

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Wydział Przyrodniczo-Technologiczny



mgr inż. Katarzyna Błitek

**Stan i struktura populacji morwy białej (*Morus alba L.*) na
terenie Wrocławia**

Condition and structure of the white mulberry (*Morus alba L.*) population in Wrocław

Praca doktorska

Wykonana w Katedrze Ogrodnictwa

pod kierunkiem

dr. hab. inż. Przemysław Bąbelewskiego, profesora uczelni

Wrocław, 2022

SPIS TREŚCI

WSTĘP	5
PRZEGLĄD LITERATURY	7
Charakterystyka morwy białej (<i>Morus alba</i> L.)	7
1.1. Pochodzenie, systematyka, obecny zasięg uprawy	7
1.2. Morfologia i ekologia morwy białej	8
1.3. Choroby i szkodniki morwy	13
1.4. Zastosowanie morwy białej	21
Uprawa: historia i stan obecny	33
2.1. Uprawa morwy na świecie	33
2.2. Historia introdukcji i uprawy w Polsce	41
2.3. Rozmnażanie i hodowla morwy	43
MATERIAŁY I METODY	49
1. Cel pracy	49
2. Materiał i metody badań	49
2.1. Wrocław jako obszar badań	49
2.2. Struktura i rozmieszczenie populacji morwy białej we Wrocławiu	51
2.3. Dane meteorologiczne	53
2.3.1. Opady w latach prowadzenia obserwacji	53
2.3.2. Warunki termiczne w okresach prowadzenia obserwacji	54
2.3.3. Strefy termiczne Wrocławia	55
2.4. Charakterystyka stanowisk morwy białej na których prowadzono badania szczegółowe ...	58
2.5. Fenologia	69
2.6. Analizy laboratoryjne gleby, liści i owoców	75
2.7. Analiza statystyczna	76
WYNIKI	78
1. Struktura populacji morwy białej we Wrocławiu.....	78
1.1. Wpływ urbanizacji na naturalne i sztuczne odnowienia morwy białej.....	78
1.2. Wpływ współczynnika termicznego na naturalne i sztuczne odnowienia morwy białej	81
2. Fenologia morwy białej na terenie Wrocławia	84
2.1. Fazy rozwoju wegetatywnego i generatywnego w 2018 roku.	84
2.2. Fazy rozwoju wegetatywnego i generatywnego w 2019 roku	89
2.3. Fazy rozwoju wegetatywnego i generatywnego w 2020 roku	92
2.4. Związek współczynników termicznych z przebiegiem fenofaz	95

3. Skład gleby, liści i owoców oraz cechy morfologiczne owoców na wybranych stanowiskach morwy białej	101
5.1. Analiza gleby: zawartość pierwiastków, zasolenie i odczyn.....	101
5.2. Zawartość pierwiastków oraz chlorofilu w liściach morwy białej.....	102
5.3. Cechy morfologiczne oraz zawartość pierwiastków w owocach morwy białej na wybranych stanowiskach we Wrocławiu w latach 2019 i 2020.	106
DYSKUSJA	113
1. Populacja morwy białej we Wrocławiu	113
2. Fenologia	116
3. Analizy składu liści i owoców oraz morfologii owoców morwy białej na wybranych stanowiskach we Wrocławiu	125
WNIOSKI	131
STRESZCZENIE.....	132
LITERATURA	134
SPIS TABEL, WYKRESÓW I ZDJĘĆ.....	167

*Pragnę podziękować prof. Przemysławowi Bąbelewskiemu
za opiekę, cierpliwość, ogromną serdeczność i poświęcony czas,
prof. Danielowi Pruchniewiczowi oraz dr Marcie Czaplickiej
za niezastąpioną pomoc merytoryczną,
a także przyjaciółce Joannie Czech
za wsparcie podczas prac terenowych i wiarę, że się uda.*

WSTĘP

W Polsce prowadzone były liczne badania struktury populacji oraz sposobów naturalnego i sztucznego rozprzestrzeniania się obcych taksonów drzew leśnych, jednak liczba tego rodzaju analiz dotyczące terenów zurbanizowanych jest niedostateczna [Bąbelewski, Czekalski 2005, Szopińska 2005, Weber, Czekalski 2007]. Drzewa poprawiają jakość środowiska miejskiego. Oczyszczają powietrze ze szkodliwych gazów, pyłów i nadmiaru CO₂, produkują tlen, sprzyjają zwiększaniu się retencji wodnej i ograniczają spływ wód opadowych, a przez to zapobiegają powodzi. Regulują lokalny mikroklimat m. in. obniżając temperaturę poprzez zacienianie, osłaniają przed wiatrem. Stanowią nieodłączny element estetyki krajobrazu miast, ich tożsamości historycznej i kulturowej, korzystnie wpływając na stan fizyczny i psychiczny mieszkańców, a ponadto wartość nieruchomości, istnieją jednak również związane z ich obecnością zagrożenia [Donowan, Butry 2010; Krzyżaniak i in. 2013; Nowak 1993; Nowak i in. 2002, 2007; Roy i in. 2012; Sjöman i in. 2012]. Niestety, silnie przekształcone przez człowieka środowisko miejskie jest dla drzew wyjątkowo niesprzyjające. Antropogeniczne czynniki stresowe, takie jak zanieczyszczenie powietrza oraz gleby, ponadto nieodpowiednia struktura i pH podłoża, brak mikroorganizmów symbiotycznych czy uszkodzenia mechaniczne ograniczają możliwość wegetacji i rozwoju roślin na określonych obszarach aglomeracji, m. in. położonych w pobliżu ruchliwych arterii komunikacyjnych, terenów przemysłowych bądź gęsto zabudowanych. Powtarzające się coraz częściej okresy suszy i upałów związane są nie tylko z ocieplaniem się klimatu, ale też zjawiskiem Miejskiej Wyspy Ciepła [Oke 1973, Rizwan i in. 2008]. Co więcej, w miastach ponad 70 % wody opadowej jest odprowadzana do systemu kanalizacji, a ze względu na przewagę powierzchni utwardzonych nie występuje też zjawisko retencji, co dodatkowo zmniejsza dostępność wilgoci dla roślin. Osłabione drzewa są bardziej narażone na występowanie chorób i szkodników, a w krańcowych przypadkach zamierają [Gilbertson, Bradshaw 1990, Koeser i in. 2013, Roman, Scatena 2011]. Palącą kwestią jest dobór gatunków wykazujących jak najwyższą tolerancję na negatywne warunki siedliskowe. Według licznych badań zmienne środowiskowe w różnicowany sposób wpływają na stan zdrowia oraz możliwość naturalnego i sztucznego odnawiania się populacji konkretnych taksonów [Gregg i in. 2003; Krzyżaniak i in. 2013; Nowak 2012; Nowak i in. 1996; Sjöman i in. 2012]. Obecnie dobór rodzimych bądź tradycyjnie stosowanych gatunków do nasadzeń na terenach zurbanizowanych staje się coraz trudniejszy, ponieważ wiele z nich nie jest w stanie przetrwać w specyficznych warunkach miejskich. Konieczne stają się poszukiwania gatunków i odmian drzew niewystępujących naturalnie na terenie naszego kraju, ale zdolnych znieść silną antropopresję. Jednocześnie w obliczu zmian klimatu oraz postępującej degradacji gleb, znaczenia nabierają badania nad wprowadzeniem nowych gatunków sadowniczych, przystosowanych do

niedoborów opadów, ekstremalnych temperatur oraz złej jakości gleby [Borowski 2008; Cedro i in. 2020; El Solh, Awawdeh 2013].

Jednym z gatunków godnych polecenia do nasadzeń na terach zurbanizowanych jest morwa biała *Morus alba*, zarówno ze względu na wybitne zdolności adaptacyjne, jak i pełnione przez nią usługi ekosystemowe. Co więcej, dostarcza jednocześnie smacznych, wartościowych owoców oraz liści o cennych właściwościach leczniczych, a ponadto cechuje się wybitną tolerancyjnością względem podłoża oraz odpornością na suszę. Istnieją liczne publikacje dotyczące technologii uprawy morwy białej w różnych regionach klimatyczno-geograficznych Polski, dotychczas brak jest jednak rzetelnych opracowań dotyczących rozmieszczenia stanowisk tego gatunku na obszarach zurbanizowanych, jak również analiz sposobów jej rozprzestrzeniania się, zarówno celowego jak i spontanicznego poprzez samosiew [Łochyńska 2018; Frentzel 1984, 1986; Kopański 1955; Przeor 2021; Qingling i in. 2015; Zhan-hua 2020]. Zbadanie powyższej kwestii ma istotne znaczenie ze względu na możliwość wniknięcia badanego gatunku do naturalnych ekosystemów. Wprowadzając do środowiska obce taksony drzew, należy rozpatrzyć związane z nimi zagrożenia, takie jak możliwość niekontrolowanego rozprzestrzeniania się, a w efekcie wypierania rodzimej flory [Bąbelewski, Czekalski 2005; Kostuch, Kostuch 2013; Siewniak 1974; Siewniak, Siewniak 2000]. Przyjmuje się, że co dziesiąty gatunek introdukowany wymyka się spod kontroli, co setny ulega naturalizacji, natomiast jeden na tysiąc gatunków sztucznie wprowadzonych do środowiska może nabrać cech inwazyjnych, czyli oddziaływać negatywnie na rodzimą przyrodę, a także gospodarkę, zdrowie i życie ludzi [Swan i in. 2008; Williamson, Fitter 1996]. Choć w kontekście inwazyjności rozpatrywane są przeważnie rośliny zielne, zdolność do niekontrolowanego rozprzestrzeniania się wykazują również gatunki drzewiaste [Gazda 2003; Kowarik, Von der Lippe 2011]. W Polsce odnotowano liczne przypadki niekontrolowanego rozprzestrzeniania się innych nierodzimych gatunków drzew, zarówno w miastach, jak i w kompleksach leśnych, natomiast przypadki inwazyjności morwy białej zaobserwowano m. in. w niektórych stanach USA, Kanadzie oraz na Węgrzech [Bąbelewski, Czekalski 2005; Boyce 2010; Chmura 2013; Csiszár 2009; Depsey, Woody 2020; Gazda 2003; Farrar 2001; Miller i in. 2004; Szwagrzyk 2000; Tokarska-Guzik i in. 2012; Warne 2020; Zając, Zając 2001]. Gromadzenie danych dotyczących populacji gatunkach obcego pochodzenia w skali poszczególnych regionów oraz prognozowanie potencjalnych zmian jej wielkości i struktury, a ponadto możliwego wpływu na inne organizmy należy do podstawowych działań mających prowadzić do ograniczenia inwazji biologicznych, jednego z sześciu priorytetowych celów Europejskiej strategii ochrony różnorodności biologicznej (EU 2020 Biodiversity Strategy), stanowiąc równocześnie element Strategii dotyczącej inwazyjnych gatunków obcych (EU Strategy on Invasive Alien Species) [Genovesi, Shine 2004; Tokarska-Guzik i in. 2011].

PRZEGLĄD LITERATURY

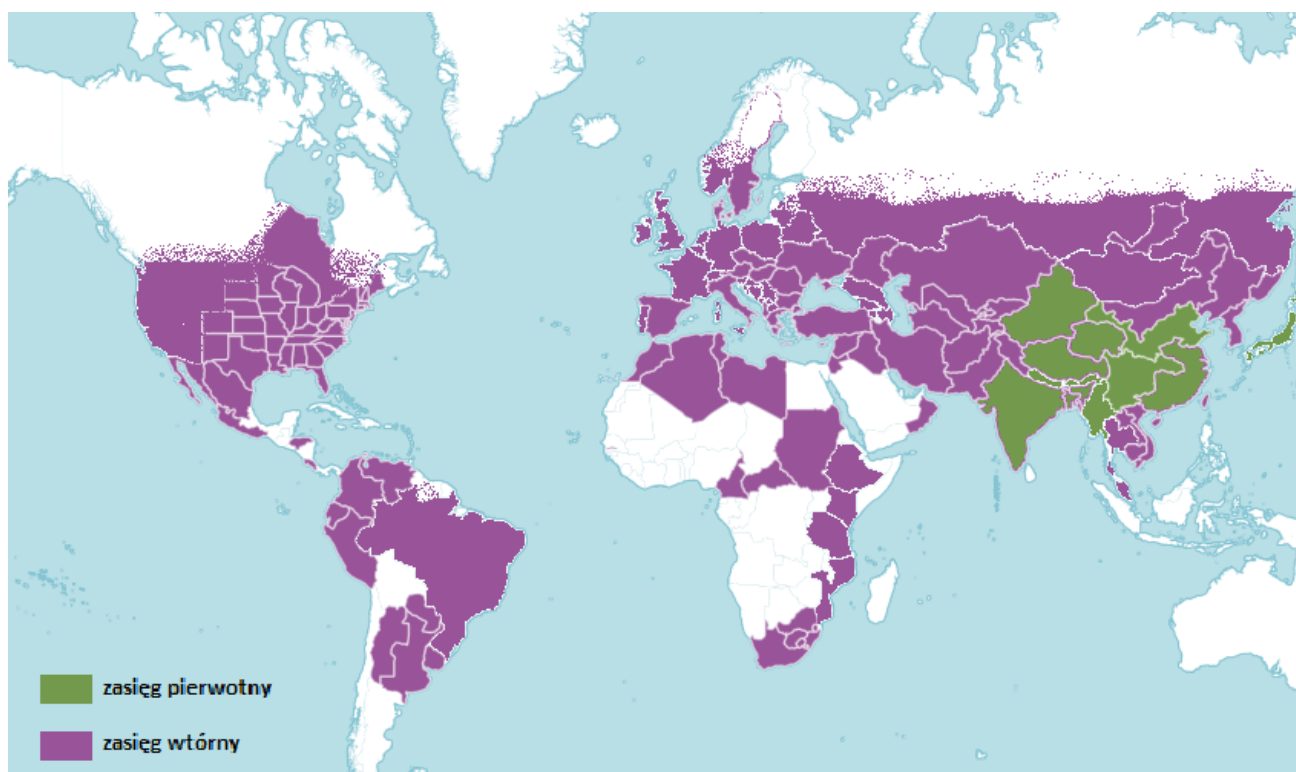
1. Charakterystyka morwy białej (*Morus alba* L.)

1.1. Pochodzenie, systematyka i obecny zasięg uprawy

Morwa biała *Morus alba* jest zaliczana do gromady okrytozalążkowych Angiospermae L., klasy Magnoliopsida Brongn. i rodziny morwowatych Moraceae Gaudich., która obejmuje około 50 rodzajów, występujących głównie w strefie tropikalnej. Jak większość gatunków z tej rodziny posiada sok mleczny. Spośród przedstawicieli rodzaju morwa *Morus* jedynie morwa biała *M. alba*, wraz z licznymi odmianami botanicznymi i kultywarami, dobrze się aklimatyzuje w polskim klimacie i nadaje się do powszechnej uprawy na terenie większości kraju. Sporadycznie w uprawie amatorskiej spotkać można także dwa inne gatunki morwy: czarną *M. nigra* L. i czerwoną *M. rubra* L., jednak ze względu na ich wrażliwość na niskie temperatury, w klimacie Polski są uprawiane bardzo rzadko. Większość autorów wyróżnia 17 głównych gatunków morwy. W Azji oprócz morwy białej i czarnej na naturalnych stanowiskach spotykane są morwa chińska *M. australis* Poir. (syn. *M. bombysis*), japońska *M. japonica*, indyjska *M. indica* L., piłkowana *M. serrata* Roxb., trójklapowa *M. trilobata* (S.S.Chang) Z.Y.Cao, mongolska *M. mongolica* (Bureau) C.K.Schneid., długa *M. macroua*, *M. wittiorum* Hand.-Mazz., *M. cathayana* Hemsl., *M. liboensis* S.S.Chang., *M. notabilis* C.K.Schneid.. W Ameryce Północnej występują morwa czerwona *M. rubra* L. i teksańska *M. celtidifolia* Kunth. (syn. *M. microphylla*), ta ostatnia rośnie dziko również w Ameryce Południowej, wraz z *M. insignis* Bureau. W Południowej i Środkowej Afryce naturalnie występuje morwa afrykańska *M. mesozygia* Stapf [cabi.org, powo.science.kew.org, theplantlist.org].

Morwa biała pierwotnie występowała wyłącznie w Azji wschodniej, głównie w regionie Himalajów, w Chinach, Indiach i Japonii. Jest uznawana za najbardziej tolerancyjny gatunek z rodzaju *Morus*, obecnie jest uprawiana w wielu częściach świata, w strefach klimatu tropikalnego, subtropikalnego, umiarkowanego po subarktyczny, na wszystkich kontynentach z wyjątkiem Antarktydy. Przybliżony obszar możliwej wegetacji rozciąga się pomiędzy równoleżnikami 50 ° N i 10 ° S. W cieplejszych strefach klimatycznych może być sadzona na terenach górskich, do wysokości ok. 4000 m. n. p. (Fot. 1). Optymalna dla wegetacji morwy roczna suma opadów mieści się w zakresie 600-2500 mm, przy czym gatunek również pod tym względem wykazuje ogromną tolerancyjność. Może być sadzony zarówno na obszarach o wilgotnym, tropikalnym klimacie, jak również na terenach półpustynnych, z roczną sumą opadów poniżej 250 mm. Na większą skalę uprawia się go w 32 krajach. Data sprowadzenia morwy do Europy jest niepewna. Pojawia się w tekstach starożytnej kultury europejskiej, m. in. w „Przemianach” Owidiusza powstałych w pierwszych latach naszej ery, a według legend pierwsze sadzonki przemycono z Persji do Grecji już około 550 r p.n.e., ale według większości

źródła została sprowadzona do Europy dopiero w XI w. Na kontynencie europejskim jest dziś sadzona głównie jako roślina ozdobna, niekiedy obsiewa się i dziczeje [Bandna i in. 2013; Blitek i in. 2022, Dalkılıç i in. 2015, Hosamani i in. 2020; Karmaczuk R., 2012; Khyade 2009; Kolasiński, Borycka 2012; Kozakiewicz 2010, 2020; Machii i in. 2000; Olszowski, Walczak 2008; Qingling i in. 2015; Qin i in. 2012; Rohela i in. 2020; Seneta, Dolatowski, 2011; Sękowski 1993; Vijayan i in. 2012; ; Wood 2002; Wr. W. 1891; theplantlist.org]



Fot. 1. Prawdopodobny pierwotny i wtórny zasięg występowania morwy białej

1.2. Morfologia i ekologia morwy białej

Morwa biała *Morus alba* jest jednym z gatunków godnych polecenia do nasadzeń na terach zurbanizowanych, zarówno ze względu na wybitne zdolności adaptacyjne, jak i pełnione przez nią usługi ekosystemowe. Gatunek charakteryzuje się nadzwyczajną plastycznością fenotypową, pozwalającą mu dostosować się do skrajnie różnych środowisk. W korzystnych warunkach ma postać drzewa, często wielopniowego, dorastające do ok. 15 m wysokości o malowniczym pokroju, szerokiej koronie i ciekawym, wybitnie zróżnicowanym ulistnieniu. W mniej sprzyjających uwarunkowaniach może przybierać formę okazałego krzewu. Nadaje się również do uprawy w formie szpaleru lub żywopłotu [Dolatowski 2010; Peris i in. 2014; Seneta, Dolatowski 2011; Winn, 1996]. Choć jest zaliczana do roślin ciepłolubnych, zaaklimatyzowała się w polskim klimacie. Znosi spadki temperatury do -30°C , a jej pędy po przemarznięciu szybko się regenerują, ponadto rozpoczyna

wegetacje późno, początek rozwoju pąków przypada w Polsce na przełom kwietnia i maja, w związku z czym z reguły nie są one uszkodzane przez wiosenne przymrozki. Z drugiej strony, znaczne spadki temperatury otoczenia w sezonie wegetacyjnym gwałtownie hamują tempo jej wzrostu i rozwoju, z kolei na wysokie temperatury reaguje szybkim, bujnym wzrostem. Jest to związane z wysokim optimum termicznym tego gatunku, szacowanym przez różnych autorów na od 24-28°C po 30-32°C. Według doniesień rodzimych hodowców i uprawowców, w temperaturze poniżej 12°C ustaje wzrost i rozwój pędów, to samo dotyczy kiełkowania nasion oraz rozwoju pąków. Wiosną pąki rozpoczynają wegetację gdy temperatura przekroczy 12°C, w tym okresie wytrzymują spadki temperatury do -2°C, silniejsze przymrozki powodują ich nieodwracalne uszkodzenia. W związku z najodpowiedniejszą do dla rzeczonoego gatunku uznaje się południowo-zachodnią część Polski, gdzie długość okresu wegetacyjnego sięga co najmniej 210 dni, co jednocześnie nie wyklucza możliwości jego uprawy na obszarze reszty terytorium kraju. Za najmniej zasadne można uznać sadzenie morwy białej na terenach, gdzie wegetacja trwa krócej niż 160 dni, tj. na północno-wschodnich krańcach Polski, m. in. Pojezierzu Mazurskim, a także na górskich obszarach Sudetów i Karpat [Czekalski 2020^{a,b}; Devi i in. 2013; Frentzel 1984; Kopański 1955; Łochyńska 2018; Skwaryło-Bednarz i in. 2019; Wodzicki 1828].

Korzenie przybierają różne odcienie żółci. Zależnie od warunków siedliskowych wytwarza system korzeniowy różnego typu. Na głębokich, pulchnych glebach, przy niskim poziomie wód gruntowych i głębokim położeniu skały macierzystej wykształca system korzeniowy palowy. Rozłożysty system korzeniowy, rozciągający się szeroko w powierzchniowej warstwie podłoża, występuje u osobników rosnących na pływających, zbitych glebach, na skalnym podłożu lub w warunkach wysokiego poziomu wód gruntowych. Korzenie morwy rozrastają się wszcz i w głąb gleby odwrotnie proporcjonalnie do jej zasobności oraz wilgotności. Gatunek doskonale radzi sobie na obszarach o rocznej sumie opadów od 600 mm do 2500 mm, dobrze znosi zarówno suszę, jak i przejściowo podmokłe gleby, aczkolwiek odpowiedź na stres wodny różni się u poszczególnych kultywarów. Ilość opadów atmosferycznych na terenie całego kraju jest wystarczająca dla badanego gatunku i z wyjątkiem młodych nasadzeń stosowanie nawadniania nie jest wymagane. Nawet w latach wybitnie suchych niedobór opadów nie odbija się ujemnie na długości przyrostów starszych drzew. Morwa biała jest wyjątkowo tolerancyjny względem warunków glebowych. Najlepiej rozwija się w przepuszczalnych, lekkich, szybko nagrzewających się glebach, zasobnych w składniki mineralne i umiarkowanie wilgotnych. Jest w stanie przystosować się do większości typów gleb, nawet ubogich w składniki odżywcze oraz suchych. W Chinach głęboko korzeniące się kultywary, wyróżniające się wybitną odpornością na suszę, zasolenie oraz wysokie temperatury, są z sukcesem uprawiane nawet na terenach pustynnych, na obszarze pustyni Ułan Buh. Również w Indiach praktykowane są nasadzenia morwy białej na terenach nękanych przez częste i długotrwałe okresy suszy, m. in. w

provincji Andhra Pradesh [Mamrutha i in. 2010; Martín i in. 2000; Qingling i in. 2015; Zhan-hua 2020]. Do uprawy tego gatunku nie nadają się jedynie ciężkie, gliniaste lub silnie kwaśne gleby oraz tereny podmokłe czy bagienne. Według większości autorów preferuje obojętny lub lekko zasadowy odczyn podłoża, przy czym stosunkowo łatwo przystosowuje się do szerszego zakresu tej wartości. Cechuje ją znaczna odporność na zanieczyszczenie powietrza, a ponadto zasolenie, podwyższoną zawartość metali ciężkich, a także związków siarki oraz wapnia w glebie. Tolerancja na stesy środowiskowe jest silnie zróżnicowana u poszczególnych kultywarów i genotypów, przykładowo odmianą chińską najlepiej nadającą się do uprawy na zasolonych glebach jest 'C776'. Wraz z innymi gatunkami z rodzaju *Morus* morwa biała jest wykorzystywana do zapobiegania pustynnieniu oraz erozji gleby, w rekultywacji obszarów suchych, zasolonych, skażonych, w tym terenów przemysłowych i składowisk odpadów, a także do nasadzeń przy ruchliwych arteriach komunikacyjnych [Czekalski 2020^{ab}, Datta 2000; Dineva 2017, 1957; Dolatowski 2010; Gupta 2015; Jian i in. 2012; Kashyap, Sharma 2006; Kumar i in. 1999, 2003, 2008; Nan i in. 2011; Pehlivan i in. 2012; Peris i in. 2014; Qin i in. 2012; Qingling i in. 2015; Rafati i in. 2011; Ramanjulu, Sudhakar 1997, 2008; Reddy i in. 2004; Rezek i in. 2009; Rohela i in. 2020; Serencam i in. 2013; Skwaryło-Bednarz i in. 2019; Sudhakar i in. 2001; Wang 2002; Wang i in. 2004; xinhuanet.com 2021; Zhan-hua 2010; Zhang i in. 2018, 2020].

