

KAMILA ŚLUSARCZYK* , ANNA SZAKIEL 

* Autor korespondencyjny/corresponding author; e-mail: k.slusarczy2@student.uw.edu.pl

Zakład Biochemii Roślin, Instytut Biochemii, Wydział Biologii, Uniwersytet Warszawski,
Miecznikowa 1, 02-096 Warszawa, Polska

Department of Plant Biochemistry, Institute of Biochemistry, Faculty of Biology, University of Warsaw,
Miecznikowa 1, 02-096 Warsaw, Poland

„Na dębowo” czyli solidnie. O dębach w krajobrazie, kulturze i gospodarce

„Solid as oak” – oaks in the landscape, culture, and economy

DOI: <https://doi.org/10.12775/KOSMOS.2025.024>

Abstrakt

Artykuł poświęcony jest ekologicznemu, kulturowemu i gospodarczemu znaczeniu dębów. Drzewa te są ważnym elementem ekosystemów leśnych, dostarczając pokarmu i siedlisk wielu zwierzętom. Lasy dębowe mają szczególną wartość ze względu na unikalną bioróżnorodność oraz rolę w zachowaniu równowagi ekologicznej. W artykule poruszono problemy związane z dwoma gatunkami: dębem szypułkowym *Q. robur*, który coraz częściej jest atakowany przez patogeny grzybowe jak mączniak prawdziwy *Erysiphe alphitoides*, oraz introdukowanym dębem czerwonym *Q. rubra*, którego rozprzestrzenianie się może zagrażać gatunkom rodzimym. Problemy te są obecnie monitorowane i intensywnie badane.

Dęby odegrały ogromną rolę w wielu dziedzinach działalności człowieka, wzbogacając jego dorobek cywilizacyjny, poczynając od budownictwa lądowego i morskiego, przez różne dziedziny rzemiosła do zastosowań leczniczych. Jako symbol siły, szlachetności i długowieczności zajmują także szczególne miejsce w kulturze i sztuce. Różnorodność związków bioaktywnych występujących w surowcach pochodzących z dębów wskazuje na możliwość ich wykorzystania w preparatach leczniczych, kosmetycznych, suplementach diety i żywności funkcjonalnej.

Słowa kluczowe: dąb szypułkowy *Quercus robur*, dąb czerwony *Quercus rubra*, gatunki inwazyjne, mączniak prawdziwy, rodzaj *Quercus*

Abstract

The article is dedicated to ecological, cultural, and economic significance of oaks. These trees are an important component of forest ecosystems, providing food and habitats for many animal species. Oak forests are valuable due to their unique biodiversity and role in maintaining ecological balance. The article addresses issues related to two species: the pedunculate oak *Quercus robur*, increasingly affected by fungal pathogens such as powdery mildew *Erysiphe alphitoides*, and the introduced red oak *Quercus rubra*, whose spread may threaten native species. These problems are currently being monitored and intensively studied.

Oaks played a significant role in many areas of human activity, enriching cultural and civilizational heritage – from land and naval construction, through various crafts, to medicinal applications. As symbols of strength, nobility, and longevity, they occupy a special place in culture and art. The diversity of bioactive compounds found in oak-derived raw materials indicates their potential use in medicinal preparations, cosmetics, dietary supplements, and functional foods.

Key words: pedunculate oak *Quercus robur*, red oak *Quercus rubra*, invasive species, powdery mildew, *Quercus* genus

WPROWADZENIE

Drzewa to charakterystyczne rośliny o zdrewniałym pędzie głównym, wyróżniające się specyficznym pokrojem obejmującym pień główny i koronę. Często są długowieczne i osiągają znaczne rozmiary – do drzew zaliczane są największe i najstarsze rośliny lądowe. Pełnią niezwykle ważną rolę w biosferze i ekosystemach. Od początku rozwoju cywilizacji ludzkiej drzewa odgrywały też ogromną rolę w życiu człowieka, dostarczając podstawowego materiału budowlanego i opałowego, cennych substancji jak żywica lub kauczuk, czy też stanowiąc surowiec do produkcji papieru. Niektóre drzewa mają zastosowania spożywcze, dostarczają jadalnych owoców, nasion, kory i liści; znajdują także zastosowanie w ziołolecznictwie.

Do najbardziej rozpoznawalnych, cenionych kulturowo i wartościowych ekonomicznie drzew należą bez wątpienia dęby. Taksonomicznie dęby są klasyfikowane jako należące do rzędu bukowców (Fagales) i rodzaju *Quercus*, najbardziej bogatego w gatunki i najbardziej rozprzestrzenionego na półkuli północnej. Rodzaj *Quercus* był kilkakrotnie poddawany badaniom systematyków roślin, w większości źródeł liczbę gatunków tych drzew szacuje się na około 460, ale niektóre opracowania podają, że liczba ta może sięgać nawet ponad 500 (Denk i Grimm, 2009; Denk i in., 2017). Najwięcej gatunków dębów wystę-

puje na terenach Meksyku i Azji wschodniej, w Europie występuje około 30 gatunków (Taib i in., 2020). Za rodzime gatunki dębów występujące w Polsce uważa się dąb szypułkowy *Quercus robur*, dąb bezszypułkowy *Q. petraea* i dąb omszony *Q. pubescens*, ale dziko występują także gatunki introdukowane – dąb burgundzki *Q. cerris* i dąb czerwony *Q. rubra*, funkcjonujące jako gatunki znaturalizowane (Mirek i in. 2020). W parkach i ogrodach bywają sadzone gatunki ozdobne, takie jak dąb błotny *Q. palustris*, dąb kasztanolistny *Q. castaneifolia*, czy dąb węgierski *Q. frainetto*. Współcześnie coraz więcej gatunków dębów występuje poza ich naturalnymi rejonami występowania – podczas gdy do Europy sprowadzano sadzonki dębów z innych kontynentów, dąb szypułkowy *Q. robur* został introdukowany przez pierwszych europejskich osadników do Afryki Środkowej i Południowej, gdzie jest obecnie jednym z najważniejszych drzewiastych gatunków egzotycznych (Unuofin i Lebelo, 2021).

Ze względu na dużą liczbę gatunków i reprezentowaną przez nie różnorodność fitochemiczną, dęby wciąż budzą zainteresowanie badaczy – zarówno systematyków, ekologów, jak i biochemików. Drzewa te dostarczają surowców o zupełnie odmiennych właściwościach: drewna, kory, liści i charakterystycznych owoców pozornych (szupinkowych) zwanych żółędziami (owocem właściwym jest orzech, rozwi-

jający się w drewniejącej miseczce owocowej powstającej z przekształcenia listków przykwiatowych). Swoistym surowcem są też powstające na liściach specyficzne narośla zwane galasami, tworzące się pod wpływem substancji wydzielanych przez składające jaja samice, a następnie żerujące larwy owadów, np. galasówki dębianki *Cynips quercusfolii*. Wszystkie te surowce znajdują wiele różnorodnych zastosowań przemysłowych, medycznych, zielarskich i kosmetycznych (Morales 2021). Celem artykułu jest przedstawienie problemów ekologicznych związanych z dwoma gatunkami: dębem szypułkowym *Q. robur*, przedstawicielem flory rodzimej, którego populacja jest zagrożona między innymi przez coraz bardziej rozpowszechnioną chorobę grzybową wywoływaną przez mączniaka prawdziwego *Erysiphe alphitoides*, oraz dębem czerwonym *Q. rubra*, będącym gatunkiem introdukowanym, który obecnie jest traktowany jako gatunek inwazyjny; a także podsumowanie współczesnych trendów badawczych dotyczących właściwości biologicznych i farmakologicznych surowców uzyskiwanych z dębów. W artykule poruszono też kilka historycznych i aktualnych aspektów związanych z niebagatelną rolą kulturową i gospodarczą dębów.

DĘBY W EKOSYSTEMIE

Dęby należą do najpotężniejszych i najbardziej długowiecznych drzew Europy. Sylwetki dębów, z ich majestatycznymi koronami utworzonymi przez poziome, rozłożyste konary, dominują w krajobrazie. Drzewa te są ważnym elementem ekosystemów leśnych. W Polsce najpospolitszymi zbiorowiskami leśnymi są lasy iglaste (bory) i lasy mieszane, w których współwystępują gatunki iglaste i liściaste. Rzadziej (na żyzniejszych glebach) występują wielogatunkowe lasy liściaste, głównie lasy dębowo-lipowo-grabowe (grądy) i bukowe (buczyny). Na terenach podmokłych występują lasy z olchą (*Alnus* spp.), topolą (*Populus* spp.), wierzbą (*Salix* spp.), wiązem (*Ulmus* spp.), dębem (*Quercus* spp.) i jesionem (*Fraxinus* spp.), czyli tzw. lasy łęgowe, a także z olchą (*Alnus* spp.) i brzozą (*Betula* spp.), czyli olsy. Dęby występują w różnych

typach lasów, najczęściej w borach mieszanych z sosną (*Pinus* spp.), w lasach mieszanych z grabem (*Carpinus* spp.), lipą (*Tilia* spp.), klonem (*Acer* spp.) i innymi gatunkami drzew liściastych, czyli w grądach; lub z bukiem (*Fagus* spp.) w buczynach, a także w łęgach (Matuszkiewicz 2006). Zbiorowiska leśne, których piętro drzew utworzone jest głównie przez dęby, nazywane są dąbrowami (*Quercetum*). Dęby najlepiej rosną na glebach żyznych, bogatych w składniki mineralne i organiczne, o obojętnym odczynie, dobrze znosząc okresowe zalewanie, ale występują także w ubogich gatunkowo lasach na kwaśnych glebach. W Polsce występują m.in. świetliste dąbrowy ciepłolubne, rosnące na zasobnych w wapń, suchych glebach piaszczysto-gliniastych, a także dąbrowy acydofilne (kwaśne), rosnące na glebach kwaśnych, gruboziarnistych. Wśród ciepłolubnych lasów dębowych często wyróżnia się np. podgórskie dąbrowy brekiniove (z jarzębem brekinią *Sorbus torminalis* i kserotermiczne dąbrowy z dębem omszonym *Q. pubescens*. Runo dąbrów ciepłolubnych jest szczególnie bogate w gatunki typowe dla żyznych lasów liściastych, występują w nim np. zawilec gajowy *Anemone nemorosa*, dzwonek brzoskwiniolistny *Campanula persicifolia*, narparstnica zwyczajna *Digitalis grandiflora*, miodownik melisowaty *Melittis melissophyllum*, lepnica zwisła *Silene nutans* czy lilia złotogłów *Lilium martagon*. W dąbrowach występują także rodzime gatunki storczykowatych, takie jak podkolan biały *Platanthera bifolia* i buławnik mieczolistny *Cephalanthera longifolia*. Na wilgotnych piaskach dęby przybierają niski pokrój i tworzą dąbrowy karłowate. W obniżeniach terenu zalewanych wodą w czasie wiosennych roztopów drzewa te mogą tworzyć zbiorowisko zwane dębniakiem turzycowym (Matuszkiewicz 2006; Rutkowski 2007, przyrodniczo.pl).

