallel to the establishment of a symplastic connection, the vascular tissue develops below the growing bud, which most likely supports germination with assimilates mobilized in parenchyma cells [Suttle 2004a, 2004b]. Germination leads to a significant deterioration of the quality of stored potato tubers. Therefore, tuber germination control is an important goal in potato breeding. Although comparative transcriptome analysis revealed a large number of genes expressed differently in growing than in dormant buds, no major germination regulator in potato tubers has yet been identified.

Progress in the intensification of seed potato cultivation aimed at improvement of performance and quality is possible due to unconventional methods that do not enhance the chemization level in farming [Sawicka et al. 2015].

In potato seeding technology, there is a tendency to use innovative techniques of applying ultrasounds, microwaves, or magnetic field. The application of ultrasound is one of the unconventional methods based on physical phenomena that affect the number and mass of sprouts on the tuber. However, the response of the tested varieties to sonification varied. This was confirmed in the research conducted by Muthoni et al. [2014].

Plant biotechnology, especially plant tissue cultures, can benefit from new measures to stimulate plant growth and development. Although the number of studies is still limited, there is evidence that sonication with low frequencies (from several dozens of Hz) to ultrasounds (tens of kHz) can increase organogenesis [Teixeira da Silva and Dobránszki 2014]. It was shown that ultrasounds did not negatively affect the germination and vigor of seed potatoes and improved the germination rate. Several possible explanations have been given. Therefore, the ultrasound technology can be used to improve the hydration process without affecting the quality of seeds. However, further research is required to determine the main cause (physical and/or physiological) of the germination rate. Finally, it is clear that ultrasound is a promising technology in the field of seed science (Teixeira da Silva and Dobránszki, 2014, Kiełtyka-Dadasiewicz et al. 2017]. Sawicka et al. [2015] have found that the use of ultrasound can affect potato tubers by triggering some physiological and biochemical processes.

The loss of tuber mass during the 4-month storage in laboratory conditions reached 19.7%. In studies conducted by Sawicka et al. [2015], the loss of tuber mass due to germination, respiration, and transpiration was at a level of 20.7%. The most effective method for breaking the dormancy of potato tubers was 12-minute exposure to sonification. The available literature lacks data on the use of ultrasound to break this period. The use of natural or artificial growth regulators [Sako et al. 2001, Wróbel 2008, Wróbel and Robak 2009, 2011] is still a commonly used method of breaking the dormancy of tubers. The method used by Suttle [2004a] as well as Wróbel and Robak [2011] to stop potato tuber resting consisted in soaking tuber excisions with the eye in a solution of gibberellin, thiourea, Biseptol (sulfamethoxazolum, trimethoprimum), and daminozide (B-Nine 85 SP). They found that the cultivars Altesse, Bursztyn, Etola, Finesia, Gawin, Gustaw, Ingrid, Legenda, Michalina, Stasia, Viviana, Zagłoba, and Zenia were characterized by an easy-to-break rest immediately after harvesting. However, the rest of some varieties, e.g. Ametyst, Antoinet, Bosman, Jutrzenka, and Sagitta, was more difficult to break. In turn, Chang et al. [2008] delayed potato growth by interrupting the supply of nutrients and thereby inducing tuber formation in an aeroponic cultivation system. The interruption in the nutrient supply significantly increased root activity, but decreased the rate of photosynthesis

and transpiration as well as nutrient absorption in the leaves. These changes in physiological responses to growth induced tuber formation along short, thin stolons. The breaks in the supply of nutrients reduced shoot growth by 50–60% and tuber growth by 5–36%, compared to control plants. This technique can be used to induce significant tuberization, especially in late cultivars.

Most of the tested cultivars had a relatively easy rest period. However, for varieties with deeper rest, it seems advisable to postpone the commencement of the eye test by 5 to 10 weeks. After this date, the share of germinating tubers will increase and the germination process would be faster and more even. This dependence was confirmed by Rykaczewska [1993, 2016], Zarzyńska [2004, 2010], Wróbel [2008], Wróbel and Robak [2009, 2011]. Knowledge of this varietal feature will significantly improve the performance of eye tests at early dates – just after harvesting. In the case of difficult and very difficult varieties in terms of interrupting the physiological rest, shifting the moment of starting the tests can largely improve the effectiveness of the rest period, reducing the risk of lack of emergence, because the germination process can then be much faster and more even.

Conclusions

1. The use of ultrasonic energy, which represents advanced technologies, is innovative and extends the scope of applications in the cultivation and assessment of the quality of propagation material. It also affects the stability and physicochemical properties of tubers, which may be crucial for seed production.

2. The sonification of the seed potatoes increased the number of sprouts on the tubers, shortened their germination period, and contributed to reduction of the loss of tuber mass during storage. This provides a basis for further research into the germination physiology and will facilitate stimulation of potato tubers in laboratories, especially cultivars with a long physiological rest period. The most effective method of interrupting the dormancy of tubers was sonification with a 12-minute exposure.

3. The genetic traits of the studied cultivars modified the tuber germination rate in time and the number of total and apical sprouts.

4. The response of the potato cultivars to ultrasound varied. The longer 12-minute exposure to sonification increased the rate of germination in the cultivars Krasa, Roxana, Ewelina, Jelly, Blue Congo, and Hinga, and reduced it in Red Fantasy, Korona, Oktan, and Nicola.

References

- Akoumianakis K., Olympios C.M., Passam H.C., 2000. Effect of rindite and bromoethane on germination, sprout emergency, number of sprouts and total yield of tubers of potato cv. Spunta. *Adv. Hort. Sci.* 14, 33–35.

- Alexopoulos A.A., Aivalakis G., Akoumianakis K.A., Passam H.C., 2008. Effect of gibberellic acid on the duration of dormancy of potato tubers produced by plants derived from true potato seed. *Postharvest Biol. Technol.* 49, 424–430.
- Awad T., Moharram H., Shaltout O., Asker D., Youssef M., 2012. Applications of ultrasound in analysis, processing and quality control of food: A review. *Food Res. Int.* 48, 410–427.
- Bielińska-Czarnecka M., 1985. Fizjologia okresu spoczynku. In: W. Gabriel (red.), *Biologia ziemniaka*. Wyd. PWN, Warszawa, 90–103.
- Cárcel J., García-Pérez J., Benedito J., Mulet A., 2012. Food process innovation through new technologies: Use of ultrasound. *J. Food Engin.* 110, 200–207.
- Chang D.C., Park C.S., Kim S.Y., Kim S.J., Lee Y.B. 2008. Physiological responses to growth by breaking nutrients in aeroponically grown potatoes. *Am. J. Potato Res.* 85(5), 315–323, DOI: 10.1007/s12230-008-9024-4.
- Chiu K.Y., Sung, J.M., 2013. Use of ultrasonication to enhance pea seed germination and microbial quality of pea sprouts. *Int. J. Food Sci. Technol.* 49, 1699–1706.
- Kiełtyka-Dadasiewicz A., Sawicka B., Ludwiczak A., 2017. Effect of sonification and quality of peppermint (*Mentha x piperita* L.). International Scientific Conference ‘New trends in food safety and quality’ 5–7 October, 2017, Aleksandras Stulginskis University, Akademija, Lithuania, 36.
- Mason T.J., Peters D., 2004. An introduction to the uses of power ultrasound in chemistry. In: T.J. Mason, D. Peters (eds.), *Practical Sonochemistry*, pp. 46, Woodhead Publishing Limited.
- Mason, T.J., Riera, E., Vercet, A., Lopez-Buesa, P. 2005. Application of ultrasound. In: D.W. Sun (ed.), *Emerging Technologies for Food Processing*, 323–351, Academic Press, London.
- Meier U., Bleiholder H., Buhr L., Feller C., Hack H., Heß M., Lancashire P.D., Schnock U., Stauß R., van den Boom T., Weber E., Zwerger P., 2009. The BBCH system to coding the phenological growth stages of plants – history and publications. *J. Kulturpfl.* 61(2), 41–52.
- Miano A.C., Forti V.A., Abud H.F., Gomes-Junior F.G., Cicero S.M., Augusto P.E.D., 2015. Effect of ultrasound technology on barley seed germination and vigour. *Seed Sci. Technol.* 43(2), 297–302, DOI: <https://doi.org/10.15258/sst.2015.43.2.10>.
- Muthoni J., Kabira J., Shimelis H., Melis R., 2014. Regulation of potato tuber dormancy: A review. *Austral. J. Crop Sci.* 8(5), 754–759.
- Ranalli P., Bizarri M., Borghi L., Mari M., 1994. Genotypic influence on in vitro induction, dormancy length, advancing age and gibberellins performance of potato microtubers (*Solanum tuberosum* L.). *Ann. Appl. Biol.* 125, 161–172.
- Ranjbari A., Kashaninejad M., Aalami M., Khameiri M., Gharekhani M., 2013. Effect of ultrasonic pre-treatment on water absorption characteristics of chickpeas (*Cicer arietinum*). *Latin Am. Appl. Res.* 43, 153–159.
- Rykaczewska K., 1993. Wiek fizjologiczny bulw ziemniaka jako czynnik modyfikujący produktywność roślin. *Fragm. Agron.* 10(2), 5–9.
- Rykaczewska K., 2015. Wpływ wysokiej temperatury i suszy w okresie wegetacji na spoczynek bulw ziemniaka (*Solanum tuberosum* L.). *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 581, 85–92.
- Rykaczewska K., 2016. Długość okresu spoczynku bulw ziemniaka w zależności od występowania wysokiej temperatury i suszy w czasie wegetacji. *Ziemn. Pol.* 3, 23–27.
- Sadzeniaki ziemniaka – wymagania obowiązujące od 2015 roku, piorin.gov.pl/files/userfiles/giorin/wn/.../nowe_wymagania_ziemniak_od_2015_.pdf [access: 20.07.2019].
- Sako Y., McDonald M., Fujimura K., Evans A., Bennett M., 2001. A system for automated seed vigour assessment. *Seed Sci. Technol.* 29, 625–636.
- Sawicka B., Dolatowski Z., 2007. Variation in the darkening of the pulp of tubers of new potato varieties under the influence of ultrasounds. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 517(2), 639–649.
- Sawicka B., Hameed T.S., Danilcenko H., Jariene E., Skiba D., Kotiuk E., 2015. Impact of ultrasounds on physicochemical characteristics of potato varieties. Congress of Univariate Departments and International Scientific Conference on: „Innovative Technologies in Plant Production”, Lublin, 30 June – 1 July 2015, 26.