Jest gatunkiem długowiecznym, w naturze jej wiek często przekracza 500 lat, w Polsce spotykane są pojedyncze okazy w wieku szacowanym na ponad 250 lat, w tym rosnąca w Sulechowie uznana za pomnik przyrody morwa biała o największym w Europie obwodzie pnia wynoszącym 412 cm [old.sulechow.pl]. Ze względu na wysoki roczny przyrost biomasy przejawia wysoką zdolność do magazynowania CO₂ w tkankach, stąd jest szczególnie cenna dla obszarów miejskich [Carretero i in. 2017; Przeor 2021; Sajdak, Velázquez-Martía 2012; Tanase i in. 2008]. Jej liście są od wieków wykorzystywane jako pasza dla zwierząt oraz jako surowiec zielarski, dostarcza też smacznych, wartościowych owoców, co wpisuje się w polską tradycję stosowania gatunków sadowniczych do nasadzeń wzdłuż dróg, ulic bądź w parkach. Owoce te stanowią cenne źródło pokarmu dla wielu rodzimych gatunków ptaków, które wydalając nasiona wraz z odchodami przyczyniają się do przenoszenia propagul na znaczne odległości [Barnea i in. 1991; Blendinger i in. 2015; Datta 2000; Debussche, Isenmann 1990; Fortuna-Antoszkiewicz, Łukaszkiwicz 2012; Govindaiah, Kumar 1991; Jalikop i in. 2011; Łochyńska 2015; Nyamu i in. 2021; Rafeeq i in. 2020; Wojtatowicz, Pietrzykowska 2018; Stapanian 1982; White, Stiles 1992]. Morwa biała jest zaliczana do gatunków dwupiennych, tym samym owoce są zawiązywane wyłącznie przez osobniki żeńskie. Wydatek energetyczny spożytkowany na produkcję owoców wyrównywany jest kosztem zmniejszonej powierzchni blaszek liściowych w porównaniu z ulistnieniem osobników męskich. Z powyższej przyczyny osobniki

męskie, wykształcające blaszki liściowe o dużej powierzchni, są bardziej pożądane w czasie planowania plantacji nastawionej na produkcję biomasa liści, mających zastosowanie jako materiał zielarski lub pasza dla jedwabników lub zwierząt gospodarskich. Do odmian męskich należą m. in. bułgarska ‘Vesletz’ o całobrzegich, średniej wielkości blaszkach (ok. 12 x 16 cm), gruzińska ‘Tbilisuri’ o dużych, niekapowanych liściach (ok. 18 x 21 cm). Odmiany żeńskie uprawiane ze względu na wysoki plon liści to m. in. bułgarskie ‘Vratza 18’ oraz ‘No 24’, obie o całobrzegich liściach o wymiarach odpowiednio 29 x 21 cm oraz 15 x 18 cm. Obupłciowe odmiany przydatne na plantacjach jedwabniczych to m. in. bułgarska ‘No 59’ (całobrzegie blaszki, 20 x 23 cm) i japońska ‘Kokuso 27’ (klapowane liście, ok. 17 x 22 cm) [Chakraborty i in. 2015; Datta 2000; Nyamu i in. 2021; Petkov 2015; Tanase i in. 2008].

Na plantacjach sadowniczych ukierunkowanych na produkcję owoców większość nasadzeń powinny stanowić drzewa żeńskie, uzupełnione o pewną liczbę osobników męskich pełniących rolę zapylaczy. Kwiatostany mają kształt grona, męskie w formie cylindryczno-wydłużonej, żeńskie owalno-podłużnej lub rzadziej cylindrycznej (Fot. 2-3). Należy podkreślić, iż rozdzielnopłciowość morwy białej jest niepewna: w populacji średnio 40 % osobników tworzy wyłącznie główkowate kwiatostany żeńskie, wyposażone w słupek lecz pozbawione pręcików, 40 % osobników zawiązuje wyłącznie walcowato wydłużone kwiatostany męskie, bez słupków za to wyposażone w pręciki, natomiast 20 % osobników przejawia cechy pośrednie, tj. wytwarza w zróżnicowanych proporcjach kwiaty obu typów i/lub kwiaty wyposażone jednocześnie w organy generatywne typowe dla obu płci. Możliwe jest zarówno występowanie kwiatów męskich i żeńskich przemieszanych w obrębie tej samej gałęzi, bądź zlokalizowanych na osobnych konarach. Co więcej, obecność obu typów organów generatywnych nie jest bezpośrednio zależna od genotypu, a raczej od specyfiki ekspresji genów, z pewną dozą prawdopodobieństwa determinowanej przez czynniki środowiskowe: zjawisko występuje zarówno u osobników wyposażonych w typowo męski, jak i typowo żeński zestaw chromosomów [Hashemi, Khadivi 2020; Hosamani i in. 2020; Li i in., 2015; Łochyńska 2018, Peris i in. 2014; Schaffner 1919 Zhang i in. 2020]. W Polsce zależnie od regionu kraju kwitnienie morwy białej może przypadać od pierwszego do ostatniego tygodnia maja. Kwiaty są bezwonne i nie produkują nektaru. Gatunek jest wiatropylny, co pociąga za sobą łatwość hybrydyzacji [Taylor i in. 2006]. W polskiej florze ma status kenofita [Tokarska-Guzik 2012]. Na terenie naszego kraju dotychczas nie odnotowano przesłanek świadczących o zagrożeniu osiągnięcia przez morwę białą statusu taksonu inwazyjnego, jednak liczne przypadki niekontrolowanego rozprzestrzeniania się morwy białej zaobserwowano m. in. w niektórych stanach USA, Kanadzie oraz na Węgrzech [Boyce 2010; Burgess, Husband 2006; Csiszár 2009; Farrar 2001 Gazda 2003; Miller i in. 2004 Szwagrzyk 2000, Warne 2020; Zając, Zając 2001]. Z drugiej strony, inwazyjne skłonności tego gatunku są zależne od klimatu panującego na

danym obszarze. Według analiz prowadzonych w indyjskim stanie Pendżab, morwa biała posiada mniej cech dodatnio wpływających na potencjał inwazyjny w porównaniu do blisko spokrewnionego gatunku z rodziny *Moraceae*, czyli brusonecji chińskiej *Broussonetia papyrifera* (L.)L'Hér.ex.Vent., nazywanej często morwą papierową [Maan 2020].



Fot. 2. Kwiatostany żeńskie złożone z wielu kwiatów o pojedynczych słupkach



Fot. 3. Kwiatostany męskie zbudowane z licznych kwiatów o czterech pręcikach

1.3. Choroby i szkodniki morwy

Główne choroby morwy, takie jak mączniak *Phyllactinia corylea* (Pers.) P. Karst. oraz zaraza bakteryjna morwy *Xanthomona campestris* pv. *mori* Pammel na obszarach o wilgotnym, tropikalnym klimacie mogą powodować straty w uprawach rzędu 20-30 % [Maji i in. 1998, 2000; Philip i in. 1994]. W strefach klimatu umiarkowanego gatunek wykazuje dużą odporność na choroby i szkodniki, na plantacjach z reguły nie stosuje się chemicznych środków ochrony roślin. Obecnie także w ciepłych strefach klimatycznych w ochronie morwy odchodzi się od stosowania chemicznych pestycydów na rzecz biologicznych oraz integrowanych metod kontroli chorób i szkodników [Łochyńska 2018; Muthulakshmi 2010; Pedata i in. 1995; Raja 2010; Sengupta i in. 1990; Sudhakar i in. 2000]. Do kluczowych patogenów bakteryjnych morwy białej należy *Pseudomonas syringae* pv. *mori* Boyer & Lambert (Fot. 4), obserwowany również w Polsce. Bakterioza jest rozpowszechniona niezależnie od kontynentu, we wszystkich strefach klimatycznych. Według doniesień indyjskich autorów ryzyko zakażenia i szybkiego rozwoju choroby jest największe przy częstych opadach, niewielkim nasłonecznieniu i temperaturze 23-32 °C. W polskim klimacie występuje z reguły pod koniec okresu wegetacji, w warunkach wysokiej wilgotności powietrza i temperaturze 20-25 °C. Poraża liście i młode pędy, przy czym największą podatność wykazują siewki, następnie krzewy, a najmniej narażone są starsze drzewa morwy. Pierwszym objawem jest pojawienie się na liściach nieregularnych, wodnistych plamek o średnicy ok. 0,2 mm, które z czasem powiększają się i zmieniają zabarwienie kolejno na jasno- i ciemnobrązowe, a ostatecznie brunatnoczarne z jasną obwódką. Unerwienie liści ciemnieje i ulega zniekształceniom, silnie porażone liście przedwcześnie żółkną i opadają. Na pędach powstają zapadnięte, czarne blizny, rozszczepiające drewno aż do rdzenia, z których w późniejszych stadiach infekcji wydziela się wyciek bakteryjny. Przy wyjątkowo silnym porażeniu wierzchołki pędów czernieją, stają się jakby zwęglone, niekiedy ulegają wyłamaniu, a z czasem obumierają. Odmiany o dużej lub całkowitej odporności na ów patogen to m. in. 'Bulgaria-24', 'Bulgaria-3', 'Thilcseria', 'Galicene', 'Kariyamagawa' [Frentzel 1984; Kałużna, Sobiczewski 2015; Krawczyk, Łochyńska 2020; Krishna Prasad, Siddaramaiah, 1978; Maji 1999; Maji i in. 1998; Sahin i in. 1999; Takahashi 1980].

Bakteryjna guzowatość korzeni powodowana przez tumorogenną bakterię *Agrobacterium tumefaciens* Smith and Townsend jest kolejną z chorób bakteryjnych morwy zaobserwowanych w klimacie umiarkowanym. W sprzyjających warunkach patogen bytujący w glebie wnika przez uszkodzenia skórki korzeni do tkanek kory. Bakteria wbudowuje do komórek rośliny - gospodarza fragment własnego materiału genetycznego, tzw. T-DNA, z plazmidu Ti (ang. Tumor Inducing), odpowiedzialny za produkcję hormonów wzrostu: auksyn i cytokinin. W efekcie wymusza na komórkach gospodarza produkcję nieprzydatnych roślinie metabolitów oraz powoduje anormalny

rozrost tkanek. Na korzeniach lub szyjach korzeniowych powstają guzowate narośla o różnej wielkości i nieregularnym kształcie. Początkowo są miękkie, gładkie i jasno zabarwione, w miarę rozrastania się, drewnieją i brunatnieją, ich powierzchnia ulega spękaniu i staje się ziarnista. Choroba jest szczególnie groźna dla młodych roślin, zwłaszcza jeśli narośla występują na szyi korzeniowej - osłabiają wzrost drzewek, a nawet powodują ich śmierć. Rumuńscy autorzy odnotowali u ponad 80-letnich drzew guzowate narośla o wymiarach średnio 1,22 m x 0,72 m. Występowaniu choroby sprzyja wysoka wilgotność gleby, zbliżony do obojętnego lub zasadowy odczyn podłoża oraz temperatura ok. 25°C. Środki takie jak Dithane M - 45 (mankozeb), Euparen 50 WP (dichofluanid), Kaptan zaw 50 WP (kaptan) i Ridomil Gold 80 WP (metalaksyl) w stężeniu 1000 ppm działają bakteriobójczo wobec *A. tumefaciens* w glebie żyznej oraz piaszczystej o odczynie kwaśnym po obojętny. Obecnie pojawiła się możliwość biologicznej ochrony korzeni przed guzowatością: preparat Polagrocyna, oparty na antagonistycznej wobec patogena bakterii *A. tumefaciens* szczep K84. Po 10-krotnym rozcieńczeniu służy do zaprawiania korzeni roślin przed sadzeniem oraz nasion podkładek przed siewem. Jednocześnie niejadliwe szczepy *A. tumefaciens* (m. in. M-21) są stosowane jako wektory wybranych genów, w celu uzyskania transgenicznych roślin morwy białej o konkretnych, pożądanych cechach. Stosowana jest zarówno transformacja eksplantatów *in vitro*, jak i szczepienie zawiesiną wodną *A. tumefaciens* merystemów młodych roślin w warunkach *in vivo* [Agarwal i in. 2004; Barczyński i in. 2002; Frentzel 1984; Ivaşcu i in. 2011; Klimek 1998; Mańka, Mańka 1993; Ping i in. 2003].

Nieodnotowana dotychczas w Polsce bakteryjna zaraza morwy *Xanthomona campestris* pv. *mori* jest szczególnie niebezpieczna na obszarach o ciepłym, monsunowym klimacie, w czasie pory deszczowej. Po spodniej stronie liści pojawiają się wodniste plamy. W miarę rozwoju infekcji na górnej stronie liści widoczne stają się drobne czarne plamki, które stopniowo brązowieją, w późnym stadium plamy są brązowo czarne i otoczone żółtą obwódką wokół plamki. W końcu dochodzi do martwicy tkanek, a w miejscu plam tworzą się drobne dziurki, co skutkuje przedwczesnym opadaniem liści. Kultywary wykazujące odporność to m. in. 'S146' i 'Phillipines' [Banerjee i in. 2009; Baqual i in. 2000; Maji i in. 1998].

Dotychczas odnotowano przypadki infekcji morwy białej przez 54 gatunki patogenów grzybowych. Grzyby z gatunków *Cercospora moricola* Cooke, *Phyllactinea corylea*, *Cerotelium fici* (Castagne) Arthur, *Aecidium mori* Barclay, *Botryodiplodia theobromae* (Pat.) Griffon & Maubl. i *Fusarium pallidoroseum* (Cooke) Sacc. odpowiadają za 50-61 % strat w produkcji sadzonek morwy, ponadto na plantacjach jedwabniczych powodują zmniejszenie plonu liści oraz spadek ich jakości. W Polsce zagrożeniem bywa zgorzel pędów powodowana przez grzyb z rodzaju *Fusarium lateritium*, w stadium workowym nazywany *Gibberella baccata* v. *moricola* (Wallr.) Sacc., *Michelia*. Zarodniki workowe są przenoszone przez wiatr, przenikają przez uszkodzenia kory bądź przetchlinki, w

sprzyjających warunkach kielkują, wrastają w miążgę i rozrastają się kosztem tkanek rośliny. Kora w miejscach porażenia przybiera fioletowy odcień, kurczy się i marszczy. Grzybnia rozrasta się w promieniu ok. 20 cm, obejmuje zwykle cały obwód cienkich pędów. Wiosną na obumarłej korze pojawiają się łososioworóżowe skupiska małych owocników, które produkują olbrzymie ilości zarodników konidialnych, które przenoszone przez wiatr rozpoczynają cały cykl od nowa. Kora obumiera i łuszczy się płatami, pędy wraz z liśćmi usychają. Jesienią na szerniałej, martwej korze granatowoczarne otoczni o średnicy do 0,5 mm. Zawierają liczne worki wypełnione zarodnikami, które są formą przetrwalnikową grzyba i przyczyną infekcji w kolejnym sezonie. Patogen najlepiej rozwija się w warunkach wysokiej wilgotności powietrza i gleby. Szczególnie narażone są krzewy morwy rosnące w dużym zagęszczeniu, a także sadzonki w szkółkach. Patogen powoduje masowe usychanie pędów, niekiedy przekraczające 50 % ich całkowitej liczby. Z kolei ryzyko infekcji starszych, piennych drzew morwy jest znikome. Oprócz przeredzania i podkrzesywania nasadzeń do zwalczania zgorzeli wykorzystuje się oprysk fungicydami. Z drugiej strony, *Fusarium lateritium* Snyder i wsp. jest zaliczany do entomopatogenów. Wytwarza enzymy rozkładające owadzią kutikulę, a także mykotoksyny: enniatynę oraz trichotecenę. Enniatyna wykazuje wybitną aktywność insektycydową, w ilości 400 ppm powoduje zatrucie 60 % larw zwojki oraz zahamowanie rozwoju larw od 3 pokolenia. Toksyna wykazuje działanie owadobójcze również w stosunku do takich owadów jak tarczniki *Hemiberlesia rapax* Comstock, skrzypionka błękitka *Oulema gallaeciana* Heyden oraz mucha zielona *Lucilla sericata* Meigen [Frentzel 1984; Ghosh i in. 2016; Kim i in. 2017; Pane i in. 2017; Philip i in. 1994; Teotia 1994; Vajna 2000; Wenda-Piesik 2011].

Plamistość liści wywołana przez *Mycosphaerella mori* Fuckel) F.A. Wolf (syn. *Pseudocercospora mori* Hara) (Fot. 5) jest jedną z najbardziej szkodliwych chorób morwy. Patogen jest odnotowywany w wszystkich strefach klimatycznych uprawy morwy białej, od gorących obszarów Afryki, przez monsunową Azję po umiarkowaną Europę i Amerykę Północną. Zarodniki patogenu są przenoszone przez wiatr, wnikają przez aparaty szparkowe liści lub kielkując, aktywnie przebijają skórę liścia ostro zakończoną strzępką. Zarodniki workowe zimują na opadłych liściach, wewnątrz kulistych otoczni. Objawem choroby są brunatne, nieregularne plamy z cienką, ciemniejszą obwódką, często ograniczone przez unerwienie liści. Ich wielkość waha się od 4 do 12 mm², na pojedynczym liściu może występować kilkadziesiąt (>50) plamek. Mięksisz w miejscu porażenia obumiera, w efekcie w blaszkach liściowych powstają dziurki. Silnie porażone liście żółkną i przedwcześnie opadają. Choroba pojawia się już na początku sezonu wegetacyjnego. Rozwój infekcji przebiega najszybciej w temperaturze 25-30 °C i wysokiej wilgotności powietrza (85-90%). Niezwalczana, choroba z roku na rok osłabia roślinę, a ostatecznie powoduje jej śmierć. Podstawą zwalczania jest regularne wygrabianie i utylizacja opadłych, porażonych liści oraz zrównoważone zasilanie nawozami z dodatkiem

mikroskładników. W początkowym okresie wegetacji dobre efekty przynosi oprysk fungicydami zawierającymi 0,5% zinebu, 0,4% polikarbacyny, 0,3% fiona, 0,3% melprexu, 0,7% captanu lub 0,5% tlenochloru miedzi. Oprysk należy powtarzać jeszcze trzykrotnie latem. Dużą skuteczność wykazuje także oprysk mieszaniną antybiotyków 0,02% trichothecyny i 0,05% polymycyny. Dotychczas wysoką lub całkowitą odporność na plamistość liści wykazały odmiany morwy białej takie jak 'MS-8', 'Fernodias', 'MS-7', 'Thailand', 'PGDTR-9', 'Tomeiso', 'KNG', 'CSRS-II' [Babu i in. 2002; Biswas, Pavan Kumar 1995; Chakraborty i in. 2015; Frentzel 1984; Grice i in. 2006; Philip i in. 1994; Pieczul i in. 2017; Pratheesh Kumar i in. 2011].

Mączniak prawdziwy to poważna, szeroko rozpowszechniona choroba morwy wywoływana przez *Phyllactinia corylea*. Choroba występuje w wielu krajach w różnych strefach klimatycznych. Zmniejsza zawartość białka w liściach, obniża ich wilgotność i zakłóca procesy metaboliczne rośliny. Prowadzi to do zmniejszenia zarówno plonu liści, jak i ich wartości odżywczej. Na dolnej stronie liści pojawiają się białe, delikatne plamy nalotu grzybnia, które szybko się rozprzestrzeniają, z czasem obejmując całą powierzchnię liści i zielonych pędów. Na górnej stronie liści widoczne są plamy chlorotyczne. Z czasem na powierzchni białego nalotu zauważalne stają się ciemnobrązowe lub brunatne punkciki, czyli otocznie, liście żółkną i przedwcześnie opadają. Optymalne warunki dla wzrostu konidiów to temperatura 24 - 28 °C oraz bardzo wysoka wilgotność powietrza, sięgająca 95-100 %. Jedyną odmianą wykazującą pełną odporność, niepodlegającą atakom mączniaka prawdziwego jest 'Kaliakutai', do odmian odpornych (wybitnie tolerancyjnych) należą m. in. 'Mandalaya', 'Cattaneo', 'China White', 'Jodhpur', 'Calabresa', 'Mizusowa'. Zapobiegawczo stosuje się większy rozstaw nasadzeń (90 x 90 cm lub dwurzędowy 90+150 cm x 60 cm), ponadto unika się zakładania plantacji w miejscach podmokłych i ocienionych. Do chemicznego zwalczania patogenu stosuje się oprysk 0,1 % karbendazymem oraz 0,2 % siarką. Obecnie duże nadzieje pokłada się w możliwości biokontroli mączniaka przy użyciu szczepów *Trichoderma viride* Pers., *Trichoderma harzianum* Rifai oraz *Cladosporium* Link, a także owadów *Illeis cincta* Fabricius [Babu i in. 1999; Chakraborty i in. 2015; Dutta i in. 2011; Monir, Maandal 2016; Raja 2010; Qadri i in. 1999; Sengupta i in. 1990; Thite i in. 2013].

Niebezpiecznym pasożytem morwy białej jest również opieńka miodowa *Armillaria mellea* (Vahl) P.Kumm., grzyb z klasy podstawczaków, atakujący zarówno drzewa iglaste, jak i liściaste. Występuje na wszystkich kontynentach z wyjątkiem Antarktydy i Ameryki Południowej, przy czym największe szkody czyni w klimacie umiarkowanym. U podstawy drzewa lub krzewu wyrastają liczne, skupione w grupy owocniki o miodowobrązowych kapeluszach na długich, smukłych trzonkach. W wilgotnej, próchniczej glebie grzybnia opieńki tworzy długie sznury (rizomorfy), które oplatają korzenie rośliny, wnikają pod korę, a ostatecznie porażają całe drzewo. Najbardziej narażone są młode

drzewa, które ów pasożyt może doprowadzić do obumarcia. Ów pasożyt, niezależnie od wieku rośliny, osłabia ją i utrudnia odparcie ataków chorób, szkodników i działania stresów abiotycznych. Jedynym skutecznym sposobem zwalczania i zapobiegania rozprzestrzenianiu się opieńki jest karczowanie i utylizacja porażonych roślin, oraz niezwłoczna izolacja podłoża w miejscu występowania pasożyta. Rzadziej spotykanym pasożytem morwy spośród grzybów podstawczaków jest bocznik wierzbowy *Pleurotus salignus* (Schrad.) P. Kumm, który podobnie jak opieńka jest jadalny [Frentzel 1984; Guillaumin i in. 1993; Szwalkiewicz 2009].

