Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Wydział Leśny i Technologii Drewna

mgr inż. Maciej Budny

autoreferat rozprawy doktorskiej

Porównanie atrakcyjności zgryzowej dla zwierzyny, wybranych odmian i kultywarów wierzb paszowych, ze składem chemicznym ich kory i łyka oraz młodych pędów.

Rozprawa doktorska wykonana w Katedrze Ochrony Lasu i Łowiectwa na Wydziale Leśnym i Technologii Drewna, Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu w oparciu o opublikowane prace.

Promotor:
prof. dr hab. Kazimierz Zalewski
Promotor pomocniczy:
dr inż. Jacek Skubis

Recenzenci:
prof. dr hab. Lesław Łabudzki
emerytowany profesor Wydziału Leśnego i Technologii Drewna, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu.
prof. dr hab. Roman Dziedzic – emerytowany profesor Wydziału Biologii, Nauk o Zwierzętach i Niegospodarki, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.

Poznań 2023

SPIS TREŚCI

1. Wprowadzenie…….3
2. Cele badawcze ……5
3. Publikacje wchodzące w skład rozprawy doktorskiej…….6
4. Materiał i metody……7
5. Wyniki…….8
6. Wnioski……..10
7. Literatura……11

1. Wprowadzenie

Szkody powodowane przez jeleniowate w uprawach i młodnikach leśnych w Polsce jak i w Europie mają duże znaczenie gospodarcze. W europejskich modelach prowadzenia gospodarki leśnej stosowane są różne zabiegi przeciwdziałające powstawaniu takich szkód oraz minimalizujące ich występowanie. Obecnie w naszym kraju stosuje się kilka metod ochrony upraw przed zwierzyną występującą w ekosystemach leśnych. Do takich należy obecnie najbardziej rozpowszechniona metoda grodzenia całych upraw przy pomocy siatki metalowej. Stosuje się również indywidualne zabezpieczanie drzewek przy pomocy środków chemicznych, tzw. repelentów. Ponadto należy wymienić stosowanie zabezpieczeń mechanicznych roślin poprzez wykorzystanie różnego rodzaju osłon pędów oraz pączków szczytowych młodych roślin.

Biologiczna metoda ochrony upraw leśnych poprzez wykorzystanie gatunków ogryzowych, atrakcyjnych dla jeleniowatych, nie jest obecnie stosowana na dużą skalę. Badania nad jej wykorzystaniem były już prowadzone począwszy od lat 60-tych ubiegłego wieku, jednak nie została ona wdrożona do praktyki leśnej w sposób powszechny.

Rodzaj wierzba *Salix spp.* obejmuje około 430-440 gatunków i nieokreśloną liczbę mieszańców naturalnych i sztucznych (Mabberley, 2017). Zasięg występowania wierzb jest bardzo rozległy. Występują one północnej Europie, Azji i Północnej Ameryce, można ją spotkać również w górzystych partiach Chin. Liczne populacje są przede wszystkim w chłodnej i subarktycznej strefie półkuli północnej, całej Europie, Azji, Ameryce Północnej i południowej Afryce. Nieliczne gatunki występują w Ameryce Południowej (Dickmann i Kuzovkina, 2014; Houston i in., 2016). W Polsce rośnie dziko 31 gatunków wierzb: 25 gatunków rodzimych, 6 obcego pochodzenia oraz liczne mieszańce (około 125), często trudne do określenia (Biernacki i Mirek, 1995). Naturalnym siedliskiem wierzb w Polsce są między innymi Żuławy Wiślane, doliny Biebrzy, Bugu, Narwi czy Warty. W zasadzie wszystkie gatunki wierzby są roślinami pionierskimi, charakteryzującymi się dużą plastycznością ekologiczną. Znaczna liczebność gatunkowa oraz różnorodność morfologiczna roślin *Salix spp*. daje wiele możliwości ich wykorzystania. Wierzba to bardzo zróżnicowany rodzaj zawierający szybko rosnące gatunki wykorzystywane do produkcji biomasy (Labrecque i Teodorescu, 2003; Njakou Djomo i in., 2015, Stolarski i in., 2013a; Stolarski i in., 2013b; Stolarski i in., 2014; Stolarski i in., 2015; Stolarski i in., 2018; Stolarski i in., 2019; Stolarski i in., 2020a; Stolarski i in., 2020b), bioenergii i biopaliw II generacji (Karp i in., 2011; Stolarski i in., 2015), fitoremediacji (Guidi i in., 2012) i kontroli erozji na terenach nią zagrożonych (Bariteau i in.,