Dęby tworzą siedliska dla tysięcy organizmów żywych, w tym mikroorganizmów, mchów, porostów, grzybów mikoryzowych i pasożytniczych, owadów, pajęczaków, ptaków i ssaków. Szacuje się na przykład, że z dębami związanych jest około 1200 gatunków roślinożernych owadów, wśród nich kilka gatunków chrząszczy znajdujących się pod ochroną, jak kozioróg dębosz *Cerambyx cer-*

do, pachnica dębowa *Osmoderma eremita*, czy jelonek rogacz *Lucanus cereus* (przyrodniczo.pl). Niestety zmiany klimatyczne sprzyjają masowemu pojawianiu się i rozwojowi gatunków owadów będących szkodnikami dębów, np. skoczonośa dębowca *Orchetes quercus* czy opiętek dębowych *Agilus* spp., które dotychczas występowały rzadko lub incydentalnie, a obecnie stanowią poważne zagrożenie dla drzewostanów dębowych (Jakoniuk i Mokrzycki, 2022).

Na dębach bytują takie rzadkie grzyby jak ozorek dębowy *Fistulina hepatica* czy błyskoporek płaczący *Pseudoinonotus dryadeus*, zaś wszystkim zbieraczom grzybów (potocznie zwanych kapeluszkowymi) znana jest symbioza między dębami a różnymi gatunkami borowików (*Boletus* spp.). Wiekowe dęby są podatne na próchnienie, często w ich pniach tworzą się naturalne otwory, albo powstają dziuple wskutek działalności dzięciołów *Dendrocopos* spp. W dziuplach gniazduje wiele gatunków ptaków leśnych, w tym różne gatunki sów (ptaków z rzędu Strigiformes). Dziuple mogą być także zasiedlane przez ssaki, wiewiórki *Sciurus vulgaris* i nietoperze *Chiroptera* (przyrodniczo.pl).

Owoce dębów, czyli żołędzie, stanowią łatwo dostępny – i dający się przechowywać zimą – pokarm dla wiewiórek *S. vulgaris*, sójek *Garrulus glandarius*, czy dzików *Sus scrofa*; natomiast spadające liście dębów wzbogacają glebę w próchnicę (Stumpf i in. 2018).

DĄB SZYPUŁKOWY (*QUERCUS ROBUR*)

W Polsce dąb szypułkowy *Quercus robur* jest jednym z najbardziej rozpoznawalnych rodzimych gatunków dębów. Według klasyfikacji Denk i in. (2017) należy on do podrodzaju *Quercus subgenus Quercus*, a w jego obrębie należy do sekcji *Quercus*. Dąb szypułkowy występuje naturalnie na większości obszaru Europy, z wyjątkiem północnego cypla Szkocji, Finlandii i północnego obszaru europejskiej części Rosji (Johnson i More, 2009). W Polsce jest rozprzestrzeniony na terenie całego kraju, oprócz stanowisk wysokogórskich, gdyż granice jego występowania sięgają obszarów do 600 metrów nad poziomem morza. W stanie dzikim tworzy

dąbrowy, występuje także w lasach mieszanych, łąkach i łąkach.

Dąb szypułkowy należy do drzew liściastych zrzucających liście na zimę. Stare osobniki tego gatunku bywają bardzo okazałe, osiągają wysokość do 35–40 metrów i wiek do 400–500 lat, z rekordami do ponad 1000 lat. Przyrost drzewa na wysokość jest powolny do około 10 roku życia, dopiero starsze rośliny rosną szybciej, szczególnie w wieku 11–35 lat, później tempo wzrostu znowu spada. Jeśli rośliny występują w dużym zacienieniu albo są regularnie zgryzane przez zwierzęta roślinożerne, mogą przyjąć formę krzewiastą. Korona młodych drzew jest kulista, a starszych potężna, rozłożysta, nieregularna. Pień przeważnie już na małej wysokości rozdziela się na kilka grubych konarów, przez co drzewa, zwłaszcza te rosnące w odosobnieniu, mają bardzo rozłożyste, nisko zaczynające się gałęzie i dużą średnicę korony. Drzewa rosnące w zwartych drzewostanach mają koronę węższą i wyższej usytuowaną. Pnie młodych drzew pokryte są gładką, szarą korą, która z wiekiem staje się ciemniejsza (ciemnoszara do brązowoszarej), grubsza i głęboko podłużnie spękana. Pień osiąga średnicę do 3 metrów. Korzeń początkowo jest palowy, a z wiekiem (30–50 lat) wykształca się ukośny system korzeniowy, sięgający na głębokość nawet 5 m, dzięki czemu drzewo jest odporne na silne wiatry i może czerpać wodę i sole mineralne z głębokich warstw podłoża. Pędy dębu szypułkowego są srebrzystego koloru, z pomarańczowo-brązowymi pąkami rozmieszczonymi regularnie na całej długości i skupionymi po kilka na szczycie. Morfologię dębu szypułkowego *Q. robur* przedstawiono na Rycinie 1.

Dąb szypułkowy ma ulistnienie skrętoległe, liście są pojedyncze, o długości 5–15 centymetrów, szerokości do 8 cm, kształtu odwrotnie jajowatego. Liście są nierówno zatokowo wrębane, niesymetryczne, po obu stronach mają 5–7 okrągławych, całobrzegich kłap, wciętych do połowy blaszki. Są umocowane do gałęzi na krótkich ogonkach, których nasady są otoczone zaokrąglonymi uszkami. Mają skórzastą, zwartą strukturę ze względu na gęste unerwienie, są ciemnozielone, niezbyt lśniące z wierzchu,



Ryc. 1. Morfologia dębu szypułkowego *Quercus robur*. a. Pokrój. b. Pień. c. Liście i orzechy (żołędzie) na szypułkach

a spodem matowe. Jesienią liście najpierw przebarwiają się na kolor żółty do brązowego, a następnie usychają. Szczególnie u młodych dębów, zaschnięte liście często pozostają na drzewie aż do wiosny. Suche liście są mocne i mało kruszące się, zatem ich rozkład w warstwie runa zachodzi zwykle dość wolno.

Dąb szypułkowy jest gatunkiem jednopienym, ale kwiaty są rozdzielнопłciowe. Kwiaty męskie są zebrane w zwisające kotki, wyrastające z pąków bocznych zeszłorocznych pędów. Kwiaty żeńskie wyrastają na szypułkach dłuższych niż ogonek liściowy, są umiejscowione na wierzchołkach tegorocznych pędów po 2–5 sztuk. Pyłek przenoszony jest na kwiaty żeńskie za pomocą wiatru. Kwitnienie przypada na koniec kwietnia lub w maju, równoległe z rozwojem liści. Pierwsze owocowanie odbywa się między 40–50 rokiem życia lub – w przypadku wzrostu w zwartym drzewostanie – później, między 60 a 80 rokiem życia. Lata nasienne przypadają zwykle co 4–6 lat.

Owoce dębu szypułkowego są klasyfikowane jako owoce pozorne (szupinkowe), składające się z właściwego owocu – orzecha i miseczki owocowej, powstałej z przekształcenia przylistków. Owoce te, nazywane potocznie żołędziami, wyrastają zwykle po 1 do 3 sztuk na długiej szypułce, do której są przymocowane pokrytą drobnymi łuskami miseczką. Żołędzie mają walcowaty, jajowaty kształt (Ryc. 1c). Jako młode są zielone i twarde, z wiekiem stają się

brązowe, suche i lżejsze, z widocznym charakterystycznym podłużnym prążkowaniem. Żołędzie dojrzewają po kilku miesiącach, jesienią, około września lub października tego samego roku. Rozsiewane są głównie baro- lub zoochorycznie, czyli grawitacyjnie lub przez zwierzęta. Żołędzie mogą spadać zarówno bez czapeczki, jak i z czapeczką, czasem poprzez odpadnięcie całej szypułki z drzewa macierzystego (Barzdajn, 2006; Tomanek i Witkowska-Żuk, 2008; Johnson i More, 2009).