Na zamierających drzewach morwy, suchych pniach, konarach i gałęziach, a także w miejscach ran i pęknięć kory na żywych, zdrowych organach, obserwowana jest rozszczepka pospolita *Schizophyllum commune* Fr. (Fot. 6). Ten pospolity na całym świecie grzyb saprofityczno-pasożytniczy występuje na różnych gatunków drzew liściastych i iglastych, a także starym, składowanym drewnie, drewnianych budynkach, sprzętach, ogrodzeniach itp. Jest jednym ze sprawców białej jednolitej zgnilizny drewna (ang. Uniform white-rot fungi). Nie jest saprotrofem obligatoryjnym, może prowadzić rozkład zarówno martwych, jak i żywych tkanek. Występuje głównie w miejscach nasłonecznionych. Owocniki są pozbawione trzonu, przyrastają do podłoża bokiem półkolistego, muszelkowatego lub wachlarzowatego kapelusza o średnicy do 4 cm. Górna powierzchnia jest filcowata i promieniście pofałdowana, biała lub popielata, od spodu widoczny jest szary lub czerwono-brązowy hymenofor przypominający podłużnie rozszczepione blaszki [Cooke 1961; Duke 2001; Dung, Grzywacz 1975; Ghaudhuri, Johar, 1934; Piskorski 2017; Szwalkiewicz 2009; Zarzyński 2009].

Zgnilizna korzeni morwy, powodowana głównie przez *Rhizoctonia bataticola* (Taub.) Butler), rzadziej przez inne patogeny grzybowe, m. in. *Fusarium solani* (Mart.) Sacc, *F. oxysporum* Schldtl, *Botryodiplodia theobromae* na obszarach o gorącym, ale dość suchym klimacie jest przyczyną strat sięgających 15 % plonu liści. Choroba najszybciej rozwija się w temperaturze 28-34 °C, w dość suchych (wilgotność do 40 %), mineralnych podłożach, ubogich w materię organiczną. Korzenie morwy porażone przez patogeny grzybowe ulegają rozkładowi, tuż pod skórka widoczne są czarne strzępki grzybni i zarodniki. W efekcie system korzenowy nie jest w stanie pełnić swych podstawowych funkcji, więc część nadziemna rośliny zaczyna zamierać, liście gwałtownie schną i opadają [Philip i in. 1997].

Groźniejszym odpowiednikiem jest tzw. fioletowa zgnilizna korzeni powodowana przez grzyb *Helicobasidium mompa* Wakef., rozpowszechniona w Azji Wschodniej: Chinach, Japonii, Korei i na Sri Lance. Optimum dla rozwoju choroby to temperatura ok. 27 °C, stale wilgotne czy wręcz podmokłe podłoże o kwaśnym odczynie, zasobne w martwą materię organiczną. Korzenie pokryte grzybnia przybierają fioletowe zabarwienie, liście stają się chlorotyczne i przedwcześnie opadają, a pod koniec

sezonu wegetacyjnego porażona roślina ginie. Choroba dotychczas nie została odnotowana w Polsce [Teotia, Sen 1994].

Ogólnoustrojowe choroby wektorowe morwy są dużym problemem w Chinach, Japonii, Korei i Tajlandii, przyczyniają się do zmniejszenia plonu liści o 15-20 %, a także pogorszenia jego jakości, szczególnie obniżenia zawartości białka w zielonej masie. Okazjonalnie występują w Indiach, na Sri Lance i w Pakistanie, natomiast dotychczas brak doniesień o ich pojawieniu się u morw rosnących w Polsce. Mogą być powodowane przez fitoplazmy (karłowatość), wirusy i wiroidy (mozaika), pierścieniowa plamistość, żółta siateczkowatość liści, żółta smugowatość liści, spiroplazmy (mozaikowata kędzierzawość) oraz bakterie zasiedlające ksylem *Xylella fastidiosa* Wells i in. [Elbeaino i in. 2012; Gai i in. 2014; Ji i in. 2010; Kałużna, Sobiczewski 2015; Ma i in. 2015; Sengupta i in. 1990; Sharma i in. 2008].

Na świecie zaobserwowano co najmniej 263 gatunki pasożytniczych stawonogów należących do 56 rodzin, atakujące morwę białą. Większość należy do gromady owadów, które dzieli się pod względem rodzaju wyrządzanych szkód na trzy główne grupy. Szkodniki wysysające soki, (ang. Sap Suckers), głównie pluskwiaki takie jak *Maconellicoccus hirsutus* Green i *Pseudaulacaspis pentagona* Targioni Tozzetti, za pomocą kłujki wysysają soki z pędów i liści, co prowadzi do osłabienia odporności rośliny na mróz i choroby oraz spadek plonu. Mogą być wektorami chorób wirusowych i mykoplazmatycznych, ponadto wydzielają słodką ciecz stanowiącą pożywką dla bakterii i grzybów (zwłaszcza czerniowych). Drugą grupą są szkodniki defoliujące (ang. Defoliators), o aparacie gębowym typu gryzącego, m. in. gąsienice motyli *Lepidoptera* L., takich jak *Glyphodes pulverulentalis* Hampson oraz *G. pyloalis* Hampson. Wygryzają dziury w liściach, pozostawiając samą nerwicę lub konsumując blaszki liściowe w całości. Ostatnią grupę stanowią szkodniki drążące pędy (ang. borers), należące w większości do rzędu chrząszczy *Coleoptera* L., takie jak *Apriona germari* Hope. Osobno wyodrębnia się szkodniki nie należące do gromady owadów (ang. Non Insect Pests), takie jak zaliczany do największych lądowych ślimaków świata *Lissachatina fulica* Férussac oraz przędziorki *Tetranychus* Dufour. Na obszarach o tropikalnym i subtropikalnym klimacie, a w mniejszym stopniu także w umiarkowanych strefach, działalność nicieni glebowych takich jak guzak południowy *Meloidogyne incognita* Kofoid & White przyczynia się do znacznej redukcji plonu liści morwy, na skutek zahamowania wzrostu, chlorozy i spadku kondycji rośliny [Dandin, Sharma 1991, Muthulakshmi i in. 2010].

W umiarkowanym klimacie morwa biała jest wyjątkowo odporna na choroby i szkodniki, dlatego doskonale nadaje się na żywopłoty i szpalery wiatrochronne jagodników, sadów i szkółek. Niewielkim odstępstwem od tej reguły są dwa gatunki stawonogów, które sporadycznie pasożytują na morwie, znacznie rzadziej niż na typowych roślinach sadowniczych. Misecznik śliwowiec

Parthenolecanium corni z rodziny czerwcowatych, zaliczany do szkodników wysysających soki. Występuje w dużych skupiskach w postaci wypukłych, brązowych tarczerek o średnicy do 4 mm, przytwierdzonych do kory młodych pędów. Owe pancerze nakrywają samice, z których każda późną wiosną składa 1000-1500 jaj. Larwy wykluwają się latem i natychmiast rozpoczynają żerowanie o spodniej stronie liści, wysysając z nich soki. Zaliczany do gromady pajęczaków przedziorek owocowiec *Tetranychus pilosus* Canestrini & Fanzago występuje głównie w drugiej połowie lata, zwłaszcza przy suchej, upalnej pogodzie. Zarówno larwy, jak i dorosłe owady nakłuwają liście i wysysają z nich sok. Na skutek żerowania szkodników ulistnienie morwy pokrywa się licznymi, białymi plamkami, na ich spodniej stronie widać delikatne pajęczynki z poruszającymi się pajęczkami wielkości ok. 0,5 mm. Rocznie występuje do 5 pokoleń, przy masowym wystąpieniu przedziorków z czasem liście brązowieją i opadają.

Zagrożenie dla krajowych nasadzeń morwy stanowi także oprzędnica jesienna *Hyphantria cunea* Drury, północnoamerykański motyl zawleczony do Europy ok. 1940 roku, obecnie spotykany na obszarze całego kontynentu, w tym od 1961 roku w Polsce. Rozpiętość białych, nakrapianych skrzydeł imago to 27-36 mm. Gąsienice tego inwazyjnego owada są polifagiczne, żerują na ponad 250 gatunkach (w tym ponad 120 ważnych gospodarczo), jednak morwa należy do ich ulubionych roślin żywicielskich. W szkółkach i gruntowych rozsadnikach morwy przyczyną szkód bywają larwy drutowców oraz chrząszczy, a także dorosłe i larwalne stadia turkucia podjadka. Wymienione owady uszkadzają korzenie, co przekłada się na zahamowanie wzrostu młodych roślin lub nawet ich śmierć.

Z drugiej strony, morwa biała może być wykorzystywana w biologicznej ochronie innych roślin przed szkodnikami. Wyciąg alkoholowy z liści morwy białej wykazuje działanie odstrasżające w stosunku do wołka zbożowego *Sitophilus granarius* L., może być stosowany jako naturalny repelent w walce ze szkodnikami produktów przechowywanych. Ekstrakt z liści morwy białej stymuluje wzrost pszenicy, jednocześnie hamując rozwój chwastów takich jak cynodon palczasty *Cynodon dactylon* (L.) Pers. Owoce morwy są wybitnie lubiane przez dzikie ptaki, m. in. szpaki, kwiczoły, drozdy, wróble, które przedkładają je nad czereśnie, wiśnie oraz borówki wysokiej. Z tego powodu omawiany gatunek może znaleźć zastosowanie w ochronie sadów wspomnianych drzew pestkowych oraz plantacji. Niemniej jednak w uprawach morwy nastawionych na plon owoców to właśnie ptaki mogą powodować największe szkody [Boroń, Simon 2016; Buszko, Nowacki 2000; Chakraborty i in. 2015; Ferrari, Trevisan 1987; Frentzel 1984; Govindaiah, Kumar 1991; Horoszkiewicz-Janka 2013; Hosamani i in. 2020; Jadhav 2019; Litwińczuk i in. 1999, Mahadeva 2018; Meszka 2013; Mughal 2000; Muthulakshmi i in. 2010; Narayanaswamy i in. 1996; Patil i in. 2013; Pedata i in. 1995; Riedl T., Toll S. 1962; Sakthivel i in. 2019; Sengupta i in. 1990; Takahashi i in. 1995; Wawrzyniak, Wrzesińska 2011; Yazdani i in. 2013; <http://mulinfo.csrtimys.res.in/index.php/en/>].



Fot. 4. Bakterioza powodowana przez *Pseudomonas syringae* pv. *mori*



Fot. 5. Dziurkowatość liści, prawdopodobnie wywołana przez *Mycosphaerella mori*



Fot. 6. Rozszczepka pospolita *Schizophyllum commune*

1. 4. Zastosowanie morwy białej

Morwa biała *Morus alba* pierwotnie występowała wyłącznie w Azji wschodniej, głównie w regionie Himalajów. Obecnie jest uprawiana na wszystkich kontynentach z wyjątkiem Antarktydy, głównie na terenach położonych pomiędzy równoleżnikami 28° oraz 55° strefy szerokości geograficznych północnych. W Azji tradycja uprawy tego gatunku liczy już blisko 5 tys. lat. Pierwsze papierowe pieniądze powstały w Chinach właśnie z kory i łyka morwy białej, ale jej prawdziwy sekret według tamtejszych legend odkryła żona cesarza Huang Di (ok. 2600 r. p.n.e.), obserwująca gąsienice jedwabników morwowych *Bombyx mori* L. żerujące na liściach tego drzewa. Ów motyl nocny jest uważany za jedyny oprócz pszczół gatunek owada udomowiony przez człowieka. Pod koniec stadium larwalnego gąsienice jedwabników rozpoczynają tworzenie oprzędu, składającego się z jednej nici jedwabnej o długości 3-4 km. Faktem jest, iż jedwabne tkaniny znano już w drugim tysiącleciu p.n.e.: odnaleziono je w grobowcach z tego okresu, ponadto w równie wiekowych chińskich kronikach zawarte są wzmianki o jedwabnikach, jedwabiu oraz morwie. Przemysł jedwabniczy stanowi jeden z najstarszych działów gospodarki rolnej świata, obecnie jedwabniki nie występują w warunkach naturalnych [Frentzel 1984, 1986; Kopański 1955; Kozubowski 1872; Łochyńska 2016; Twardowska 2015; Wood 2002; Wr. W. 1891]. Do dziś morwa stanowi jedyne źródło pokarmu dla monofagicznych larw tych udomowionych motyli, a należy podkreślić, że światowa produkcja jedwabiu na poziomie ok. 180000 t rocznie stanowi 0,2% całkowitej produkcji włókien. Na wyprodukowanie 1 kg włókna jedwabnego gąsienice jedwabnika potrzebują 40-45 kg liści morwy, stąd globalne zapotrzebowanie na plon liści wyłącznie na potrzeby serikultury sięga ponad 8 mln. ton. W Chinach, będących największym na świecie producentem, eksporterem i konsumentem jedwabiu, roczny zysk z przemysłowej produkcji tego materiału, stanowiącej ponad 80 % produkcji światowej, w 2019 r. osiągnął 150 miliardów juanów (ok. 22 miliardy USD). Tkanina jest od wieków szeroko wykorzystywana w ekskluzywnym przemyśle odzieżowym i zdobniczym, szyte są z niej m. in. sukienki, koszule, bielizna, apaszki, szale czy krawaty. Do największych producentów jedwabiu zaliczane są kolejno Chiny, Indie, Uzbekistan, Tajlandia, Brazylia, Wietnam, Iran i Korea Północna. Jedwabnictwo odgrywa ważną rolę w gospodarce takich krajów jak Turcja, Japonia oraz Bangladesz. Przez tysiąclecia sekret wytwarzania jedwabiu był zazdrośnie strzeżony przez Chiny, a nawet po jego odkryciu dla reszty świata hodowla jedwabników długo pozostawała wyłączną domeną krajów azjatyckich. Choć nawet obecnie jedynym krajem zaliczanym do czołowych producentów jedwabiu, wyłamującym się geograficznie z tego grona jest Brazylia, stopniowo dział serikultury zyskuje na znaczeniu także w innych krajach Ameryki Południowej, m. in. Kolumbii i Boliwii, a także Afryki: Madagaskaru, Kenii, Botswany, Nigerii, Zambii, Zimbabwe i Egiptu. W Europie hodowla jedwabników posiada zauważalne znaczenie głównie w Bułgarii oraz Rumunii. Paradoksalnie, wśród

głównych konsumentów jedwabiu obok Chin, Indii oraz Wietnamu dominują państwa o wysokim PKB, stawiające niemal wyłącznie na import tego włókna: USA, Włochy, Francja, Wielka Brytania, Szwajcaria, Niemcy oraz Zjednoczone Emiraty Arabskie [Azimova 2019; Giacomini 2017; Kasi 2013; Madjarov 2005; Petkov 2015; Seema 2018; Wood 2002]. Mimo postępu technologicznego dotąd nie udało się wytworzyć wiernej syntetycznej imitacji jedwabiu. Jest ceniony nie tylko ze względu na wysokie walory estetyczne oraz przyjemną w dotyku „atłasową” gładkość: posiada wysokie właściwości termoizolacyjne, charakteryzuje się higroskopijnością oraz wybitną wytrzymałością mechaniczną przy jednoczesnym zachowaniu rozciągliwości. Jako białkowe włókno zwierzęce jest w pełni naturalny, biokompatybilny, biodegradowalny oraz hipoalergiczny, ponadto nie podrażnia skóry ani się nie elektryzuje, za to chroni przed promieniowaniem UV. Powyższe właściwości wynikają ze specyficznej budowy włókna, zbudowanego z dwóch komponentów białkowych: fibroiny (60–80%), stanowiącej rdzeń włókna, oraz pokrywającej go serycyny (15–35%), z domieszką 1-5 % innych substancji, jak woski czy polisacharydy [Babu 2013; Łochyńska 2016; Piotrowski 1938]. Chociaż produkcja jedwabiu naturalnego nadal pozostaje podstawowym celem hodowli jedwabnika morwowego, obecnie zaczęto zwracać uwagę również na inne możliwości wykorzystania wydzielin larw tych motyli. Białka jedwabiu są szeroko stosowane w medycynie, farmacji, kosmetologii, inżynierii biomedycznej oraz biotechnologii. Fibroina jest cennym surowcem do produkcji nowoczesnych biomateriałów medycznych, charakteryzujących się wybitną wytrzymałością i odpornością na ekstremalne warunki. Oprócz bardziej konwencjonalnych bioproduktów, takich jak hydrożele, gąbki, płytki i śruby, w procesie inżynierii tkankowej pełni rolę rusztowania, na którym odtwarzane są żywe tkanki i narządy, m. in. protezy naczyń krwionośnych, kości, skóry, chrząstek, więzadeł lub ścięgien. Specyficzne nanocząstki peptydowe, mikro- i nanokapsułki fibroinowe, stanowią czynny nośnik dla substancji terapeutycznych, antybiotyków i związków aktywnych stosowanych m. in. w terapii nowotworów, ponadto przyspieszają proces namnażania komórek ssaków. Drugi pod względem ilościowym składnik jedwabiu, serycyna, to rozpuszczalne w wodzie białko, szeroko stosowane w kosmetyce. Jest zaliczane do naturalnych czynników nawilżających (NMF): zapobiega utracie wody z powierzchni skóry, którą wygładza, nawilża oraz poprawia jej elastyczność, wzmacnia również włosy i paznokcie. Serycyna dzięki właściwościom antybakteryjnym i antyoksydacyjnym przyspiesza gojenie się ran oraz dolegliwości skóry [Arias, Mendez 2015; Florczak 2014; Kapoor, Kundu 2016; Kludkiewicz, Grzelak 1993; Grześkowiak, Łochyńska, 2017; Zhang i in. 2009]. Oprzędz jedwabników są źródłem 1-deoksynorimycyny (DNJ), polihydroksyalkaloidu stosowanego w terapii cukrzycy typu 2. ze względu na kompetycyjne hamowanie enzymu α -glukozydazy. Należy jednak podkreślić, iż DNJ jest obecnie pozyskiwany głównie z liści morwy białej, trzykrotnie uboższych w ów związek, za to łatwiejszych i tańszych w

produkcji [Aramwit, Sangcakul 2007; Asakura, Miller 2014; Florczak 2014; Gao i in. 2016; Izydorczak i in. 2015; Zhang i in. 2009]. Oprócz pozawłókiennicznych zastosowań jedwabiu, warto zwrócić uwagę na możliwość wykorzystania odpadów organicznych z chowu jedwabników i przerobu kokonów jako substratu do produkcji pasz lub karmy dla zwierząt hodowlanych. Z kolei bogate w związki mineralne i organiczne odchody gąsienic mogą być stosowane jako ekologiczny nawóz, co jest od kilkuset lat praktykowane w delcie Rzeki Perłowej w południowej prowincji Chin. Szybki wzrost, duża płodność, niewielki rozmiar oraz stosunkowo krótki cykl życiowy czyni z jedwabników morwowych idealne organizmy modelowe. W tej roli są wykorzystywane nie tylko w badaniach dotyczących nowoczesnych środków ochrony roślin, ale także wirulencji mikroorganizmów, odporności gospodarza, a także w ocenie skuteczności *in vivo* licznych substancji biologicznie czynnych, m. in. antybiotyków [Arias, Mendez 2015; Grześkowiak, Łochyńska, 2017; Li i in. 2015].

Azji uprawianych jest ponad 1000 odmian morwy przeznaczonych typowo do skarmiania jedwabników, m. in. S-1, S-13, S-146, S-1635, 'V1' wiele z nich to poliploidy oraz mieszańce z innymi gatunkami morwy. Za wyjątkowo przydatne w hodowli jedwabników uznawane są odmiany wysokobiałkowe, których liście mogą zawierać ponad 35-36 % protein w suchej masie, podczas gdy u większości kultywarów zawartość tego składnika waha się w granicach 16-31 % (przeciętnie 19-25 %). Do uprawy w klimacie umiarkowanym dla potrzeb jedwabnictwa nadają się m. in. 'Okinawa', 'Chinese White', 'Goshoerami' oraz wysoko ceniona polska odmiana 'Żółwińska Wielkolistna'. Do uprawy w Polsce polecane były również formy botaniczne takie jak morwa pełnolistna *M. alba var. integrifolia* oraz dzika *M. alba var. dissecta*, ponadto odmiany uprawowe takie jak morwa columbassetta *M. alba var. collumbassetta*, różowa *M. alba rosea*, zmiennolistna, a także morwa Moretti, obecnie uznawana za osobny gatunek *M. macroua, syn. M. macrophylla*. Odmiany szczególnie przydatne w hodowli jedwabników powinny wyróżniać się takimi cechami jak szybkość wzrostu, intensywny przyrost pędów (przekraczający niekiedy 2,5 m rocznie), gęste ulistnienie, regularne, duże blaszki liściowe, tolerancja na mróz i niedobór wilgoci, a nawet zawartość suchej masy w liściach czy grubość warstwy wosku epikutynularnego na powierzchni blaszek liściowych [Łochyńska 2018; Madyarov 2005; Petkov 2015; Vijayan i in. 2012; Zhan-hua 2020]. Morwa jako gatunek została sprowadzona do naszego kraju na przełomie XVIII i XIX w., jednak popularność zyskała dopiero w latach 20 XX w., w czasach rozkwitu polskiego jedwabnictwa, zwłaszcza po założeniu Centralnej Doświadczalnej Stacji Jedwabniczej w Milanówku, w 1924 r. Obecnie zakład sprowadza jedwab z Chin, a z całej plantacji założonej przez założycieli stacji, rodzeństwo Henryka i Stanisławę Witaczek pozostało tylko jedno drzewo morwowe, natomiast plantacja doświadczalna znajduje się obecnie w Zakładzie Doświadczalnym Instytutu Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich w Pętkowie. Choć dziś to rzemiosło ma u nas marginalne znaczenie, na pierwszy plan wysuwają się

liczne inne możliwości zastosowania morwy białej. Nazwa gatunkowa pochodzi od popielatej lub szarobeżowej kory pokrywającej pień oraz pędy młodych okazów, wykorzystywanej do wyrobu azjatyckiego czerpanego papieru kozo. Drewno morwy doskonale nadaje się do toczenia, poddane obróbce hydrotermicznej może być z powodzeniem gięte, ponadto dobrze się poleruje i polituruje, nadaje się do klejenia oraz malowania. Twardziel morwy uważana jest za stosunkowo trwałą, odporną na działanie grzybów i owadów. Dawniej drewno morwy było stosowane na tyczki do winnic, do wyrobu beczek i innych naczyń klepkowych, dyszli i kół wozów oraz kostek brukowych. Niegdyś w Indiach było używane do wyrobu łodzi. Materiał ten w postaci litej lub oklein jest nadal używany w meblarstwie. Ze względu na silne zabarwienie twardej morwa jest chętnie używana w galanterii drzewnej w tym w wyrobach toczonych (różne ozdoby i drobne przedmioty użytkowe). Zawiera ok. 32 % tanin, stąd może być wykorzystywane w przemyśle barwierskich do naturalnego barwienia tkanin na złotobrazowo (Fot. 8). Drewno morwowe, ze względu na elastyczność, giętkość, łatwość polerowania i lakierowania jest przydatne do produkcji sprzętu sportowego, takiego jak kije hokejowe, rakiety do tenisa i badmintona. Co więcej, drewno morwy zawiera 50-57,4 % celulozy, 16-20% hemi-celulozy, 20-24,6% ligniny oraz 5% białka, do tego cechuje się stosunkiem węgla do azotu wynoszącym ok. 86:1, dzięki czemu stanowi dobre podłoże do uprawy grzybów, wykorzystywanych w celach kulinarnych i leczniczych, takich jak bocznik, *Auricularia auriculajudae* (Bull.) Quéf. oraz *Ganoderma lucidum* (Curtis) P. Karst. [Kozakiewicz 2010, 2020; Litwińczuk i in. 1999; Łochyńska, Oleszak 2011; Przeor 2021; Wodzicki 1828].