2013). Ta różnorodność wynika głównie z unikalnych cech wierzby, takich jak: wysoka szybkość wzrostu i rozległy system korzeniowy oraz zdolność przystosowania się do ekstremalnych warunków środowiskowych i glebowych. Duża plastyczność ekologiczna daje możliwość wykorzystania wierzb w zagospodarowaniu terenów suchych. Nasadzenia wierzby mogą stanowić swoiste strefy buforowe wokół zbiorników wodnych. Kora wierzb ze względu na duże zawartości salicylanów i garbników, stanowi potencjalny surowiec dla przemysłu farmaceutycznego i chemicznego. Celem zasadniczym upraw wierzby jest często maksymalne ich wykorzystanie do pozyskiwania leków, celulozy, hemicelulozy, ligniny, a także jako formy paszowej. Z kolei duża plastyczność ekologiczna umożliwia zastosowanie wierzb w kształtowaniu krajobrazu oraz w rekultywacji terenów zdewastowanych. Rośliny te mogą być wykorzystane do zabezpieczeń przeciwerozyjnych oraz mogą stanowić swoiste strefy buforowe wokół jezior, oczyszczalni ścieków czy wysypisk śmieci. Wystarczy, aby strefą buforową obsadzoną wikliną od strony jeziora był pas o szerokości 15 m, a strefa ta przechwytuje aż 50% spływających do jeziora biogenów (Szczukowski i in., 1998). Krzewiaste formy wierzby od wielu wieków z powodzeniem wykorzystywane są w budownictwie wodnym (faszyna). Natomiast formy plecionkarskie wierzby stanowią surowiec do produkcji mebli wyplatanych i wyrobów koszykarskich.

Ważne są też inne aspekty uprawy wierzb. Wcześnie kwitnące rośliny wierzby są ważnym źródłem pokarmu dla pszczół, trzmieli i innych owadów. Plantacje wierzby tworzą dobre siedlisko dla dzikiej zwierzyny i ptaków. W badaniach nad populacjami ptasimi stwierdzono, że w krzewach wierzb energetycznych występowało ponad 30 gatunków. W Holandii zakładane są niewielkie plantacje szybko rosnących krzewów bez żadnego celu towarowego, a jedynie dla hodowli ptactwa łownego (Szczukowski i in., 1998).

Nowym kierunkiem wykorzystania wierzby może być zastosowanie jej upraw jako formy zgryzowej (ogryzowej) dla jeleniowatych. Badania w tym kierunku prowadzono już od 1962 roku (Brown i Mandery, 1962). W Polsce doświadczenia takie prowadził Bukiewicz (1963), Dzięciołowski (1967), Pielowski (1984). W ostatnich trzech dekadach doświadczenia z wierzbą ogryzową kierowane były przez Drogoszewskiego (1991, 1995, 1999, 2003). W wyniku przeprowadzonych badań, zespół ten zalecił do uprawy kilka odmian i kultywarów wierzb, które w wielu przypadkach wykorzystano w praktyce. Jednak obserwacje z innych upraw (wierzba energetyczna), przeprowadzone w innych częściach kraju, wskazywały na fakt, że w zależności od zasobności w żer pędowy oraz ilości dostępnych dla zwierzyny płowej kultywarów, można wyselekcjonować jeszcze inne, atrakcyjne formy wierzby dla zwierzyny celem zmniejszenia szkód w uprawach leśnych i nasadzeniach porolnych.