- Smith M.J., 2018. Statistical analysis handbook. A comprehensive handbook of statistical concepts, techniques and software tools. Issue version: 2018-1. The Winchelsea Press, Edinburgh, e-book.
- Sowa-Niedziałkowska G., 2004. Wpływ odmiany ziemniaka i warunków przechowywania bulw na długość okresu uśpienia i intensywność kiełkowania. Biul. IHAR 232, 23–36.
- Struik P.C., Wiersema S.G., 1999. Seed potato technology. Wageningen Press, 129, pp 383.
- Suttle J.C., 2004a. Involvement of endogenous gibberellins in potato tuber dormancy and early sprout growth: a critical assessment. J. Plant Physiol. 161, 157–164.
- Suttle J.C., 2004b. Physiological regulation of potato tuber dormancy. Am. J. Pot. Res. 81, 253–262.
- Teixeira da Silva J.A., Dobránszki J., 2014. Sonication and ultrasounds: effects on plant growth and development. Plant Cell Tissue Organ Cult. 117(2), 131–143, DOI: 10.1007/s11240-014-0429-0.
- Van der Plank J.E., 1963. Plant disease: Epidemics and control. Academic Press, New York, pp. 349.
- Wróbel S., 2008. Wczesne przerywanie okresu spoczynku bulw w aspekcie szybkiej diagnostyki wirusowej nowych odmian ziemniaka. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin 48(2), 552–555.
- Wróbel S., Robak B., 2009. Reakcja nowych odmian ziemniaka na przerywanie okresu spoczynku. Ziemn. Pol. 1, 11–13.
- Wróbel S., Robak B., 2011. Reakcja nowych odmian ziemniaka na terminy przerywania spoczynku bulw na potrzeby próby oczkowej. Fragm. Agron. 28(3), 120–128.
- Yildirim A., Öner M.D., Bayram M., 2010. Modeling of water absorption of ultrasound applied chickpeas (*Cicer arietinum* L.) using Peleg's equation. J. Agric. Sci. 16, 278–286.
- Yilmaz G., Kinay A., Kandemir N., Dökülen S., 2016. Effects of growing conditions on crossing success in different potato (*Solanum tuberosum* L.) crosses. AGROFOR Int. J. 1(3), 133–142.
- Zarzyńska K., 2004. Długość okresu spoczynku bulw ziemniaka. Biul. IHAR 232, 5–14.
- Zarzyńska K., 2010. Odmianowe zróżnicowanie długości okresu spoczynku bulw ziemniaka. Ziemn. Pol. 3, 14–17.

ENVIRONMENTALLY FRIENDLY METHODS USED TO IMPROVE THE QUALITY OF SEED POTATOES

Summary. Tuber samples from field experiment, carried out in the Poland (51°08'N, 22°29'E), in the years 2014–2016, were used for the study. The experiment was established in a dependent, split-plot system, in three replications, where the first order factors were pre-processing treatments: a) the use of sonification of seed potatoes for 6 minutes; b) the use of sonification of seed potatoes for 12 minutes, c) the control group, without sonication; the second order factor was constituted by 14 potato cultivars. Potato tubers, before planting, were subjected to immersion sonification using an ultrasonic and bathtub device. Ultrasonic bath of potato tubers was carried out in an ultrasonic bath with a frequency of 32 kHz. Its acoustic power was 200 W. Sonification took place in an aqueous environment at 18°C for 6 and 12 minutes. Sonication of the seed potato did not significantly affect the number of germinated sprouts, nor the sum of sprouts on tubers, but limited the mass of sprouts and shortened the germination period of tubers. The most effective method of interrupting the dormancy of tubers was sonification with an 12 minutes exposure.

Key words: sonification, potato cultivars, tuber germination rate

PRZYJAZNE ŚRODOWISKU METODY STOSOWANE DO POPRAWY JAKOŚCI SADZENIAKÓW ZIEMNIAKA

Streszczenie. Do badań wykorzystano próbki bulw z doświadczenia polowego, przeprowadzonego w Polsce (51°08'N, 22°29'E) w latach 2014–2016. Eksperyment został założony w układzie

zależnym, split-plot, w trzech powtórzeniach, gdzie czynnikami pierwszego rzędu były zabiegi przedsadzeniowe: a) zastosowanie sonifikacji sadzeniaków przez 6 minut; b) zastosowanie sonifikacji sadzeniaków przez 12 minut, c) obiekt kontrolny, bez sonifikacji; czynnik drugiego rzędu stanowiło 14 odmian ziemniaka. Bulwy ziemniaków przed sadzeniem poddano sonifikacji zanurzeniowej przy użyciu urządzenia ultradźwiękowego, wannowego. Kąpiel ultradźwiękowa bulw ziemniaka była przeprowadzana w łaźni ultradźwiękowej o częstotliwości 32 kHz, moc akustyczna wynosiła 200 W. Sonifikacja odbywała się w środowisku wodnym w temperaturze 18°C przez 6 i 12 minut. Sonifikacja sadzeniaków nie wpłynęła znacząco na liczbę kiełkujących kiełków ani na sumę kiełków na bulwach, ale ograniczyła masę kiełków i skróciła okres kiełkowania bulw. Najbardziej skuteczną metodą przerwania spoczynku bulw była sonifikacja z 12-minutową ekspozycją.

Słowa kluczowe: sonifikacja, odmiany ziemniaka, szybkość kiełkowania bulw

Katarzyna Król¹, Alicja Ponder², Klaudia Kopczyńska³, Ewelina Hallmann⁴

COMPARATIVE EVALUATION OF THE NUTRITIONAL VALUE AND THE CONTENT OF BIOACTIVE COMPOUNDS IN SUPERFOOD PRODUCTS

Introduction

Recently, an increase in consumer awareness has been observed. An increasing number of them pay attention to what they eat and choose food products that seem beneficial to health. One of these products are products called superfoods [Llorent-Martínez et al. 2013]. Superfoods are considered products with rich nutritional value and high content of biologically active compounds that have a positive effect on human health [Wolfe et al. 2010]. Superfoods are mostly food products of exotic origin, such as acai or goji berries [Donno et al. 2015]. However, many Polish national fruits, such as chokeberry or mulberry, can also be included in this group, due to their rich content of a number of bioactive compounds. Polyphenols are one of the numerous biologically active compounds included in superfoods products. They exhibit antioxidant properties, acting as reactive oxygen species (ROS) neutralizers, which prevents the occurrence of many diseases. Antioxidant, anti-inflammatory, antiallergic, anti-swelling and anti-mutagen effects are commonly known health-promoting properties of plant polyphenols. Polyphenols, thanks to antioxidant properties, reduce the oxidation of LDL lipoproteins and platelet aggregation in the blood vessels. As a results, they dilate blood vessels, prevent arteriosclerosis and arrhythmia [Leifert et al. 2008, Ellis et al. 2011].

Polyphenols represent a very diverse group of compounds that can be divided in two separate groups: flavonoids and phenolic acids. Flavonoids consist of two benzene rings that are connected to a pyran or pyrone ring. Depending on the degree of ring oxidation, they can be divided in: anthocyanins, flavanols,

¹ Faculty of Human Nutrition and Consumer Sciences, Department of Functional Food, Ecological Food and Commodities, Warsaw University of Life Sciences, e-mail: katarzyna_krol@sggw.pl

² Faculty of Human Nutrition and Consumer Sciences, Department of Functional Food, Ecological Food and Commodities, Warsaw University of Life Sciences

³ Faculty of Human Nutrition and Consumer Sciences, Department of Functional Food, Ecological Food and Commodities, Warsaw University of Life Sciences

⁴ Faculty of Human Nutrition and Consumer Sciences, Department of Functional Food, Ecological Food and Commodities, Warsaw University of Life Sciences

flavones, flavanones, isoflavones, catechins [Ostrowska and Skrzydlewska 2005, Wightman and Heuberger 2015]. Scientific studies have shown an inverse association between the incidence of ischemic heart disease and the consumption of foods rich in flavonoids. Flavonoids inhibit the phosphodiesterase and cyclooxygenase activity and thus reduce platelet aggregation, thus play a large role in the prevention of atherosclerosis [Gheribi 2011].

Characteristic of selected superfood fruits

Chokeberry. Chokeberry is a shrub from eastern North America. Currently, the largest producer of chokeberry in the world is Poland, whose production poses about 90% of the world's harvest of these fruits [Wolski et al. 2007]. This plant belongs to the *Rosaceae* family which includes three species: red chokeberry (*Chokeberry arbutifolia*), black chokeberry (*Chokeberry melanocarpa*) and chokeberry prunifolia (*Chokeberry prunifolia*). It grows in the form of a highly branched shrub, the height of which can range from 0.5 to 2.5 m. Black chokeberry fruit has rich and varied chemical composition depending on the method of cultivation and atmospheric conditions during the growing season. They contain both antioxidant ingredients, including flavonols, anthocyanins, tannins, phenolic acids, as well as minerals and vitamins [Ostrowska and Skrzydlewska 2005, Ellis et al. 2011]. Chokeberry fruits have some positive effects, such as strong antioxidant activity and potential therapeutic benefits. They can be recommended in prevention of chronic diseases including metabolic disorders, diabetes and cardiovascular diseases [Jurikova et al. 2017].

Acai. Acai (*Euterpe oleracea*) is a palm-tree berry from South America. Acai is a colloquial name and its main name is *euterpe*. Appearance resembles blueberry. Inside the fruit is contained a single large stone with a diameter of 7–10 mm. Each acai fruit contains a single large stone with a diameter of 7–10 mm. Acai is a rich source of nutrients such as vitamins B1, B2, B3, E, C, minerals phosphorus, calcium, potassium, but also large amounts of omega 6 and omega 9 fatty acids. Moreover, acai juice has been recognized for its functional properties, due to its high antioxidant activity, which is connected with high amount of anthocyanin and phenolic compounds. Regular consumption may help to inhibit the growth of cancer cells, protects from atherosclerosis, as well reduces peroxidation during oxidative stress and the risk of diabetics [Xie et al. 2011, Kim et al. 2012].

Content of bioactive compounds and macronutrient in superfood products

Biological properties of berries have been related to interactions between the high content of nutrients (vitamins, minerals and fibers) and phenolic compounds. Bioactive compounds found in berries have a beneficial effects on hu-

man health, which are connected with antioxidant activity and regulation of some metabolism enzymes. Their actions are potentially beneficial in a wide range of diseases, from cardiovascular disease to cancer [Williams et al. 2004, See-ram et al. 2006]. The food industry can also use acai in many products, for example: gelatin capsules, powders to be used as shakes, juice and pulp, ready-made soups, and liquid products, such as teas and infusions, dairy products and bakery products [Bialek et al. 2012, Costa et al. 2010]. A comparison of the phenolic profile and vitamin C content of superfood products are presented in Table 1.