W naturalnej formie morwa biała jest drzewem o rozłożystej, nisko osadzonej koronie, po wielu latach osiągającym ok. 15 m wysokości. Jest szczególnie polecana do nasadzeń na terach zurbanizowanych, zarówno ze względu na wybitne zdolności adaptacyjne, jak i pełnione przez nią usługi ekosystemowe. Jest zaliczana do roślin ciepłolubnych, wytrzymuje upały rzędu 40 °C, a jednocześnie znosi spadki temperatury do -30°C. Jej pędy po przemarznięciu szybko się regenerują, ponadto rozpoczyna wegetację późno, początek rozwoju pąków przypada w Polsce na przełom kwietnia i maja, w związku z czym z reguły nie są one uszkodzane przez wiosenne przymrozki. Młode okazy są wrażliwe na silne mrozy, dlatego przez pierwsze lata zimą potrzebują okrycia, zwłaszcza w chłodniejszych regionach, starsze są z reguły w pełni mrozoodporne. Zgodnie z tzw. podziałem kórnickim morwa biała może być sadzona od strefy 5b. Gatunek preferuje umiarkowanie żyzne gleby o obojętnym, lekko zasadowym lub lekko kwaśnym odczynie (optymalne pH wynosi zależnie od autora 6,5-7,0 lub 6,2-6,8), niezbyt mokre, ale utrzymujące wilgoć, a przede wszystkim przepuszczalne, jednak jest pod tym względem bardzo tolerancyjna. Dobrze znosi zarówno suszę, jak i przejściowo podmokłe podłoża, aczkolwiek odpowiedź na stres wodny różni się u poszczególnych kultywarów czy podgatunków [Czekalski 2020^{a,b}; Łochyńska 2018; Mamrutha i in. 2010; Martín i in.

2000; Sarwa 2012; Skwaryło-Bednarz i in. 2019; Zhan-hua 2020]. Cechuje ją znaczna odporność na zanieczyszczenie powietrza, a ponadto zasolenie, podwyższoną zawartość metali ciężkich, a także związków siarki oraz wapnia w glebie, dlatego może być z powodzeniem uprawiana w miastach i przy ruchliwych drogach, są także polecane do nasadzeń w parkach, na osiedlach bądź przy ulicach [Checker i in. 2012; Kumar i in. 1999; Lal i in. 2008; Sarwa 2012; Sudhakar i in. 2001; Wang 2002; Wang i in. 2004; Zhan-hua 2020]. Ze względu na wysoki roczny przyrost biomasy morwa biała przejawia wysoką zdolność do magazynowania CO₂ w tkankach, co jest kolejną zaletą pretendującą ją do nasadzeń na obszarach miejskich. W klimacie umiarkowanym cechuje się wysoką odpornością na choroby i szkodniki, jedyny problem stanowią ptaki, m. in. drozdy, kwiczoły i szpaki, które wyjadają owoce morwy jeszcze chętniej niż czereśnie i wiśnie. Z drugiej strony żywopłoty i szpalery morwowe mogą być dzięki temu przydatne w ekologicznej ochronie sadów owoców pestkowych oraz plantacji borówki amerykańskiej [Meszka 2013; Tartanus 2019]. Morwa biała może być równie wszechstronnie wykorzystywana w ogrodzie ozdobnym. Dobrze znosi cięcie, zależnie od odmiany oraz sposobu pielęgnacji może być uprawiana w formie swobodnie rosnącego drzewa, krzewu, wysokiego szpaleru, a także formowanego żywopłotu [Czekalski 2020^{a,b}; Jankowski i in. 2020; Łochyńska 2018; Rohela i in. 2020]. W tej ostatniej roli sprawdzą się m. in. 'Venosa' o drobnych, delikatnie postrzępionych liściach oraz polska odmiana 'Żółwińska Wielkolistna'. Podczas dojrzewania owoce masowo opadają, w przypadku odmian o ciemnych owocach, plamiąc utwardzone powierzchnie obficie wydzielanym sokiem, który szybko fermentuje wydzielając nieprzyjemny zapach. Z tego powodu do sadzenia przy ulicach, placach czy parkingach polecane są odmiany które nie zawiązują owoców, np. 'Kingan', 'Fan San', 'Stribling' albo strzępiastolistna 'Fruitless'. Z drugiej strony, należy zauważyć, iż pyłek morwy jest zaliczany do silnych alergenów, stąd w okresie kwitnienia męskie osobniki tego gatunku mogą być uciążliwe dla osób nadwrażliwych [Armentia i in. 1999; Gilman 1994; Olszowski, Walczak 2008; Rapijko 1997]. W małych ogrodach sprawdzi się karłowa, samopylna odmiana 'Gerardi's Dwarf' o wzroście 1,5-2 m, malownicza 'Pendula' o zwisających pędach, a także bardzo do niej podobna, ale nietworząca owoców 'Chaparral'. 'Nuclear Blast' to prawdziwy unikat: rośnie w formie nieregularnej, szerokiej kopuły wysokości ok. 1 m, jej niepowtarzalną cechą są taśmowate, wijące się liście. Do amatorskiego sadu warto wybrać bardzo plenną, silnie rosnącą odmianę 'Milanówek' bądź 'Pakistan', cenioną ze względu na czarne owoce długości aż 4-5 cm. Najbardziej charakterystyczna cecha morwy białej to heterofilia, czyli niesamowita różnorodność liści w obrębie jednego drzewa, nawet położonych obok siebie na tym samym pędzie (Fot. 7). Zależnie od odmiany, warunków wegetacji oraz wieku pędu osiągają długość od 3 do ok. 30 cm, mogą mieć kształt sercowaty, trójkątny, jajowaty, ich blaszka bywa całobrzega lub w różnym stopniu powcinana, do tego wgłębienia czy zatoki mogą występować symetrycznie lub tylko

z jednej strony liścia. Unerwienie jest dobrze widoczne, blaszka po rozerwaniu wydziela sok mleczny charakterystyczny dla taksonów z rodziny morwowatych *Moraceae*. Badania prowadzone w obszarze Himalajów wykazały ponadto zróżnicowanie fenotypowe tego gatunku zależne od wysokości nad poziomem morza, na jakiej rośnie dany okaz. Donoszą, iż wraz ze wzrostem wysokości n. p. m. o 100 m, średnia długość, szerokość oraz powierzchnia liści zmniejszały się odpowiednio o 1 cm, 0,8 cm i 16,6 cm² [Bajpai i in. 2014, 2015]. Liście, zależnie od odmiany i warunków uprawy mogą znacznie różnić się składem: zawartość suchej masy wynosi 22-35 %, z czego ok. 15-31 % stanowi białko o wysokiej zawartości aminokwasów egzogennych (u odmian wysokobiałkowych nawet ponad 36 %), 2-8 % tłuszcz, 9,7-15 % cukry, 9,9-13,85% błonnik, a 11,3-17,24 % popiołu. W 100 g suchej masy liści znajduje się do 200 mg kwasu askorbinowego, 8-13 mg β-Karotenu, do 50 mg żelaza, 786-2727 mg wapnia, prawie 1000 mg fosforu oraz 0,72-3,65 cynku. Liście morwy są bogate w polifenole, zwłaszcza flawonoidy: pochodne kwercetyny i kemferolu, rutyna, izokwercytryna, astragalina, witeksyna i izowiteksyna, luteolina, apigeina, hiperozyd, pochodne moracetyny oraz inne glikozydy, taniny, kumaryny: skopolina i skimina, a także fenolokwasy: kwas chlorogenowy, rozmarynowy oraz kawowy. Według badań różnych autorów całkowita zawartość polifenoli w liściach poddanych ekstrakcji hydroalkoholowej może wynosić od 12,81-15,50 mg GAE (ekwiwalentu kwasu galusowego) po ponad 25,22 mg w 1 g suchej masy liści. Są bogatym źródłem polifenoli, triterpenów, steroli, flawonoidów (rutyna, moracetyna, kwercetyna-3-trójglukozyd i izokwercytryna), kumaryn, olejków lotnych, alkaloidów, aminokwasów, kwasów organicznych oraz innych związków biologicznie czynnych o działaniu przeciwzapalnym, przeciwobrzękowym i przeciwutleniającym, zawierają kwasy cytrynowy, jabłkowy, szczawiowy i winowy, a ponadto witaminę D, prowitaminę A, beta-karoten, kwas foliowy oraz olejki eteryczne. Do najcenniejszych składników bioaktywnych w liściach morwy należą rutyna, kwercetyna i apigenina, ekstrakt z liści morwy zawiera ponadto kwas azotowy, prostaglandynę E2 i cytokiny. Suszone liście morwy zawierają ok. 266 mg kwasu γ-aminobutyrowego w 100 g, czyli ok. 10-krotnie więcej w porównaniu do zielonej herbaty. Napar z suszu obniża ciśnienie krwi oraz usprawnia przewodnictwo nerwowe. Poddany liofilizacji może być stosowany jako wysokobiałkowy dodatek do dań i wypieków [Bandna i in. 2013; Ercisli, Orhan 2007; Gecer i in. 2016; Grześkowiak, Łochyńska, 2017; Łochyńska, Oleszak 2011 Lamiaa 2014; Litwińczuk i in. 1999; Łochyńska 2015; Przeor 2021; Wawro i in. 2013].



Fot. 7. Heterofilia (różnolistność) jest wyraźnie widoczna u morwy białej.

Jesienią liście przebarwiają się na piękny złotożółty kolor, wiosną rozwijają się dość późno, w połowie kwietnia, kilka tygodni przed kwitnieniem, które w Polsce przypada na przełomie kwietnia i maja. Morwa jest zaliczana do roślin dwupiennych, u których męskie i żeńskie kwiaty występują na osobnych drzewach, jednak spotkane są osobniki rozwijające jednocześnie kwiaty obu płci, a także kwiatostany hermafrodytyczne [Li i in. 2015; Łochyńska 2015; Przeor 2021]. Owoce dojrzewają od końca czerwca do końca sierpnia, a niekiedy pierwszych dni września, przy czym poszczególne osobniki znacznie różnią się okresem i długością owocowania. Gatunek wbrew nazwie tworzy nie tylko białe, ale też żółtawe, różowe, fioletowe lub czarne owocostany, wielkością i kształtem przypominające wydłużone maliny. Są jadalne i bardzo słodkie, smaczne świeże i suszone, nadają się na przetwory takie jak soki, wina czy dżemy. Produkowane są z nich ponadto ciasta, ciastka, galaretki, mączki, musli, jednak w Polsce dostępne są niemal wyłącznie jako bakalie, w formie suszonej [Bieniek i in. 2015; Czekański 2020^{a,b}; Litwińczuk 1999; Łochyńska, Oleszak 2011; Przeor 2021; Rafeeq i in. 2020; Rohela i in. 2020]. W krajach azjatyckich w sadach owocowych uprawiane są takie kultywary jak 'English Black', S-1531, S-1301, S-146, 'Okinawa', Tr-8, Tr-10, 'Chinese White', MS-9404, Mandalaya, MI-0118, MI-0171, MI-0249, MI-0300, MI-0497, MI-0512, MI-0059, MI-0506, MI-0380, MI-0572, ME-0004, ME-0042, MR-2. Do obiecujących odmian owocowych należą m. in. północnoamerykańskie 'Tehama', 'Shangri La', 'Thorburn', 'Trowbridge' i 'New American', chińskie 'Pendulum', 'Hunza Seedles', 'Downing' oraz 'Beautiful Day'. Zależnie od odmiany i warunków uprawy z 1 ha sadu zbiera się 400-500 kg owoców rocznie, a w przypadku wysokoplonujących odmian w zwrotnikowym klimacie nawet więcej. W tropikalnych Indiach owoce

zbiera się dwa razy w roku, wiosną i latem, przy czym zbiór wiosenny jest wyższy, podobnie jak zawartość soku w owocach (odpowiednio 50-60 % wiosną i 30-40 % latem). Z hektara nawadnianej plantacji krzewów morwy w odmianie 'MR-2' przy gęstości nasadzeń 0,9 x 0,9 m można uzyskać ponad 600 kg owoców. Niestety, świeże nie nadają się do przechowywania, nieprzetworzone szybko się psują i łatwo ulegają uszkodzeniom podczas transportu [Fang i in. 2016; Vijayan i in. 2012]. Problematiczna jest również łatwość opadania owoców pod wpływem silnego wiatru, przy czym właściwość ta jest mocno zróżnicowana u poszczególnych kultywarów, a nawet osobników tej samej odmiany. W USA cena świeżych owoców morwy wynosi 22-33 \$/kg (10-15 \$/lb). W Polsce świeże są praktycznie niedostępne w sprzedaży, a cena suszonych waha się od ok. 70 zł/kg do blisko 230 zł/kg [www.agmrc.org; bakaliowo.pl; natur-sklep.pl; Avakian, Martin 2016; Sobczak 2016]. Popularny w Chinach, Japonii i Korei sok z owoców morwy bez dodatków konserwantów przechowywany w butelkach zachowuje świeżość w temperaturze pokojowej przez ok. 12 miesięcy. W Azerbejdżanie popularnością cieszą się koncentraty (doshab) i syropy (bakmaz). Z 1 ha sadu morwowego w subtropikalnych Indiach można przygotować ok. 4000 kg dżemu owocowego i 7000 l miąższu owocowego. W Indiach sprzedaż dżemu i pulpy przynosi dochód w wysokości odpowiednio 1063,72 \$/ha i 1161,70 \$/ha [Datta 2000; Kumaresan i in. 2008; Masilamani i in. 2008; Singhal i in. 2006]. Wino morwowe ma słodko-kwaśny smak, jest cenione w krajach europejskich. W Grecji owoce morwy są wykorzystywane do produkcji tradycyjnego aromatycznego destylatu mouro. W Azerbejdżanie, Gruzji i Armenii bardzo popularny jest mocny likier „Tut araghi” z soku z owoców morwy. W Chinach z suszonych owoców morwy przygotowuje się pastę o nazwie sangshengao, zaparzana jak herbata mająca usprawniać pracę wątroby i nerek, wyostrzać słuch i wzrok. W Iranie suszone owoce morwy są używane do słodzenia czarnej herbaty. W położonym na pograniczu Afganistanu oraz Tadżykistanu dystrykcie Darwaz w górach Pamiru Zachodniego morwa biała jest uprawiana jako drzewo chlebowe, niegdyś stanowiąca podstawowe roślinne źródło pożywienia. Owoce suszy się i miele, uzyskując mąkę zwaną „tut-pist”. Ze względu na wysoką higroskopijność szybko skleja się w bryły, które można spożywać bez dalszego przetworzenia. Mąkę morwową rozrobioną z niewielką ilością wody spożywa się jako gęstą papkę, sporadycznie bywa używana do wypiekania placków. Około 10 g suszonych owoców czarnych fenotypów morwy dostarcza około 100 mg antocyjanów, zawierają ponadto działający antymutagenie resweratrol. Uważa się, że ich spożywanie przeciwdziała nowotworom, chorobom serca oraz związanym z przewlekłym stanem zapalnym. Wykazano, iż zwalczają wolne rodniki, przeciwdziałając starzeniu się komórek, pozytywnie wpływają na zawartość tzw. dobrego cholesterolu oraz trawienie węglowodanów [Arfan i in. 2012; Bandna i in. 2013; Bieniek i in. 2015; Gundogdu i in. 2017; Gungor i in. 2008; Kumaresan i in. 2008; Łochyńska, Oleszuk 2011; Przeor 2021; Rafeeq i in. 2020]. Owoce morwy o ciemnym

zabarwieniu są bogate w antocyjany, bywają stosowane jako naturalny barwnik spożywczy oraz przy koloryzacji tkanin. Świeże owoce morwy zawierają ok. 20-30 % suchej masy, w tym 9-20 % cukrów (z czego 1,5-4,5 punktów procentowych stanowi sacharoza) 0,4-1 % białka, 0,9-1 % błonnika, 0,7-2,7 % popiołu oraz 1,4-4% kwasów organicznych, wśród których dominuje kwas cytrynowy. Charakteryzują się również wysoką zawartością kwasu bursztynowego, chlorogenowego, ferulowego, p-kumarowego, syringowego i galusowego, wyższą w porównaniu do owoców morwy czarnej *M. nigra*. Są bogate w makro- i mikroelementy, zwłaszcza fosfor, potas, wapń, magnez, żelazo i cynk, β -Karoten, witaminy z grupy B (tiamina, ryboflawina) oraz C. Kluczowe znaczenie ma wzajemny stosunek zawartości kwasów organicznych oraz cukrów, który kształtuje słodki lub słodko-kwaśny smak owoców [Bandna i in. 2013; Ercisli, Orhan 2007; Ercisli i in. 2010; Eyduran i in. 2015; Gecer i in. 2016; Grześkowiak, Łochyńska, 2017; Gundogdu i in. 2017; Gungor i in. 2008; Lamiaa 2014; Litwińczuk i in. 1999; Łochyńska 2015; Łochyńska, Oleszak 2011; Przeor 2021; Rafeeq i in. 2020].

Kora korzeni stanowi źródło polisacharydów oraz flawonów. W nasionach stwierdzono około 30% oleju zasobnego w nienasycone kwasy tłuszczowe, w drewnie zaś nawet 35% garbników. Spora ilość barwników flawonoidowych, zarówno w liściach, jak i w drewnie, nadaje się do barwienia jedwabiu i wełny na żółto lub pomarańczowo. Z kolei okłady z kory są pomocne w stanach zapalnych tkanki kostnej, przykurczach i zwichnięciach [Chan i in. 2018; Devi 2013; Martins i in. 20020; Rafeeq i in. 2020]. Medycyna orientalna doceniła lecznicze działanie morwy już w starożytności. W Indiach morwa od wieków stanowi tradycyjny lek na takie dolegliwości jak astma, kaszel, zapalenie oskrzeli, obrzęk, bezsenność, trudno gojące się rany, cukrzyca, grypa, infekcje oczu oraz krwawienia z nosa, owoce spożywano w celu wzmocnienia organizmu, terapii niedokrwistości, w chorobach układu moczowego oraz pokarmowego, a nawet w celu zahamowania siwienia włosów. W starożytnej medycynie chińskiej w celach leczniczych wykorzystywano wszystkie części rośliny, przypisując im właściwości chłodzące, przeczyszczające, moczopędne, przeciwbacze, tonizujące, przeciwbakteryjne, hepatoprotekcyjne. Ajurweda, starohinduski system medycyny niekonwencjonalnej, zaleca spożywanie owoców morwy w celu podwyższenia poziomów bioenergii vata oraz pitta. Prozdrowotne właściwości morwy zostały potwierdzone naukowo, obecnie gatunek najszerze zastosowanie znajduje w terapii chorób cywilizacyjnych. Ekstrakt z liści jest stosowany w profilaktyce oraz jako wsparcie farmakologicznej terapii cukrzycy typu 2: zawarte w nim alkaloidy oraz iminocukry (głównie DNJ czyli 1-deoksynojirimycyna, inaczej moranolina) działają inhibicyjnie na aktywność α -glukozydazy, enzymu rozkładającego cukry złożone (sacharozę i skrobię). W efekcie obniżają wchłanianie monosacharydów, a tym samym niwelując zmiany poziomu glukozy we krwi występujące w następstwie spożycia posiłku. Co więcej, DNJ reguluje gospodarkę lipidową organizmu oraz hamuje adipogenezę, przeciwdziałając otyłości i wywierając korzystny wpływ na układ krążenia.

Należy podkreślić, iż dotychczasowe badania nie wykazały interakcji ekstraktów z liści morwy z lekami antydiabetycznymi, co wskazuje na bezpieczeństwo ich stosowania przez cukrzyków. Mimo to osoby stosujące terapię insulinową lub doustne leki hipoglikemizujące powinny przyjmować preparaty z liści morwy dopiero po konsultacji z lekarzem. Ekstrakty z morwy białej są standaryzowane na zawartość DNJ, która w liściach różnych odmian waha się od 0,2 do 3,88 mg/g (większość autorów przytacza wartości w granicach 1,1-1,5 mg/g). Według Uchwały 17/2019 Zespołu ds. Suplementów Diety z dnia 25. października 2019, maksymalna zawartość DNJ zalecanej do spożycia dziennej porcji produktu nie może przekraczać 10 mg. Osoby stosujące terapię insulinową lub doustne leki hipoglikemizujące powinny stosować ekstrakty z liści morwy dopiero po konsultacji z lekarzem [Devi 2013; Ercisli, Orhan 2007; Gao i in. 2016; Izydoreczak i in. 2015; Jeszka i in. 2009^{a,b}; Kar i in. 2015; Katsube i in. 2006, 2009; Mahesh i in. 2017; Przeor 2021; Rafeeq i in. 2020; Walkowiak i in. 2019; Wawro i in. 2013]. Związki zawarte w liściach morwy białej hamują apoptozę komórek β trzustki i stymulują ich proliferację. Napary i ekstrakty z liści wzmacniają aktywność komórkowego transportera glukozy (GLUT4) i stymuluje uwalnianie adiponektyny, hormonu regulującego przemianę glukozy w wątrobie oraz wrażliwość tkanek na insulinę. Ponadto, dzięki zawartości związków fenolowych, m.in. flawonoidów i kwasów fenolowych, wykazuje silne właściwości antyoksydacyjne, przeciwgrzybicze, przeciwbakteryjne i przeciwwirusowe, stwierdzono także jego właściwości cytotoksyczne, spowalniające rozwój komórek raka wątroby, czerniaka oraz białaczki. Udowodnione zostały ponadto przeciwłękowe, uspokajające oraz antydopaminergiczne właściwości ekstraktu z liści morwy. W przypadkach alergii stymuluje proliferację limfocytów i redukcję produkcji przeciwciał, ponadto chroni mózg przeciw dysfunkcji śródbłonna i jako neuroprotektor redukuje prawdopodobieństwo choroby Alzheimera, przeciwdziała miażdżycy (silny efekt inhibitorowy na utlenianie LDL), obniża ciśnienie tętnicze krwi [Aramwit i in. 2011; Katsube i in. 2006, 2009; Przeor 2021; Walkowiak i in. 2019; Wawro i in. 2013; Wawro, Pieprzyk-Kokocha 2016]. Zawarty w liściach mulberrozyd F hamuje biosyntezę melaniny, stąd wyciąg alkoholowy może być stosowany do lokalnego wybielania skóry (depigmentacja piegów, plam, czerniaków). Udowodniono, iż wyciąg z liści morwy neutralizuje działanie jadu niektórych gatunków żmij. Zawartość polifenoli i innych związków bioaktywnych w liściach wykazuje duże zróżnicowanie zarówno między różnymi odmianami, jak również w zależności od warunków uprawy. Ponadto w poszczególnych latach jest bardzo silnie modyfikowana przez przebieg pogody, zwłaszcza w przypadku kwasu chlorogenowego, dominującego wśród związków biologicznie czynnych. Jego zawartość w liściach w sezonie cechującym się korzystnymi warunkami atmosferycznymi u odmiany 'Kokuso' może sięgać 0,75%, by w roku zimnym, niekorzystnym dla wegetacji badanego gatunku, spaść poniżej 0,1 %. Zawartość rutyny w liściach według różnych autorów zawartość tej ostatniej kształtuje się w granicach 0,15-0,33