Jak podają Lasy Państwowe (Milewski, 2018), w 2018 roku na ochronę lasów przed żerującymi zwierzętami wydano w Polsce około 44,8 miliona euro. Najwyższe koszty ponoszone są na chemiczną i mechaniczną ochronę sadzonek oraz grodzenie upraw. W 2018 roku, zabiegi ochronne były prowadzone na łącznej powierzchni 91,5 tys. ha, a 22,6 tys. ha upraw leśnych było ogrodzonych. Stosowanie zabezpieczeń indywidualnych w formie mechanicznej lub chemicznej ochrony przy wykorzystaniu repelentów oraz grodzenie całych upraw daje pewne określone korzyści z punktu widzenia hodowli lasu, lecz działania te nie rozwiązują w sposób zadowalający zapewnienia bazy żerowej w postaci żeru pędowego dla jeleniowatych na obszarach leśnych (Kokocki i Kowalski, 2012). Można to osiągnąć poprzez wprowadzanie domieszek składających się z wyselekcjonowanych odmian wierzb na nowozakładanych uprawach leśnych. Ponadto w miejscach wyłączonych z produkcji leśnej i rolniczej istnieje możliwość zakładania poletek ogryzowych zawierających wyselekcjonowane odmiany i kultywary.

Z kilkudziesięciu kultywarów uprawianych w Polsce oraz z kilkudziesięciu form dzikich, zwierzyna płowa zgryza intensywnie tylko niektóre z nich, co skłania do postawienia tezy, że zależne to jest od składu chemicznego kory i łyka a także składu młodych, 3-5 miesięcznych pędów zgryzanych najchętniej w okresie wiosny i lata.

2. Cele badawcze

Zasadniczym celem pracy było zbadanie składu chemicznego tkanek wytypowanych kultywarów wierzb oraz wskazanie odmian najbardziej atrakcyjnych dla zwierzyny. Wyselekcjonowane na potrzeby projektu odmiany i kultywary poddano analizie pod kątem atrakcyjności żerowej dla jeleniowatych. Następnie analizowano skład chemiczny kory, łyka oraz całych młodych pędów na zawartość związków fenolowych, cukrów rozpuszczalnych oraz węglowodorów długołańcuchowych. W poszczególnych publikacjach postawiono odrębne hipotezy badawcze których wspólnym mianownikiem była atrakcyjność zgryzowa dla jeleniowatych. Analizowano podstawowe związki chemiczne, ponieważ:

- węglowodany rozpuszczalne (cukrowce) posiadają dużą wartość odżywczą i słodki smak, stąd znaczna obecność tych substancji w pędach wierzb wpływa dodatnio na ich atrakcyjność jako żeru dla zwierzyny płowej.
- związki fenolowe mają zwykle gorzki smak, dlatego wraz ze wzrostem ich zawartości w tkankach wierzb zmniejsza się atrakcyjność pokarmowa tych roślin, a tym samym intensywność ich zgryzania przez jeleniowate.

- węglowodory długołańcuchowe są głównym składnikiem wosków pokrywających pędy roślin, a więc żerujące zwierzęta mają pierwszy kontakt z tymi substancjami, stąd modyfikują one wpływ innych związków, w tym węglowodanów i fenoli, na atrakcyjność zgryzową wierzb.

Poszczególne prace dotyczą analiz konkretnych związków chemicznych występujących w tkankach wierzb wybranych na potrzeby projektu. Zakres badań wykorzystanych w niniejszych publikacjach dostarcza nowych, dotąd niepublikowanych informacji pozwalających zwiększyć świadomość w zakresie hodowli lasu oraz podejmować aktywne działania na rzecz jego ochrony przed zwierzyną.

3. Publikacje wchodzące w skład rozprawy doktorskiej

1. Budny M., Zalewski K., Stolarski M., Czaplicki S. 2017. Wstępne badania składu chemicznego kilku kultywarów wierzby ogryzowo-zgryzowej uprawianej w Polsce. Materiały konferencji naukowej „Diagnozowanie stanu środowiska. Metody badawcze – prognozy". Garbacz J.K. (red.) BTN Bydgoszcz 2017. Tom XI,s.33-44.

2. Budny M., Zalewski K., Lahuta L. B, Stolarski M.J., Stryiński R., Okorski A. 2021. Could the Content of Soluble Carbohydrates in the Young Shoots of Selected Willow Cultivars Be a Determinant of the Plants' Attractiveness to Cervids (Cervidae, Mammalia)? Agriculture 11, 67. doi: 10.3390/agriculture11010067.

3. Budny M., Zalewski K., Stolarski M.J., Wiczkowski W., Okorski A., Stryiński. 2021. The Phenolic Compounds in the Young Shoots of Selected Willow Cultivars as a Determinant of the Plants' Attractiveness to Cervids (Cervidae, Mammalia). Biology 10(7): 612. doi: 10.3390/biology10070612.