Table 1. Vitamin C, phenolic acid and flavonoids content in chokeberry and acai juice (mg 100 ml⁻¹)

Compounds	Chokeberry	Acai
Total phenolic content	2080.0	276.0
Gallic acid	n.d.	0.2
Chlorogenic acid	3.0	2.8
Caffeic acid	0.3	n.d.
p-coumaric acid	45.7	n.d.
Ferulic acid	22.2	0.28
Cinnamic acid	3.5	n.a.
Total flavonoids content	40.0	13.01
Rutin	3.2	3.5
Quercetin D-glycoside	10.6	1.4
Kaempferol D-glycoside	8.6	n.d.
Citric acid	10.6	n.d.
Quercetin	4.4	1.6
Kaempferol	3.0	2.76
Catechin	n.d.	4.6
Epicatechin	n.d.	3.4
Total anthocyanins content	350	53.1
Delphinidin	46.1	n.a.
Pelargonidin – 3-O-glycoside	242.2	n.a.
Cyanidin-3-O-glycoside	30.6	22.8
Cyanidin-3-O-rutinoside	n.a.	106.6
Peonidine -3-O-glycoside	31.1	n.a.
Vitamin C	50.3	32.4

n.d. – not detected, n.a. – not analyzed

Based on: Schauss et al. 2006, Mertens-Tallcot et al. 2008, Medina 2011, Bialek et al. 2012, Dias et al. 2013, Gironés-Vilaplana et al. 2014, Średnica-Tober et al. 2017

Chokeberry. Special attention should be paid on black chokeberry as a typical polish fruit. Chokberry juice is a rich source of anthocyanins and phenolic acids. The main phenolic acids detected were p-coumaric acid (45.7 mg 100 ml⁻¹) and ferulic acid (22.2 mg 100 ml⁻¹), while the main flavonoids were quercetin D-glycoside 10.6 mg 100 ml⁻¹] and kaempferol D-glycoside (8.6 mg 100 ml⁻¹). Their content depends on a number and quality of factors, such genotype, environmental conditions in growing regions, and the degree of maturity at harvest [Thi and Hwang 2016]. The main disadvantage of consuming chokeberries is deep bitter taste, attributable to high quantity of tannins. In this case chokeberries are not usually consumed raw, but mostly used for producing juice. Unfortunately, chokeberry juice is undervalued on food market. Despite the fact that it is processed fruit, chokeberry juice contains high number of anthocyanins (350 mg 100 ml⁻¹), flavanols and phenolic acids (2080.0 mg 100 ml⁻¹) [Załęcka et al. 2013]. Anthocyanins in fruit are responsible for the blue and red color. They are mostly found in skin of the fruits like blueberries, cherries and blackcurrant [Pojer et al. 2013]. Anthocyanins have a high biological activity and reduce the risk of diseases such as cardiovascular diseases and some cancers. Chokeberry is one of the richest plant sources of anthocyanins and represents about 25% of the total polyphenols [Oszmianski and Wojdylo 2005]. The total content of anthocyanin in chokeberry juice is 350 mg 100 ml⁻¹ and the main detected compound was pelargonidin-3-O-glycoside [242.2 mg 100 ml⁻¹].

Chokeberry juice contains 50.53 mg 100 ml⁻¹ of vitamins and is one of the best sources of vitamin C among polish and foreign products. Other juices which could be sources of vitamin C in daily diet are orange juice (26.68 mg 100 ml⁻¹), blackcurrant juice (22.09 mg 100 ml⁻¹) and apple juice (7.61 mg 100 ml⁻¹) [Michalak-Majewska et al. 2009], but they contain less vitamin C. Sea buckthorn fruits contain 1004.85 mg vitamin C in 100 g dry fruit's weight and briar fruits even 840–3500 mg in dry weight [Piłat et al. 2012, Cendrowski et al. 2012]. All aforementioned fruits are easily available in Poland or they are typical polish fruits (chokeberry, blackcurrant, apple). It shows how fruits of the polish food market and their products are rich in nutritionally valuable compounds. Vitamin C has a beneficial effect on keeping good health by sealing the blood vessels, boosting immune system and anticancer protection. It is one of the most important natural compounds in antioxidant group provided with food [Kładkiewicz and Lange 2013].

The macronutrients found mostly in chokeberry juice are carbohydrates (13.7–15.1 g 100 g⁻¹) and fibers (5.62 g 100 g⁻¹). Carbohydrates are the main source of calories in fresh chokeberry fruits, because of sugar (main fructose) content in amount 11.53 g. Chokberry is usually consumed after processing and as derived products like wines, jellies or tea; the concentration of macronutrients, vitamin C and bioactive compounds can decrease or increase and it depends of processing way [Cebova et al. 2017]. The macronutrients content of discussed fruits is presented in Table 2.

Acai. Acai berries are well known worldwide as very healthy products because of important biological properties. One of the most popular products for consumers is acai juice. Quantity of bioactive compounds in acai juice is shown in Table 1. Total phenolic content in acai juice amounts to 1992.1 mg 100 ml⁻¹, but current data shows total phenolic content in acai extract is on level 517.8 mg 100 g⁻¹. The highest content of phenolic components has chlorogenic acid (2.8 mg 100 ml⁻¹). In contrast to chokeberry juice, catechins and epicatechins in acai juice were detected in the quantity 4.7 mg 100 ml⁻¹ and 3.4 mg in 100 ml of juice respectively.

Table 2. Content of macronutrient in fresh chokeberry and acai berry (g 100 g⁻¹ f.w.)

Specification	Chokeberry	Acai
Calories (kcal) /(kJ)	47.0/(197)	759.0 /(1518)
Protein (g)	0.7	6.0
Total fat (g)	0.14	71.0
Saturated fat (%)	0.0	30.0
Total carbohydrate (g)	13.7–15.1	23.0
Sugars (g)	11.53	12.0
Fiber (g)	5.62	2.0

Based on: Tanaka and Tanaka 2001, Kulling and Rawel 2008, Ochmian et al. 2012

Total anthocyanins content in acai juice was 53.1 mg in 100 ml. According to Cesar et al. [2014] content of total anthocyanins detected in quantity around 4.3 mg 100 ml⁻¹ clear juice, which is two times less in comparison to pulpy juice (semi-finished product during the juice production process) and 13 times less than fresh fruit pulp (53.98 mg in 100 ml). These differences show that production process decreases contents of anthocyanins. Furthermore, clarification process decreases antioxidant capacity. Even so, acai juice is still rich source of bioactive compounds when compared to other fruits declared as good sources of antioxidants. Acai juice contains 32.4 mg 100 ml⁻¹ of vitamin C. In view of this, average required daily intake by adults, acai juice (250 ml) could be sufficient source of this vitamin [Jarosz et al. 2017]. Also, acai fruits are a good source of vitamins A and E, due to high amount of fats, especially in fresh fruits. Acai fruits contain around 2 g of fiber per 100 g fresh weight. Despite of this low value, acai is considered a good source of fiber. 100 g fresh weight of acai fruits contain 6 g of protein consisting by varied composition of exogenous amino acids. Interesting is the fact that acai fruits are high of calories (759 kcal 100 g⁻¹). It comes from high carbohydrates and high fat content, 23.0 g and 71.0 g respectively. Sugars are mainly represented by fructose, lactose, sucrose, glucose and maltose [Schauss 2008]. Compared to other fruits, the fats content is fairly high. Despite that acai berries are high in calories, they are fruits with special health impact due beneficial ratio between respective fatty acids.

Conclusions

In this review, content of bioactive compounds, vitamin C and nutritional value compounds were analyzed as comparison of domestic fruit (chokeberry) and exotic one (acai). Analyzed materials were fresh fruits and juices. Consumers usually intake cited fruits as juice. A lot of studies show that juices are perceived as product replacing fresh fruits. Both described fruits are rich sources of bioactive compounds, especially polyphenolic and anthocyanins, which high antioxidant capacity. Production process decreases contents of bioactive compounds, but they are still special health products. Both of them are rated to superfood product, but they are cultivated from different part of world and they are characterized by others properties. Although they are cultivated in different parts of the world and have different properties, are classified as superfoods. One glass of chokeberry or acai juice (200 ml) can cover recommended intake for vitamin C. The main points of interests in chokeberries are phenolic content and total anthocyanins but in acai berries it is fatty acids composition. Both fruits are called superfood products, which can improve consumers' health. Although acai is more and more willingly bought by polish consumers and is considered a product with high health-enhancing effect, the content of bioactive compounds is lower than in chokeberry. Whereas focus on polish source can help local market stay on a high level as important food producer.

References

- Białek M., Rutkowska J., Hallmann E., 2012. Aronia czarnoowocowa (*aronia melanocarpa*) jako potencjalny składnik żywności funkcjonalnej. Żywn. Nauka Technol. Jakość 6 (85), 21–30.
- Cendrowski A., Kalisz S., Mitek, M., 2012. Właściwości i zastosowanie owoców róży w przetwórstwie spożywczym. Żywn. Nauka Technol. Jakość 4, 24–31.
- Cesar T.L., de Freitas Cabral M., Maia G.A., de Figueiredo W., de Miranda M.R.A., de Sousa P.H.M., Montenegro Brasil I., Gomes C.L., 2014. Effects of clarification on physicochemical characteristics, antioxidant capacity and quality attributes of acai [*Euterpe oleracea* Mart.] juice. Int. J. Food Sci. Tech. 51(11), 3293–3300.
- Costa P.A., Ballus C.A., Teixeira J., Godoy H.T., 2010. Phytosterols and tocopherols content of pulps and nuts of Brazilian fruits. Food Res. Int. 43, 1603–1606.
- Dias A., Rogez H., Larondelle Y., Huber P., Rozet E., 2013. Development and validation of an UHPLC-LTQ-Orbitrap MS method for non-anthocyanin flavonoids quantification in *Euterpe oleracea* juice. Anal. Bioanal. Chem. 405, 9235–9249.
- Donno D., Beccaro G.L., Mellano M.G., Cerutti A.K., Bounous G., 2015. Goji berry fruit (*Lycium* spp.): antioxidant compound fingerprint and bioactivity evaluation. J. Funct. Foods 18, 1070–1085.
- Ellis L.Z., Liu W., Luo Y., Okamoto M., Qu D., Dunn J.H., Fujita M., 2011. Green tea polyphenol epigallocatechin-3-gallate suppresses melanoma growth by inhibiting inflammatory and IL-1b secretion. Biochem. Biophys. Res. Commun. 414, 551–556.
- Gheribi E., 2011. Związki polifenolowe w owocach i warzywach. Med. Rodz. 4, 111–115.
- Gironés-Vilaplana A., Baenas N., Villañ D., Speisky H., García-Viguera C., Moreno D.A., 2014. Evaluation of Latin-American fruits rich in phytochemicals with biological effects. J. Funct. Foods 7, 599–608.