MĄCZNIAK PRAWDZIWIY DĘBU

Choć „robur” znaczy silny, dęby szypułkowe i bezszypułkowe są obecnie coraz częściej atakowane przez różne choroby grzybowe, zwłaszcza mączniaka prawdziwego dębu. Jest to choroba atakująca liście i pędy dębów, objawiająca się białym, mączystym nalotem. Charakterystyczny wygląd zainfekowanych liści przedstawiono na Rycinie 3. Choroba ta ma istotne znaczenie ekonomiczne, gdyż wyrządza szkody wśród młodych dębów w szkółkach, powoduje zmniejszenie przyrostu młodych pędów, a nawet ich zamieranie. Mączniaka prawdziwego dębu wywołują obligatoryjne patogeny grzybowe *Erysiphe alphitoides* należące do workowców (Ascomycota), rozwijające się na powierzchni zarażonych roślin zielnych, krzewów i drzew, zarówno jedno-, jak i dwuliściennych (Kiss i in., 2020). *Erysiphe alphitoides*, dawniej *Microspora alptho-*



Ryc. 2. Liście dębu szypułkowego *Q. robur* zainfekowane mączniakiem prawdziwym dębu

ides (Cook i in., 2015) infekuje rodzime gatunki dębów Europy i Azji. Na terenie Europy atakuje między innymi gatunki dęb szypułkowy i bezszypułkowy, jednak te pierwsze są uważane za bardziej wrażliwe na infekcję (Hajjii in., 2009). Niedawno ukazały się doniesienia dotyczące zaobserwowanych w Korei Południowej i Niemczech przypadków zainfekowania dębu czerwonego *Q. rubra* mączniakiem prawdziwym, choć ogólnie jest on uznawany za roślinę odporną na tę chorobę (Choi i in., 2022; Saeedi in., 2025).

E. alphitoides to ektopasożyt – grzybnia, w postaci mierzących 3–7 um strzępek, rozwija się na wierzchniej lub spodniej powierzchni zarażonych liści, zaczepiona w komórkach epidermalnych gospodarza. Płożąca się grzybnia wytwarza trzonkowate konidiofory, na których wierzchołku tworzą się pojedyncze, eliptyczne zarodniki typu konidium. Dojrzewanie konidiów w obrębie grzybni jest stopniowe, niejednoczesne, a ich rozsianie następuje wiosną i latem. Tak patogen rozprzestrzenia się w obrębie już zarażonej rośliny oraz przenosi na nowe osobniki. Zarodniki *Erysiphales* zawierają wyjątkowo dużo wody, co sprawia, że ich rozsiewanie jest mniej uzależnione od wilgotności samego środowiska (Kochman, 1986; Marcinkowska, 2003; Takamatsu i in., 2007; Marçais i Desprez-Loustau, 2012). Zarodniki rozprzestrzeniają się w środowisku, natrafiając na liście podatne na zarażenie. Po odpowiednio długiej inkubacji (trwającej na ogół od kilku dni do dwóch tygodni), w sprzyjających warunkach, zarodniki zaczynają kielkować. Gdy kielkująca strzępka napotka po-

wierzchnię liścia, wytwarza z boku zgrubienie mocujące ją do powierzchni liścia, zwane appresorium (przyciską). Appresoria przymocowane są do powierzchni liścia kleistą substancją tak skutecznie, że mogą utrzymać się na niej nawet pod silnym strumieniem wody (Kochman 1986). Adhezja konidiów i formowanie się appresorium mączniaków prawdziwych jest silnie uzależnione od obecności konkretnych substancji lipidowych w woskach powierzchniowych liści i możliwości ich penetracji przez odpowiednie enzymy (Feng i in., 2009). Związki powstające w wyniku hydrolizy wosków powierzchniowych (głównie długołańcuchowe alkany i alkohole) są prawdopodobnie niezbędne do adhezji konidiów i dalszych stadiów infekcji. Zatem zarówno sama obecność, jak i skład wosków powierzchniowych rośliny determinuje wewnętrzne ścieżki sygnalizacyjne grzyba inicjujące patogenezę. Przy udziale odpowiednich enzymów hydrolitycznych, po pokonaniu bariery wosków powierzchniowych i kutykuli, konidium rozpoczyna penetrację liścia. Z appresorium kielkuje strzępka infekcyjna, która przekształca się w haustorium (ssawkę), pokonuje ścianę komórkową i przedostaje się do komórek epidermalnych gospodarza. U większości mączniaków prawdziwych haustoria, oprócz ściany komórkowej, otoczone są z zewnątrz błoną zewnątrzssawkową, zatem nie mają bezpośredniego kontaktu z roślinną cytoplazmą. Według Kochman (1986) błona zewnątrzssawkowa powstaje przez wpuklanie się błony cytoplazmatycznej komórki żywiciela. Po między ścianą komórkową haustorium a błoną zewnątrzssawkową występuje przestrzeń wypełniona półpłynną substancją. W odpowiedzi na utworzenie appresorium, lub dopiero w momencie wnikięcia haustorium, komórka roślinna często wytwarza papillę (brodawkę). Papilla jest ulokowana w komórce roślinnej między jej wewnętrzną stroną ściany komórkowej a błoną cytoplazmatyczną. Jej tworzenie związane jest z nagromadzeniem substancji lipidowych, związków fenolowych i wydzielaniem pęcherzyków obronnych w pobliżu atakującej strzępki. W procesie tym mogą brać udział kaloza i inne polimery ściany komórkowej (Hückelhoven i Panstruga, 2011). Papilla otacza obłonione haustorium

i powiększa się, dążąc do objęcia całego haustorium patogena. Tak uwięzione haustorium może ulec nekrozie, zatem tworzenie papilli jest prawdopodobnie jednym z mechanizmów obronnych rośliny. W przypadku udanej infekcji z konidium, część zewnętrzna grzybni może dalej rozwijać się przez wydłużające się strzępki, które mogą wytwarzać kolejne appresoria i tym samym propagować rozprzestrzenienie się grzybni na powierzchni liścia (Kochman, 1986).

Zarażenie przez *E. alpthoides* zmniejsza żywotność liści (Hajji i in., 2009). Infekcja bardzo młodych liści może prowadzić do ich deformacji, a nawet nekrozy i zrzucenia obumarłych liści przez roślinę. Wrażliwe są głównie młode liście, szczególnie te rozwijające się między czerwcem a sierpniem, a z wiekiem ich odporność na zarażenie patogenem wzrasta (Kowalski, 2007; Marçais i Desprez-Loustau, 2012).

W zarażonych komórkach roślinnych zachodzą zmiany metaboliczne. Analizy wykazały, że zawartość fenoli – głównie flawonoidów i pochodnych kwasów hydroksybenzoesowego i cynamonowego – zwiększa się znacząco w zarażonych liściach. Zaobserwowano także zwiększoną aktywność lipooksygenaz oraz akumulację związków lotnych: izoprenoidów oraz salicylanu metylu. Wzrastała też zawartość reaktywnych form tlenu i azotu, a w konsekwencji synteza enzymów antyoksydacyjnych (Skwarek-Fadecka i in., 2022). Kolejnym aspektem są zmiany na poziomie metabolizmu pierwotnego i rearanżacja struktur komórkowych rośliny. Zaatakowane komórki epidermy na wczesnych etapach infekcji zwiększają ilość protoplazmy – w porównaniu do komórek niezainfekowanych posiadają więcej retikulum endoplazmatycznego i rybosomów, szczególnie w miejscu wnika-
nia strzępki infekcyjnej. W pobliżu ssawki skupia się cytoplazma i cytoszkielet, gromadzą się aparaty Golgiego, pęcherzyki cytoplazmatyczne i mitochondria. Z czasem, wraz z postępem infekcji, w komórkach zarażonych oraz bezpośrednio z nimi sąsiadujących, zwiększa się aktywność mitochondriów, jednak następnie zaczynają one nabrzmiewać i zmniejszać połudowanie błony wewnętrznej. W zaawansowanym stadium infekcji, zarówno w mitochon-

driach, jak i w chloroplastach, zachodzą zmiany związane z naruszeniem ciągłości błon, prowadzące w końcu do zniszczenia tych organelli. Wśród różnych gatunków roślin, osobniki odporne na infekcje mączniakami prawdziwymi wydają się szybciej reagować na obecność patogena, wcześniej zwiększać intensywność procesów oddechowych i fotosyntetycznych, a w dalszych etapach infekcji utrzymywać je na stałym poziomie. Ze względu na obligatoryjno-pasożytniczy tryb życia tych grzybów, kluczowym jest, by komórki gospodarza pozostawały żywe. Stąd też jednym z mechanizmów walki z chorobą mogą być także procesy prowadzące do indukowanej śmierci zarażonych komórek roślinnych (Kochman 1986; Hüchelhoven i Panstruga, 2011).

W polskich szkółkach leśnych siewki dębu szypułkowego i bezszypułkowego są profilaktycznie chronione przed infekcją mączniakiem prawdziwym przez uprawę w namiotach i specjalnych polach hodowlanych (Kowalski, 2007). Stosowane jest też prewencyjne organicznie kontaktu młodych roślin z możliwym materiałem zakaźnym grzyba, np. osobnikami już zarażonymi. Możliwe, choć raczej niewskazane, jest stosowanie fungicydów, takich jak triadimenol lub myclobutanil. Alternatywnymi sposobami zwalczania choroby jest opryskiwanie preparatami siarkowymi (Marçais i Desprez-Loustau, 2012). Badana jest także możliwość biologicznego zwalczania choroby poprzez grzybowe nadpasożyty jak *Ampelomyces quisqualis* (syn. *Cicinnobolus cesati*), rozwijające się wewnątrz strzępek wielu gatunków należących do Erysiphales (Kochman, 1986; Marçais i Desprez-Loustau, 2012).