4. Budny M., Zalewski K., Skubis J., Czaplicki S., Okorski A. 2022. The content of long-chain hydrocarbons in the bark of selected willow cultivars in the context of cervids food preferences. Sylwan 166: 309-320. doi.org/10.26202/sylwan.2022028.

4. Materiał i metody

Jesienią 2015 roku przeprowadzono rozeznanie w kierunku dostępności materiału sadzeniowego, przygotowano powierzchnię pod plantacje oraz założono poletka mateczne w celu dalszej reprodukcji. Dziesięć wybranych odmian i kultywarów wierzby wysadzono w matecznikach według przyjętego dla wszystkich jednolitego sposobu i poddawano je takim samym zabiegom pielęgnacyjnym. W kolejnych latach rośliny rosnące w mateczniku zapewniały zaplecze materiałowe do dalszych nasadzeń na tzw. poletkach ogryzowych. W celu oceny atrakcyjności zgryzowej poszczególnych odmian i kultywarów dla zwierzyny założono cztery takie poletka doświadczalne, które w drugim roku po utworzeniu rozgrodzono i udostępniono zwierzynie.

Podczas pierwszych badań oceniono udatność (stopień przyjęcia się) poszczególnych kultywarów w różnych matecznikach. Równolegle wykonano analizę fizykochemiczną gleb na poletkach matecznych i w późniejszym etapie na powierzchniach doświadczalnych. Ponadto w latach 2017-2018 r. z każdego kultywaru zebrano materiał biologiczny do analizy wybranych związków chemicznych. W trakcie trwania projektu analizowano korę razem z łykiem oraz młode, jednoroczne pędy pod kątem zawartości związków fenolowych, węglowodanów rozpuszczalnych oraz wosków. Ocenę stopnia uszkodzeń wykonano w 2019 roku na podstawie przyjętej metodyki. Następnie przeprowadzono analizę korelacji między składem chemicznym tkanek poszczególnych kultywarów a stopniem ich atrakcyjności zgryzowej.

W zależności od potrzeb przyjęto różne założenia metodyczne dotyczące pozyskania i przygotowania materiału do badań chemicznych. W przypadku analiz na obecność cukrowców próbki pędów składały się z końcówek jednorocznych świeżych pędów o długości ok. 10 cm. Następnie były one ważone, zamrażane w ciekłym azocie i liofilizowane. Suche tkanki zostały rozdrobnione z młynku udarowych. Cukrowce ekstrahowano przy użyciu etanolu 50%. Tak przygotowany materiał poddano analizie metodą chromatografii gazowej w kolumnie kapilarnej ZEBRON ZB-1. Zawartość węglowodanów była oznaczana przy użyciu metody standardów wewnętrznych zakupionych na potrzeby badań.

W przypadku analizy na obecność związków fenolowych wykorzystano materiał zebrany z trzymiesięcznych pędów wszystkich odmian użytych w doświadczeniu. Zebrano górne części pędów o długości ok. 10 cm, po trzy próby dla każdego z dziesięciu kultywarów. Materiał ten był suszony przez 96 godzin i zmielony w młynku udarowym. Następnie fenole ekstrahowano eterem naftowym w aparacie Soxhleta przez 4 godziny. Po odparowaniu pozostałości eteru w tym samym urządzeniu, próbki ekstrahowano przez sześć godzin

metanolem, który był odparowywany w suszarce próżniowej. Otrzymane próby były przechowywane w zamrażarkach w ciekłym azocie. W kolejnych etapach materiał poddawano dalszej obróbce (rozpuszczanie, wirowanie, ekstrakcja) a uzyskane próbki wykorzystano do analizy w systemie HPLC.

Zawartość węglowodorów długołańcuchowych i kwasów tłuszczowych w woskach oznaczono przy użyciu sprzężonej chromatografii gazowej w połączeniu ze spektrometrią mas (GC−MS QP2010 PLUS). Materiał badawczy stanowiły próby jednorocznych pędów, z których ręcznie oddzielono korę i łyko, następnie liofilizowano i mielono w młynku udarowym. Związki te z naważek prób po 10 g każda, wyekstrahowano eterem naftowym w temperaturze 40°C przez sześć godzin. Otrzymany ekstrakt zagęszczono w wyparce próżniowej w temperaturze 40°C. W dalszym etapie próby rozpuszczano w mieszaninie: chloroform-metanol-kwas siarkowy i poddano metylacji w fiolkach szklanych. Tak przygotowany materiał poddano dalszej analizie metodą chromatografii.