- Jurikova T., Mlcek J., Skrovankova S., Sumczynski D., Sochor J., Hlavacova I., Snopek L., Orsavova J., 2017. Fruits of black chokeberry *aronia melanocarpa* in the prevention of chronic diseases. *Molecules* 22(6),1–23.
- Kim J.Y., Hong J.H., Jung H.K., Jeong Y.S., Cho K.H., 2012. Grape skin and loquat leaf extracts and acai puree have potent anti-atherosclerotic and anti-diabetic activity in vitro and in vivo in hypercholesterolemic zebrafish. *Int. J. Mol. Med.* 30, 606–614.
- Cebova M., Klimentova J., Janega P., Pechanova O., 2017. Effect of bioactive compound of *Aronia melanocarpa* on cardiovascular system in experimental hypertension. *Oxid. Med. Cell Longev.*, 1–8.
- Kładkiewicz E., Lange E., 2013. Znaczenie wybranych związków ochodzenia roślinnego w diecie zapobiegającej chorobom nowotworowym. *Post. Fitoter.* 1, 41–47.
- Kulling E.S., Rawel M.H., 2008. Chokbery (*Aronia melanocarpa*) – a review on the characteristic components and potential health effects. *Plant Med.* 78, 1625–1634.
- Leifert W.R., Abeywardena M.Y., 2008. Cardioprotective actions of grape polyphenols. *Nutr. Res.* 28, 729–737.
- Llorent-Martínez E.J., Fernández-de Córdova M.L., Ortega-Barrales P., Ruiz-Medina A., 2013. Characterization and comparison of the chemical composition of exotic superfoods. *Microchem. J.* 101, 444–451.
- Medina M.B., 2011. Determination of the total phenolics in juices and superfruits by a novel chemical method. *J. Funct. Foods* 3, 79–87.
- Mertens-Talcot S.U., Rios J., Jima-Stohlwaetz P., Pacheco-Palencia L.A., Meibohm B., Talcott S., Derendorf H., 2008. Pharmacokinetics of anthocyanins and antioxidant effects after the consumption of anthocyanin-rich acai juice and pulp (*Euterpe oleracea* Mart.) in human healthy volunteers. *J. Agric. Food Chem.* 56(17), 7796–802.
- Michalak-Majewska M., Żukiewicz-Sobczak W., Kalbarczyk J., 2009. Ocena składu i właściwości soków owocowych preferowanych przez konsumentów. *Bromatol. Chem. Toksykol.* 3, 836–841.
- Ochmian I., Grajkowski J., Smolik M., 2012. Comparison of some morphological features, quality and chemical content of four cultivars of chokeberry fruits (*Aronia melanocarpa*). *Notu. Bot. Horti. Agrobot.* 40, 253–260.
- Ostrowska J., Skrzydlewska E., 2005. Aktywność biologiczna flawonoidów. *Post Fitoter.* 3, 71–79.
- Oszmianski J., Wojdyło A., 2005. *Aronia melanocarpa* phenolics and their antioxidant activity. *Eur. Food Res. Technol.* 221, 809–13.
- Pojer E., Mattivi F., Johnson D.S., Creina S., 2013. The case for anthocyanin consumption to promote human health: a review. *Compr. Rev. Food Sci. Food Safety* 12, 483–508.
- Schauss A.G., Wu X., Prior R.L., Ou B., Patel D., Huang D., Kababick J., 2006. Phytochemical and nutrient composition of the freeze-dried amazonian palm berry, *Euterpe oleraceae* Mart. (acai). *J. Agr. Food Chem.* 1, 8598–8603.
- Schauss A.G., 2008. Acai: An extraordinary antioxidant-rich palm fruit from the Amazon. *BioSocial Publications*, Tacoma.
- Średnicka-Tober D., Kazimierzczak R., Rembiałkowska E., Strok T., Świąder K., Hallmann E., 2017. Bioactive compounds in organic apple juices enriched with chokeberry and green tea extract. *J. Agric. Eng.* 62(4), 173–177.
- Tanaka T., Tanaka A., 2001. Chemical components and characteristics of black chokeberry. *J. Jpn. Soc. Food Sci.* 48, 606–610.
- Wolfe D., 2010. Superfoods: the food and medicine of the future. North Atlantic Books, Berkeley.
- Wolski T., Kalisz O., Prasał M., Rolski A., 2007. *Aronia czarnoowocowa – Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliott – zasobne źródło antyoksydantów. *Post Fitoter.* 3, 145–154.
- Xie C., Kang J., Burris R., Ferguson M.E., Schauss A.G., Nagarajan S., 2011. Acai juice attenuates atherosclerosis in ApoE deficient mice through antioxidant and anti-inflammatory activities. *Atherosclerosis* 216, 327–333.
- Zalecka A., Hallmann E., Rembiałkowska E., 2013. Zawartość związków bioaktywnych w nowych sokach owocowych z produkcji ekologicznej. *J. Res. Appl. Agric. Eng.* 58(4), 242–245.

COMPARATIVE EVALUATION OF THE NUTRITIONAL VALUE AND THE CONTENT
OF BIOACTIVE COMPOUNDS IN SUPERFOOD PRODUCTS

Summary. Superfood is food primarily of vegetable origin with high nutritional value and beneficial health. Superfoods should have a high content of vitamins and minerals, polyphenols, which reduce the incidence of cancer as well as unsaturated fatty acids that prevent heart disease. These are mainly exotic fruits like goji berries or acai. Scientific research does not indicate that these fruits are healthier than other, less exotic (and therefore cheaper) fruits, such as berries, which can be found in the domestic assortment. Nevertheless, currently there are no specific criteria defining what is and what is not superfood, which is why this term is considered to be marketing rather than scientific.

Key words: superfood, acai, chokeberry, bioactive compounds, polyphenols

OCENA PORÓWNAWCZA WARTOŚCI ODŻYWCZEJ I ZAWARTOŚCI ZWIĄZKÓW
BIOAKTYWNYCH W PRODUKTACH SUPERFOOD

Streszczenie. Superfood to żywność o dużej wartości odżywczej, korzystnie wpływającej na zdrowie, głównie pochodzenia roślinnego. Produkty typu superfood powinny charakteryzować się wysoką zawartością witamin i minerałów, polifenoli, zmniejszających występowanie chorób nowotworowych, jak również nienasyconych kwasów tłuszczowych, które zapobiegają chorobom serca. Są to głównie owoce egzotyczne, takie jak jagody goji czy acai. Badania naukowe nie wskazują, że są one zdrowsze niż inne, mniej egzotyczne (a zatem i tańsze) owoce, takie jak jagody, które możemy znaleźć w krajowym asortymencie. Niemniej jednak obecnie nie ma konkretnych kryteriów określających, co jest, a co nie jest żywnością typu superfood, dlatego termin ten uważany jest raczej za marketingowy niż naukowy.

Słowa kluczowe: superfood, acai, aronia, związki bioaktywne, polifenole

Renata Matraszek-Gawron¹, Mirosława Chwil²

BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES AND ANTI-TUMOUR ACTIVITY OF GINGER (*Zingiber officinale* Rosc.)

Introduction

The genus *Zingiber* comprises 85 species occurring commonly in Asia. Many species are cultivated for industry, e.g. *Zingiber officinale* Rosc. (*Zingiberaceae*) [Sabulal et al. 2006]. The species originates from Malaysia. It is grown in the tropical climate of India, China, Malaysia, Brazil, and Jamaica. It was cultivated for medicinal purposes in China centuries ago and was later introduced in Europe. *Zingiber officinale* is a medicinal, seasoning, cosmetic, and edible plant [Harriman 2005].

Zingiber officinale has been used in traditional Chinese and Indian medicine for over 25 centuries [Zadeh et al. 2014]. The ginger raw material is the broadly branched ginger rhizome (*Zingiberis rhizoma*) collected from 9–12-month old plants. The ginger rhizome is a spice used for culinary and industrial purposes worldwide [Abdo et al. 2018]. It has a distinctive strong lemon scent with a re-freshing note and a sharp and slightly bitter flavour [Iijima et al. 2014]. The aroma derives from essential oil accumulated in oil cells located in the bark. The oil has healing properties and is responsible for the specific aroma. It is used in the food, perfumery, and pharmaceutical industries [Sabulal et al. 2006, Gupta and Sharma 2014, Noori et al. 2018].

The aim of the study was to provide information, based on selected original scientific publications, on biologically active substances contained in the ginger rhizome and application thereof in anti-cancer therapy.

Biologically active substances

A fresh ginger rhizome contains (%) carbohydrates (12.3), fibre (2.4), protein (2.3), minerals (1.2), fat (0.9), and moisture (80.9) as well as lecithin and

¹ Department of Botany and Plant Physiology, University of Life Sciences in Lublin

² Department of Botany and Plant Physiology, University of Life Sciences in Lublin, e-mail: mirosława.chwil@up.lublin.pl

starch. Such minerals as iron, calcium, and phosphorous are present in ginger as well. It also contains vitamins such as thiamine, riboflavin, niacin, retinol, and vitamin C [Zadeh and Kor 2014]. The oil content in this organ was in the range of 1–3% [Kamaliroosta et al. 2013]. The qualitative composition of the oil is variable. It depends on the origin, genotype, variety, growing conditions, drying methods, and raw material storage conditions [Zadeh and Kor 2014].

The essential oil was found to contain the following sesquiterpenes (%): zingiberene (21–29.9), ar-curcumene (5.6–15.9), β -bisabolene (5.8–9.3), β -sesqui-phellandrene (2.5–15.6), δ -cadinene (2.2–3.6), nerolidol (1.4–2), α -eudesmol (1.4–3.2), zingiberene (31.8), (E)- α -farnezen (5.7), and germacrene B. The group of monoterpenes was dominated by (%) camphene (8.5), neral (5.0), geranial (12.4), p-sesquiphellandrene (8.0), citral (23.7), whereas camphene, β -phellandrene, geranial, and linalol were present at lower concentrations [Sasidharan and Menon 2010, Kamaliroosta et al. 2013, Ravi Kiran et al. 2013, Sharma et al. 2016].

Gingerols and shogaols with varied chain lengths are non-volatile aromatic polyphenolic derivatives of phenylalkanones with documented pharmacological effects. Depending on the length of the side chain, gingerols, i.e. phenylpropane derivatives, are referred to as [6]-, [8]-, [10]-, or [12]-gingerols as well as shogaols. Their active forms are [6]-, [8]-, [10]-, and [12]-shogaols [Jiang et al. 2005, Lee et al. 2007, Ali et al. 2008, Park et al. 2008]. Both gingerol and shogaol have antiemetic and anaesthetic properties.

These compounds are responsible for the characteristic aroma and the specific sharp flavour of ginger. The aroma is associated with sesquiterpene hydrocarbons, e.g. zingiberene, curcumene, and β -bisabolene. A less spicy, sweet scent is associated with the content of zingerone produced from gingerols [Ahmed et al. 2011]. It has been shown that geranial, β -linalool, bornyl acetate, α -pinene, and eucalyptol contained in the ginger rhizome are involved in the intense mint, lemon, and herbal aromas [Pang et al. 2017].

Anti-tumour activity

Results of scientific research indicate a possibility of using ginger in supporting therapies of various types of cancer. Habib and co-workers [2008] have demonstrated that *Zingiber officinale* extract may bring a chemotherapeutic effect in the treatment of liver cancer. Ginger extracts markedly reduced the expression of the nuclear factor kappa-light-chain-enhancer of activated B cells (NF κ B) and *tumour necrosis factor α* (TNF- α) in rats with liver cancer. The anti-cancer and anti-inflammatory activity of ginger is related to inactivation of NF κ B through suppression of pro-inflammatory TNF- α . Park et al. [2014] suggest that the reduction of cell viability and apoptosis induced by ginger leaves is a result of activation of the transcription factor 3 (ATF3) promoter and a subsequent

increase in ATF3 expression through ERK1/2 activation in human colorectal cancer cells. Ginger leaves show higher antioxidant activity than rhizomes and flowers and thus have great potential to be used as components of functional foods and other health products. The findings reported by Sang and co-workers [2009] revealed much stronger growth inhibitory effects of shogaols ([6], [8], and [10]) than those of gingerols ([6], [8], and [10]) on HCT-116 human colon cancer cells and H-1299 human lung cancer cells, especially when [6]-shogaol with [6]-gingerol were compared. Furthermore, [6]-shogaol was a substantially stronger inhibitor of the arachidonic acid cascade and nitric oxide (NO) synthesis than [6]-gingerol. Gingerols and shogaols are used as bioactive markers of cytotoxicity against tumours. The mechanism(s) of action of shogaols may be related to inactivation of phospholipase A₂. [6]-shogaol may inhibit either iNOS activity or LPS induction of the enzyme. Abdullah et al. [2010] demonstrated that ginger extracts inhibited proliferation and induced apoptosis in HTC 116 and HT 29 colon cancer cells. It is suggested that the antitumor effect of ginger extract on colon cancer cells is associated with suppression of its growth, arrest of the G₀/G₁-phase, reduction of DNA synthesis, and induction of apoptosis. Kim et al. [2008], who analysed five compounds from ginger, demonstrated that [6]-shogaol exhibited the most potent cytotoxicity against human A549, SK-OV-3, SK-MEL-2, and HCT15 tumour cells. It also inhibited proliferation of transgenic mouse ovarian cancer cell lines, C1 (genotype: p53(-/-), c-myc, K-ras) and C2 (genotype: p53(-/-), c-myc, Akt), with ED(50) values of 0.58 μ M (C1) and 10.7 μ M (C2). Subsequent investigations conducted by these authors [Kim et al. 2014] proved that [6]-shogaol is the most potent ginger polyphenol in suppression of the growth of non-small cell lung cancer cells. This compound inhibits proliferation and induces apoptosis of NCI-H1650 cells by suppression of Akt signalling through direct targeting of Akt1 and Akt2. Chen et al. [2007] reported that [6]-shagaol at a concentration exceeding 50 μ M induced apoptotic death in Mahlavu cells via an oxidative stress-mediated caspase-dependent mechanism. Their later study showed that shogaols were metabolised extensively to form thiol-conjugated metabolites, and glutathione (GSH) might play an important role in the cancer-preventive activity of ginger [Chen et al. 2013].