DĄB CZERWONY (*QUERCUS RUBRA*)

Dąb czerwony *Quercus rubra* został sprowadzony z Ameryki Północnej do Europy około XVII wieku jako drzewo ozdobne. Pierwsze odnotowane nasadzenia w Polsce są datowane na 1806 rok (Hereźniak, 1992). Aktualnie rozprzestrzeniony jest na większości terenów Europy i Rosji (Dyderski i in. 2020). Dąb czerwony jest czasem nazywany północnym; bywa klasyfikowany jako *Quercus borealis* (F. Mi-

chx.) lub *Quercus maxima*. Według klasyfikacji Denk i in. (2017) należy do podrodzaju *Quercus subgenus Quercus*, a w jego obrębie należy do sekcji *Lobatae* (nazywanej po angielsku „red oak group”), obejmującej blisko spokrewnione drzewa o zwykle ostro zakończonych liściach i owocach dojrzewających zazwyczaj co drugi rok, pochodzące z rejonów Ameryki Północnej, Środkowej i Południowej. Wśród nich znajdują się zarówno gatunki drzewiaste (jak *Q. rubra*, *Q. coccinea* i *Q. palustris*), jak i krzewiaste. Dąb czerwony występuje naturalnie na wschodnich terenach Ameryki Północnej, czyli części Stanów Zjednoczonych i Kanady, gdzie nazywany jest często „Northern red oak”, aby odróżnić go od „Southern red oak”, znacznie różniącego się od niego morfologią i obszarem występowania. Jako gatunek obcy rozprzestrzeniony jest w większości krajów Europy (Dyderski i in. 2020). Był introdukowany do Europy w XVII w. jako drzewo ozdobne, sadzone chętnie w parkach i ogrodach ze względu na symetryczny pokrój korony, gładką korę, piękną barwę liści jesienią i stosunkowo niską podatność na choroby. Bardzo podobnym gatunkiem, również często sadzonym i sprzedawanym do prywatnych ogródków jest dąb błotny (*Quercus palustris* Münchh.), różniący się występowaniem włosków u podstawy liści.

Dąb czerwony jest drzewem zrzucającym liście na zimę, okazałym, o długim pniu, osiagającym wysokość do 35 m. Młode rośliny wzrastają szybko, mają pokrój stożkowaty i bardzo symetryczny, pędy są skierowane ku górze i szybko przyrastają na wysokość. Starsze rośliny mają pokrój owalny, koronę szerszą i sklepioną, przeważnie dość luźną i osiagają wzrost do ponad 30 metrów. Pień, koloru brązowo-srebrzystego, jest gładki przez długi czas. U wiekowych drzew kora zaczyna być bardziej spękana, o nieregularnej strukturze, jednak nadal jest bardziej gładka niż u dębów szypułkowych. Pędy są smukłe, szarego koloru. Pąki są ostro zakończone, koloru kasztanowego, z końcami łusek nieznacznie owłosionymi. Morfologię tego drzewa przedstawiono na Rycinie 3.

Dąb czerwony ma ulistnienie skrętoległe. Liście są pojedyncze, w zarysie owalne, długo-

ści około 10–25 cm, szerokości do 10 cm, na szczycie zaostrome, u nasady szerokoklinowate, po obu stronach mają 3–4 szerokie, trójkątne kłapy zakończone dwoma lub więcej wyrostkami, wręby między kłapami sięgają do połowy blaszki (Ryc. 3c). Mają mocny, wypukły nerw środkowy i wyraźne nerwy boczne, ale są mniej gęsto przetkane nerwami niż liście dębu szypułkowego. Do gałęzi są umocowane na ogonkach o dość zmiennej długości, zwykle dłuższych niż te u dębu szypułkowego. Z wierzchniej strony dojrzałe liście są ciemnozielone, czasem błyszczące, od spodu matowe i jasnozielone. Mogą różnić się kształtem, w zależności od tego czy wzrastają w cieniu, czy w słońcu, przy czym te ostatnie mają głębsze wcięcia. U młodych drzew liście jesienią pięknie przebarwiają się na intensywny czerwony kolor, od którego pochodzi nazwa gatunku. U starszych drzew są raczej brązowawe. Pozostają jeszcze jakiś czas na drzewie lub opadają na ziemię. Suche liście są nadal mocne i mało kruszące się, zatem podobnie do liści rodzimych gatunków dębów, również dość wolno się rozkładają.

Dąb czerwony jest gatunkiem jednopienym, o kwiatach rozdzielnopłciowych. Kwiaty męskie występują w formie zwisających, wąskich, zielonkawych kotków, rozwijają się w pachwinach liści ubiegłorocznych. Kwiaty żeńskie występują w postaci kłosów, najczęściej pojedynczo lub po dwa, w pachwinach liści tego rocznych. Roznoszenie pyłku zachodzi przez wiatr. Kwitnienie przypada na kwiecień lub maj. Dojrzałość do owocowania drzewo osiąga zwykle po około 25 latach. Lata nasienne powtarzają się co 2–5 lat.

Podobnie jak u dębu szypułkowego, owoce są to orzechy z miseczką owocową, potocznie nazywane żołędziami. Żołędzie przymocowane są do gałęzi za pomocą krótkiej, niezdrewniałej szypułki. Miseczka owocowa łączy szypułkę z owocem właściwym, jest zamocowana dość płytko i pokryta drobnymi owalnymi łuskami czerwono-brązowego koloru. Żołędzie są okrągłe i pękate, ich średnica i długość często są równe. Mają kolor czerwono-brązowy, błyszczącą powierzchnię z podłużnymi paskami oraz miseczkę płytką u podstawy, co odróżnia je od



Ryc. 3. Morfologia dębu czerwonego *Quercus rubra*. a. Drzewo jesienią. b. Pień. c. Liście

żołędzi rodzimych dębów szypułkowych. Żołędzie dębu czerwonego dojrzewają jesienią następnego roku od zapylenia. Ich rozsiewanie następuje głównie grawitacyjnie – po dojrzewaniu odczepiają się od miseczki owocowej i upadają na ziemię, mogą też być roznoszone przez zwierzęta (Tomanek i Witkowska-Żuk, 2008; Johnson i More, 2009).

W Ameryce Północnej dąb czerwony najczęściej rośnie w jednorodnych lasach dębowych, a także w borach mieszanych z sosnami lub w lasach liściastych z orzesznikami, bukami, brzoźami, jesionami, wiązami i klonami. Konkurencyjnymi z nim drzewami są tam głównie: klon *Acer saccharum*, lipa *Tilia americana*, wiąz *Ulmus americana* i jesion *Fraxinus americana*, czyli gatunki szczególnie efektywnie rosnące na zacienionych stanowiskach (Crow, 1988).

INWAZYJNOŚĆ DĘBU CZERWONEGO

Po introdukcji dębu czerwonego w Polsce drzewo to było rekomendowane przez badaczy i leśników jako odpowiednie do nasadzeń w celach rekultywacji ziem post-uprawnych (Tomanek i Witkowska-Żuk, 1966). Jako szczególne walory ceniono jego odporność na zanieczyszczenia powietrza, zmienne warunki klimatyczne, mrozy i suszę, a także niższe – w porównaniu do dębu szypułkowego – wymagania co do żyzności gleby (Tomanek i Witkowska-Żuk, 1966; Dyderski i Jagodziński, 2019). Z upływem czasu zaczęły się jednak pojawiać doniesienia o możliwym negatywnym wpływie tego gatunku

na rodzimą florę (Woziwoda i in., 2014), a w ich wyniku dostrzeżono niekorzystne aspekty szybkiego rozprzestrzeniania się tego gatunku. Aktualnie dąb czerwony jest uznawany przez Generalną Dyрекcję Ochrony Środowiska jako gatunek średnio inwazyjny i nie jest już zalecany do nasadzeń w leśnictwie, ani w rekultywacji terenów zdegradowanych (Tomanek i Witkowska-Żuk, 2008; Krzaklewski 2017). Jako gatunek ozdobny jest jednak nadal uprawiany i sprzedawany w komercyjnych szkółkach ze względu na walory dekoracyjne. Głównymi typami siedlisk, do jakich wprowadzany był dąb czerwony w Polsce, były monokultury sosnowe *Pinus sylvestris*, w których gatunek ten miał stanowić domieszkę biocenotyczną zwiększającą bioróżnorodność; a także ziemie porolne i inne zdegradowane gleby, np. hałdy powyro-biskowe, w celu ich rekultywacji. Sadzono go także w celach ozdobnych w parkach i alejach miejskich (Tomanek i Witkowska-Żuk, 1986). Dąb czerwony efektywnie rozprzestrzenia się z obszarów nasadzeń z udziałem zwierząt roznoszących i żywiących się jego żołędziami. Aktualnie występuje we wszystkich typach lasów: w borach, borach mieszanych, lasach mieszanych i lasach liściastych, spotykany jest także na obszarach chronionych, w tym na terenie 14 parków narodowych (Tokarska-Guziki in., 2012). Jego żołędzie roznoszone są przez wiele drobnych ssaków i ptaków, które żywią się także żołędziami dębu szypułkowego i bezszypułkowego. W badaniu Myczko i in. (2014) porównywano efektywność roznoszenia żołędzi *Q. rubra*

i gatunków rodzimych przez sikorki modraszki (*Cyanocitta cristata*) i szpaki (*Quiscalus quiscula*). Oba gatunki ptaków zdawały się preferować żółędzie rodzimych dębów, ale mimo to zaobserwowano, że kiełkowanie nasion i wzrost siewek dębu czerwonego były znacznie obfitsze niż siewek rodzimych gatunków dębów. Wydaje się zatem, że cechą dającą przewagę dębowi czerwonemu w środowisku jest wysoka wydajność kiełkowania i duża przeżywalność młodych siewek. Rozprzestrzenianie się jest kluczowe dla inwazyjności gatunku, gdyż w innym wypadku siewki rosną głównie w warstwie zielnej pod drzewem matecznym (jak ilustruje Rycina 4), co jednak nie umożliwia im pełnego rozwoju ze względu na zacienienie przez drzewa macierzyste (Chmura, 2014).