%) [Gupta i in. 2015; Hashemi, Khadivi 2020; Jeszka i in. 2009^{a,b}; Katsube i in. 2006, 2009; Mahesh i in. 2017]. Wyciąg wodny z kory korzenia morwy białej (AMA) bywa stosowany jako mukoregulator w chorobach płuc ze względu na zawarte w nim kuwanon E, kuwanon G, mulberrofuran G i morusin, związki regulujące wydzielanie i produkcję mucyny w drogach oddechowych. Co więcej, wspomniane mulberrofuran oraz w większym stopniu morusin działają jako naturalne inhibitory wzrostu i podziału komórek wielu typów nowotworów, posiadają właściwości przeciwzapalne, przeciwdrgawkowe, antynocycyptywne, neuroprotektoryjne, przeciwutleniające oraz spowalniające rozwój zakażenia wirusem HIV [Devi 2013; El-Beshbishy i in. 2006; Gupta 2014; Mahesh i in. 2017; Martins i in. 20020; Wawro, Pieprzyk-Kokocha 2016; Wei i in. 2018]. Ekstrakt z kory korzeni morwy białej zawiera 12 związków fenolowych o działaniu przeciwzapalnym: sanggenol Q, sanggenol A, sanggenol L, sanggenol O, sanggenon F, sanggenon N, sanggenon G, kuwanon T, cyklomorusin, mulberrofuran G, mulberrofuran C i moracynę E. Sanggenon C i kuwanon G posiadają szczególnie silne właściwości przeciwbakteryjne, antyoksydacyjne, a ponadto inhibicyjne w stosunku do β -glukuronidazy bakterii jelitowych, enzymu rozkładającego niektóre leki stosowane m. in. w chemioterapii podczas leczenia raka jelita grubego. Sanggenon C wykazuje bezpośrednie działanie cytoprotekcyjne przeciwko uszkodzeniom spowodowanym niedotlenieniem komórek serca (kardiomiocytów). Wyciąg alkoholowy z kory korzeni morwy ze względu na właściwości hipocholesterolemiczne może być zalecany w terapii miażdżycy tętnic. Sok mleczny stosowany zewnętrznie wspomaga gojenie się owrzodzeń i problemów skórnych [Chan i in. 2018; Gecer i in. 2016; Jung i in. 2017; Lee i in. 2014; Mahesh i in. 2017; Martins i in. 20020; Wei i in. 2018]. Szerokie zastosowanie medyczne znajdują również owoce morwy. Wykazano ich skuteczne działanie przeciwgorączkowe, produkowane są z nich preparaty poprawiające odporność, stosowane w leczeniu nietrzymania moczu, zaparc, niestrawności, szumów usznych, zawrotów głowy, bólu i infekcji gardła oraz depresji. Syropy z owoców morwy są stosowane przeciwko hiperlipemii, apopleksji i bezsenności, mają również przeciwdziałać starzeniu. Napar z owoców stosuje się przeciwko miażdżycy, przewlekłemu zapaleniu bądź astenii nerek. Dojrzałe owoce wpływają na poprawę apetytu, zapobiegają wzdęciom, ponadto zwalczają pasożyty jelitowe, takich jak tasiemiec [Bandna i in. 2013; Chan i in. 2018; Eydurán i in. 2015; Grześkowiak, Łochyńska, 2017; Kumaresan i in. 2008; Lamiaa 2014; Litwińczuk i in. 1999; Łochyńska 2015; Łochyńska, Oleszak 2011; Masilamani i in. 2008; Memon i in. 2010; Sánchez-Salcedo i in. 2015; Wang i in. 2012]. Liście i młode pędy morwy białej są trawione przez zwierzęta roślinożerne w 70-90 %, cechują się wysoką zawartością minerałów i białka bogatego w aminokwasy egzogenne, a ponadto nie zawierają substancji antyżywnościowych, dlatego doskonale nadają się jako pasza dla zwierząt gospodarskich. Do tego celu stosuje się takie odmiany jak 'Hebbal', 'Izatnagar1', 'Palampur1', 'Parbhani1', 'Kanva-2', 'Mpwapwal', 'Dominican', 'Criolla', 'Tigreada', 'Koruso 21',

‘Acorazonada’, ‘Dominican’ oraz ‘Indonesia’. Tak jak w przypadku produkcji morwy do skarmiania jedwabników, preferowane są osobniki męskie, charakteryzujące się wyższym plonem liści. W krajach azjatyckich, m. in. Indiach, Chinach i Afganistanie, a także we Włoszech, liście, pędy, a nawet kora morwy białej są tradycyjnie wykorzystywane jako pasza dla zwierząt monogastycznych m. in. kóz, owiec, królików. Mogą stanowić również wartościowy zamiennik koncentratów do skarmiania bydła mlecznego, obecnie takie zastosowanie jest z powodzeniem praktykowane głównie w Ameryce Łacińskiej, m. in. na Kubie i w Kostaryce, a na mniejszą skalę także w krajach afrykańskich, m. in. w Kenii oraz Tanzanii. [Angeloni 2000; Datta 2000; Khyade 2009; Łochyńska, Oleszak 2011; Martín i in. 2000; Singh, Makkar 2000]. Suszone owoce zapewniają wydajny przyrost wagi ptactwa domowego, lepszą nieśność i wartość jaj. Oprócz tego świeży sok uzyskany z owoców wykorzystuje się w weterynarii do zwalczania tasiemczycy, nosówki, gorączki, kaszlu i pryszczycy. Ze względu na szybki wzrost morwy w młodym wieku (do 40-50 lat) prowadzone są badania nad jej wykorzystaniem w przemyśle energetycznym oraz jako biopaliwo. W Polsce produkcja biomasy morwy wynosi rocznie 14-17 t/ha, w, w Bułgarii w przypadku klonu ‘No 106’ ponad 38 t/ha, natomiast w tropikalnym klimacie Kuby nawet 50 t/ha. Cechuje się ona wysoką zawartością celulozy (57,4%), hemicelulozy (16,3%) i lignin (24,6%). Wartość opałowa drewna morwy białej według różnych autorów wynosi ok. 4275 - 4770 kcal/kg. Ze 100 kg suchej biomasy morwy uzyskuje się średnio 85 m³ biogazu. Dzięki dużej odporności taksonu na choroby i szkodniki w warunkach amatorskich uprawa nie wymaga stosowania chemicznych pestycydów, natomiast niskie wymagania glebowe pozwalają lokalizować plantacje na terenach mało produktywnych lub zdegradowanych. Obecnie pojawiły się nowe możliwości zastosowania drewna, kory oraz korzeni morwy białej jako surowców do produkcji biodegradowalnego plastiku, polimerów, farb, lakierów, węgla aktywnego oraz hormonów roślinnych, a ponadto do przemysłowej ekstrakcji enzymów, m. in. izomerazy, proteazy, lipazy, glikozydazy, topoizomerazy oraz inwertazy [Czekalski 2020^a; Lu i in. 2009; Litwińczuk 1999; Łochyńska, Oleszak 2011; Martins i in. 20020; Petkov, Tzenov 2008; Przeor 2021; Tanase i in. 2008].



Fot. 8. Przekrój poprzeczny pnia morwy białej. Drewno ma złotobrazowe zabarwienie

2. Uprawa: historia i stan obecny

2. 1. Uprawa morwy na świecie

Największym na świecie producentem morwy, głównie dla potrzeb jedwabnictwa, od wielu lat są Chiny. W 1998 r. areał tamtejszych upraw wynosił 626,000 ha, w 2019 roku powierzchnia nasadzeń morwy przekroczyła 800 000 ha i nadal wzrasta. Plantacje zlokalizowane są przede wszystkim w południowo wschodnich prowincjach oraz w odizolowanym od reszty areału upraw regionie Xinjiang Uygur w północno zachodniej części kraju. Uprawy zakładane są na terenach o silnie zróżnicowanych warunkach siedliskowych, przy czym do nasadzeń stosuje się różne, odpowiednio dobrane odmiany, pochodzące od różnych gatunków i podgatunków morwy. Na terenach o suchym kontynentalnym klimacie, z roczną sumą opadów nieprzekraczającą 100 mm znaczenie mają takie odmiany jak ‘He Tian Bai Sang’, na obszarach o średniej temperaturze 8-15°C i sumie opadów 400-1000 mm polecane są odmiany ‘Da Ji Guan’, ‘Hei Lu Cai Sang’, ‘Xuan 792’, ‘Niu Gen Sang’, ‘Hei Ge Lu’, ‘Yun Sang 2’ oraz ‘Dao Zhen Sang’. Regiony Chin o największym areale upraw morwy cechują się ciepłym, dość wilgotnym klimatem, ze średnią temperaturą wynoszącą 15-20°C i sumą opadów 1000-1500 mm, uprawiane są tam takie kultywary jak ‘Tong Xiang Qing’, ‘Hong Cang Sang’, ‘Hu Sang 197’, ‘Hu Sang 199’, ‘Huo Sang’, ‘Nong Sang 8’, ‘Yu 2’, ‘Zhong Sang 5801’, ‘Hong Pi Wa Sang’, ‘Hei You Sang’, ‘Da Hua Sang’, ‘Xiao Guan Sang’ oraz ‘Jia Ling 16’. Na obszarach o wybitnie wilgotnym,

subtropikalnym klimacie, z roczną sumą opadów sięgającą 2000 mm i średnią temperaturą 22 °C sprawdzają się odmiany ‘Guangdong Jing Sang’, ‘Lun 40’, ‘Lun 109’, ‘Sha 2’, ‘Da 10’ oraz ‘Kang Qing 10’. W skali kraju największe znaczenie mają takie odmiany jak ‘Tong Xiang Qing’, ‘Hong Cang Sang’ i ‘Hu Sang 197’, o rocznym plonie liści sięgającym 33-37 t/ha. Trzy powyższe kultury są diploidalne, podobnie jak odmiany ‘Hu Sang 199’, ‘Nong Sang 8’, ‘Yu 2’, ‘Xiao Guan Sang’, ‘Hei Ge Lu’, ‘Yun Sang 2’ i ‘Dao Zhen Sang’. Potrojony genotyp cechuje odmiany ‘Hei You Sang’, ‘Da Hua Sang’ i ‘He Tian Bai Sang’. Zgodnie z polityką chińskiego rządu zakładane są nowe wielkoobszarowe plantacje, w tym również na obszarach pustynnych, z zyskiem dla środowiska oraz lokalnych rolników. Prowadzone są intensywne prace hodowlane, skoncentrowane m. in. na uzyskaniu odmian cechujących się wysoką zawartością białka w liściach i pędach, a także wyjątkowo odpornych na stropy abiotyczne: suszę, zasolenie, mróz i upały. Hodowcy wykorzystują również zjawisko bujności mieszańców do uzyskania odmian F1, cechujących się wybitnie szybkim, intensywnym wzrostem oraz wysokim plonowaniem, otrzymanych poprzez krzyżowanie odmian wywodzących się z homozygotycznych linii. Pary stosowane do pozyskiwania materiału siewnego odmian F1 to m. in. ‘Sha 2’ i ‘Lun 109’, a także ‘Tang 10’ i ‘Lun 109’. W Chinach z monokulturowych plantacji morwy plon liści wynosi od ok. 26250 kg/ha przy zastosowaniu form o pniach wysokości 0,5-0,8 m i gęstości nasadzeń 10500-15000 roślin/ha, do 37500-52500 kg/ha przy zastosowaniu form niskopiennych lub krzewiastych i gęstości nasadzeń 90000-120000 roślin/ha. W południowych prowincjach Chin praktykowana jest uprawa w międzyrzędziach sadów morwowych warzyw lub roślin ozdobnych (chryzantem), pozwalające plantatorom czerpać wyższe zyski z tego samego arealu uprawy. Popularnym rozwiązaniem są nasadzenia morwy na terenach zdegradowanych, przy drogach lub wzdłuż rowów melioracyjnych. W prowincji Syczuan, najważniejszym chińskim regionie przemysłu jedwabniczego, morwa jest popularnie sadzona na obszarach górskich, pagórkowatych i wyżynnych. Unikatowym rozwiązaniem jest tworzenie swego rodzaju sztucznego ekosystemu funkcjonującego w obiegu zamkniętym, tj. uprawa morwy na groblach pomiędzy stawami hodowlanymi, praktykowane od kilkuset lat w delcie Rzeki Perłowej w południowej prowincji Guangdong. Liście morwy służą do karmienia jedwabników, następnie odchody larw owadów oraz niezjedzone resztki są wykorzystywane jako pokarm dla ryb hodowanych w stawie, z kolei muł ze stawu służy do nawożenia nasadzeń morwy [Huo 2000; xinhuanet.com 2021; Zhan-hua 2020].

W Indiach morwa biała od niepamiętnych czasów słynie ze swych właściwości leczniczych. W tamtejszym systemie medycyny tradycyjnej liście morwy, często w formie naparów i ekstraktów, są szeroko stosowane w terapii cukrzycy, a ponadto traktowane jako specyfik poprawiający ogólny stan zdrowia [Kar i in. 2015]. Jednocześnie jako drugi na świecie największy producent, konsument i eksporter jedwabiu Indie posiadają olbrzymi areal plantacji morwy uprawianej jako pokarm dla

jedwabników. Tego rodzaju nasadzenia zajmują ważne miejsce w gospodarce większości stanów. W 2000 roku ich łączna powierzchnia wynosiła 282 244 ha, do 2010 roku spadła do ok. 160 000 ha. Obecnie obserwowana jest tendencja wzrostowa: areał indyjskich upraw morwy w 2013 roku wyniósł ok. 192 000 ha, natomiast w 2020 roku ponad 239 000 ha. Od lat 60' XX w prowadzony jest program hodowlany, mający na celu uzyskanie wysokoplennych odmian morwy, z zastosowaniem metod konwencjonalnego krzyżowania, selekcji naturalnych mieszańców i mutacji o cechach przydatnych w dalszej hodowli, poliploidyzacji oraz krzyżowania wstecznego, a także poszerzając pulę genową odmian uprawnych o dzikorosnące podgatunki i odmiany lokalne. Jego efektem było uzyskanie takich kultywarów jak 'S1', 'S1635', 'S799', 'C776', 'C763', 'BC259' oraz 'TR-10'. Poszczególne regiony kraju specjalizują się w uprawie konkretnych odmian, najlepiej dostosowanych do specyfiki lokalnych warunków, z zastosowaniem odmiennych technologii uprawy. Ponad 90 % powierzchni upraw znajduje się w południowej części półwyspu Indyjskiego, charakteryzującej się zwrotnikowym klimatem, przede wszystkim w stanach Karnataka oraz Andhra Pradesh. Na plantacjach nawadnianych sadzone są głównie odmiany pochodzące od podgatunku *M. alba var. indica*, takie jak 'Kanva-2', 'Victory-1', 'DD', 'Vishala', 'S36' oraz 'S54', z kolei bez stosowania nawadniania uprawiane są odmiany 'Anantha', 'S13', 'S34' i 'MR2'. W subtropikalnych regionach Indii, na plantacjach położonych na terenie pagórkowatym, we wschodnich i północno-wschodnich stanach na uprawiane są odmiany 'S799', 'S-1' oraz triploidalna 'S1635', na północy kraju dominującą rolę odgrywa odmiana 'S146'. W górach na wschodzie kraju największe znaczenie ma odmiana 'BC259' oraz triploidalna Tr10'. Na obszarach o klimacie umiarkowanym ciepłym uprawiane są odmiany 'Goshoerami' i 'China White', natomiast w regionach położonych w strefie klimatu umiarkowanego chłodnego, na stokach gór do wysokości ok. 1000 m n.p.m., dominuje wyselekcjonowana z natury odmiana 'Chak Majra' oraz 'S146'. W tropikalnym klimacie Indii plon liści i pędów morwy uzyskuje się kilka razy w sezonie. Praktykowane sposoby sadzenia to rozstaw ok. 90 cm x 90 cm lub rzędowo, w odległości ok. 60 cm w rzędzie i 1,5 m między rzędami. Rośliny są prowadzone głównie w formie krzewów. Pierwszy zbiór przypada ok. 6 miesięcy po posadzeniu, gdy rośliny osiągną 1,5-1,75 m wysokości, polega na ścięciu wszystkich pędów tuż nad powierzchnią gruntu. Drugi zbiór, tym razem samych liści, przypada po następnych 3 miesiącach, kolejne 3 miesiące później ponownie ścinane są całe pędy. Od drugiego roku po posadzeniu, przy intensywnym systemie uprawy w zwrotnikowym klimacie, zbiory na plantacjach jedwabniczych morwy przeprowadza się co ok. 70 dni. Plon liści i pędów wynosi wówczas od 32-35 t/ha u odmiany 'Kanva-2' po 60-70 t/ha u rekordowo plennej odmiany 'Victory-1'. Na południu kraju zbiór owoców uzyskuje się dwa razy w sezonie: w marcu oraz na przełomie października i listopada. W Indiach postępuje rozwój bardziej zrównoważonych i ekonomicznych metod uprawy morwy dla potrzeb jedwabnictwa. Ów przemysł ma być sposobem na

zapewnienie zatrudnienia ludności wiejskiej w prowincjach cierpiących z powodu niedoborów opadów, a tym samym zapobiegać migracji do dużych miast. Obecnie w przemyśle jedwabniczym pracuje ok. 6,8 mln mieszkańców Indii, w tym ok. 6 mln przy uprawach morwy. Szacuje się, iż każdy hektar upraw tego gatunku z zastosowaniem nawadniania zapewnia zatrudnienie średnio dla 1,5 osoby, a na plantacjach nienawadnianych dla 4,5 osoby. Indyjscy socjologowie podkreślają rolę upraw morwy w procesie poprawy sytuacji ekonomicznej ludności wiejskiej, kobiet, a także członków niższych kast. Z sukcesem praktykowana jest współrzędna uprawa morwy z innymi gatunkami użytkowymi. W tropikalnych częściach kraju morwy prowadzone w formie drzew rosną między rzędami herbaty lub kawy jako rośliny cieniujące, z kolei formy krzewiaste są sadzone na plantacjach palm kokosowych. W podzwrotnikowym, subhimalajskim regionie Indii, na terenach położonych 300-1000 m n.p.m., jako sposób ochrony i rekultywacji zdegradowanych gleb, morwa biała w odmianie 'S146' jest uprawiana współrzędnie z krótkotrwałymi roślinami pastewnymi. W porze monsunowej między rzędami morw wysiewane jest sorgo *Sorghum vulgare* Pers., latem fasola złota *Vigna radiata* L., zimą koniczyna Aleksandryjska *Trifolium alexandrinum* L. W tym systemie uprawy liście morwy zbiera się dwa razy w roku, ich łączny plon wynosi ok. 10 kg z każdego drzewa, które przy okazji dostarcza ok. 3 kg jadalnych, czerwonopurpurowych owoców. Oprócz podstawowego przeznaczenia jako pokarm dla jedwabników, liście i pędy morwy są w Indiach wykorzystywane jako pasza dla bydła i kóz. Gałęzie stanowią ponadto źródło drewna opałowego, a giętkie, młode pędy materiał do wyplatania koszy. [Datta 2000; Kar i in. 2015; Pandey, Dhar 2013; Rahman, Hoque 2007; Seema 2018; Singh, Makkar 2000; Singhal i in. 2010; Statista Research Department 2021; theplantlist.org 2021; Tikader, Kamble 2008; Vijayan i in. 2011, 2012]

W Uzbekistanie morwa biała jest od wieków ceniona jako roślina lecznicza, a jej owoce są tradycyjnym składnikiem lokalnej kuchni, jednak plantacje tego gatunku są zakładane niemal wyłącznie na potrzeby jedwabnictwa. Kraj zajmuje trzecie miejsce na świecie pod względem wysokości produkcji i eksportu surowego jedwabiu. Podstawowym ośrodkiem uprawy morwy już od czasów starożytnych jest Dolina Fergany, rozciągająca się między łańcuchami górskimi Tien-Shan na północy i Gissar-Alai na południu. Klimat regionu jest typowo kontynentalny, z ekstremalnymi różnicami i gwałtownymi wahaniami temperatur. W marcu temperatura dochodzi do 20 °C, a następnie gwałtownie wzrasta do 35 °C w czerwcu, lipcu i sierpniu, by zimą spaść do -20 °C. Wiosną i latem opady są rzadkie, ich częstotliwość wzrasta dopiero od października. Gospodarka regionu opiera się głównie na rolnictwie oraz sadownictwie, a jedwabnictwo stanowi jeden z filarów tamtejszego przemysłu. Obecnie w ramach programu badawczego CGIAR (Consultative Group for International Agricultural Research) "Dryland Systems" prowadzone są doświadczenia nad innowacyjnymi technologiami uprawy oraz nawadniania, a także doborami odmian i genotypów odpornych na suszę.

Uzbecki przemysł jedwabniczy nadal dynamicznie się rozwija, a wraz z nim wzrasta powierzchnia nasadzeń morwy. Istniejące plantacje i szkółki tego gatunku, a także prace przy nowych nasadzeniach, zapewniają zatrudnienie blisko 2,2 mln. pracowników [Azimova 2019; Khojimatov i in. 2015; Madyarov 2005; Turok 2020; Turok i in. 2014; www.cgiar.org 2021].

W Japonii hodowla morwy jest nastawiona na pozyskanie odmian wysokoplonujących, cechujących się wysoką zawartością składników odżywczych w liściach oraz odpornych na choroby i szkodniki. Duże nadzieje pokłada się w odmianach F1, z których uzyskuje się wysoki plon bardzo dobrej jakości, cechujących się bujnym wzrostem oraz odpornością na stropy środowiskowe. Przykładem może być ‘Shin-ichinose’, powstała w wyniku skrzyżowania dwóch homozygotycznych odmian: ‘Ichinose’ oraz ‘Kokuso 21’. Równie duże znaczenie mają obecnie japońskie odmiany triploidalne, oferujące wysoki plon dobrej jakości, a ponadto cechujące się odpornością na niskie temperatury. Należą do nich takie kultywary jak ‘Ichibei’, ‘Fukushima Oha’, ‘Akagi’, ‘Tagowase’, ‘Shinkenmochi’, ‘Aobanezumi’, ‘Mitsushigeri’, ‘Yukimasari’ oraz ‘Yukiasahi’. W Japonii najszerszej uprawiane są odmiany morwy białej ‘Ichinose’ oraz ‘Kairyō-nezumigaeshi’. Do sadzenia w najcieplejszych regionach polecane są odmiany ‘Minamisakari’, ‘Hayatesakari’, ‘Mitsuminami’, ‘Hinosakari’, ‘Mitsusakari’ oraz ‘Senshin’. W regionach o umiarkowanym klimacie sprawdzają się odmiany ‘Shin-ichinose’, ‘Tokiyutaka’, ‘Oyutaka’ oraz ‘Tachimidori’. W chłodnych regionach uprawiane są odmiany ‘Shin-kenmochi’, ‘Aobanezumi’, ‘Mitsushigeri’, ‘Hachinose’ i ‘Waseyutaka’, natomiast do uprawy w najzimniejszych częściach kraju o obfitych opadach śniegu nadają się odmiany ‘Yukishinogi’, ‘Yukishirazu’, ‘Yukimasari’ oraz ‘Yukiasahi’ [Machii i in. 2000].