As suggested by Hung et al. [2009], inhibition of cell proliferation by [6]-shogaol is a consequence of induction of cells to autophagic cell death through AKT/mTOR inhibition in human non-small cell lung cancer A549; hence, [6]-shogaol may be a promising chemopreventive agent. The strong inhibitory activity of Malaysian (Halia Bentong and Halia Bara) and two Bangladeshi (Fulbaria and Syedpuri) ginger varieties on human breast cancer cells (MCF-7 and MDA-MB-231) can be markedly enhanced, especially when the plant is grown under elevated CO₂ concentrations [Ghasemzadeh and Jaafar 2011, Rahman et al. 2012]. The authors suggest that the high anticancer activity in these varieties

may be related to the high concentration of potent anticancer components, including a polyphenol from the flavonoid group – fisetin (7,3',4'-flavon-3-ol) and anthocyanin. As suggested by Ling et al. [2010], the molecular mechanism of the effect of [6]-shogaol on MDA-MB-231 breast cancer involves down-regulation of matrix metalloproteinase-9 (MMP-9) transcription by targeting the nuclear factor- κ B (NF- κ B) activation cascade. Similarly, Weng et al. [2010] reported that the anti-invasive activity of [6]-shogaol and [6]-gingerol against hepatoma cells might be related to regulation of MMP-9 and tissue inhibitor metalloproteinase protein (TIMP-1) and that [6]-shogaol could further regulate urokinase-type plasminogen activity. Hsu et al. [2012] demonstrated that [4]-shogaol inhibits metastasis of MDA-MB-231 in mice by inhibition of the NF- κ B/Snail pathway, which leads to increased expression of Raf kinase inhibitor protein (RKIP) as well as inhibition of cell migration and invasion. Similarly, Ray et al. [2015] demonstrated that [6]-shogaol is a promising therapeutic agent for breast cancer treatment. Most recent studies have shown that [6]-shogaol may be considered as a functional agent capable of preventing 7,12-dimethylbenz[*a*]anthracene-induced oral carcinogenesis. This compound attenuates inflammation and cell proliferation-associated tumorigenesis by modulating multiple signalling, especially inhibition of NF- κ B and AP-1 activation [Annamalai and Suresh 2018].

It was found that the anticancer activity of young ginger extracts could be improved by foliar application of salicylic acid on plants in a controlled environment, thus contributing to enhanced synthesis of flavonoids [Ghasemzadeh et al. 2012]. Results from *in vitro* and *in vivo* studies show promising anticancer activity of crude ethanolic extract of ginger against cholangiocarcinoma without any significant toxicity. Anticancer drugs (MDR1 and MRP3) may be involved in the resistance of cholangiocarcinoma cells to the ginger extract [Plengsuriyakarn et al. 2012]. Cheng et al. [2011] suggest that the steaming process (120°C for 4 h) enhances the chemical profile and anticancer potential of ginger. Using human Hela cancer cells, they showed that the antiproliferative effect of steamed ginger was approximately 1.5- and 2-fold higher than that of dried and fresh ginger, respectively. The improved anticancer potential was related to an increased level of shogaols. The anti-cancer effect is a consequence of apoptosis induction by (6)-paradol, and the chemopreventive effect of (6)-gingerol results from its antioxidant and anti-inflammatory activity [Cisowski et al. 2004]

Conclusion

Non-volatile aromatic polyphenolic phenylalkanone derivatives, i.e. gingerols and shogaols with various chain lengths, are substances with documented pharmacological effects. These compounds are used as bioactive markers of cytotoxicity against tumours. The results of scientific research indicate a possi-

bility of using ginger in supporting therapy of various types of tumours,, including breast, liver, colon, and lung cancers. The results of the study are promising; however, further research is required to elucidate the mechanisms of action and safety of the prophylactic and adjuvant use of the compounds in combination with drugs to fight cancer.

References

- Abdo M.T., Gad H.A., El-Ahmady S.H., Al-Azizi M.M., 2018. Quality Assessment methods for Ginger (*Zingiber officinale*): A review. Arch. Pharm. Sci. Ain Shams Univ. 2(2), 78–96, <https://doi.org/10.21608/aps.2018.18737>.
- Abdullah S., Abidin S.A.Z., Murad N.A., Makpol S., Ngah W. Z. W., Yusof Y.A.M., 2010. Ginger extract (*Zingiber officinale*) triggers apoptosis and G0/G1 cells arrest in HCT 116 and HT 29 colon cancer cell lines. Afr. J. Biochem. Res. 4(5), 134–142.
- Ahmed K., Shaheen G., Asif H.M., 2011. *Zingiber officinale* Roscoe (pharmacological activity). J. Med. Plants Res. 5(3), 344–348.
- Ali B.H., Blunden G., Tanira M.O., Nemmar A., 2008. Some phytochemical, pharmacological and toxicological properties of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe): a review of recent research. Food Chem. Toxicol. 46(2), 409–420, <https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.09.085>.
- Annamalai G., Suresh K., 2018. [6]-shogaol attenuates inflammation, cell proliferation via modulate NF- κ B and AP-1 oncogenic signaling in 7, 12-dimethylbenz [a] anthracene induced oral carcinogenesis. Biomed. Pharmacother. 98, 484–490, <https://dx.doi.org/10.1016/j.biopha.2017.12.009>.
- Chen C.Y., Liu T.Z., Liu Y.W., Tseng W.C., Liu R.H., Lu F.J., Lin Y.S., Kuo S.H., Chen C.H., 2007. 6-shogaol (alkanone from ginger) induces apoptotic cell death of human hepatoma p53 mutant Mahlavu subline via an oxidative stress-mediated caspase-dependent mechanism. J. Agric. Food. Chem. 55(3), 948–954, <https://dx.doi.org/10.1021/jf0624594>.
- Chen H., Soroka D.N., Hu Y., Chen X., Sang S, 2013. Characterization of thiol-conjugated metabolites of ginger components shogaols in mouse and human urine and modulation of the glutathione levels in cancer cells by [6]-shogaol. Mol. Nutr. Food. Res. 57(3), 447–458, <https://doi.org/10.1002/mnfr.201200679>.
- Cheng X.L., Liu Q., Peng Y.B., Qi L.W., Li. P., 2011. Steamed ginger (*Zingiber officinale*): Changed chemical profile and increased anticancer potential. Food Chem. 129(4), 1785–1792, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.06.026>.
- Ghasemzadeh A., Jaafar H.Z.E., 2011. Antioxidant potential and anticancer activity of young ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) grown under different CO₂ concentration. J. Med. Plants Res. 5(14), 3247–3255.
- Ghasemzadeh A., Jaafar H.Z.E., Karimi E., 2012. Involvement of salicylic acid on antioxidant and anticancer properties, anthocyanin production and chalcone synthase activity in Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) varieties. Int. J. Mol. Sci. 13(11), 14828–14844, <https://doi.org/10.3390/ijms131114828>.
- Habib S.H.M., Makpol S., Hamid N.A.A., Das S., Ngah W.Z.W., Yusof Y.A.M., 2008. Ginger extract (*Zingiber officinale*) has anti-cancer and anti-inflammatory effects on ethionine-induced hepatoma rats. Clinics 63(6), 807–813, <https://doi.org/10.1590/S1807-59322008000600017>.
- Harriman N.A., 2005. Ginger the genus *Zingiber* medicinal and aromatic plants – Industrial profiles. Econ. Bot. 59(3), 297–305. [https://doi.org/10.1663/0013-0001\(2005\)059\[0305:DFABRE\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1663/0013-0001(2005)059[0305:DFABRE]2.0.CO;2).
- Hsu Y.L., Chen C.Y., Lin I.P., Tsai E.M., Kuo P.L., Hou M., 2012. 4-Shogaol, an active constituent of dietary ginger, inhibits metastasis of MDA-MB-231 human breast adenocarci-

- noma cells by decreasing the repression of NF- κ B/Snail on RKIP. *J. Agric. Food Chem.* 60(3), 852–861, <https://doi.org/10.1021/jf2052515>.
- Hung J.Y., Hsu Y.L., Li C.T., Ko Y.C., Ni W.C., Huang M.S., Kuo P.L., 2009. 6-Shogaol, an active constituent of dietary ginger, induces autophagy by inhibiting the AKT/mTOR pathway in human non-small cell lung cancer A549 cells. *J. Agric. Food Chem.* 57(20), 9809–9816, <https://doi.org/10.1021/jf902315e>.
- Iijima Y., Koeduka T., Suzuki H., Kubota K., 2014. Biosynthesis of geranial, a potent aroma compound in ginger rhizome (*Zingiber officinale*): molecular cloning and characterization of geraniol dehydrogenase. *Plant Biotechnol.* 31(5), 525–534, <https://dx.doi.org/10.5511/plantbiotechnology.14.1020a>.
- Jiang H., Solyom A.M., Timmermann B.N., Gang D.R., 2005. Characterization of gingerol-related compounds in ginger rhizome (*Zingiber officinale* Rosc.) by high-performance liquid chromatography/electrospray ionization mass spectrometry. *Rapid Commun. Mass Spectrom.* 19(20), 2957–2964, <https://doi.org/DOI: 10.1002/rcm.2140>.
- Kamaliroosta Z., Kamaliroosta L., Elhamirad A.H., 2013. Isolation and identification of ginger essential oil. *J. Food. Biosci. Technol.* 3, 73–80.
- Kędzia A., Kędzia A.W., Wiśniewska J., Ciecierski M., 2018. The evaluation of activity of ginger oil (*Oleum Zingiberis*) against anaerobic bacteria. *Post. Fitoter.* 19(2), 92–97, <https://dx.doi.org/10.25121/PF.2018.19.2.92>.
- Kim J.S., Lee S.I., Park H.W., Yang J.H., Shin T.Y., Kim Y.C., Baek N.I., Kim S.H., Choi S.U., Kwon B.M., Leem H.K., Yung M.Y., Kim D.K. 2008. Cytotoxic components from the dried rhizomes of *Zingiber officinale* Roscoe. *Arch. Pharm. Res.* 31, 415–418. <https://dx.doi.org/10.1007/s12272-001-1172-y>.
- Kim M.O., Lee M.H., Oi N., Kim S.H., Bae K.B., Huang Z., Kim D.J., Reddy K., Lee S.Y., Park S.J., Kim J.Y., Xie H., Kundu J.K., Ryoo Z.Y., Bode A.M., Surh Y.J., Dong Z., 2014. [6]-shogaol inhibits growth and induces apoptosis of non-small cell lung cancer cells by directly regulating Akt1/2. *Carcinogenesis* 35(3), 683–691, <https://dx.doi.org/10.1093/carcin/bgt365>.
- Kumar Gupta S., Sharma A., 2014. Medicinal properties of *Zingiber officinale* Roscoe – A review. *J. Pharm. Biol. Sci.* 9(5), 124–129, <https://dx.doi.org/10.9790/3008-0955124129>.
- Lee S., Khoo C., Halstead C.W., Huynh T., Bensoussan A., 2007. Liquid chromatographic determination of 6-, 8-, 10-gingerol, and 6-shogaol in ginger (*Zingiber officinale*) as the raw herb and dried aqueous extract. *J. AOAC Int.* 90(5), 1219–1226.
- Ling H., Yang H., Tan S.H., Chui W.K., Chew E.H., 2010. 6-Shogaol, an active constituent of ginger, inhibits breast cancer cell invasion by reducing matrix metalloproteinase-9 expression via blockade of nuclear factor- κ B activation. *Br. J. Pharmacol.* 161(8), 1763–1777, <https://dx.doi.org/10.1111/j.1476-5381.2010.00991.x>.
- Noori S., Zeynali F., Almasi H., 2018. Antimicrobial and antioxidant efficiency of nanoemulsion-based edible coating containing ginger (*Zingiber officinale*) essential oil and its effect on safety and quality attributes of chicken breast fillets. *Food Control* 84, 312–320.
- Pang X., Cao, J., Wang, D., Qiu, J., Kong, F., 2017. Identification of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) volatiles and localization of aroma-active constituents by GC–olfactometry. *J. Agric Food Chem.* 65(20), 4140–4145, <https://dx.doi.org/10.1021/acs.jafc.7b00559>.
- Park M., Bae J., Lee D S., 2008. Antibacterial activity of [10]-gingerol and [12]-gingerol isolated from ginger rhizome against periodontal bacteria. *Phytother. Res.* 22(11), 1446–1449, <https://doi.org/10.1002/ptr.2473>.
- Park G.H., Park J.H., Song H.M., Eo H.J., Kim M.K., Lee J.W., Lee M.H., Cho K.H., Lee J.R., Cho H.J., Jeong J.B., 2014. Anti-cancer activity of ginger (*Zingiber officinale*) leaf through the expression of activating transcription factor 3 in human colorectal cancer cells. *BMC Com. Alt. Med.* 14(408), 1–8, <https://doi.org/10.1186/1472-6882-14-408>.