Dąb czerwony wykazuje wysoką wydajność fotosyntetyczną nawet w warunkach średniego lub niskiego oświetlenia (Dyderski i in., 2020). Zwiększona dostępność światła – prześwity w rzadko rosnącym lesie lub powalenie innego drzewa w pobliżu – pozwala *Q. rubra* na szybkie wykorzystanie tych właściwości, co według niektórych badań (Kuehne i in., 2014; Dyderski i in., 2019) przekłada się na zwiększenie biomasy korzeni bez wpływu na biomasę liści. Gatunek ten wykazuje tak zwany „Syndrom Oskara”, polegający na umiejętności szybkiego zwiększania powierzchni liści i przyrostu pędów w momencie zwiększenia się dostępności światła (Dyderski i in., 2020). Na bardziej prześwietlonych stanowiskach dąb czerwony może więc wyrosnąć do warstwy krzewów, a po uzyskaniu odpowiedniej przewagi, także do warstwy drzew (Chmura, 2014). Cechy te pozwalają dębowi czerwonemu na efektywne rozprzestrzenianie się i stopniowe obejmowanie dominacji w warstwie drzew w siedliskach, które wcześniej były zajęte przez inne gatunki drzewiaste. Dzięki dużej powierzchni liści przepuszcza małą ilość światła do niższych poziomów lasu i zyskuje przewagę nad gatunkami mniej efektywnie rosnącymi w zacienieniu (Woziwoda i in., 2014). Z tego powodu większość rodzimych gatunków drzew przegrywa konkurencję z dębem czerwonym, z wyjątkiem jarzębu pospolitego (*Sorbus aucuparia*), na którego występowanie dąb czerwony nie ma znaczące-

go wpływu. Oddziaływanie dębu czerwonego na środowisko jest wielotorowe – udokumentowano również wpływ związków uwalnianych z tego drzewa, m.in. z jego liści, na skład chemiczny i mikrobiologiczny gleby. Opadające liście *Q. rubra* zawierają znacząco większe (wobec liści rodzimych gatunków dębów) ilości związków fenolowych: kwasu ferulowego, florydzy, kwasu elagowego i kwasu syryngowego (Oleszek i in., 2001; Stanek i in., 2023). Być może związki te wykazują właściwości allelopatyczne w stosunku do konkurencyjnych roślin.

DĘBY W KULTURZE

Dęby jako drzewa wyjątkowo majestatyczne i długowieczne, były przypisywane najpotężniejszym bogom, w starożytnej Grecji Zeusowi, w Rzymie – Jowiszowi, w wierzeniach ludów północy Europy – skandynawskiemu Thorowi i germańskiemu Donarowi. Wieńcami z liści dębów dekorowano zwycięskich wodzów. Stare okazy dębów, uważane za święte drzewa, były czczone przez druidów oraz kapłanki bogiń Westy, Demeter, Ceres. Słowianie uznawali dęby za uosabiające najwyższą boską potęgę natury i poświęcili je gromowładnemu Perunowi. Wyznawcy pierwotnych religii celtyckich i germańskich tańczyli w lasach wokół potężnych pni dębów (w VIII w. n.e. św. Bonifacy z Moguncji usiłował wypłenić te pogańskie wierzenia ścinając czczone drzewa, m.in. słynny dąb poświęcony Donarowi w Hesji). Niemniej jednak nawet w chrześcijańskim średniowieczu w wielu rejonach Europy nadal utrzymywał się kult dębów, przy czym miejsce dawnych bóstw przejęła Matka Boska, której wizerunki wieszano na tych drzewach. Ze względu na długowieczność i okazały wygląd dębów często sadzono je w pobliżu zamków czy kościołów, wyznaczały one granice posiadłości i służyły jako naturalne punkty orientacyjne w terenie (Stumpf i in. 2018).

Dęby zajmują szczególne miejsce w kulturze i historii Polski jako symbol siły, szlachetności i długowieczności. Według Encyklopedii staropolskiej Zygmunta Głogera, na przełomie XIX i XX wieku na terenie ówczesnego Królestwa Kongresowego zarejestrowano ponad



Ryc. 4. Siewki *Quercus rubra* pokrywające warstwę zielną pod dorosłymi osobnikami

czterysta wsi i miasteczek mających nazwę pochodzącą od dębu (Dąbrowa, Dęba, Dębno, Dąbie itp.), a na ziemiach całej dawnej Polski liczba takich miejscowości sięgała około półtora tysiąca (Gloger, 1900). Dęby były często sadzone w celu upamiętnienia ważnych wydarzeń i postaci historycznych. Przykładami takich drzew są „Dąb Kazimierz Wielkiego” w Miłosławiu, dęby sadzone podczas przemarszu wojsk króla Jana II pod Wiedeń i „Dęby papieskie” sadzone podczas wizyty papieża Jana Pawła II w Polsce. Wiele starych dębów ma obecnie status pomników przyrody, jak chociażby liczący około 700 lat dąb „Bartek”. Szczególnie wartościowe okazy wchodzą w część chronionych kompleksów leśnych, np. dęby występujące w Puszczy Białowieskiej, jedne z najwyższych dębów na terenie Polski (Barzdajn, 2006). Miłośnicy tych drzew prowadzą rejestry takich wyjątkowych okazów i ich klasyfikacje pod względem wieku i rozmiarów (m.in. Rejestr Polskich Drzew Pomnikowych, czy Starożytne Dęby Mużakowa). Dąb „Słowianin” ze wsi Dębina w województwie dolnośląskim uzyskał tytuł Drze-

wa Roku w ogólnopolskim plebiscycie Klubu Gaja w 2014 r., a następnie zajął czwarte miejsce w konkursie na Europejskie Drzewo Roku 2015 r. Tak więc dęby stają się współcześnie symbolicznymi „ambasadorami” ochrony przyrody, uświadamiając rolę drzew w kulturze i historii lokalnych społeczności (Lenart, 2021).

Motywy zdobnicze związane z dębami, zwłaszcza motyw dębowych liści i żołądzy, można odnaleźć w sztuce ludowej, w haftach, ceramice, rzeźbach, zdobieniach architektonicznych, a także w heraldyce – w herbach miast i gmin, rodów królewskich i szlacheckich, na historycznych i współczesnych medalach, odznaczeniach wojskowych i monetach wielu krajów.

DĘBY W GOSPODARCE CZŁOWIEKA

Jako źródło surowców i substancji o różnorodnych zastosowaniach, dęby odegrały ogromną rolę w wielu dziedzinach działalności człowieka, wzbogacając jego dorobek cywilizacyjny, począwszy od budownictwa lądowego i morskiego, przez różne dziedziny rzemiosła (me-

blarstwo, garbarstwo, bednarstwo) do tradycyjnych i współczesnych preparatów leczniczych i kosmetycznych.

DREWNO

Drewno dębów szypułkowego i bezszypułkowego, razem z drewnem jesionowym, uznawane jest za jedno z najcenniejszych drewnien pozyskiwanych na terenie Polski. Wyróżnia się wytrzymałością, trwałością, twardością i odpornością na warunki atmosferyczne, a także charakterystyczną barwą – ciepłą, żółtawobrazową z widocznym i wyraźnym rysunkiem słojów. Przez stulecia było podstawowym materiałem konstrukcyjnym wykorzystywanym w budownictwie, szkutnictwie, meblarstwie (Barzdajn, 2006; Tomanek i Witkowska-Żuk, 2008). Wiele zabytkowych zamków, twierdz, dworów i kościołów zawdzięcza swoją wielowiekową trwałość wykorzystaniu drewna dębowego. Było ono typowym materiałem do konstrukcji fundamentów, szkieletów budynków, podłóg i stropów, np. więźby dachowej gotyckich katedr, jak katedra Notre-Dame w Paryżu. Do budowy dachu tej katedry, zwanego lasem („La Forêt”) zużyto około 1300 dębów (Baraniok-Lipińska 2024). Pnie dębowe prawie wcale nie butwieją pod wodą, były więc używane, razem z olchowymi, przy budowie Wenecji i Amsterdamu. Ze względu na wodoodporność, drewno dębowe było wykorzystywane w szkutnictwie do budowy statków rzecznych (np. polskich skut i galarów, używanych w żegludze transportowej po Wiśle i Odrze), czy statków i okrętów morskich, np. przy rozbudowie floty angielskiej za Francisza Drake’a. Stosowano je także do budowy wagonów i podkładów kolejowych (Stumpf i in. 2018; Marecki, 2025).

W nowoczesnym budownictwie raczej nie stosuje się drewna dębowego do wielkich konstrukcji, nie tylko ze względu na koszt i dostępność materiału, ale także rosnącą świadomość ekologiczną – dęby muszą rosnąć setki lat, by osiągnąć potrzebne rozmiary i jakość. Niemniej drewno dębowe wciąż jest bardzo cenione i szeroko stosowane do wyrobu elementów wymagających szczególnej trwałości: podłóg, schodów,

boazerii, balustrad, ram okiennych, stolarki ogrodowej, jak również w meblarstwie, np. do wyrobu eleganckich stołów, szaf, komód. Drewno dębowe jest też wykorzystywane do wytwarzania instrumentów muzycznych, np. fortepianów i gitar, ze względu na specyficzny rezonans akustyczny (Baraniok-Lipińska, 2024; Kleniewski, 2025). Bardzo cennym rodzajem drewna używanym do wykwintnych zdobień jest tzw. czarny dąb, powstający wskutek wieloletniego zanurzenia drewna dębu szypułkowego w wodzie lub wilgotnej glebie. „Czarny dąb” powstaje w wyniku reakcji garbników zawartych w drewnie z obecnymi w środowisku solami żelaza i charakteryzuje się zmienioną barwą – szaroczną lub granatowoczną (Barzdajn, 2006; Tomanek i Witkowska-Żuk, 2008).