5. Wyniki

Wszystkie badane kultywary wierzby zawierały te same cukrowce, choć występowały one w różnych stężeniach. Wykazano jedynie słabe, negatywne korelacje pomiędzy zawartością węglowodanów rozpuszczalnych a stopniem zgryzania przez zwierzynę. W wyniku eksperymentu ze zwierzętami zagrodowymi zaobserwowano, że pędy analizowanych kultywarów wierzb pozyskane w połowie stycznia były mniej atrakcyjne dla tych zwierząt niż pędy pozyskane na wiosnę i w lecie.

W przypadku związków fenolowych stwierdzono, że zawartości poszczególnych związków nie były identyczne i zależały od kultywaru, z którego były izolowane. Analizy statystyczne pokazały korelację między zawartością kilku kwasów fenolowych w tkankach wierzb a stopniem uszkodzeń żerowych. Określone związki chemiczne z grupy związków salicylanowych oraz kwasów fenolowych, mogą determinować atrakcyjność żerową wierzbowych pędów.

Zawartość węglowodorów długołańcuchowych i kwasów tłuszczowych będących głównym składnikiem wosków roślinnych, pokrywających pędy roślin, również analizowano w odniesieniu do stopnia atrakcyjności żerowej. Stwierdzono, że nie ma bezpośredniego związku między zawartością wszystkich węglowodorów długołańcuchowych w korze z łykiem młodych pędów a stopniem zgryzania przez jeleniowate. W przypadku niektórych

węglowodorów stwierdzono natomiast istotny dodatni wpływ między ich zawartością a stopniem zgryzania. Wykonano również eksperyment zagrodowy, w którym wykazano, że woski roślinne pokrywające powierzchnię roślin stanowią bardzo skuteczna barierę izolującą. Ponadto na przykładzie jednej genetycznie jednorodnej odmiany stwierdzono, że miejsce uprawy ma wpływ na zawartość węglowodorów długołańcuchowych i kwasów tłuszczowych.

Na podstawie ocenionego stopnia atrakcyjności zgryzowej wskazano odmiany najchętniej zjadane przez jeleniowate na wszystkich poletkach doświadczalnych. Były to przede wszystkim *Salix amygdalina* 1102 oraz *Salix amygdalina* 'Krakowianka'. Zatem odmiany te można polecić do uprawy na poletkach ogryzowych zakładanych w celu wzbogacenia bazy żerowej jeleniowatych i ograniczenia szkód w uprawach leśnych powodowanych przez zwierzynę.

Wyniki przedstawione w niniejszej dysertacji dowodzą, że zagadnienia związane z czynnikami kształtującymi atrakcyjność zgryzową wierzb dla jeleniowatych nie zostały jeszcze w pełni poznane. Wprowadzanie gatunków domieszkowych, stanowiących urozmaicenie bazy żerowej, może odgrywać znaczącą rolę w ograniczaniu szkód w uprawach leśnych. Potwierdza to zasadność prowadzenia dalszych, szerszych i bardziej szczegółowych badań, które pozwolą udoskonalić i wykorzystać tę biologiczną metodę w ochronie lasu.

6. Wnioski

Na podstawie publikacji prezentowanych przez autora w ramach rozprawy doktorskiej można sformułować następujące wnioski;

- sukces w uprawie wierzby zależy od wybranego kultywaru i jakości gleby, szczególnie jej wilgotności.
- cukry nie miały istotnego wpływu na atrakcyjność wierzb dla jeleniowatych, co sugeruje, że takim czynnikiem są inne związki chemiczne.
- istnieje korelacja między intensywnością żerowania na młodych pędach a zawartością w nich niektórych związków fenolowych (kwasów fenolowych i salicylanów).
- uprawa jednego, identycznego genetycznie kultywaru wierzby w różnych miejscach powoduje, że występują różnice w zawartości węglowodorów długołańcuchowych w korze i łyku.
- stężenie kilku węglowodorów długołańcuchowych ma wpływ na intensywność zgryzania pędów wierzby przez jeleniowate.
- dotychczasowe badania prowadzone w zakresie wskazanym w w/w publikacjach sugerują, że zawartość gorzkich fenoli ma większy wpływ na atrakcyjność zgryzową pędów wierzby niż zawartość długołańcuchowych węglowodorów (wosków).
- intensywność żerowania jeleniowatych zależy od dostępu do innych źródeł pożywienia.
- na podstawie przeprowadzonych doświadczeń można wnioskować, że uprawianie S.*amygdalina* 1102 oraz S.*amygdalina* 'Krakowianka', najczęściej zjadanych przez jeleniowate, może przyczyniać się do ograniczenia strat powodowanych przez te zwierzęta w uprawach leśnych.