- Plengsuriyakarn T., Viyanant V., Eursitthichai V., Tesana S., Chaijaroenkul W., Itharat A., Na-Bangchang K., 2012. Cytotoxicity, toxicity, and anticancer activity of *Zingiber officinale* Roscoe against cholangiocarcinoma. *Asian Pac. J. Cancer Prev.* 13(9), 4597–4606, <https://doi.org/10.7314/APJCP.2012.13.9.4597>.
- Rahman S., Salehin F., Iqbal A., 2012. Retraction: *In vitro* antioxidant and anticancer activity of young *Zingiber officinale* against human breast carcinoma cell lines. *BMC Com. Alt. Med.* 12, 206, <https://doi.org/10.1186/1472-6882-12-206>.
- Ravi Kiran C., Chakka A.K., Padmakumari Amma K.P., Nirmala Menon A., Sree Kumar M.M., Venugopalan V.V., 2013. Essential oil composition of fresh ginger cultivars from North-East India. *J. Ess. Oil Res.* 25(5), 380–387, <https://doi.org/10.1080/10412905.2013.796496>.
- Ray A., Vasudevan S., Sengupta S., 2015. 6-shogaol inhibits breast cancer cells and stem cell-like spheroids by modulation of notch signaling pathway and induction of autophagic cell death. *PLoS ONE* 10(9), e0137614, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0137614>.
- Sabulal B., Dan M., Kurup R., Pradeep N.S., Valsamma R.K., George V., 2006. Caryophyllene-rich rhizome oil of *Zingiber nimmonii* from South India: Chemical characterization and antimicrobial activity. *Phytochemistry* 67(22), 2469–2473, <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2006.08.003>.
- Sang S., Hong J., Wu H., Liu J., Yang C.S., Pan M.H., Badmaev V., Ho C.T., 2009. Increased growth inhibitory effects on human cancer cells and anti-inflammatory potency of shogaols from *Zingiber officinale* relative to gingerols. *J. Agric. Food Chem.* 57(22), 10645–10650, <https://doi.org/10.1021/jf9027443>.
- Sasidharan I., Menon A.N., 2010. Comparative chemical composition and antimicrobial activity fresh & dry ginger oils (*Zingiber officinale* Roscoe). *Int. J. Curr. Pharm. Res.* 2(4), 40–43.
- Sharma P.K., Singh V., Ali M., 2016. Chemical composition and antimicrobial activity of fresh rhizome essential oil of *Zingiber officinale* Roscoe. *Pharm. J.* 8(3), 185–191, <https://dx.doi.org/10.5530/pj.2016.3.3>.
- Weng C.J., Wu C.F., Huang H.W., Ho C.T., Yen G.C., 2010. Anti-invasion effects of 6-shogaol and 6-gingerol, two active components in ginger, on human hepatocarcinoma cells. *Mol. Nutr. Food Res.* 54(11), 1618–1627, <https://dx.doi.org/10.1002/mnfr.201000108>.
- Zadeh J.B., Kor N.M., 2014. Physiological and pharmaceutical effects of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) as a valuable medicinal plant. *Eur. J. Exp. Biol.* 4(1), 87–90.

BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES AND ANTI-TUMOUR ACTIVITY OF GINGER
(*Zingiber officinale* Rosc.)

Summary. *Zingiber officinale* Rosc. originates from Malaysia. It is a medicinal, seasoning, cosmetic, and edible plant. Ginger rhizomes have been used in Chinese and Indian medicine for centuries. Their intense lemon aroma derives from the essential oil contained therein. The oil is used in the food, perfumery, and pharmaceutical industries. Substances with pharmacological activity include non-volatile aromatic polyphenolic derivatives of phenylalkanones, i.e. gingerols and shogaols, which have antiemetic and anaesthetic effect. These compounds are used as bioactive markers of cytotoxicity against tumours. Based on selected original scientific publications, this study presents information on biologically active substances in ginger rhizomes and promising results regarding the possibility of application of this raw material in adjuvant therapy of many types of tumours, e.g. breast, liver, colon, and lung cancer. Additionally, suggested mechanisms of the anti-cancer activity of ginger are described.

Key words: anticancer, phytochemicals, phytotherapy, Zingiberaceae

SUBSTANCJE BIOLOGICZNIE CZYNNE I DZIAŁANIE PRZECIWNOWOTWOROWE
IMBIRU LEKARSKIEGO (*Zingiber officinale* Rosc.)

Streszczenie. Imbir lekarski (*Zingiber officinale* Rosc.) pochodzi z Malezji. Jest rośliną leczniczą, przyprawową, kosmetyczną i jadalną. Od wieków kłącze imbiru stosowano w medycynie chińskiej i indyjskiej. Intensywny cytrynowy aromat kłącza pochodzi od olejku eterycznego. Olejek jest wykorzystywany w przemyśle spożywczym, perfumeryjnym i farmaceutycznym. Substancjami o działaniu farmakologicznym są m.in. nielotne aromatyczne pochodne polifenolowe fenyloalkanony – gingerole i shogaole, działają przeciwwymiotnie i znieczulająco. Są stosowane jako bioaktywne markery cytotoksyczności wobec nowotworów. W niniejszej pracy, w oparciu o wybrane oryginalne publikacje naukowe, zebrano i przedstawiono informacje na temat substancji biologicznie czynnych w kłączu imbiru lekarskiego oraz zaprezentowano obiecujące rezultaty badań co do możliwości zastosowania kłącza imbiru we wspomaganiu terapii wielu typów nowotworów różnych narządów, m.in. piersi, wątroby, okrężnicy i płuc. Ponadto opisano sugerowane mechanizmy antynowotworowego działania imbiru.

Słowa kluczowe: antyrakowy, fitoterapia, fitozwiązki, Zingiberaceae

BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES AND THERAPEUTIC APPLICATION OF CHERRY LAUREL (*Prunus laurocerasus* L.)

Introduction

Prunus laurocerasus L. syn. *Prunus grandifolia* Salisb., *Cerasus laurocerasus* (L.) Loisel., *Laurocerasus officinalis* Roem., *Laurocerasus otinii* Carr., *Laurocerasus vulgaris* Carr., *Padus laurocerasus* (L.) Mill. represent the *Rosaceae* family and the *Prunoideae* subfamily [Kalkman 1965, Öztürk and Ölçücü 2016]. These species grow in temperate climates, have low soil requirements, and tolerate shade well. It is grown in the region of the Black Sea, the Marmara Sea, and the Aegean Sea [Ustun et al. 2000, Sulusoglu 2011]. They are also cultivated in Poland [Seneta and Dolatowski 2012]. *P. laurocerasus* has been classified as an edible, ornamental, honey-bearing, cosmetic, and medicinal species. The decorative value of the species lies in its large and numerous racemose inflorescences with white fragrant flowers as well as its evergreen glossy leaves. The white aromatic flowers provide bees and other pollinating insects with pollen and nectar reward in early spring [Percival 1955, Huryn and Moller 1995, Hättenschwiler and Körner 2003]. The high content of anthocyanins in cherry laurel fruits is a valuable source of natural pigments and antioxidants, including compounds from the phenol group. At present, the interest in *P. laurocerasus* raw materials has been growing [Liyana-Pathirana et al. 2006, Kasım et al. 2011, Celep et al. 2012, Güder and Korkmaz 2012, Karabegović et al. 2014].

The present study provides information about biologically active substances, dietary value, and therapeutic activity of *P. laurocerasus* based on the available literature.

¹ Department of Botany and Plant Physiology, University of Life Sciences in Lublin

² Department of Botany and Plant Physiology, University of Life Sciences in Lublin, e-mail: renata.matraszek@up.lublin.pl

³ Department of Botany and Plant Physiology, University of Life Sciences in Lublin

Biologically active substances

The *P. laurocerasus* fruits contained 9.6–17.1%, 0.4–0.9%, 0.2–0.5%, and 1.4–3.7% of total fibre, crude fibre, pectins, and protein, respectively [Kolayli et al. 2003, Ustun and Tosun 2003, Celik et al. 2011], whereas ash accounted for 0.3–0.7%. The total content of vitamins and carotenoids in the fruits of this species was in the range of 2.1–7 mg 100 g⁻¹ f.w. and 206–278 (mg 100 g⁻¹ f.w.), respectively [Alasalvar et al. 2005, Celik et al. 2011, Yildiz et al. 2014]. Flavonoids were represented by catechin (3.4) and rutin (0.1) mg 100 g⁻¹ d.m. [Karahalil and Şahin 2011]. The total content of anthocyanins, mainly cyanidin-3-glucoside, cyanidin-3-rutinoside, and pelargonidin-3-glucoside, was 123–481 mg 100 g⁻¹ [Capanoglu et al. 2011, Celik et al. 2011, Yildiz et al. 2014]. The dominant fatty acids identified in the cherry laurel fruits included linoleic, palmitic, and oleic acids [Aydin et al. 2016]. The total content of phenolic acids was in the range of 364–651 mg 100 g⁻¹ f.w. [Yildiz et al. 2014, Alasalvar et al. 2005]. The following phenolic acids (mg 100 g⁻¹ d.m.) were detected in the fruits: chlorogenic acid (33), ferulic acid (0.6), gallic acid (0.1), p-coumaric acid (2.6), p-hydroxybenzoic acid (8.4), protocatechuic acid (3.7), syringic acid (1.3), vanillic acid (7.7) [Karahalil and Şahin 2011], and caffeic acid (1.69 mg g⁻¹ d.w.) [Karabegović et al. 2014]. In turn, phenolic compounds identified in *P. laurocerasus* leaves were represented by apigenin 7-glucoside, chlorogenic acid, hydroxycinnamic acid, kaempferol 3-glucoside, luteolin 7-glucoside, naringenin, o-coumaric acid, and quercetin 3-glucoside [Karabegović et al. 2013, 2014]. Akkol et al. [2012] isolated three active phenolic compounds from leaves: (i) 2-O-d-glucopyranosyl-2-hydroxyphenyl-acetic acid, (ii) kaempferol-3-O-d-xylopyranosyl-(1→2)-O-d-glucopyranoside, and (iii) (+)-catechin.