Drewno dębowe kilku gatunków dębów, w tym szypułkowego i amerykańskiego dębu białego *Q. alba*, jest też wykorzystywane w bednarstwie do wyrobu beczek, w których dojrzewają szlachetne rodzaje napojów alkoholowych: wina, koniaki, whisky. W tym przypadku nie chodzi jedynie o właściwości mechaniczne drewna (np. wytrzymałość przy jednoczesnej plastyczności w obróbce) czy wodoodporność, ale nadawanie dojrzewającemu trunkowi charakterystycznego smaku i aromatu. To specyficzne zastosowanie drewna dębowego przyczyniło się do rozwoju badań nad składem fitochemicznym tego surowca. Wykazano na przykład, że oprócz związków fenolowych, tanin i aromatycznych aldehydów, drewno dębu szypułkowego zawiera specyficzne triterpenoidy, m.in. polihydroksylowe kwasy o szkielecie typu oleananu, np. kwas bartogenowy i roburgenowy. Obecność tych związków wykazano także w winie i koniaku przechowywanych w dębowych beczkach. Uważa się, że mimo relatywnie gorzkiego smaku triterpenoidów, ich obecność może pozytywnie wpływać na ogólną harmonię smaku wina i innych napoi dojrzewających w tradycyjny sposób (Pérez i in., 2017; Gammacurta i in., 2020).

Drewno dębowe charakteryzuje się bardzo wyraźnym układem słojów odzwierciedlających roczne przyrosty na grubość, gdyż dęby należą do tzw. drzew pierścieniowonaczyniowych, wytwarzających bardziej porowate, utworzone

przez duże naczynia drewno wczesne (wiosenne) i twarde, zbite drewno późne (letnie). Odgrywają przez to ważną rolę w dendrochronologii, pozwalając na pośrednie określenie warunków klimatycznych panujących w przeszłości przez porównanie rocznych przyrostów słoików (Barzdajn, 2006).

KORA

Ze względu na wysoką zawartość garbników w korze dębowej, była ona dawniej wykorzystywana do garbowania skór, przeznaczonych na buty, pasy, siodła i inne wyroby skórzane. Garbniki mają zdolność do tworzenia nierozpuszczalnych kompleksów z białkami skóry, np. kolagenem. Proces garbowania pozwala na zachowanie elastyczności skór oraz zwiększenie ich mechanicznej wytrzymałości i trwałości. Do ekstrakcji garbników wykorzystuje się korę młodą, jeszcze gładką lub starszą, ale pozbawioną martwicy korkowej. Ze względu na wyjątkowo dużą zawartość garbników w galasach, także i te twory dębu szypułkowego są wykorzystywane w garbarstwie, a ponadto do produkcji farb i atramentu (Podbielkowski, 1992).

Kora dębu była od wieków stosowana w ziołolecznictwie i medycynie tradycyjnej. Dzięki zawartości garbników wykazuje ona działanie ściągające, przeciwzapalne, antyseptyczne, przeciwgrzybiczne, przeciwbakteryjne, przeciwwirusowe; hamuje biegunki i tamuje krwawienia. Szeroko znane są zastosowania wyciągów z kory dębowej w kosmetyce, zwłaszcza do pielęgnacji skóry trądzikowej oraz leczenia łupieżu. We współczesnym ziołolecznictwie kora dębowa lub wyciągi z kory są stosowane zewnętrznie do leczenia stanów zapalnych skóry (na niewielkie rany, otarcia, oparzenia, odmrożenia, blizny), stanów zapalnych w jamie ustnej (zapalenia dziąseł i gardła) oraz pomocniczo w leczeniu hemoroidów (żyłaków odbytu), infekcji intymnych i nadmiernego pocenia się. Zastosowania wewnętrzne obejmują głównie leczenie biegunek o podłożu bakteryjnym lub wirusowym, nieżytów żołądka i jelit oraz zespołu jelita drażliwego (Burlacu i in. 2020; Taib i in., 2020). Kora dębowa *Cortex Quercus* lub wyciągi z kory są skład-

nikami wielu znanych preparatów, jak np. Dentosept A, Enterosol, czy Hemostin (Strzelecka i Kowalski, 2000).

Oprócz garbników (hydrolizujących – galotanin i elagotanin, będących głównie pochodnymi estrowymi kwasu galusowego i elagowego oraz niehydrolizujących, czyli skondensowanych oligomerów katechiny i galokatechiny) w korze, a także liściach i owocach (żołędziach) różnych gatunków dębów zidentyfikowano wiele substancji o potencjalnym znaczeniu farmakologicznym. Najważniejszymi związkami fenolowymi występującymi w tych surowcach – w różnych ilościach – są kwasy fenolowe (m.in. kwas galusowy, elagowy, protokatechowy, gentyzynowy, chlorogenowy, wanilinowy, syringowy, p-kumaryowy, ferulowy, kawowy) oraz flawonoidy (rutyna, kwercetyna, epikatechina, naryngenina, hesperydyna, kempferol). Zidentyfikowano także witaminy A i E, kwasy tłuszczowe (m.in. nasycone: palmitynowy, stearynowy, arachidowy, nienasycone: oleinowy, linolenowy, arachidonowy); lotne terpeny (np. α -tujen, α -pinen, kamfen, sabinen, myrcen, β -felandren, α -terpinen, limonen, cis- β -ocimen, p-cymen, linalol) oraz różne sterole (kampesterol, sitosterol, stigmasterol) i triterpenoidy, w tym alkohole, ketony i kwasy o różnych typach szkieletów węglowych, m.in. friedelanu, lupanu, oleananu, tarakseranu i ursanu (Burlacu i in. 2020; Elansary i in., 2019; Konovalova i in., 2023). Badania dotyczące zróżnicowania fitochemicznego rodzaju *Quercus* wciąż trwają, ale wiadomo, że wiele z tych związków, np. kwasy galusowy i elagowy (oraz ich pochodne), flawonoidy – głównie flawan-3-ole (np. katechina) i taniny występują w znaczących ilościach we wszystkich gatunkach *Quercus* (Taib i in., 2020).

Szczegółne zastosowanie ma kora dębu korkowego *Q. suber*, która dostarcza korka, produktu mającego wielorakie znaczenie praktyczne. Tkanka korkowa powstaje dzięki działalności miazgi korkotwórczej po zerwaniu kory właściwej z ponad 20-letnich drzew (później zrywanie kory odbywa się co 9–12 lat) (Podbielkowski 1992). Lekki, elastyczny, wodoodporny, zapewniający doskonałą izolację termiczną i akustyczną korek jest stosowany w wielu dziedzinach, m.in. jako materiał izolacyjny i dekoracyjny w bu-

downictwie, do produkcji tablic ogłoszeniowych czy elementów wyposażenia sportowego (rączki rakiet tenisowych, uchwyty wędek). Ma także zastosowanie w winiarstwie do korkowania butelek, w których przechowywane jest wino. Podobnie jak w przypadku drewna, z którego produkowane są beczki do dojrzewania napoi alkoholowych, to specyficzne zastosowanie korka przyczyniło się do podjęcia badań nad jego składem chemicznym. Wykazano, że korek zawiera wielkocząsteczkowe polimery: suberyny, ligninę, hemicelulozę, ale także drobnocząsteczkowe substancje ulegające ekstrakcji, m.in. triterpenoidy, które – tak jak w przypadku beczek – mogą wpływać na jakość i smak wina przechowywanego w butelkach (Busta i in., 2020).

LIŚCIE

Liście dębów wykazują znaczącą zawartość garbników, a także kwasu elagowego, rutyny i innych związków o działaniu antyoksydacyjnym. Wyciągi z liści znajdują zastosowanie w medycynie tradycyjnej w leczeniu biegunek oraz problemów skórnych, takich jak grzybica czy świąd (Almeida i in., 2008). Choć rozkładają się dość długo, można z nich przygotować wartościowy kompost do nawożenia ziemi ogrodowej.

Trwają intensywne badania nad właściwościami farmakologicznymi substancji zawartych w ekstraktach z liści różnych gatunków dębów, głównie pod kątem ich właściwości antyoksydacyjnych, przeciwzapalnych, przeciwnowotworowych, przeciwcukrzycowych i przeciwbakteryjnych. Wykazano na przykład, że ekstrakty z liści dębu szypułkowego mogą być wykorzystane w produktach kosmetycznych do pielęgnacji skóry narażonej na stres oksydacyjny wywołany promieniowaniem UV (Almeida i in., 2008), mają także właściwości przeciwcukrzycowe (Unuofin i Lebelo, 2021). Liście dębów są surowcem tanim i łatwo dostępnym, a bogactwo zawartych w nich związków biologicznie czynnych może przyczynić się do efektywniejszego wykorzystania tego surowca w preparatach leczniczych lub żywności funkcjonalnej (Morales, 2021; Taib i in. 2020).

OWOCE

Charakterystyczne orzechy dębów zwane żołędziami miały liczne zastosowania w medycynie tradycyjnej w leczeniu infekcji dróg moczowych, skóry, bólu żołądka czy biegunek. Żołędzie wielu gatunków dębów są jadalne jako bogate w skrobię, białka i tłuszcze stanowiły źródło pokarmu nie tylko dla zwierząt, ale także ludzi. Ocenia się, że żołędzie dębu gatunku *Quercus humilis* stanowiły połowę diety rdzennych ludów zamieszkujących zachodnie wybrzeże Ameryki Północnej. Na półwyspie Iberyjskim żołędzie dębu *Q. ilex* były używane w celach spożywczych w stanie surowym, gotowane, prażone lub mielone na mąkę. Często mieszano mąkę uzyskaną z żołędzi z mąką uzyskaną ze zbóż, jak na przykład w Serbii, gdzie mąki pochodzącej z żołędzi dębu *Q. cerii* używano do wypieku chleba. Na półwyspie Iberyjskim, a także w Tunezji i na zachodnim wybrzeżu Ameryki Północnej z żołędzi uzyskiwano jadalny olej do gotowania i smażenia (Kapcia i Mueller-Bieniek, 2017; Taib i in., 2020; Unuofin i in., 2021).

Współcześnie żołędzie są wciąż wykorzystywane do produkowania substytutu kawy, po ich uprażeniu i zmieleniu otrzymuje się „kawę żołędziową”, z której można uzyskać wywar o ciemnym smaku i zapachu. Wykorzystując tradycyjne przepisy podejmuje się też badania nad potencjalnym zastosowaniem zmielonych żołędzi do wzbogacania mąki do wypieków (Szablowska i Tańska, 2024).