7. Literatura

W spisie literatury umieszczone wszystkie pozycje dotyczące zagadnienia, wykorzystane przez autora w trakcie realizacji projektu badawczego i w publikacjach cząstkowych.

1. Balik B., Moskalik T., Sadowski J., Zastocki D. 2016. Wybrane aspekty ochrony lasu przed zwierzyną. Studia i Materiały Centrum Edukacji Przyrodniczo-Leśnej, 18 (1 [46]).
2. Bariteau L., Bouchard D., Gagnon G., Levasseur M., Lapointe S., Bérubé M. 2013. A riverbank erosion control method with environmental value. Ecol. Eng. 58: 384–392, doi:10.1016/j.ecoleng.2013.06.004.
3. Biernacki L., Mirek Z. 1995. Vascular Plants of Poland a Checklist [Krytyczna Lista Roślin Naczyniowych Polski] . Polish Academy of Sciences. W. Szafer Institute of Botany: Kraków, Poland; ISBN 83-85444-38-6.
4. Brown E.R., Mandery J.H. 1962. Planting and fertilization as a possible means of controlling distribution of big game animals. Journal of Forestry, 60,1: 33–35.
5. Bukiewicz H. 1960. Wierzby krzaczaste jako żer dla zwierzyny. Las Polski 34,17: 11–2.
6. Bukiewicz H. 1963. Gatunki wierzb przydatne na poletka ogryzowo-zgryzowe w łowiskach leśnych. Zachodni Poradnik Łowiecki 3, 7–8.
7. Budny M., Zalewski K., Stolarski M., Czaplicki S. 2017. Wstępne badania składu chemicznego kilku kultywarów wierzby ogryzowo-zgryzowej uprawianej w Polsce. Materiały konferencji naukowej „ Diagnozowanie stanu środowiska. Metody badawcze – prognozy”. Garbacz J.K. (red.). BTN Bydgoszcz. Tom XI, s.33-44.
8. Budny M., Zalewski K., Lahuta L.B., Stolarski M.J., Stryiński R., Okorski A. 2021a. Could the content of soluble carbohydrates in the young shoots of selected willow cultivars be a determinant of the plants’ attrac−tiveness to cervids (Cervidae, Mammalia)? Agriculture, 11: 67−80. DOI: https://doi. org/10.3390/agriculture11010067.
9. Budny M., Zalewski K., Stolarski M.J., Wiczkowski W., Okorski A., Stryiński R. 2021b. The phenolic compounds in the young shoots of selected willow cultivars as a determinant of the plants’ attractiveness to cervids (Cervidae, Mammalia). Biology, 10 (7): 612. DOI: https://doi.org/10.3390/biology10070612.
10. Budny M., Zalewski K., Skubis J., Czaplicki S., Okorski A. 2022. The content of long−chain hydrocarbons in the bark of selected willow cultivars in the context of cervids' food preferences. sylwan, 166(5), 309−320.
11. Czaplicki, S., Tańska, M., Konopka, I., 2016. Sea-buckthorn oil in vegetable oils stabilisation. Italian Journal of Food Science, 28: 412-425.