P. laurocerasus seeds contain cyanogenic glycosides, i.e. amygdalin and prunasin, and a phytosterol, i.e. β-sitosterol [Elmastas et al. 2013]. In the seeds, flesh, and leaves of this species, this group of glycosides was represented by prulaurasin [Demirbolat and Kartal 2019].

The main compound identified in the essential oil contained in the leaves of the species was benzaldehyde 95–99.7%. Other compounds were detected as well, but their concentration was much lower. These included (E)-2-hexenal (0.1%), (Z)-ocimene (0.1%), trans-2-hexenal (0.07%), hexanol (0.02%), cis-3-hexenol (0.33%), benzyl alcohol (0.76%), 2-phenylethanol (0.08%), (E)-nerolidol (0.05%), and benzoic acid (0.11%) [Mchedlidze and Kharebava 1988, Stanisavljević et al. 2010].

Dietary value and application in food industry

Cherry laurel fruits are commonly consumed, especially in the eastern Black Sea Region. They play an important role in human health and nutrition [Sahan

2011, Celik et al. 2011]. Not only fresh fruit, but also dried, pickled, and processed (jam, marmalade, juice, and pekmez) cherry laurel fruit products are consumed [Ayaz 1997, Ustun et al. 2000, Kolayli et al. 2003]. Both cherry laurel fruit and concentrated juice (pekmez) can be considered as functional food [Liyana-Pathirana et al. 2006]. Cherry laurel fruits contain minerals, which are greatly important in the diet: potassium (1870–2410 mg in kg of pulp), phosphorus (26–45 mg), calcium (150–220 mg), magnesium (150–240 mg), and sodium (39–61 mg). They also contain manganese, iron, zinc, and copper in the amounts of 24.2, 8.3, 1.9, and 0.8 mg kg⁻¹, respectively. Cherry laurel fruits contain low levels (below detection limits) of heavy metals: lead, nickel, cobalt, and chromium [Kolayli et al. 2003, Esringu et al. 2016]. Moreover, cherry laurel fruits and their products contain organic acids [Sahan et al. 2012, Esringu et al. 2016]. The dominant organic acid was malic acid with a level ranging from 43.27 to 54.23 mg 100 g⁻¹ f.w. The dominant sugars were glucose and fructose with levels ranging from 48.3 to 57.4 mg kg⁻¹ and 46.6 to 55.3 mg kg⁻¹ in the pulp, respectively. With its content of polysaccharides, proteins, ascorbic acid, aromatics, pectins, and minerals, *Prunus laurocerasus* is a valuable source of nutraceutical supplements [Esringu et al. 2016]. Cherry laurel fruit and pekmez, which are rich in phenolics, showed strong scavenging activities for superoxide and 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radicals, and potently inhibited oxidation of human LDL cholesterol. Therefore, they have beneficial effects in mitigation of oxidative stress-related degenerative diseases [Liyana-Pathirana et al. 2006]. Furthermore, they are a source of antioxidants in functional foods and nutraceuticals recommended for health enhancement [Alasalvar et al. 2005, Liyana-Pathirana et al. 2006, Celik et al. 2011, Karahalil and Şahin 2011, Celep et al. 2012]. Additionally, an antistatic effect of leaf extracts on various strains of fungi of the genera *Aspergillus*, *Fusarium*, *Mucor*, *Penicillium*, and *Rhizopus*, which cause bread spoilage, has been demonstrated [Sahan 2011].

To prevent degradation and improve the processing stability of the beneficial phenols, a method of microfluidization of centrifuged mixtures was used for encapsulation of freeze-dried cherry laurel fruits. Capsules prepared with this method exhibited high antioxidant activity and can therefore be recommended for incorporation into foods in order to enhance their functionality. However, further investigations of their storability, baking stability, sensory traits, and microcapsules are recommended before they can be used in industry as food additives or nutraceuticals [Tatar et al. 2017].

Phytotherapeutic value

P. laurocerasus leaves, fruits, and seeds are used in folk medicine to treat dyspepsia, hypertension, and fever. They can also be used as an analgesic agent [İslam and Bostan 1996, Pieroni 2000, Erdemoğlu et al. 2003, Egea et al. 2015].

The fruits of *Laurocerasus officinalis* in dietary applications have been found to exert a beneficial effect on degenerative diseases caused by oxidative stress [Li-yana-Pathirana et al. 2006].

An anti-proliferative effect of *P. laurocerasus* fruit extracts has been demonstrated in studies of the following cell lines: Human Cervical Carcinoma (HeLa), Human Colorectal Adenocarcinoma (HT29), Rat Brain Tumour Cells (C6), and African Green Monkey Kidney (Vero). The extracts can be used as a potential auxiliary supplement in chemotherapy [Aydin et al. 2016]. Dimethyl sulfoxide extracts of *L. officinalis* exhibited selective cytotoxic activity against human lung, colon, liver, and cervical tumour lines. The strongest cytotoxic effect was found in colon cancer [Demir et al. 2017].

P. laurocerasus fruit extracts significantly lowered blood glucose (500 and 1000 mg kg⁻¹ dose levels) in rats, and it has been confirmed that they can be used in both hypoglycaemic and hyperglycaemic states [Turan et al. 2013]. It is assumed that the hypoglycaemic activity of seeds may be related to the presence of unsaturated fatty acids [Orhan et al. 2015]. Similarly, other studies in rats demonstrated that *P. laurocerasus* leaf extracts were highly effective in preventing hyperglycaemia, hyperlipidemia, and oxidative stress, which are chronic complications of diabetes [Uslu et al. 2018].

P. laurocerasus fruit extract was found to alleviate dimethoate-induced hepatotoxicity in rats. The toxic effect of this compound on rat liver was mainly attributed to liver function enzymes, oxidative stress, and DNA damage [Eken et al. 2017]. The *P. laurocerasus* fruit extract has been demonstrated to exert a protective effect in gastric peptic ulcer disease in rats. The examined solution exhibited similar activity to omeprazole, which is a common drug used for reduction of the levels of C-reactive protein (CRP) and cyclooxygenase – 2 (COX-2) in gastric ulcer disease [Hamit et al. 2019, Uslu and Uslu 2019].

Neuroprotective activity (*in vitro*) of *P. laurocerasus* has been reported [Orhan and Akkol 2011]. Furthermore, due to its antioxidant and antimicrobial activity, the *P. laurocerasus* extract supported wound healing and increased formation granulation tissue, epidermal regeneration, and angiogenesis [Ayla et al. 2018].

Conclusions

With their content of e.g. phenolic compounds, anthocyanins, and carotenoids, which serve as antioxidants, and the content of fibre, minerals, vitamins, and many other nutrients, *Prunus laurocerasus* fruits are a valuable component of nutraceutical supplements and teas. They are used in human nutrition and in food, cosmetic, and pharmaceutical industries. Many investigations suggest that the phytochemicals contained in cherry laurel fruits and leaves can be applied in adjuvant therapy of some diseases and for alleviation of their complications.

Additionally, their anti-inflammatory and antimicrobial activity promotes wound healing. Further research is required to elucidate the mechanism of action and safety of selected bioactive substances contained in *P. laurocerasus*.

References

- Akkol E.K., Kırmızıbekmez H., Küçükboyacı N., Gören A.C., Yeşilada, E., 2012. Isolation of active constituents from cherry laurel (*Laurocerasus officinalis* Roem.) leaves through bioassay-guided procedures. *J. Ethnopharmacol.* 139(2), 527–532, <https://doi.org/10.1016/j.jep.2011.11.043>.
- Alasalvar C., Al-Farsi M., Shahidi F., 2005. Compositional characteristics and antioxidant components of cherry laurel varieties and pekmez. *J. Food Sci.* 70(1), 47–52, <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.tb09064.x>.
- Ayaz F.A., 1997. Studies on water soluble sugar and sugar alcohol in cultivars and wild forms of *Laurocerasus officinalis* Roem. *Pak. J. Bot.* 29(2), 331–336.
- Aydin A., Erenler R., Yılmaz B., Tekin Ş., 2016. Antiproliferative effect of cherry laurel. *J. Turkish Chem. Soc., Section A: Chemistry* 3(3), 217–228, <https://doi.org/10.18596/jotcsa.21204>.
- Ayla S., Okur M.E., Günel M.Y., Özdemir E.M., Çiçek Polat D., Yoltaş A., Biçeroğlu Ö., Karahüseyinoğlu, S., (2019). Wound healing effects of methanol extract of *Laurocerasus officinalis*. *Roem. Biotechnic. Histochem.* 94(3), 180–188, <https://doi.org/10.1080/10520295.2018.1539242>.
- Capanoglu E., Boyacioglu D., de Vos R.C., Hall R.D., Beekwilder J., 2011. Procyanidins in fruit from sour cherry (*Prunus cerasus*) differ strongly in chainlength from those in Laurel cherry (*Prunus lauracerasus*) and cornelian cherry (*Cornus mas*). *J. Berry Res.* 1(3), 137–146, <https://doi.org/10.3233/BR-2011-015>.
- Celep E., Aydın A., Yeşilada E., 2012. A comparative study on the *in vitro* antioxidant potentials of three edible fruits: cornelian cherry, japanese persimmon and cherry laurel. *Food Chem. Toxicol.* 50(9), 3329–3335, <https://doi.org/10.1016/j.fct.2012.06.010>.
- Celik F., Ercisli S., Yılmaz S.O., Hegedus A., 2011. Estimation of certain physical and chemical fruit characteristics of various cherry laurel (*Laurocerasus officinalis* Roem.) genotypes. *HortScience* 46(6), 924–927, <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.46.6.924>.
- Demir S., Turan I., Demir F., Ayazoglu Demir E., Aliyazicioglu Y., 2017. Cytotoxic effect of *Laurocerasus officinalis* extract on human cancer cell lines. *Marmara Pharm. J.* 21 (24530), 121–126, <https://doi.org/10.12991/marupj.259889>.
- Demirbolat İ., Kartal M., 2019. Prunellin content of leaves, kernels and pulps of *Prunus lauracerasus* L. (cherry laurel) during ripening. *J. Res. Pharm.* 23(1), 69–75, <https://doi.org/10.12991/jrp.2018.110>.
- Egea T., Signorini M.A., Bruschi P., Rivera D., Obón C., Alcaraz F., Palazón J.A., 2015. Spirits and liqueurs in European traditional medicine: their history and ethnobotany in Tuscany and Bologna (Italy). *J. Ethnopharmacol.* 175, 241–255, <https://doi.org/10.1016/j.jep.2015.08.053>.
- Eken A., Endirlik B.Ü., Bakir E., 2017. Effect of *Laurocerasus officinalis* Roem. (cherry Laurel) fruit on dimethoate induced hepatotoxicity in rats. *Kafkas Üniv. Vet. Fak. Derg.* 23(5), 779–787, <https://doi.org/10.9775/kvfd.2017.17748>.
- Elmastas M., Genc N., Demirtas I., Hassan A.H., Aboul-Enien H.Y., (2013). Isolation and identification of functional components in seed of cherry laurel (*Laurocerasus officinalis* Roem.) and investigation of their antioxidant capacity. *J. Biol. Active Prod. Nature* 3, 115–120, <https://doi.org/10.1080/22311866.2013.817736>.
- Erdemoğlu E., Küpeli E., Yeşilada E., (2003). Anti-inflammatory and antinociceptive activity assessment of plants used as remedy in Turkish folk medicine. *J. Ethnopharmacol.* 89, 123–129, [https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(03\)00282-4](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(03)00282-4).