Żołędzie dębowe stanowiły ceniony pokarm dla zwierząt hodowlanych. Już w średniowieczu zakładano tak zwane „lasy pastewne” złożone z dębów, buków i klonów, w których wypasano trzodę chlewną. Współcześnie żołędzie są wykorzystywane w leśnictwie do dokarmiania dzikich zwierząt zimą (Stumpf i in. 2018).

PODSUMOWANIE I PERSPEKTYWY DALSZEGO ROZWOJU BADAŃ

Dęby odegrały niezaprzeczalną rolę w cywilizacyjnym rozwoju ludzkości. Czczone jak bóstwa albo masowo ścinane na potrzeby budownictwa czy szkutnictwa, towarzyszyły czło-

wiekowi w wielu dziedzinach życia i przyczyniały się do rozwoju gospodarczego i kulturowego. Choć rozwój nowych technologii materiałowych w dużej mierze uniezależnił produkcję przemysłową od zasobów drzewostanu dębowego, rosnące zainteresowanie produktami naturalnymi i tradycyjnymi metodami rzemieślniczymi spowodowało renesans zapotrzebowania na drewno dębowe, korek czy lecznicze i kosmetyczne preparaty z kory.

W zrównoważonej gospodarce leśnej dęby są traktowane obecnie nie tylko jako cenny zasób naturalny i źródło surowca, ale również obiekty o szczególnym znaczeniu ekologicznym. Drzewa te tworzą złożone ekosystemy, stanowiąc siedlisko dla różnorodnych gatunków owadów (w tym rzadkich i zagrożonych), ptaków i ssaków. Ochrona lasów dębowych, zwłaszcza ciepłolubnych dąbrów świetlistych, uznawanych za najbogatsze florystycznie zespoły leśne występujące w Polsce, jest więc szczególnie istotna ze względu na ich unikalną bioróżnorodność oraz rolę w zachowaniu równowagi ekologicznej. Jednocześnie prowadzenie racjonalnej gospodarki zasobami drzewostanu umożliwia także pozyskiwanie cennego surowca na drodze selektywnego wyrębu. Do rekonstrukcji więzby dachowej katedry Notre-Dame po pożarze w 2019 r. zdecydowano się użyć naturalnych belek dębowych, które pozyskano ze 175 prywatnych i państwowych lasów we Francji, starając się przy tym zachować zasady zrównoważonej gospodarki leśnej (Baraniok-Lipińska, 2024). Dla rozwoju gospodarki leśnej istotne znaczenie ma coraz rozleglejsza wiedza o składzie fitochemicznym surowców pochodzących z różnych gatunków dębów, a także badanie wpływu warunków siedliskowych i klimatycznych na jakość uzyskiwanych materiałów (Buche i in., 2021). Na wzrost dębów ma wpływ wiele czynników, takich jak zmiany klimatyczne, okresowe susze i zagrożenia związane z presją szkodników, w tym patogenów grzybowych jak mączniak prawdziwy czy zmasowanych ataków owadów (Jakoniuk i Mokrzycki, 2022). Niektóre introdukowane gatunki dębów, jak dąb czerwony, mogą w istotny sposób zmieniać skład ekosystemów oddziałując w sposób niekorzystny

na gatunki rodzime. Jak pokazano w niniejszym artykule, problemy te są obecnie monitorowane i intensywnie badane.

Racjonalne gospodarowanie zasobami leśnymi powinno objąć nie tylko kontrolę wyrębu drzew, ale także lepsze wykorzystanie odpadów powstających przy pozyskiwaniu drewna. Zgodnie z zaleceniami Farmakopei Europejskiej, korę dębową do zastosowań leczniczych należy uzyskiwać z drzew relatywnie młodych, mających od 10 do 15 lat. Tymczasem w gospodarce leśnej w celu pozyskiwania drewna ścina się drzewa znacznie starsze (wiek rębny dębu w Polsce to 120–140 lat). Tak więc produkcja drewna generuje ogromne ilości odpadów, w tym kory, która jest przeznaczana głównie na opał. Trwają badania nad możliwością wykorzystania tego surowca jako źródła substancji fenolowych i garbników o potencjalnych właściwościach przeciwzapalnych, przeciwnowotworowych, przeciwcukrzycowych i przeciwbakteryjnych. Stwierdzono, że zawartość farmakologicznie aktywnych związków w korze starych drzew jest obiecująca, niemniej proces ich ekstrakcji wymaga jeszcze opracowania opłacalnych technologii (Ștefănescu i in., 2022).

Bogactwo związków bioaktywnych w różnorodnych surowcach pochodzących z dębów wskazuje na możliwość ich wykorzystania w preparatach leczniczych, kosmetycznych, suplementach diety i żywności funkcjonalnej. Obecnie prowadzonych jest wiele badań zarówno nad składem tych surowców pochodzących z drzew różnych gatunków, jak i technologiami ich efektywnej i ekonomicznie opłacalnej ekstrakcji (Morales 2021). Zachęcającym aspektem jest dostępność i obfitość tych surowców, zwłaszcza kory i liści powstających jako produkty uboczne przy pozyskiwaniu drewna (Burlacu 2020). Szczególne zainteresowanie wzbudzają przeciwzapalne, przeciwnowotworowe, przeciwcukrzycowe i przeciwbakteryjne właściwości testowanych ekstraktów. Jednak dotychczasowe badania były prowadzone głównie przy pomocy testów *in vitro*, czasem *in vivo*, zaś próby kliniczne przeprowadzano bardzo rzadko. Badacze wskazują zatem na potrzebę przeprowadzenia dodatkowych badań potwierdzających możliwość użycia eks-

traktów z surowców z dębu w fitoterapii, obejmujących także niezbędne analizy ich toksyczności i potencjalnych skutków ubocznych (Taib i in., 2020).

OŚWIADCZENIA AUTOREK

Autorki deklarują wkład w powstawanie artykułu, zaakceptowały kolejność autorów i ostateczną wersję artykułu. Autorki deklarują brak konfliktu interesów.

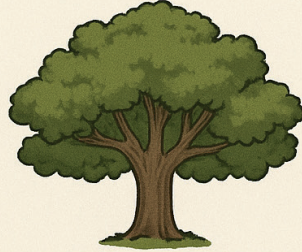
BIBLIOGRAFIA

- Almeida, I.F., Fernandes, E., Lima, J.L.F.C., Costa, P.C., Bahia M.F., 2008. Protective effect of *Castanea sativa* and *Quercus robur* leaf extracts against oxygen and nitrogen reactive species. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology* 91, 87–95. <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2008.02.001>
- Baraniok-Lipińska, A., 2024. Drewno dębowe – właściwości i zastosowanie. <https://blog.dluta.pl>
- Barzdajn, W., 2006. Dęby. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań.
- Buche, G., Colas, C., Fougère, L., Giordanengo, T., Destandau, E., 2021. Untargeted UHPLC-Q-TOF-HRMS based determination of discriminating compounds for oak species *Quercus robur* L. and *Quercus petraea* Liebl. identification. *Phytochemical Analysis*, 32:660–671. <https://doi.org/10.1002/pca.3013>
- Busta, L., Serra, O., Kim, O.K., Molinas, M., Peré-Fossoul, I., i in., 2020. Oxidosqualene cyclases involved in the biosynthesis of triterpenoids in *Quercus suber* cork. *Scientific Reports* 10, 8011. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-64913-5>
- Burlacu, E., Nisca, A., Tanase, C., 2020. A comprehensive review of phytochemistry and biological activities of *Quercus* species. *Forests* 11, 0904. <https://doi.org/10.3390/f11090904>
- Chmura, D., 2014. Charakterystyka fitochemiczna leśnych zbiorowisk zastępczych z udziałem *Quercus rubra* L. na Wyżynie Śląskiej. *Acta Botanica Silesiaca*, 10, 17–40.
- Choi, Y., Park, J.H., Choi, I., Abasova, L., Choi, J., i in., 2022. *Erysiphe quercicola* causing powdery mildew on *Quercus rubra* in Korea. *The Korean Journal of Mycology* 50(2), 137–141. <https://doi.org/10.4489/KJM.20220014>
- Cook, R.T., Denton, J.O., Denton, G., 2015. Pathology of oak-wisteria powdery mildew. *Fungal Biology* 119: 657e671. <https://doi.org/10.1016/j.funbio.2015.02.008>
- Denk, T., Grimm, G.W., 2009. Significance of pollen characteristics of infrageneric classification and phylogeny in *Quercus* (Fagaceae). *International Journal of Plant Sciences*, 170, 7. <https://doi.org/40344021>
- Denk, T., Grimm, G.W., Manos, P.S., Deng, M., Hipp, A.L., 2017. An updated infrageneric classification of the oaks: review of previous taxonomic schemes and synthesis of evolutionary patterns, w: Oaks physiological ecology. Exploring the functional diversity of genus *Quercus* L., 13–38. https://doi.org/10.1007/978-3-319-69099-5_2
- Dyderski, M.K., Jagodziński, A.M., 2019. Functional traits of acquisitive invasive woody species differ from conservative invasive and native species. *NeoBiota* 41: 91–113. <https://doi.org/10.3897/neobiota.41.31908>
- Dyderski, M.K., Chmura, D., Dylewski, Ł., Horodecki, P., Jagodziński, A.M., Pietras, M., Robakowski, P., Woźniwoda, B., 2020. Biological flora of the British isles: *Quercus rubra*. *Journal of Ecology*, 108(3), 1199–1225. <http://dx.doi.org/10.1111/1365-2745.13375>
- Elansary, H.O., Szopa, A., Kubica, P., Ekiert, H., Mattar, M.A., i in., 2019. Polyphenol profile and pharmaceutical potential of *Quercus* spp. bark extracts. *Plants*, 8(11), 486. <https://doi.org/10.3390/plants8110486>
- Feng, J., Wang, F., Liu, G., Greenshields, D., Shen, i in., 2009. Analysis of a *Blumeria graminis*-Secreted lipase reveals the importance of host epicuticular wax components for fungal adhesion and development. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 22(12), 1601–1610. <https://doi.org/10.1094/mpmi-22-12-1601>
- Gammacurta, M., Waffo-Teguo, P., Winstel, D., Dubourdieu, D., Marchal A., 2020. Isolation