Obecnie w światowej czołówce pod względem wielkości areału upraw morwy białej znajduje się kraj położony daleko po za granicami naturalnego zasięgu tego gatunku, czyli Brazylia. Jest to jednocześnie piąty co do wielkości producent przędzy jedwabnej na świecie. Morwa została tam sprowadzona już w czasach kolonialnych. W 1998 roku powierzchnia upraw morwy wynosiła 38 000 ha, z czego aż 32,426 ha była zlokalizowana na terenie stanu Paraná. Plantacje są zakładane niemal wyłącznie dla potrzeb jedwabnictwa, głównie na małych obszarach wiejskich. Znacznie mniejszą rolę odgrywa uboczne wykorzystanie omawianego gatunku jako rośliny paszowej. W stacji badawczej Estação Experimental de Zootecnia funkcjonuje bank genów, zawierając trzy kolekcje klonów morwy: odmian, klonów modyfikowanych genetycznie Instituto de Zootecnia (IZ) Kultywary uprawiane w Brazylii pochodzą niemal wyłącznie od morwy białej, przy czym zdecydowaną większość upraw stanowią rodzime odmiany ‘Miura’ i ‘Korin’ oraz włoska odmiana ‘Calabresa’. Inne krajowe odmiany to ‘Catânia Paulista’, wysokoplonująca ‘Fernão Dias’ (roczny plon owoców >5t/ha), ‘Galiana’, ‘Iamada’, ‘Lopes Lins’, ‘Nostrana’, ‘Paduana’, ‘Pêndula’, ‘Rosol’, ‘Selvagem’, ‘Serra-das-Araras’, ‘Siciliana’, ‘Talo Roxo’, ‘Tietê’ oraz ‘Ungaresa’. Wraz z zagranicznymi kultywarami wchodzi w

skład kolekcji 32 odmian należącej do banku genów stacji badawczej Estação Experimental de Zootecnia. Równolegle funkcjonują kolekcje klonów morwy uzyskanych z wykorzystaniem technik inżynierii genetycznej, cechujących się wysokim plonem liści o wybitnych walorach odżywczych: Instituto de Zootecnia (IZ, 42 klony) oraz Fukashi-Miura (FM, 14 klonów) [De Almeida, Fonseca 2000; Giacomini i in. 2017]. Uprawa morwy, głównie jako wydajnego źródła pokarmu dla zwierząt gospodarskich, zyskała popularność także w kilku innych krajach Ameryki Łacińskiej. Na Kubie pierwsze plantacje morwy zaczęto zakładać dopiero w latach 40. XX wieku. W tamtejszym tropikalnym klimacie zbiór przeprowadza się cztery razy w roku, z hektara plantacji przy gęstości nasadzeń ok. 25 000 szt./ha i stosując nawożenie organiczne uzyskuje się łącznie 30-50 t biomasy liści i pędów. Podobne rezultaty otrzymuje się w klimacie tropikalnym wilgotnym Kostaryki, jak i tropikalnym suchym Gwatemali. Morwa jest tam często uprawiana wspólnie z roślinami paszowymi z rodziny bobowatych Fabaceae [Benavides i in. 2000; Lu i in. 2009; Martín i in. 2000].

W Turcji morwy były uprawiane od starożytności. Uprawy są nastawione niemal wyłącznie na produkcję owoców, plantacje jedwabnicze mają marginalne znaczenie, są spotykane lokalnie w prowincjach Bursa oraz Eskisehir. W prowincjach Diyarbakır, Malatya, Ankara, Erzincan, Elazığ, Erzurum i Kahramanmaraş morwa ma również pewne znaczenie w produkcji paszy dla bydła mlecznego. Odmiany morwy białej *M. alba* zajmują ok. 97 % całkowitego areалу upraw morwy, resztę stanowią nasadzenia morwy czarnej *M. nigra* oraz czerwonej *M. rubra*, zlokalizowane głównie w najcieplejszych nadmorskich regionach. Zainteresowanie komercyjną uprawą tego gatunku wzrasta z roku na rok. W poszczególnych prowincjach spotykane są odmienne genotypy morwy białej, rozmnażane wegetatywnie od wielu lat i dopasowane do specyfiki lokalnego agroklimatu, prezentujące wysokie zróżnicowanie fenotypowe. Efektem trwającego od 1990 roku programu badawczego jest dobór genotypów precyzyjnie dopasowanych do warunków konkretnych regionów kraju. Selekcja jest prowadzona zarówno za pomocą metod konwencjonalnych, badających cechy biochemiczne, jak i z zastosowaniem markerów molekularnych. Morwa biała jest uprawiana na terenie całego kraju, przy czym największym arealem plantacji charakteryzują się północno-wschodnia, środkowa i południowo-wschodnia Anatolia. Pod nasadzenia przeznaczane są obszary położone na wysokości 0-1500 m n.p.m. Roczna produkcja owoców sięga 70 000-75 000 t rocznie, średni plon z drzewa wynosi 25-30 kg. Całkowity areal upraw morwy w 2015 r wynosił ok. 2100 ha obsadzonych prawie 3 000 000 drzew. Ok. 30 % produkcji owoców pochodzi z regionu dorzecza Górnego Eufratu, w tym prawie 13 % z prowincji Diyarbakır, blisko 11 % z prowincji Malatya. W Turcji roczne spożycie owoców morwy wynosi ok. 0,9 kg na mieszkańca. Owoce są spożywane świeże (5 %), suszone (4 %) lub po przetworzeniu. Są szeroko stosowane w przemyśle spożywczym, przede wszystkim do produkcji melasy (ok. 70 %), a ponadto dżemów, soków, smarowideł do pieczywa, lodów, ciast,

cukierków, soków, koncentratów owocowych, octu oraz alkoholi. Stanowią główne składniki tradycyjnych tureckich potraw, takich jak pestil, deser na bazie gotowanego moszczu morwy, po odparowaniu i poddaniu karmelizacji przybierającego formę twardej, ale elastycznej masy, oraz köme, rodzaj słodkiego batonu z morwy, miodu, orzechów laskowych i włoskich oraz mąki. Ok. 5 % całkowitej produkcji owoców jest przeznaczona na eksport. Importu owoców morwy na rynek turecki podlega dużym wahaniom, w niektórych latach przekracza wysokość eksportu. Jest to prawdopodobnie podyktowane zmiennymi upodobaniami smakowymi konsumentów. W tureckim szkółkarstwie morwa biała jest rozmnażana wegetatywnie: poprzez okulizację, szczepienie oraz sadzonki pędowe. Do najważniejszych kultywarów należą białoovocowe ‘Elaziğ-Çekirdekli’, ‘Istanbul-dut’, ‘44-MRK-05’, ‘Arapgir-0011’, ‘Arapgir-0012’, ‘44-KE-10’, ‘24-MRK-01’, ‘24-KE-05’, ‘Thengxiang’ oraz tworząca różowe owoce ‘Angut-Bayırbağ’ [Aydın i in. 2015, 2019; Doymaz 2004; Ercisli, Celik 2008; Eydurán i in. 2015; Gokdogan i in. 2017; Gundogdu i in. 2011, 2017; Gungor, Sengul 2008; Ukav 2018; Yildiz 2013].

W Europie jedwabnicze plantacje morwy białej są już w praktyce niespotykane. Obecnie gatunek jest traktowany głównie jako roślina ozdobna, sadzona w parkach, ogrodach i na terenach zieleni miejskiej (Polska, Francja, Włochy, Grecja). Rzadziej, m. in. w Hiszpanii, morwa biała bywa uprawiana dla celów zielarskich, przy czym tak jak w pozostałych krajach UE owoce i liście morwy nie mogą być uznawane za ziołowe produkty lecznicze, ale wyłącznie jako suplementy diety. Wzrasta zainteresowanie cennymi właściwościami odżywczymi owoców tego gatunku, jednak sady morwowe specjalizujące się wyłącznie w produkcji owoców są nieliczne, dotychczas brak też odpowiedniej techniki ich zbioru. Owoce morwy są sprzedawane niemal wyłącznie suszone, częściej jako konwencjonalny produkt spożywczy niż ze względu na wartości odżywcze. Z drugiej strony, w Hiszpanii oraz Bułgarii prowadzone są liczne badania dotyczące wytypowaniu klonów o owocach szczególnie bogatych w kwasy organiczne, polifenole, błonnik i inne cenne dla zdrowia związki, przydatnych do spożycia na surowo, jak i po przetworzeniu. W Bułgarii zwrócono uwagę na możliwość holistycznego wykorzystania morwy białej jako źródła biomasy, do produkcji biogazu, a także w innych celach pozajedwabniczych, m. in. w medycynie naturalnej, jako źródło owoców oraz uniwersalnego nawozu. Przy praktykowanym na bułgarskich plantacjach systemie sadzenia w rozstawie 3 x 1,5 m (ok. 2222 sadzonek/ha) można uzyskać plon biomasy wynoszący ponad 38 t/ha. We Włoszech morwa bywa traktowana jako źródło paszy dla zwierząt gospodarskich, zwłaszcza owiec i bydła. Tamtejsze odmiany, zwłaszcza ‘Calabresa’ o rocznym plonie liści ponad 5t/ha, a także ‘Catânia 1’, ‘Catânia 2’, ‘Contadini’, ‘Flório’, ‘Moretiana’, ‘Moscatela’, ‘Rosa’ i ‘Rosa da Lombardia’, są cenione również za granicą, m. in. w Brazylii [Akin i in. 2016; Angeloni 2000; Assirelli

i in. 2019; Mena i in. 2016; Petkov 2015; Petkov, Tzenov 2008; Sánchez 2002; Sánchez i in. 2014; Singhal i in. 2010; Talamucci i in. 2000; Tikader, Kamble 2009].

W Polsce uprawa morwy białej ma obecnie marginalne znaczenie. Jest traktowana głównie jako roślina ozdobna, sadzona w formie żywopłotów lub drzew alejowych [Czekalski 2020^a, Jankowski i in. 2020 Skwaryło-Bednarz i in. 2019]. Poniżej przytoczono wytyczne uprawowe będące kompilacją zaleceń z czasów prosperity polskiego jedwabnictwa oraz wyników doświadczeń prowadzonych na terenie jedynej współcześnie funkcjonującej placówki zajmującej się uprawą morwy, tj. Pracowni Hodowli Jedwabnika i Uprawy Morwy. Na dobrze utrzymanych plantacjach zbiór liści można przeprowadzać dwukrotnie w jednym sezonie wegetacyjnym: w czerwcu oraz sierpniu. Intensywnie eksploatowane nasadzenia wymagają corocznego nawożenia organicznego lub mineralnego. W zależności od przeznaczenia plantacji rośliny, najczęściej dwuletnie, są sadzone w zagęszczeniu od ok. 800 do 120000 roślin/ha i prowadzone w formie krzewów, żywopłotów lub drzew. Rozstaw sadzenia powinien umożliwiać uprawę mechaniczną w międzyrzędziach. Stare nasadzenia drzew lub żywopłotów odmładza się przez silne skrócenie pędów aż do pędu głównego, które stymuluje tworzenie długich pędów jednorocznych o dużych blaszkach liściowych. Podobny efekt uzyskuje się poprzez prowadzenie młodych sadzonek w formie niskich, rzadko rozgałęzionych krzewów o wysokości ok. 0,7-1 m. W kolejnych latach pozostawia się 2-3 pędy boczne długości ok. 50 cm, a pozostałe ścina się tuż przy pędzie głównym. W przypadku żeńskich roślin uprawianych dla pozyskania owoców po posadzeniu skraca się pęd główny na wysokości ok 40-50 cm, a w kolejnych latach pozostawia 2-3 pędy. W ten sposób po kilku sezonach uzyskuje się stosunkowo niskie, lecz wysokoplonujące rośliny [Czekalski 2020^{a,b}; Frentzel 1984; Kopański 1955; Łochyńska 2018].

2. 2. Historia introdukcji i uprawy morwy w Polsce

W Europie pierwsza hodowla jedwabników morwowych została założona w 522 r n.e., w Konstantynopolu, pojawiają się też wzmianki o nasadzeniach morwy w średniowiecznych ogrodach przyklasztornych [Milecka 2012]. W Polsce jedwabnictwo było znane już pod koniec XV wieku, pierwsze wzmianki o uprawie morwy białej pojawiły się w dziele doktora medycyny Marcina z Urzędowa „O przyrodzeniu ziół rozmaitych”, wydanym w 1595 r., w którym znaleźć można informacje o morwie i hodowli jedwabników. Mimo, iż morwę do Europy zaczęto sprowadzać w XVI wieku, gdy głównym zainteresowaniem wśród gatunków aklimatyzowanych cieszyły się rośliny rodzące owoce przydatne do spożycia, a dopiero pod koniec XVII wieku wzrosło zainteresowanie innymi cechami, takimi jak walory dekoracyjne. W Polsce sadzona była od XVII, niemal wyłącznie dla celów jedwabniczych. Początkowo uprawiano ją jedynie na małą skalę, tylko na własne potrzeby, a uzyskany z kokonów jedwabników surowiec wysyłano do dalszej obróbki do Gdańska albo Berlina.

Mimo że ówczesne niewielkie manufaktury tkackie zajmowały się tkaniem jedwabiu, jednak wykorzystywały niemal wyłącznie importowaną przędzę. Ze względu na brak własnych rozwijalni i skręcalni jedwabiu, przemysł ten nie mógł się w Polsce rozwijać. W publikacji Żywnowskiego z 1659 r. można przeczytać, że w Brodach, w dobrach hetmana Stanisława Koniecpolskiego uprawiano morwy jako pokarm dla jedwabników. Co ciekawe, jeszcze przed pojawieniem się u nas pierwszych sadzonek morwy, jej motyw można odnaleźć w architekturze sakralnej. Pod sklepieniem gotyckiego obejścia katedry w Legnicy wykuto z piaskowca giętkie, plastyczne liście winorośli, dębu i morwy. Jest to pozostałością po tatarskiej inwazji i krucjaty św. Ludwika w 1241 roku. Morwa była bowiem w średniowieczu elementem sztuki oraz cenionym składnikiem tradycyjnej kuchni Tatarów Krymskich. Morwę spotkać można też było w polskich przyklasztornych sadach i ogrodach. Gatunek został również sportretowany na renesansowych sgraffitach na elewacji dworu w Zagrodnie, powstałych ok. 1567 roku [Stec 1993; Szydłowska-Szczecińska 2008].

Na większą skalę jedwabnictwem, bezpośrednio wiążącym się z uprawą morwy, zajęto się u nas około 100 lat później. W przedmowie do swojej wydanej w 1836 roku książki „O potrzebie i możliwości zaprowadzenia w naszym kraju jedwabnictwa” Jan Nepomucen Kurowski określa przybliżoną datę pojawienia się jedwabnictwa w Polsce na 1770 rok. Według niego wówczas bez wątpliwości udowodniono, iż wbrew powszechnej opinii gatunek znosi nasze warunki klimatyczne, a więc może być uprawiany jako baza pokarmowa do hodowli jedwabników. Największe zainteresowanie uprawą morwy białej przypada na XVIII i XIX wiek. Z tamtego okresu pochodzi najdłuższa polska aleja morw białych złożona z 31 drzew, o długości prawie 800 m [Jankowski i in. 2020]. W XVIII wieku, w Kwidzynie wydano pierwszą w Polsce książkę dotyczącą tego rzemiosła „Praktyka robienia jedwabiu”, autorstwa Jana Ferdynanda Thyma. W tamtych czasach jedwabnictwem zajmowano się wyłącznie na dworach szlacheckich. Zazwyczaj jedynie uprawiano tam morwy i hodowano jedwabniki, zaś w celu przerobu na tkaninę ich kokony wysłano do Wiednia lub Lyonu. Staropolskie jedwabne szaty braci Radziwiłłów ze Słupca, zakład włókienniczy w Grodnie, założony z inicjatywy Stanisława Augusta Poniatowskiego i tkalnie jedwabiu hrabiego Tyzenhana zyskały sławę także poza granicami kraju. W 1722 r rozwój jedwabnictwa została wstrzymany przez trzy rozbiory Polski, przywrócono ją dopiero w latach trzydziestych XIX wieku. W 1832 roku w Cieślinach i wsi Kwaśniów koło Olkusza Konstanty Wolicki założył hodowlę jedwabników i tkalnię jedwabiu, w 1835 roku w Warszawskim Ogrodzie Botanicznym Birner uruchomił kolejną hodowlę. W 1853 roku w Warszawie założono Jedwabniczą Spółkę Akcyjną, pierwszą tego rodzaju instytucją tego rodzaju w Królestwie Polskim, co przyczyniło się do wzrostu popularności i dość prężnego rozwoju firm zajmujących się uprawą morwy i hodowlą jedwabników, trwających z przerwami do ok. 1875 roku. Kolejna spółka jedwabnicza powstała w 1870 roku w Krakowie, a w 1890 roku także w Warszawie.

W 1872 roku w Krakowie założono również Polskie Towarzystwo pszczelno - jedwabniczo-sadownicze [Łochyńska 2010; Twardowska 2015].

W tym okresie nadal zajmowano się głównie uprawą morwy, natomiast wytwórstwo jedwabiu funkcjonowało u nas jedynie na niewielką skalę. Jednak wiele z sadzonych wtedy drzew morwowych dotrwało aż do lat 20., co znacznie ułatwiło działalność pierwszej profesjonalnej hodowli jedwabników w Polsce, Centralnej Doświadczalnej Stacji Jedwabniczej w Milanówku, założonej w 1924 roku przez Stanisławę i Henryka Witaczek. Zajmowano się tam całościowym przebiegiem produkcji, od sadzenia morwy białej aż po tkanie i barwienie jedwabnych nici. Uprawa morwy cieszyła się w tamtym okresie większą niż obecnie popularnością. W Kalendarzu Gospodarza Polskiego z 1931 roku sadzenie morwy jest wymienione w spisie najważniejszych robót gospodarskich przeprowadzanych w kwietniu [Kalendarz Robót Gospodarskich 1931]. W opracowaniach można znaleźć informacje o wykorzystywaniu owoców dziko rosnących morw w celach spożywczych przez Polaków zesłanych i w okresie II wojny światowej na słabo zagospodarowane obszary Związku Radzieckiego [Pirożnikow 2014]. Jedwabnictwo było uznawane za dochodową gałąź gospodarki rolnej [Piotrowski 1938]. W latach między- jak i powojennych w niektórych wiejskich szkołach podstawowych zajmowano się hodowlą jedwabników, gdzie do obowiązków uczniów należała opieka nad nią oraz zbir liści morwy, do dziś często sadzonej na terenach placówek edukacyjnych, na przykład wokół boisk. Pozyskiwane w ten sposób nici jedwabne wykorzystywano między innymi do produkcji spadochronów. Kolejny kryzys związanej z jedwabnictwem uprawy morwy nastąpił wraz z nadejściem II wojny światowej. Wszystkie hodowle, maszyny, hodowle gąsienic były ukrywane przed okupantem. Jednak w 1945 r. wznowiono działalność stacji w Milanówku, która trzy lata później stała się własnością Skarbu Państwa, a jej nazwę zmieniono na Zakłady Jedwabiu Naturalnego "Milanówek". Jako dygresję należy wspomnieć o nawiązaniu do morwy w ówczesnej literaturze pięknej, czyli o wydanym w 1946 roku esej „Listy spod morwy” autorstwa Gustawa Morcinka, polskiej publikacji zawierającej wspomnienia autora z obozu koncentracyjnego Sachsenhausen-Dachau spisane w formie listów. W latach 1951-1959 polska produkcja jedwabiu wzrosła prawie dwukrotnie, produkowano wówczas m.in. jedwabne nici chirurgiczne, liny i płótna do spadochronów, a także tkaniny odzieżowe i ozdobne. Sławę zyskały zwłaszcza jedwabne materiały obiciowe, którymi zdobiono meble na Wawelu, Belwederze, w Wilanowie i Łazienkach. W 1969 roku Zakład Badawczy Jedwabiu Naturalnego IWN w Milanówku stał się częścią Instytutu Włókien Naturalnych w Poznaniu, a w 1973 roku został przeniesiony do Żółwina pod Warszawą. W tamtejszym laboratorium prowadzono badania jedwabników i produkowanych przez nie włókien, m.in. dotyczące obecności patogenów, długości i grubości włókien, zawartości jedwabiu, masy, długości i szerokości kokonów. W 2004 roku zakład zlikwidowano, a hodowlę jedwabnika morwowego przeniesiono do Zakładu Hodowli Jedwabnika i

Uprawy Morwy Instytutu Włókien Naturalnych w Poznaniu. Dla jej potrzeb w Zakładzie Doświadczalnym Instytutu Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich w Pętakowie została założona plantacja morwy białej odmiany ‘Żółwińskiej Wielkolistej’. Obecnie, mimo wzrostu zainteresowania możliwościami zagospodarowania omawianego gatunku wykraczającego po za obszar jedwabnictwa, m. in. jako materiał zielarski, źródło wartościowych owoców oraz biomasy do celów energetycznych, w Polsce badania dotyczące nowoczesnych, efektywnych metod uprawy, obejmujących tematykę nawożenia oraz eksploatacji nasadzeń są wciąż nieliczne. Jedynym zakładem zachowawczej hodowli jedwabników jest Pracownia Hodowli Jedwabnika i Uprawy Morwy będąca częścią Instytutu Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich w Poznaniu. Zajmuje się ona m.in. uprawą morwy odmiany wielkolistej ‘Żółwińskiej Wielkolistej’ i rewitalizacją jej upraw na cele energetyczne i spożywcze, hodowlą mieszańców przemysłowych, rozszerzaniem hodowli jedwabnika morwowego w kraju oraz prowadzi szkolenia hodowców jedwabników i osób zajmujących się uprawą morwy. Placówka prowadzi ponadto badania nad opracowaniem skutecznych metod rozmnażania morwy białej w kulturach in vitro. [Cherek 1994; Frentzel 1984; Furmanik 2011; Karczmarchuk 2012; Kolasiński, Borycka 2012; Kowalski 2016; Kozubowski 1872; Łochyńska, 2010, 2018; Przeor 2021 Shi-De i in. 1995; Witaczek-Nehring 2010; Wrońska-Pilarek, Maliński 2008].

2.3. Rozmnażanie i hodowla morwy

W klasycznym systemie hodowli nowych odmian morwy, tj. krzyżowania osobników rodzicielskich o pożądanym cechach i wysiewie uzyskanych w ten sposób nasion otrzymuje się rośliny bardzo zróżnicowane morfologicznie, biochemicznie jak i pod względem plenności, tolerancyjności oraz wymagań uprawowych. Przy hodowli nastawionej na uzyskanie genotypów przydatnych w produkcji paszy dla jedwabników, dalsza selekcja powinna polegać na wyborze siewek wyróżniających się szybkim tempem wzrostu, wysoką wartością użytkową liści (duże, jędrne, gładkie blaszki, najlepiej bez zatok, kłap czy wrębień) oraz skłonnością do krzewienia się, korzystną cechą są również pędy o krótkich międzywęzłach, a tym samym gęstsze ulistnienie. Inne cenne właściwości użytkowe które należy wziąć pod uwagę to odporność na stresy wywołane przez czynniki abiotyczne oraz biotyczne. Wybitną tolerancję na suszę wykazuje m. in. odmiany ‘No 24’ i ‘No 59’, odporność na niskie temperatury cechuje odmiany ‘Tbilisuri’ i ‘Żółwińską Wielkolistną’, szczególnie niską wrażliwość na zasolenie wykazuje ‘Sujanpuri’. W przypadku prób selekcji odmian przeznaczonych do produkcji owoców praktykowane jest rozmnażanie wegetatywne osobników żeńskich, które już osiągnęły dojrzałość do owocowania [Ahmad i in. 2007; Petkov 2015; Tikader, Kamble 2009; Zhan-hua 2020].

Obecnie w samych tylko Chinach udokumentowano ponad 3000 genotypów morwy. Aby zminimalizować nakłady pracy i koszty potrzebne do zachowania zasobów genetycznych, a także wyeliminować ryzyko ich utraty, w wielu krajach tworzone są banki genów, gromadzące materiał genetyczny morwy w kulturach *in vitro* oraz poddany krioprezerwacji w ciekłym azocie. Powstają tzw. kolekcje podstawowe, grupujące reprezentatywne odmiany, ekotypy i genotypy morwy, różnicując je pod względem 40 cech morfologicznych takich jak wielkość liści, ich kształt, powierzchnia, brzegi i kolor, długość międzywęźli, wielkość i kształt pąków, płec kwiatów, czy w przypadku odmian żeńskich wielkość, kształt i kolor owoców. Przykładowo, w skład kolekcji podstawowej chińskich odmian morwy białej wchodzi 'Jianyeqingfang', 'Jiesang', 'li'ersang', 'Santaiyaosang', 'Xiangbaitiaosang', 'Yunsang No.2', 'Zhensang' oraz 'Husang No.199' [Yanfang i in. 2019].