12. Dickmann D.I., Kuzovkina J. 2014. Poplars and Willows of the World, With Emphasis on Silviculturally Important Species. In Poplars and Willows: Trees for Society and the Environment; Isebrands, J.G. Richardson, J. Eds.; The Food and Agriculture Organization of the United Nations and CAB International: Croydon, UK; pp. 56–83. ISBN 978 1 78064 108 9.
13. Drogoszewski B. 1991. Growth of different willow varieties useful for hunting farms. [Wzrost różnych odmian wierzb przydatnych dla gospodarstwa łowieckiego.]. Rocz. Akad. Rol. w Pozn. 231, 37–45.
14. Drogoszewski B. 1999. The use of some willow varieties as components to enrich the deer feeding base. [Wykorzystanie niektórych odmian wierzb jako komponentów dla wzbogacenia bazy żerowej jeleniowatych]. In Proceedings of the Naturalizacja leśnych czynności gospodarczych; University Publisher Poznan University of Life Sciences: Poznań, Poland.
15. Drogoszewski B. 1995. Growth of various willows in a habitat with adverse humidity conditions. [Wzrost różnych wierzb na siedlisku o niekorzystnych warunkach wilgotnościowych.]. Pr. Kom. Nauk Rol. i Kom. Nauk Leśnych. Poznańskie Tow. Przyj. Nauk 80, 23–22.
16. Drogoszewski B., Kokocki C. 2003. Wzrost i żywotność niektórych gatunków i kultywarów wierzb dla wzbogacenia bazy żerowej jeleniowatych w Puszczy Noteckiej. Sylwan, 147 (8): 67−75.
17. Dzięciołowski R. 1967. Food of the red deer in an annual cycle. Acta Theriol. (Warszawa). 12, 23–39.
18. Guid W., Kadri H., Labrecque M. 2012. Establishment techniques to using willow for phytoremediation on a former oil refinery in southern Quebec: achievements and constraints. Chem. Ecol. 28, 49–64, doi:10.1080/02757540.2011.627857.
19. Houston Durrant T., de Rigo D., Caudullo G. 2016. Salix alba in Europe: distribution, habitat, usage and threats. In European Atlas of Forest Tree Species; San-Miguel- Ayanz, J., de Rigo, D., Caudullo, G., Houston Durrant, T., Mauri, A., Eds.; Publication Office of the European Union: Luxembourg; p. e01153e +.
20. Huang C.J., Zayas J.F. 1991. Phenolic Acid Contributions to Taste Characteristics of Corn Germ Protein Flour Products. J. Food Sci. 56, 1308–1310,
21. Julkunen-Tiitto R., Gebhardt K. 1992. Further Studies on Drying Willow (Salix) Twigs: The Effect of Low Drying Temperature on Labile Phenolics. Planta Med. 58, 385–386,

22. Karp A., Hanley S.J., Trybush S.O., Macalpine W., Pei M., Shield I. 2011. Genetic Improvement of Willow for Bioenergy and BiofuelsFree Access. J. Integr. Plant Biol.53, 151–165, doi:10.1111/j.1744-7909.2010.01015.x.
23. Kokocki C., Kowalski A. 2012. Growth and Survival of Some Species of "Forage" Willows in Forest and Non-Forest Habitats; University of Life Sciences: Poznań, Poland.
24. Kozłowski T.T. 1992. Carbohydrate sources and sinks in woody plants. Bot. Rev. 58, 107–222.
25. Labrecque M., Teodorescu T.I. 2003. High biomass yield achieved by Salix clones in SRIC following two 3-year coppice rotations on abandoned farmland in southern Quebec, Canada. Biomass and Bioenergy , 25, 135–146, doi:10.1016/S0961-9534(02)00192-7.
26. Lee A., Owyang C. 2017. Sugars, Sweet Taste Receptors, and Brain Responses. Nutrients, 9, 653.
27. Mabberley D.J. 2017. Mabberley's Plant-book; 4th ed.; Cambridge University Press: Cambridge; ISBN 9781316335581.
28. Magac B. 2017. Uprawa nie musi zostać wzorcowym drzewostanem. Głos Lasu, 6 (559): 18−20.
29. Milewski W. (Ed.) 2018. State Forests Poland Forests in Poland 2018. The State Forests Information Centre: Warsaw, Poland, ISBN978-83-65659-40-8.
30. Njakou Djomo S., Ac A., Zenone T., De Groote T., Bergante S., Facciotto G., Sixto H., Ciria P., Weger J., Ceulemans R. 2015. Energy performances of intensive and extensive short rotation cropping systems for woody biomass production in the EU. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 41, 845–854, doi:10.1016/j.rser.2014.08.058.
31. Parus A., 2013. Antioxidant and pharmacological properties of phenolic acids [Przeciwutleniające i farmakologiczne właściwości kwasów fenolowych]. Postępy Fitoterapii. 48–53.
32. Pielowski Z., 1984. Sarna; Powszechne Wydawnictwo Rolnicze i Leśne: Warszawa.
33. Slewinski T.L., Braun D.M. 2010. Current perspectives on the regulation of whole-plant carbohydrate partitioning. Plant Science. 178, 341–349.
34. Stolarski M.J., Szczukowski S., Tworkowski J., Klasa A. 2013. Yield, energy parameters and chemical composition of short-rotation willow biomass. Ind. Crops Prod. 46, 60–65, doi:10.1016/j.indcrop. 2013.01.012.
35. Stolarski M.J., Szczukowski S., Tworkowski J., Krzyżaniak M. 2013. Cost of heat energy generation from willow biomass. Renew. Energy 59, 100–104, doi:10.1016/j.renene. 2013.03.025.