- of taste-active triterpenoids from *Quercus robur*: sensory assessment and identification in wine and spirit. *Journal of Natural Products* 83, 1611–1622. <https://doi.org/10.1021/acs.jnatprod.0c00106>
- Gloger, Z., 1900. *Encyklopedia staropolska*, t. I, Warszawa.
- Hajji, M., Dreyer, E., Marçais, B., 2009. Impact of *Erysiphe alphitoides* on transpiration and photosynthesis in *Quercus robur* leaves. *European Journal of Plant Pathology*, 125(1), 63–72. <http://dx.doi.org/10.1007/s10658-009-9458-7>
- Hereźniak, J., 1992. Amerykańskie drzewa i krzewy na nizinach polskich, w: Lawrynowicz M., Warcholińska A.U. (Red.), *Rośliny pochodzenia amerykańskiego zadomowione w Polsce*. Łódzkie Towarzystwo Naukowe. Szlakami Nauki, 19, s. 97–150.
- Hückelhoven, R., Panstruga, R., 2011. Cell biology of the plant–powdery mildew interaction. *Current Opinion in Plant Biology*, 14(6), 738–746. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2011.08.002>
- Jakoniuk, H., Mokrzycki, T., 2022. Skoczonos dębowiec *Orchestes quercus* (L.) i opiótki dębowe *Agrius* spp. – szkodniki dębów w Polsce. *Biblioteczka Leśniczego* 411, 3–12.
- Johnson, O., More, D., 2009. *Przewodnik Collinsa: Drzewa*. MULTICO, Warszawa.
- Kapcia, M., Mueller-Bieniek A., 2017. Żołędzie (*Quercus* sp.) jako źródło pożywienia i paszy w pradziejowej gospodarce. *Fragmenta Floristica et Geobotanica Polonica* 24(1), 133–155.
- Kiss, L., Vaghefi, N., Bransgrove, K., Dearnaley, J.D.W., Takamatsu, S., i in., 2020. Australia: a continent without native powdery mildews? The first comprehensive catalog indicates recent introductions and multiple host range expansion events, and leads to the re-discovery of salmonomyces as a new lineage of the erysiphales. *Frontiers in Microbiology*, 11, 1571. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.01571>
- Kleniewski, W. 2025. Wartość i historia drewna dębowego w budownictwie i rzemiośle. <https://kleniewski.eu>
- Kochman, J., 1986. *Zarys mikologii dla fitopatologów*. SGGW-AR, Warszawa.
- Konovalova, O., Omelkovets, T., Sydora, N., Hurtovenko, I., Kalista, M., i in., 2023. Investigation of the polyphenol composition of red oak (*Quercus rubra* L.) raw materials. *ScienceRise: Pharmaceutical Science*, 2(42), 75–81. <https://doi.org/10.15587/2519-4852.2023.277969>
- Kowalski S., 2007. *Ektomikoryzy. Nowe biotechnologie w polskim szkolkarstwie leśnym*. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa.
- Krzaklewski, W., 2017. *Podstawy rekultywacji leśnej*. Wydawnictwo Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie, Kraków.
- Kuehne, C., Nosko, P., Horwath, T., Bauhus, J., 2014. A comparative study of physiological and morphological seedling traits associated with shade tolerance in introduced red oak (*Quercus rubra*) and native hardwood tree species in southwestern Germany. *Tree Physiology*, 34(2), 184–193. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpt124>
- Lenart, P., 2021. Pomnikowy dąb szypułkowy „Słowianin” z Dębiny. *Drzewo Roku 2014*. <https://lenartpawel.pl>
- Marçais, B., Desprez-Loustau, M., 2012. European oak powdery mildew: impact on trees, effects of environmental factors, and potential effects of climate change. *Annals of Forest Science*, 71(6), 633–642. <https://doi.org/10.1007/s13595-012-0252-x>
- Marecki, Ł., 2025. Dęby w Polsce. *AgroKurier*, <https://agrokurier.pl/deby-w-polsce-poznajciekawe-gatunki-debow-i-ich-zastosowanie/>
- Marcinkowska, J., 2003. *Oznaczanie rodzajów grzybów ważnych w patologii roślin*. Fundacja Rozwój SGGW, Warszawa.
- Matuszkiewicz, W., 2006. *Przewodnik do oznaczania zbiorowisk leśnych Polski*. PWN, Warszawa.
- Mirek, Z., Piękoś-Mirkowa, H., Zając, A., Zając, M., 2020. *Vascular plants of Poland. An annotated checklist*, Kraków, w: Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, s. 144.
- Morales, D., 2021. Oak trees (*Quercus* spp.) as a source of extracts with biological ac-

- tivities: a narrative review. *Trends in Food Science and Technology*, 109, 116–125. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.029>
- Myczko, Ł., Dylewski, Ł., Zduniak, P., Sparks, T.H., Tryjanowski, P., 2014. Predation and dispersal of acorns by European Jay (*Garrulus glandarius*) differs between a native (Pedunculate Oak *Quercus robur*) and an introduced oak species (Northern Red Oak *Quercus rubra*) in Europe. *Forest Ecology and Management*, 331, 35–39. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2014.07.027>
- Oleszek, W., Głowniak, W., Leszczyński, B., 2001. Biochemiczne oddziaływania środowiskowe. Akademia Medyczna, Lublin.
- Pérez, A.J., Pecio Ł., Kowalczyk M., Kontek R., Gajek G., i in., 2017. Triterpenoid components from oak heartwood (*Quercus robur*) and their potential health benefits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 65(23): 4611–4623. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b01396>
- Podbielkowski, Z., 1992. Rośliny użytkowe. Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa.
- przyrodniczo.pl. Przyroda Dolnego Śląska. Felietony:deby-krolowie-zycia <https://przyrodniczo.pl>
- Rutkowski, P., 2007. Lasy dębowe Nadleśnictwa Doświadczalnego Siemianice. *Idee Ekologiczne* 16, 145–155.
- Saeed, M., Sharma, S., Seegmüller, S., Hahn, M., 2025. First report of powdery mildew on *Quercus rubra* in Germany. *The Korean Journal of Mycology*, 53, 30. <https://doi.org/10.4489/kjm.520101>
- Skwarek-Fadecka, M., Patykowski, J., Nawrocka, J., Szymczak, K., Kaźmierczak, A., i in., 2022. Biochemical changes in *Quercus robur* L. leaves after *Erysiphe alphitoides* infection. *Forest Pathology*, 52(4), EFP-OA-2020-120.R6. <https://doi.org/10.1111/efp.12756>
- Stanek, M., Kushwaha, P., Murawska-Włodarczyk, K., Stefanowicz, A.M., Babst-Kostecka, A., 2023. *Quercus rubra* invasion of temperate deciduous forest stands alters the structure and functions of the soil microbiome. *Geoderma*, 430, 116328. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2023.116328>
- Ștefănescu, R., Ciurea, C.N., Mare, A.D., Man, A., Nisca, A., i in., 2022. *Quercus robur* older bark – a source of polyphenolic extracts with biological activities. *Applied Sciences* 12, 11738. <https://doi.org/10.3390/app122211738>
- Strzelecka, H., Kowalski, J., 2000. Encyklopedia zielarstwa i ziołolecznictwa. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Stumpf, U., Zingsem, V., Hase, A., 2018. Mityczne drzewa. Amber, Warszawa.
- Taib, M., Rezzak, Y., Bouyazza, L., Lyoussi, B., 2020. Medicinal uses, phytochemistry, and pharmacological activities of *Quercus* species. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine* 2020, 1920683. <https://doi.org/10.1155/2020/1920683>
- Takamatsu, S., Braun, U., Limkaisang, S., Kom-Un, S., Sato, Y., Cunningham, J.H., 2007. Phylogeny and taxonomy of the oak powdery mildew *Erysiphe alphitoides* sensu lato. *Mycological Research*, 111(7), 809–826. <https://doi.org/10.1016/j.mycres.2007.05.013>
- Tokarska-Guzik, B., Dajdok, Z., Dajdok, M., Zając, A., Zając U., i in., 2012. Rośliny obcego pochodzenia w Polsce. Generalna Dyrekcja Ochrony Środowiska, Warszawa. http://www.wigry.org.pl/ros_obce_cz1a.pdf
- Tomanek, J., Witkowska-Żuk, L. 1966. Botanika Leśna. PWRiL, Warszawa.
- Tomanek, J., Witkowska-Żuk, L. 2008. Botanika Leśna. PWRiL, Warszawa.
- Unuofin, J.O., Lebelo, S.L., 2021. UHPLC-Q ToF-MS characterization of bioactive metabolites from *Quercus robur* L. grown in South Africa for antioxidant and antidiabetic properties. *Arabian Journal of Chemistry* 14, 102970. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2020.102970>
- Wozniwoda, B., Kopec, D., Witkowski, J., 2014. The negative impact of intentionally introduced *Quercus rubra* L. on a forest community. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 83(1), 39–49. <https://doi.org/10.5586/asbp.2013.035>

Znaczenie dębów



ZNACZENIE EKOLOGICZNE

źródło pokarmu,
siedliska,
bioróżnorodność



ZNACZENIE KULTUROWE

symbol siły,
szlachetności i
długowieczności



ZNACZENIE GOSPODARCZE

budownictwo,
rzemiosło
ziołolecznictwo