- Esringu A., Akšić M.F., Ercisli S., Okatan V., Gozlekci S., Cakir O., 2016. Organic acids, sugars and mineral content of cherry laurel (*Laurocerasus officinalis* Roem.) accessions in Turkey. C. R. Acad. Bulg. 69(1), 115–122.
- Güder A., Korkmaz H., 2012. Investigation of antioxidant activity and total anthocyanins from blackberry (*Rubus hirtus* Waldst. & Kit) and cherry laurel (*Laurocerasus officinalis* Roem). Asian J. Chem. 24, 4525–4531.
- Hättenschwiler S., Körner C., 2003. Does elevated CO₂ facilitate naturalization of the non-indigenous *Prunus laurocerasus* in Swiss temperate forests? Funct. Ecol. 17, 778–785, <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2003.00785.x>.
- Huryn V.M.B., Moller H., 1995. An assessment of the contribution of honey bees (*Apis mellifera*) to weed reproduction in New Zealand protected natural areas. New Zeal. J. Ecol. 19(2), 111–122.
- İslam A., Bostan S.Z., 1996. A promising fruit species: cherry laurel. J. Agric. Eng. 291, 21.
- Kalkman C., 1965. The old world species of *Prunus* subg. *laurocerasus* Groen. including those formerly referred to *Pygeum*. Blumea Biodivers. Evol. Biogeogr. Plants 13(1), 1–115.
- Karabegović I.T., Stojičević S.S., Veličković D.T., Nikolić N.Č., Lazić M.L., 2013. Optimization of microwave-assisted extraction and characterization of phenolic compounds in cherry laurel (*Prunus laurocerasus*) leaves. Sep. Purif. Technol. 120(13), 429–436, <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2013.10.021>.
- Karabegović I.T., Stojičević S.S., Veličković D.T., Todorović Z.B., Nikolić N.Č., Lazić M. L., 2014. The effect of different extraction techniques on the composition and antioxidant activity of cherry laurel (*Prunus laurocerasus*) leaf and fruit extracts. Ind. Crops Prod. 54, 142–148, <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.12.047>.
- Karahalil F.Y., Şahin H., 2011. Phenolic composition and antioxidant capacity of cherry laurel (*Laurocerasus officinalis* Roem.) sampled from Trabzon region, Turkey. Afr. J. Biotechnol. 10(72), 16293–16299, <https://doi.org/10.5897/AJB11.1929>.
- Kasım R., Sülüşoğlu M., Kasım M.U., 2011. Relationship between total anthocyanin level and colour of natural cherry laurel (*Prunus laurocerasus* L.) fruits. Afr. J. Plant Sci. 5(5), 323–328.
- Kolaylı S., Küçük M., Duran C., Candan F., Dinçer B., 2003. Chemical and antioxidant properties of *Laurocerasus officinalis* Roem. (cherry laurel) fruit grown in the Black Sea region. J. Agric. Food Chem. 51(25), 489–7494, <https://doi.org/10.1021/jf0344486>.
- Liyana-Pathirana C.M., Shahidi F., Alasalvar C., 2006. Antioxidant activity of cherry laurel fruit (*Laurocerasus officinalis* Roem.) and its concentrated juice. Food Chem. 99(1), 121–128, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.06.046>.
- Mchedlidze V.B., Kharebava L.G., 1988. Volatile compounds of cherry laurel. Subtropicheskie Kultury 5, 106–110.
- Orhan N., Damlaci T., Baykal T., Özek T., Aslan M., 2015. Hypoglycaemic effect of seed and fruit extracts of laurel cherry in different experimental models and chemical characterization of the seed extract. Rec. Nat. Prod. 9(3), 379–385.
- Orhan I.E., Akkol E.K., 2011. Estimation of neuroprotective effects of *Laurocerasus officinalis* Roem. (cherry laurel) by *in vitro* methods. Food Res. Int. 44(3), 818–822, <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.01.037>.
- Öztürk F., Ölçücü C., 2016. The chorology of genus *Laurocerasus duhamel* (Rosaceae) in East Black Sea region-Turkey. J. Int. Environ. Appl. Sci. 11(13), 263–266.
- Percival M.S., 1955. The presentation of pollen in certain angiosperms and its collection by *Apis mellifera*. New Phytol. 54(3), 353–368, <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1955.tb06192.x>.
- Pieroni A., 2000. Medicinal plants and food medicines in the folk traditions of the upper Lucca Province, Italy. J. Ethnopharmacol. 70(3), 235–273, [https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(99\)00207-X](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(99)00207-X).
- Sahan Y., 2011. Effect of *Prunus laurocerasus* L. (cherry laurel) leaf extracts on bread spoilage fungi. Bulg. J. Agric. Sci. 17, 83–92.

- Seneta W., Dolatowski J., 2012. Dendrologia. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- Stanisavljević I.T., Lazić M.L., Veljković V.B., Stojičević S.S., Veličković D.T., Ristić M.S., 2010. Kinetics of hydrodistillation and chemical composition of essential oil from cherry laurel (*Prunus laurocerasus* L. var. *serbica* Pančić) leaves. J. Essent. Oil Res. 22(6), 564–567, <https://doi.org/10.1080/10412905.2010.9700401>.
- Sulusoglu M., 2011. The cherry laurel (*Prunus laurocerasus* L.) tree selection. Afr. J. Agric. Res. 6, 3574–3582, <https://doi.org/10.5897/AJAR11.901>.
- Tatar B.C., Sumnu G., Oztop M., Ayaz E., 2017. Effects of centrifugation, encapsulation method and different coating materials on the total antioxidant activity of the microcapsules of powdered cherry laurels. World Acad. Sci., Eng. Technol., Int. J. Nutr. Food Engin. 10(12), 901–904.
- Turan M.I., Turkoglu M., Dundar C., Celik N., Suleyman H., 2013. Investigating the Effect of *Prunus laurocerasus* fruit extract in type II diabetes induced rats. Int. J. Pharmacol. 9(6), 373–378, <https://doi.org/10.3923/ijp.2013.373.378>.
- Uslu H., Uslu G.A., Özern H., Karaman M., 2018. Effects of different doses of *Prunus laurocerasus* L. leaf extract on oxidative stress, hyperglycaemia and hyperlipidaemia induced by type I diabetes. Indian J. Tradit. Knowl. 17(3), 430–436.
- Uslu H., Uslu G.A., 2019. Protective Effect of *Prunus laurocerasus* L. fruit extract against indomethacin-induced gastric ulcer in rats. Atatürk Üniversitesi Vet. Bil. Derg. 14(1), 64–70, <https://doi.org/10.17094/ataunivbd.450513>.
- Ustun N.S., Tosun I., Gumuşhan B., 2000. Suitability of cherry laurel (*Laurocerasus officinalis* Roem) to jam production. Blacksea and Central Asian Symposium on Food Technology Ankara, Turkey, October 12–16.
- Ustun N.S., Tosun I., 2003. A research on composition of wild cherry laurel (*Laurocerasus officinalis* Roem.). J. Food Technol. 1, 80–82, <http://medwelljournals.com/abstract/?doi=jftech.2003.80.82>.
- Yildiz H., Ercisli S., Narmanlioglu H.K., Guclu S., Akbulut M., Turkoglu Z., 2014. The main quality attributes of non-sprayed cherry laurel (*Laurocerasus officinalis* Roem.) genotypes. Genetika 46, 129–136, <https://doi.org/10.2298/gensr1401129y>.

BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES AND THERAPEUTIC APPLICATION
OF CHERRY LAUREL (*Prunus laurocerasus* L.)

Summary. *Prunus laurocerasus* L. has been classified as an edible as well as ornamental, apicultural, cosmetic, and medicinal species. The high content of anthocyanins, carotenoids, and phenolic compounds in cherry laurel fruits makes it a valuable source of natural pigments and antioxidants. Based on available literature reports, the study presents biologically active substances, dietary value, and therapeutic activity of *P. laurocerasus*. The fruits and leaves of this species contained mainly fibre, pectins, vitamins, carotenoids, anthocyanins, phenolic compounds, and flavonoids, including catechin and a flavonoid glycoside rutin. These phytochemicals have been found to exhibit anti-tumour, anti-hepatotoxic, anti-oxidant, anti-diabetic, antiatherogenic, and anti-ulcerative effects as well as antimicrobial properties. Extracts of *P. laurocerasus* have been found to contribute to amelioration of oxidative stress-related degenerative diseases. Furthermore, due to the presence of polysaccharides, proteins, ascorbic acid, aromatic substances, pectin, and mineral contents, the plant is a valuable source of nutraceutical supplements.

Key words: *Laurocerasus officinalis*, phytochemicals, phytotherapy, usability value, Rosaceae

SUBSTANCJE BIOLOGICZNIE CZYNNE I ZASTOSOWANIE TERAPEUTYCZNE
LAUROWIŚNI WSCHODNIEJ (*Prunus laurocerasus* L.)

Streszczenie. *Prunus laurocerasus* L. zaliczono do roślin jadalnych, ozdobnych, pszczelarskich, kosmetycznych i leczniczych. Wysoka zawartość antocyjanów, karotenoidów i związków fenolowych w owocach laurowiśni wschodniej stanowi cenne źródło naturalnych barwników i antyoksydantów. W pracy, na podstawie dostępnej literatury, opisano substancje biologicznie czynne, walory dietetyczne i działanie terapeutyczne *P. laurocerasus*. Owoce i liście tego gatunku zawierały głównie: błonnik, pektyny, witaminy, karotenoidy, antocyjany, związki fenolowe i flawonoidy, w tym katechiny oraz glikozyd flawonoidowy – rutynę. Niektóre fitozwiązki działały antynowotworowo, antyhepatoksycycznie, antyoksydacyjnie, przeciwcukrzycowo, przeciwmiażdżycowo, łagodząco na owrzodzenia żołądka, jak również wykazywały właściwości przeciwdrobnoustrojowe. Ekstrakt z *P. laurocerasus* może mieć korzystny wpływ na łagodzenie objawów chorób degeneracyjnych związanych ze stresem oksydacyjnym. Ponadto dzięki zawartości polisacharydów, białek, kwasu askorbinowego, substancji aromatycznych, pektyn i składników mineralnych stanowi cenne źródło suplementów nutraceutycznych.

Słowa kluczowe: fitoterapia, fitozwiązki, *Laurocerasus officinalis*, wartość użytkowa, Rosaceae