36. Stolarski M.J., Krzyżaniak M., Tworkowski J., Szczukowski S., Gołaszewski J. 2014. Energy intensity and energy ratio in producing willow chips as feedstock for an integrated biorefinery. Biosyst. Eng. 123, 19–28, doi:10.1016/j.biosystemseng. 2014.04.011.
37. Stolarski M.J., Rosenqvist H., Krzyżaniak M., Szczukowski S., Tworkowski J., Gołaszewski J., Olba-Zięty E. 2015. Economic comparison of growing different willow cultivars. Biomass and Bioenergy , 81, 210–215, doi:10.1016/j.biombioe.07.002.
38. Stolarski M.J., Krzyżaniak M., Łuczyński M., Załuski D., Szczukowski S., Tworkowski J., Gołaszewski J. 2015. Lignocellulosic biomass from short rotation woody crops as a feedstock for second-generation bioethanol production. Ind. Crops Prod 75, 66–75, doi:10.1016/j.indcrop.04.025.
39. Stolarski M.J., Szczukowski S., Tworkowski J., Krzyżaniak M., Załuski D. 2018. Willow production during 12 consecutive years—The effects of harvest rotation, planting density and cultivar on biomass yield. GCB Bioenergy, gcbb.12583, doi:10.1111/gcbb.12583.
40. Stolarski M.J., Niksa D., Krzyżaniak M., Tworkowski J., Szczukowski S. 2019. Willow productivity from small- and large-scale experimental plantations in Poland from 2000 to 2017. Renew. Sustain. Energy Rev. 101, 461–475, doi:10.1016/j.rser.2018.11.034.
41. Stolarski M.J., Szczukowski S., Krzyżaniak M., Tworkowski J. 2020. Energy Value of Yield and Biomass Quality in a 7-Year Rotation of Willow Cultivated on Marginal Soil. Energies. 13, 2144, doi:10.3390/en13092144.
42. Stolarski M.J., Warmiński K., Krzyżaniak M., Tyśkiewicz K., Olba-Zięty E., Graban Ł., Lajszner W., Załuski D., Wiejak R., Kamiński P. 2020. How does extraction of biologically active substances with supercritical carbon dioxide affect lignocellulosic biomass properties? Wood Sci. Technol. 54, 519–546, doi:10.1007/s00226-020-01182-5.
43. Szczukowski S., Tworkowski J., Wiwart M. 1998. Zastosowanie wikliny (Salix sp.) w kształtowaniu i ochronie środowiska. Postępy Nauk Rolniczych 4.Tom 45.
44. Szukiel E., Borowski Z. 2000. Skuteczność repelentów w ochronie drzew przed zgryzaniem i spałowaniem przez zwierzynę. Prace Instytutu Badawczego Leśnictwa, seria A, 2 (898): 45−69.
45. Yarmolinsky D.A., Zuker C.S., Ryba N.J.P. 2009. Common Sense about Taste: From Mammals to Insects.139, 234–244.
46. Zalewski K., Lahuta L.B., Martysiak-Zurowska D., Okorski A., Nitkiewicz B., Zielonka Ł. 2019. Effect of Exogenous Application of Methyl Jasmonate on the Lipid and Carbohydrate Content and Composition of Winter Triticale (Triticosecale Wittm.) Grain

and the Severity of Fungal Infections in Triticale Plants and Grain. J. Agric. Food Chem. 67, 5932–5939.