Morwa biała jako gatunek posiada w genomie podwójny zestaw chromosomów ($2n = 28$), jednak w naturze spotykane są osobniki o zwielokrotnionym genomie, a także haplodalne ($1n=14$). Oprócz odmian diploidalnych w uprawie znaczenie mają również naturalne lub sztucznie wyselekcjonowane triploidy, czyli genotypy o potrójnym zestawie chromosomów ($3n=42$), cechujące się zwykle większą witalnością, tempem wzrostu, jakością i wysokością plonu liści. Mieszańce o wyższym poziomie ploidalności, tzn. tetraploidy ($4n=56$), heksaploidy ($6n=84$), aż po docasaploidy ($22n=308$), z reguły są eliminowane z dalszej hodowli odmian jedwabicznych, ze względu na niski plon o słabej jakości (twarde, mało soczyste lub owłosione blaszki liściowe), a także wolne tempo wzrostu. Z drugiej strony, wysoka ploidalność bywa korzystna w przypadku odmian przeznaczonych do celów sadowniczych, m. in. może wiązać się z wysokim plonem owoców, wyróżniających się pod względem wielkości, smakowitości czy walorów odżywczych. W krajach, gdzie morwy należą do rodzimej flory lub przynajmniej są naturalizowane, pulę genetyczną odmian uprawnych poszerza się o dzikorosnące formy i gatunki z rodzaju *Morus*. W efekcie uzyskiwane są mieszańce międzygatunkowe, oprócz morwy białej mające w swym rodowodzie morwę chińską *M. australis*, szerokolistną *M. latifolia*, *M. cathayana*, piłkowaną *M. serrata* oraz czarną *M. nigra* [Vijayan, i in. 2011, 2012].

Obecnie w hodowli nowych odmian morwy białej wykorzystywane są technologie inżynierii genetycznej, przede wszystkim transgeneza. Za pomocą tej techniki udało się uzyskać genotypy o wysokiej tolerancji na suszę, chłód oraz zasolenie [Checker 2012; Das 2009; Lal i in. 2008].

W procesie produkcji materiału szkółkarskiego praktykowane jest zarówno rozmnażanie generatywne, z nasion, wysoce wydajne, jednak skutkujące uzyskaniem siewek zróżnicowanych pod względem przydatności oraz płci, jak i wegetatywne, poprzez sadzonki, które jest co prawda znacznie mniej wydajne, za to pozwala uzyskać osobniki identyczne z rośliną mateczną. Owoce pozyskuje się w okresie dojrzewania, w lipcu i sierpniu, rozkładając pod drzewami folię. Po osiągnięciu dojrzałości szybko opadają, dlatego najłatwiej pozyskiwać je, rozkładając pod drzewem matecznym folię lub

włókninę. Owoce rozkłada się cienką warstwą na 1-2 dni, następnie moczy w wodzie przez dobę, a ostatecznie rozgniata i wypłukuje nasiona. Po podsuszeniu można je przechowywać w temperaturze 4 °C lub stratyfikować przez okres zimy. Materiał siewny przechowywany na sucho wymaga stratyfikacji przez ok. 6-8 tygodni, w temperaturze 5 °C. Z 5 kg owoców morwy białej uzyskuje się ok. 100 g nasion, które umożliwią wyprodukowanie 2000-3000 siewek. Zdania dotyczące technologii produkcji szkółkarskiej morwy białej metodą generatywną są zróżnicowane. Frentzel (1984) zalecaj wysiew nasion bezpośrednio na zagonach gruntowych, na przełomie kwietnia i maja. Łochyńska (2018) doradza siew w kuwetach w nieogrzewanych tunelach foliowych. Nasiona rozmieszczone na powierzchni przepuszczalnego podłoża o obojętnym lub lekko zasadowym odczynie przysypuje się 0,5-1,0 cm warstwą drobnego żwiru. Po 2-4 tygodniach pojawiają się wschody. Siewki w fazie 2-3 liści pikuje się do wielodoniczek o średnicy ok. 5 cm. Czekalski (2020) popiera zarówno wysiew pod osłonami, jak i w gruncie, w rzędkach oddalonych o 17-20 cm, w ilości 4 g na 1 m bieżący. Zdecydowanie odradza natomiast pikowanie siewek, zamiast tego zalecając przerywkę. W dalszej produkcji szkółkarskiej rekomenduje wiosenne sadzenie rocznych siewek w rozstawie 60-80 cm x 20 cm. Z kolei według Frentzla (1984) rozstawa rzędów może być mniejsza, tj. 50 cm, a w małych szkółkach 30-40 cm, natomiast odstęp między roślinami w rzędzie powinny wynosić 15-20 cm.

Ze względu na wybitnie wysoką heterozygotyczność oraz wiatropylność, w produkcji ustalonych, szlachetnych odmian korzystniejsze jest rozmnażanie wegetatywne. Jest to również jedyna możliwość rozmnażania odmian nie zawiązujących owoców, takich jak 'Stribling', 'Kingan' oraz 'Chapparal'. Zdolność sadzonek do ukorzeniania się zależy w dużej mierze od odmiany. Często wyjątkowo cenne kultywary są wyjątkowo trudne do rozmnożenia z sadzonek, jak np. wysokoplonująca i łatwo adaptująca się w różnych warunkach środowiskowych hiszpańska odmiana 'Spanish White'. Do sadzonkowania wykorzystuje się silne, jednoroczne pędy. Sadzonki zdrewniałe pobiera się późną jesienią, przed nadejściem mrozów, i przechowuje w wilgotnym podłożu, lub wczesną wiosną (luty-marzec) przed ruszeniem soków. Najbardziej przydatne są silne, nieuszkodzone dobrze rozwinięte pędy jednoroczne o średnicy ok. 1 cm, pobierane z wyższych pięt korony drzewa lub krzewu. Według polskich autorów sadzonki zdrewniałe powinny mieć długość 25-40 cm i posiadać 5-7 oczek [Czekalski 2020; Frentzel 1984]. Należy je zagłębić do ok. $\frac{3}{4}$ wysokości w przepuszczalnym podłożu, na słonecznych zagonach gruntowych. Obecność manganu w podłożu przyspiesza proces tworzenia korzeni. Podobnie jak w przypadku technologii uprawy, zalecenia dotyczące wyboru metod rozmnażania morwy mogą różnić się zależnie od szerokości geograficznej, warunków siedliskowych oraz typu gleby. Irakijscy badacze zalecają pobór sadzonek zdrewniałych długości 18-20 cm i średnicy 1-1,2 cm, które ukorzenia się w tunelach foliowych, z użyciem piasku rzecznoego jako podłoża. Ich badania wykazały wpływ terminu sadzenia oraz użycia kwas indolilomasłowego IBA na

przeżywalność oraz jakość ukorzenionych sadzonek, za optymalną kombinację uznając datę 1. marca i stężenie IBA równe 2000 ppm [Hawramee i in. 2019]. Morwa biała może być również rozmnażana poprzez sadzonki zielne, pobierane pod koniec czerwca lub w pierwszej dekadzie lipca z części tegorocznych pędów, w której zielona barwa przechodzi w szarą. Każda sadzonka powinna mieć długość 4-5 cm, składać się z jednego międzywęzła ograniczonego dwoma węzłami z których wyrastają liście. Niekiedy blaszki liściowe skraca o 1/2-1/3 długości w celu ograniczenia powierzchni parowania. Sadzonki zielne sadi się w rozstawie 10 cm w zimnym inspekie, zagłębiając je w podłożu na głębokość ok. 0,5 cm, czyli poniżej dolnego liścia [Frentzel 1984]. Czekalski (2020) zaleca ponadto traktowanie sadzonek zielnych 0,2-0,8 % roztworem kwasu indolilomasłowego IBA i ukorzenianie ich w piasku o odczynie pH 6,0, w tunelu foliowym.

Istnieje również na możliwość propagacji morwy z sadzonek korzeniowych. Rozmnażanie przez odkłady oraz kopczykowanie jest możliwe tylko przy zastosowaniu rocznego wegetatywnego materiału szkółkarskiego, a w ostateczności dwuletnich osobników uzyskanych przez szczepienie lub okulizację. Szczepienie stosuje się przede wszystkim w produkcji ozdobnej odmiany 'Pendula'. Zalecane jest szczepienie przez stosowanie lub metodą w sarnią nóżkę, w terminie od lutego do marca. W cieplejszym klimacie okulizacja może być polecanym sposobem rozmnażania wegetatywnego oraz uszlachetniania morwy, z uwagi na wysoki współczynnik rozmnażania, stosunkowo łatwą i szybką procedurę oraz możliwość wykorzystania materiału różnej grubości, bez konieczności dopasowywania średnicy zrazu i podkładki. Zalecane terminy okulizacji morwy zapewniające najwyższy procent przyjęć to wiosna bądź późne lato (okulizacja w śpiące oczko). Jako podkładek używa się najczęściej rocznych lub dwuletnich siewek morwy białej [Czekalski 2020; Frentzel 1984; Gilman, Watson 1994; Łochyńska 2015, 2018].

Tradycyjne metody rozmnażania wegetatywnego morwy białej, czyli sadzonkowanie, okulizacja i szczepienie są dosyć zawodne, mało wydajne i długotrwałe nawet w krajach o cieplejszych klimacie [Litwińczuk i in. 1999; Sharma, Thorpe 1990]. Z tego powodu obecnie coraz większą popularność zdobywa rozmnażanie w kulturach tkankowych w warunkach in vitro. Efektywność namnażania i regeneracja morwy białej w kulturach in vitro jest ściśle uzależnione od zastosowania roślinnych regulatorów wzrostu, rodzaju użytego eksplantatu oraz genotypu. Jako eksplantaty wykorzystuje się pąki wegetatywne, pobierane w okresie od sierpnia do kwietnia, niekiedy także fragmenty liści, liścieni lub hipokotylu. Pąki boczne wykazują lepszą zdolność różnicowania się niż pąki wierzchołkowe. Według polskich autorów to właśnie merystemy wierzchołkowe uznaje się za najwłaściwszy typ eksplantatu na etapie inicjacji kultury na pożywkę stałej, jak i na etapie namnażania. Pożywka użyta do proliferacji musi zawierać BAP (6-benzyloadeninopurynę) w stężeniu 1,5-2,0 mg/l [Litwińczuk i in. 1999]. Również badania większości zagranicznych hodowców wskazują, iż

najbardziej wydajnym dodatkiem do pożywki w procesie regeneracji pędów morwy uznawana jest cytokinina BAP, która stymuluje kiełkowanie, podziały komórkowe oraz różnicowanie eksplantatów. Rozbieżność wyników dotyczy natomiast stężenia BA, które w ilości rzędu 0,5 mg/l ma stymulować tworzenie kalusa, natomiast w stężeniu przekraczającym 1 mg/l hamować ów proces.

Rodzaj i stężenie regulatorów wzrostu muszą zostać każdorazowo eksperymentalnie dobrane do namnażanego genotypu [Bhau, Wakhlu 2001; Vijayan i in. 2000, 2014]. Za najwartościowszy regulator stosowany do indukcji kalogenezy uważany jest 2,4-D (kwas 2,4-dichlorofenoksyoctowy). Również efektywność ukorzenia zależy od genotypu rośliny oraz zastosowanych w pożywce fitohormonów, głównie cytokinin oraz auksyn. W przypadku odmiany 'Żółwińska Wielkolistna' za optymalne dla pąków wierzchołkowych uważa się użycie pożywki MS (Murashige & Skoog) o pH 5,8, zawierającej 1 mg/l BAP, natomiast dla pąków bocznych wykorzystanie pożywki MS uzupełnionej 2 mg/l BAP i 0,1 mg/l NAA (kwasu naftylo-1-octowego). Zalecaną pożywką do ukorzenia pędów tej odmiany jest 1/2 MS z dodatkiem 0,05 mg/l IBA (kwasu indolilo-3-masłowego) [Luwańska i in. 2009]. W przypadku odmian 'Chinese White', 'Kokuso-27' oraz 'Ichinose' najwydajniejszą kalogenezę uzyskuje się na pożywce MS uzupełnionej o 1,0 mg/l 2,4-D oraz 0,5 mg/l BA. Pośrednią organogenezę pędową indukuje się poprzez pasażowanie na pożywkę MS z dodatkiem 1,0 mg/l BA oraz 0,1 mg/l kwasu 2,3,5-trójiodobenzoesowego, natomiast do ukorzenia stosuje się pożywkę MS wzbogaconą o 0,5 mg/l NAA [Bhau, Wakhlu 2001]. W wysoce wydajnej metodzie rozmnażania *in vitro* odmiany 'V1' inicjacji kultury pąków wegetatywnych zachodzi na pożywce MS wzbogaconej 1,0 mg/l BAP, 0,1 mg/l TDZ oraz 0,25 mg/l NAA. Proliferacja i elongacja mają miejsce na pożywce MS z dodatkiem 1,0 mg/l BAP, 0,25 mg/l NAA i 0,5 mg/l GA3 (kwasu giberelinowego, natomiast ukorzenie na pożywce MS uzupełnionej o 0,5 mg/l IBA [Sajeevan 2011]. Możliwa jest również bezpośrednia organogeneza z eksplantatów liści, z użyciem pożywki MS uzupełnionej 2,0 mg/l BAP oraz glukozą [Vijayan i in. 2000]. Dobre rezultaty osiągnięto również przy inicjacji kultury eksplantatów liściowych na pożywce MS z dodatkiem 18,17 μ M TDZ (thidiazuronu), a następnie przeniesieniu na pożywkę wzbogaconą 8,88 μ M BAP. Najwyższą efektywność namnażania uzyskano w obecności 2,22 μ M BAP, z kolei najwyższą skuteczność ukorzenia uzyskano na pożywce z dodatkiem 0,49 μ M IBA [Chitra, Padmaja 2005]. W przypadku użycia jako eksplantatu fragmentu hipokotylu do inicjacji kultury kalusa stosuje się MS z dodatkiem 2,0 mg/l 2,4-D i 0,5 mg/l BAP. Organogeneza następuje po przeszczepieniu na pożywkę MS z dodatkiem 2,0 mg/l BAP i 0,1 mg/l NAA, ukorzenie zachodzi na pożywce MS uzupełnionej o 0,5 mg/l NAA [Vijayan i in. 1998]. Przy użyciu jako eksplantatów liści odmian 'S-36', 'K-2' i 'S-1' regeneracja pędów zachodzi na pożywce MS z dodatkiem 7 μ M TDZ, natomiast ich elongacja na pożywce MS wzbogaconej 5 μ M BA. [Thomas 2003]. Czekalski (2021) za uniwersalną pożywkę do namnażania eksplantatów pąków

wegetatywnych morwy białej uważa MS wzbogaconą o 2,0 mg/l gliceryny, 0,5 mg/l kwasu nikotynowego, 0,1 mg/l chlorowodoru tiaminy, 0,5 mg/l chlorowodoru pirydoksyny, 33 mg/l wersenianu żelazowo-sodowego oraz 1,0 mg/l BA. Po osiągnięciu przez rośliny wysokości 1 cm zaleca ukorzenianie na pożywce MS z dodatkiem 0,1 mg/l NAA.

Metoda somatycznej embriogenezy w produkcji morwy jest obecnie w fazie doświadczeń. Zachodzi po zaszczepieniu fragmentów hipokotyli na pożywce MS uzupełnionej 0,45-4,52 μ M 2,4 D i 2,2 uM BAP, a także hodowli zarodków na pożywce MS zawierającej 0,05 mg/l 2,4-D, 0,1 mg/l BAP oraz 6 % sacharozy. Morwa indyjska bywa rozmnażana przy wykorzystaniu tzw. sztucznych nasion. W procesie ich produkcji zarodki somatyczne, podobnie jak pąki wierzchołkowe lub boczne są otoczkowane 3-5% alginianem sodu z dodatkiem chlorku wapnia w różnym stężeniu. Sztuczne nasiona nie znalazły jednak dotąd zastosowania w uprawie morwy białej [Kamareddi 2013; Vijayan i in. 2014].

MATERIAŁY I METODY

1. Cel pracy

1. Scharakteryzowanie obecnego stanu i struktury wrocławskiej populacji morwy białej, określenie wpływających na nią czynników oraz prognoza odnośnie jej przyszłego rozwoju, oparta na wnioskach z analiz i obserwacji.
2. Wytypowanie osobników o szczególnie korzystnych cechach użytkowych pod względem owocowania, przydatnych w dalszej hodowli. Opracowanie ich charakterystyki fenologicznej oraz morfologicznej.

2. Materiał i metody badań

2.1. Wrocław jako obszar badań

Wrocław, stolica województwa Dolnośląskiego, jest położony w południowo-zachodniej Polsce, u podnóża Sudetów, na Równinie Wrocławskiej, w samym centrum rozległej Niziny Śląskiej, w rozcinającej ją Pradolinie Wrocławsko-Magdeburgskiej. Powierzchnia miasta wynosi 293 km², z czego użytki rolne zajmują 132 km², lasy i zadrzewienia – 16,5 km², wody – 9,6 km², nieużytki – 3,9 km², tereny komunikacyjne – 28,48 km², tereny osiedlowe – 85,08 km², pozostałe – 17,44 km², natomiast długość granic administracyjnych miasta wynosi 106,7 km. Według danych z 30. czerwca 2020 r. Wrocław zamieszkiwało 643 782 osób, co daje gęstość zaludnienia równą 2198,6 os./km². Przez miasto przepływa 5 większych rzek: Odra, Bystrzyca, Oława, Ślęza i Widawa, a także liczne dopływy oraz kanały Odry. Struktura funkcjonalno-przestrzenna miasta obejmuje siedem zespołów dzielnicowych: Śródmiejski, obejmujący centralny, intensywnie zabudowany obszar miasta, przylegające do niego zespoły Krzycki, Gądowski, Karłowicki i Oławski, oraz dwa peryferyjne zespoły: Leśnicki, stanowiący zachodni kraniec miasta, oraz Psiego Pola, wysunięty najdalej na północny-wschód. System terenów zielonych i otwartych obejmuje pasma terenów wzdłuż rzek i cieków wodnych przepływających przez miasto wraz z przyległymi kompleksami terenów zielonych, promieniście ukształtowane pasma zieleni, tzw. kliny: Brochowski, Wojszycki-Tarnogajski, Południowy, Kleciński, Oporowski, Muchoborski, Jerzmanowski, Ratyński, Stabłowicki, Pustecki, Widawski, Zakrzowski, Kłokoczycki, Pawłowicki, duże kompleksy leśne, m. in.: Ratyński, Leśnicki, Mokrzański, Janowski, Rędziński, Lesicki, Pilczycki, Osobowicki, Zakrzowski, ponadto obszary o szczególnych wartościach ekologicznych oraz obszary sportowo-rekreacyjne z przewagą zieleni.

Klimat Wrocławia jest zbliżony do przejściowego strefy szerokości umiarkowanych, podlega jednocześnie wpływom oceanicznym i kontynentalnym, stąd charakteryzuje go duża zmienność. Położenie w południowo-zachodniej części kraju, na przedpolu Sudetów, przy dominacji wiatrów z

kierunków zachodnich i południowych, sytuuje stolicę Dolnego Śląska wśród najcieplejszych miast Polski. Obserwowane jest wyraźne zróżnicowanie przestrzenne warunków klimatycznych i bioklimatycznych, przede wszystkim temperatur, związane ze zjawiskiem miejska wyspa ciepła (MWC), rozumianym jako wzrost temperatury w mieście w stosunku do otaczających je terenów. Jest to efekt typowe dla dużych aglomeracji miejsko-przemysłowych, wynikający ze zmian właściwości fizycznych związanych ze sposobem zagospodarowania i użytkowania terenów zurbanizowanych, głównie rodzajem i gęstością zabudowy, a także antropogeniczną emisją energii cieplnej w procesach przemysłowych i komunalnych. Na terenach zurbanizowanych przeważają sztuczne, często utwardzone nawierzchnie, o zwiększonej pojemności i przewodnictwie cieplnym. W dzień łatwo gromadzą energię słoneczną, by nocą stopniowo wypromieniowywać ją do otoczenia, stąd największe nasilenie zjawiska MWC jest odnotowywane w bezchmurne i bezwietrzne letnie noce. Rozkład MWC na terenie Wrocławia jest w przybliżeniu koncentryczny, z mniejszymi uprzywilejowanymi termicznie „wysepkami” dzielnic i osiedla odizolowanych od głównego obszaru ciągłej zabudowy. Najcieplejszy jest centralny obszar miasta, cechujący się zwartą, wysoką zabudową. Natężenie MWC maleje wraz ze wzrostem odległości od centrum, rozluźnieniem się i obniżeniem zabudowy oraz rosnącym udziałem terenów zieleni. W porównaniu do terenów niezabudowanych położonych na peryferiach aglomeracji, temperatury w centralnym obszarze miasta o zabudowie zwartej, 4–5 kondygnacyjnej są średnio o 1,0°C wyższe (od 0,5°C w dzień do 1,6°C w nocy). W zabudowie wysokiej, 5-11 kondygnacyjnej różnica ta zmniejsza się do ok. 0,7°C w skali roku, z kolei w stosunkowo luźnej zabudowie willowej uprzywilejowanie termiczne w stosunku do terenów podmiejskich wynosi już tylko ok. 0,3°C (tab. 1, ryc. 1) [Szymanowski 2005].

Tab. 1. Intensywność wyspy ciepła we Wrocławiu w latach 1997–2000 jako różnica temperatury powietrza [°C] pomiędzy obszarami o różnym typie zabudowy a peryferiami miasta [Dubicki i in. 2002]

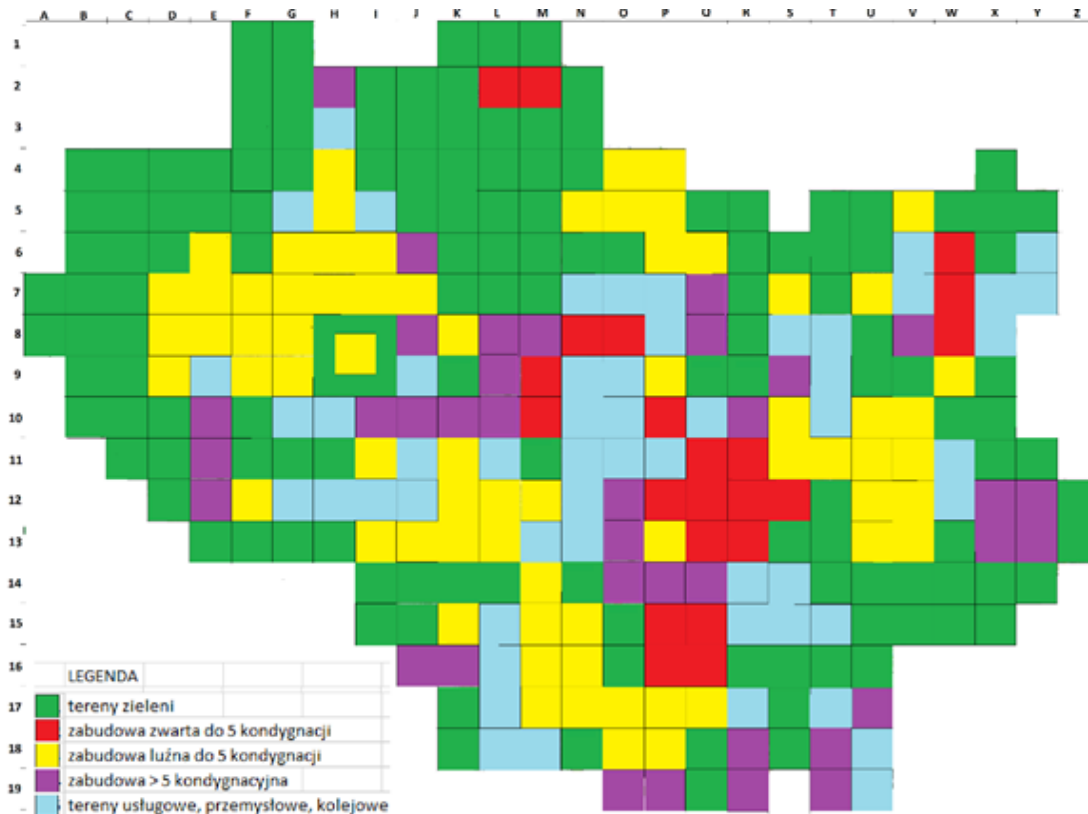
strefa	rok	Lato	Zima
Zabudowa zwarta, 4–5 kondygnacyjna	1,0	1,1	0,9
Zabudowa wysoka, 5–11 kondygnacyjna	0,7	0,8	0,5
Zabudowa niska jednorodzinna z dużym udziałem zieleni	0,3	0,4	0,1
obszar peryferyjny, niezabudowany	0,0	0,0	0,0

Średnia roczna temperatura powietrza z lat 1991-2020 we Wrocławiu wynosi 9,7°C, miesiąca najcieplejszego (lipca) 19,7°C, a najzimniejszego (stycznia) -0,2°C. Okres wegetacyjny trwa przeciętnie 253 dni i należy do najdłuższych w Polsce. We Wrocławiu średnio przez 71 dni w roku

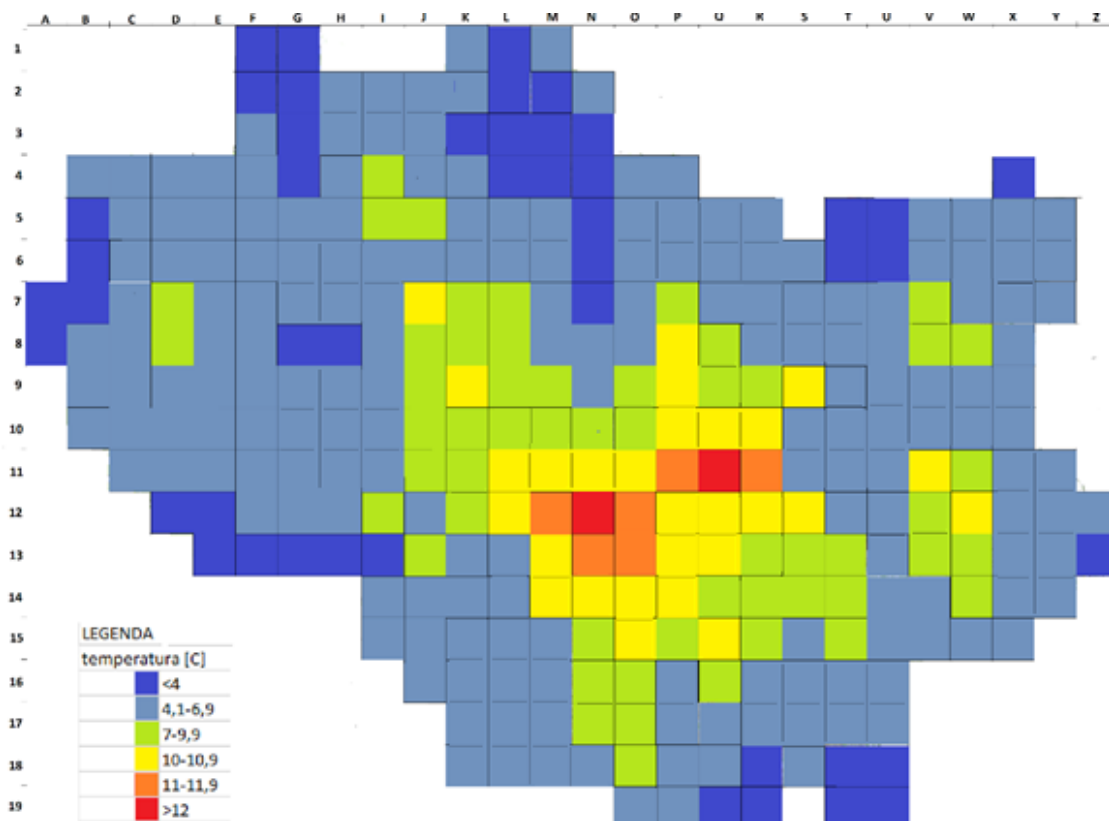
więcej charakterystyczne dla gór i ich przedpola wiatry fenowe (halne), powstałe w wyniku ogrzewania się mas powietrza osiadających po zawietrznej stronie masywu górskiego [Dubicki i in. 2002; <https://meteomodel.pl>; Szymanowski 2005]

2.2. Struktura i rozmieszczenie populacji morwy białej we Wrocławiu

Badania prowadzono w latach 2016-2019. Pierwszym etapem było wykonanie spisu wszystkich stanowisk morwy białej występujących w granicach administracyjnych Wrocławia. Opis stanowiska zawiera lokalizację (adres), wraz z określeniem formy osobnika lub typu nasadzenia (drzewo, żywopłot, zwarty szpaler o gęstości uniemożliwiającej rozróżnienie konkretnych osobników), oraz stanowisko występowania młodocianych siewek niezależnie od ich liczebności. Dla potrzeb opracowania jako drzewo uznaje się osobnika z wyraźnie zarysowanym pniem lub pniami, o obwodzie pnia, mierzonego u podstawy, powyżej 10 cm. Poniżej tej wartości osobnik określany jest jako młodociany. Drzewa zostały ponadto podzielone na pochodzące z celowych nasadzeń oraz wyrosłe z samosiewu, tzn. rosnące w miejscach nietypowych, np. w bliskiej odległości od murów lub płotów, na terenie nieużytków, gruzowisk czy terenów kolejowych. Pomiar pierśnicy, czyli obwodu pnia mierzonego 130 cm nad powierzchnią ziemi, a u drzew nisko rozgałęzionych, posiadających na tej wysokości kilka pni suma ich obwodów, posłużył do wyodrębnienia pięciu klas wielkości obwodu pnia: pierwsza (1.) - drzewa o pierśnicy mniejszej bądź równej 50 cm, druga (2.) - o pierśnicy 51 - 100 cm, trzecia (3.) - o pierśnicy 101-150 cm, czwarta (4.) - o pierśnicy 151 -200 cm, piąta (5.) - o pierśnicy powyżej 200 cm. W przypadku żywopłotów oraz szpalerów zmierzona została całkowita długość nasadzenia. Kartowania przeprowadzono techniką rastrową, tzn. wyznaczono podstawowe pola badawcze w kształcie kwadratu o wymiarach 1000 × 1000 m, których łączny zasięg obejmował całkowitą powierzchnię miasta (ryc. 1). Dla każdego pola o powierzchni 1 km² określono całkowitą liczbę stanowisk, a następnie osobno liczbę drzew, łączną długość żywopłotów, łączną długość szpalerów oraz liczbę stanowisk występowania samosiewów. Określono częstość występowania morwy w podstawowym polu badawczym. Przy opisie stanowiska określono także jego lokalizację na tle użytkowania terenu i typu zabudowy, zilustrowanego na rycinie 1., a także warunków termicznych, zróżnicowanych w obrębie obszaru Wrocławia w związku z występowaniem Miejskiej Wyspy Ciepła (ryc.2) [CLC 2012; Dubicki i in. 2002; eko.org.pl; Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego Wrocławia 2010; Szymanowski 2002].



Ryc.1 Podział mapy Wrocławia na strefy użytkownika terenu. Typ zabudowy zgeneralizowany w sieci kwadratów o powierzchni 1 km²



Ryc. 2 Strefy termiczne Wrocławia zgodne z rozmieszczeniem Miejskiej Wyspy Ciepła, zgeneralizowane w sieci kwadratów o powierzchni 1 km², w °C [Dubicki i in. 2002].

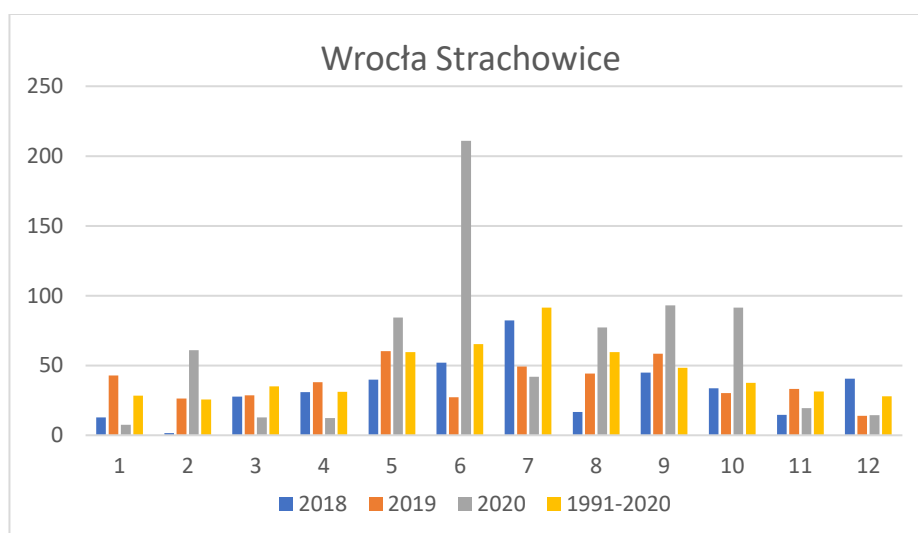
2.3. Dane meteorologiczne

2.3.1. Opady w latach prowadzenia obserwacji

Rok 2018 był we Wrocławiu wybitnie suchy. Roczna suma opadów wyniosła 397,8 mm, była więc o 143,3 mm niższa od średniej trzydziestolecia 1991-2020. Z wyjątkiem grudnia, odnotowano niższe od średnich wieloletnich miesięczne sumy opadów (rys. 2). Rekordowo suchym miesiącem był luty, w którym suma opadów wyniosła zaledwie 1,6 mm.

Rok 2019 również można uznać za suchy. Roczna suma opadów wyniosła 452,5 mm, była więc o 88,6 mm niższa od średniej trzydziestolecia 1991-2020. Najsuchszym miesiącem był grudzień, z sumą opadów wynoszącą 13,9 mm, również w czerwcu, lipcu i sierpniu odnotowano opady wyraźnie niższe w stosunku do wielolecia. W pozostałych miesiącach ów parametr nie odbiegał znacznie od średnich wielolecia.

Rok 2020 był drugim najobfitszym w opady rokiem wielolecia 1991-2020, suma opadów wyniosła 808,4 mm, była więc o 267,3 mm niższa od średniej trzydziestolecia 1991-2020. Rozkład opadów w poszczególnych miesiącach był silnie zróżnicowany. W czerwcu odnotowano rekordową sumę opadów wynoszącą aż 210,9 mm, ponad trzykrotnie wyższą od trzydziestoletniej średniej tego miesiąca. Sumy opadów znacznie przekraczające średnie z wielolecia odnotowano również w lutym, maju, sierpniu, wrześniu i październiku. Jednocześnie w pozostałych miesiącach ów parametr osiągał każdorazowo wyraźnie niższą wartość w stosunku do średnich z lat 1991-2020 (ryc. 3).



Ryc. 3. Miesięczne sumy opadów (dane meteorologiczne ze stacji Wrocław Strachowice [IMGW])

W latach 2018-2020 w stacji pogodowej Wrocław Strachowice na peryferiach Wrocławia prowadzone były codzienne pomiary średnich dobowych temperatur. Spisane dane przeliczono w oparciu o opracowanie dotyczące miejskiej wyspy ciepła we Wrocławiu (tab. 1.) [Dubicki i in. 2002], uzyskując wyniki adekwatne dla trzech stref termicznych Wrocławia (tab. 2.), w których położone są

stanowiska badawcze morwy białej. Na ich podstawie wyliczono średnie miesięczne i roczne temperatury oraz wykreślono klimatogramy szczegółowe dzień po dniu, dla miesięcy obejmujących okres występowania faz rozwoju generatywnego morwy białej (od pojawienia się pąków kwiatowych do całkowitego opadnięcia owoców). Dane o warunkach termicznych oraz sumach opadów na terenie Wrocławia dla wielolecia 1991-2020 oraz z lat 2018-2020, potrzebne do wykreślenia diagramów porównujących okres badań z wieloleciem pozyskano z IMGW [<https://meteomodel.pl/>].

Tab. 2. Różnica temperatury powietrza [°C] pomiędzy strefami termicznymi Wrocławia a peryferiami miasta [Dubicki i in. 2002]

strefa	wiosna	Lato	jesień	Zima	rok
D	1,0	1,1	1,0	0,9	1,0
C	0,7	0,8	0,7	0,5	0,7
B	0,3	0,4	0,3	0,1	0,3
A (Strachowice)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Warunki termiczne w poszczególnych latach oceniono za pomocą wybranych wskaźników agroklimatycznych:

- średniej temperatury w okresie 1-20 maja,
- Sumy Temperatur Aktywnych (SAT) w okresie 1-20 maja i 1-30 czerwca
- sumy temperatur dni ze średnią temperaturą ≥ 20 °C w okresie 1-20 maja i 1-30 czerwca.
- liczby dni ze średnią temperaturą ≥ 20 °C w czerwcu
- sumy temperatur dni ze średnią temperaturą ≥ 20 °C i ≥ 22 °C w okresie 1-30. czerwca
- sumy wszystkich średnich dobowych temperatur dni ze średnią temperaturą powietrza ≥ 20 °C w okresach 1-20. maja oraz 1-30. czerwca;
- sumy wszystkich średnich dobowych temperatur dni ze średnią temperaturą powietrza ≥ 22 °C w okresie 1-30. czerwca;

Sumę Temperatur Aktywnych (SAT, ang. – Sum of Active Temperatures) obliczano jako sumę wszystkich średnich dobowych temperatur dni ze średnią temperaturą powietrza wyższą od minimum fizjologicznego gatunku. Jako temperaturę graniczną minimum fizjologicznego morwy przyjęto 13 °C [Bokwa, Klimek 2009; Górski, Jakubczak 1965; Kowalski, Nawalany 2019; Sarkar i in. 2005];

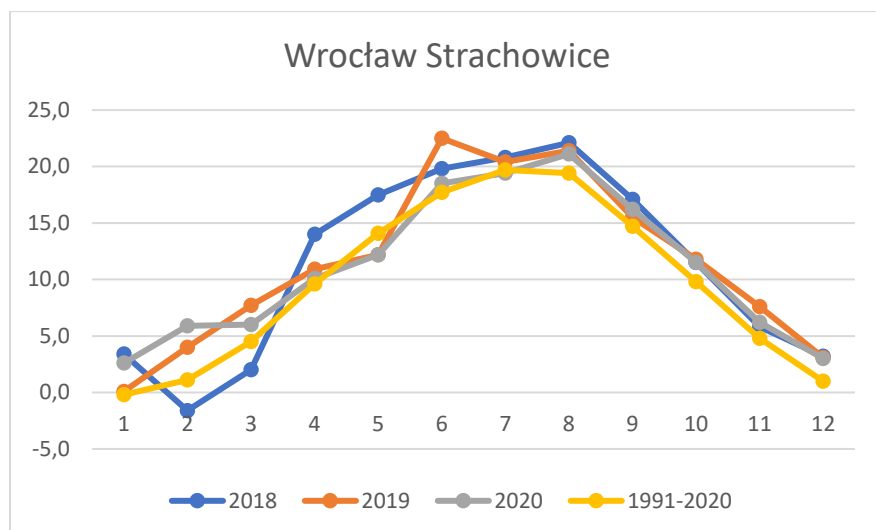
2.3.2. Warunki termiczne w okresach prowadzenia obserwacji

Rok 2018 był we Wrocławiu rokiem ciepłym, średnia roczna temperatura wyniosła 11,3°C, była więc o 1,6°C wyższa od średniej trzydziestolecia 1991-2020. Z wyjątkiem lutego i marca, średnie miesięczne temperatury odnotowano wyższe od średnich wieloletnich (rys. 2). Różnica była szczególnie wyraźna w miesiącach kwiecień-maj, gdy średnie temperatury były o 3-4°C wyższe od

średnich wielolecia, następnie do końca roku temperatury pozostawały o ok. 2°C wyższe od średnich wielolecia.

Rok 2019 był najcieplejszym rokiem w historii pomiarów, które na stacji meteorologicznej Wrocław Strachowice prowadzono od 1951 roku. Średnia roczna temperatura wynosząca 11,5°C przewyższała średnią z lat 1991-2020 o 1,8°C, natomiast w porównaniu ze średnią dla wielolecia 1951-2020 była aż o 2,5°C wyższa. Z wyjątkiem maja, średnie miesięczne temperatury odnotowano wyższe od średnich wieloletnich. Czerwiec był rekordowo upalny, średnia temperatura wyniosła 22,5 °C, czyli aż o 4,8°C więcej od średniej dla tego miesiąca w latach 1991-2010.

Rok 2020 charakteryzował się stosunkowo małym zróżnicowaniem temperatur. Wiosna i lato były chłodniejsze niż w poprzednich latach, średnie temperatury miesięczne były zbliżone do średnich z lat 1991-2020, a w przypadku maja nawet niższe. Z kolei jesień i zima były łagodne, wyraźnie cieplejsze w porównaniu z wielolecie były styczeń i luty - odpowiednio o 2,8 °C oraz 4,8°C (ryc. 4). Jako niezbędną dygresję należy wymienić innych istotny czynnik pogodowy, czyli gwałtowne burze w dniach 10-11 lipca 2020 roku, z opadami gradu i wiatrem o prędkości sięgającej 100 km/h.

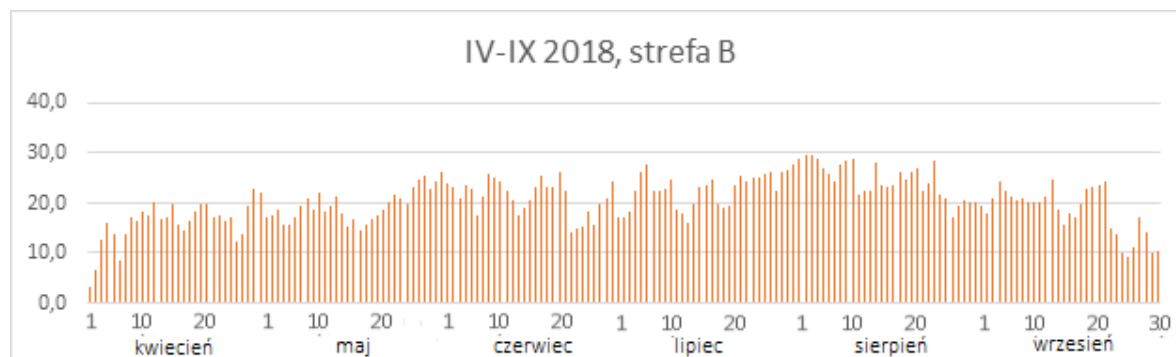


Ryc. 4. Średnie miesięczne temperatury (dane meteorologiczne ze stacji Wrocław Strachowice [IMGW])

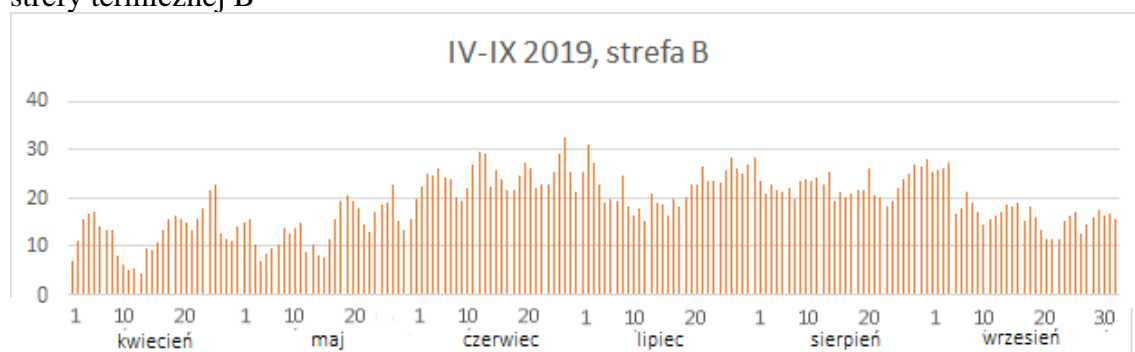
2.3.3 Strefy termiczne Wrocławia

Jako strefa termiczna rozumiany jest obszar miasta, na którym temperatury różnią się o określoną wartość od temperatur mierzonych na obszarze peryferyjnym. Strefy zostały wyznaczone według mapy rozmieszczenia miejskiej wyspy ciepła we Wrocławiu [Dubicki i in. 2002]. Dla strefy B przyjęto temperatury średnio o 0,3°C wyższe (o 0,3°C wiosną i jesienią, o 0,4°C latem i o 0,1°C zimą), w porównaniu z odnotowanymi w Strachowicach (ryc. 5-7). Dla strefy C przyjęto temperatury wyższe o 0,7°C wiosną i jesienią, o 0,8°C latem i o 0,5°C zimą, w porównaniu z odnotowanymi w Piastowie (ryc. 8-10), natomiast dla strefy D temperatury wyższe (o 1,0°C wiosną i jesienią, o 1,1°C

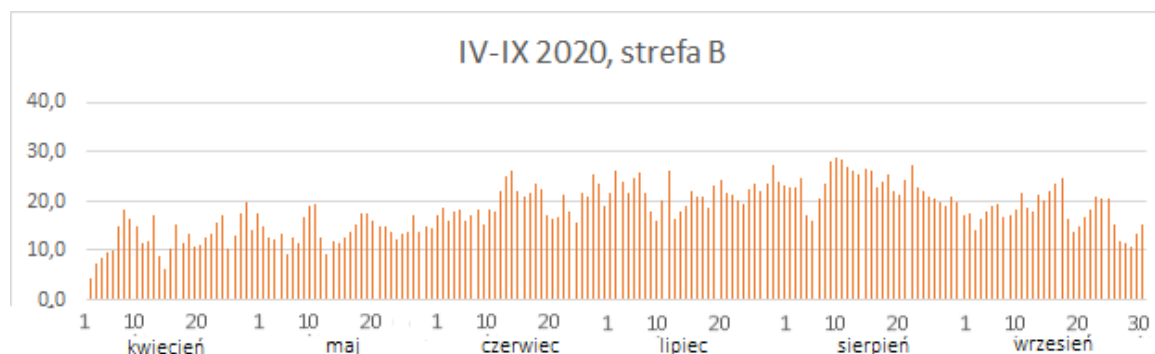
latem i o 0,9°C zimą), w porównaniu z odnotowanymi na stacji pomiarowej na peryferiach miasta (ryc. 11-13). Stanowiska od 1. do 7. znajdują się w zasięgu strefy D, stanowiska 8. oraz 10. W strefie C, natomiast stanowisko 9. w strefie B.



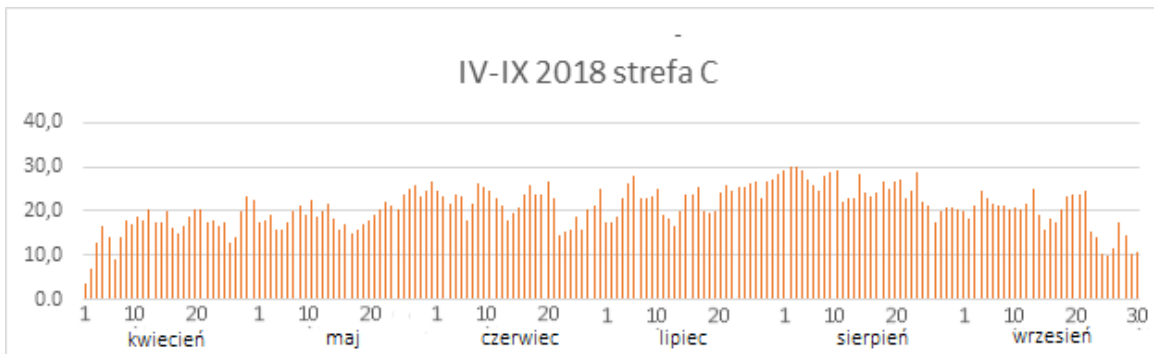
Ryc. 5. Średnie temperatury dobowe dzień po dniu, w okresie od kwietnia do września 2018 roku, dla strefy termicznej B



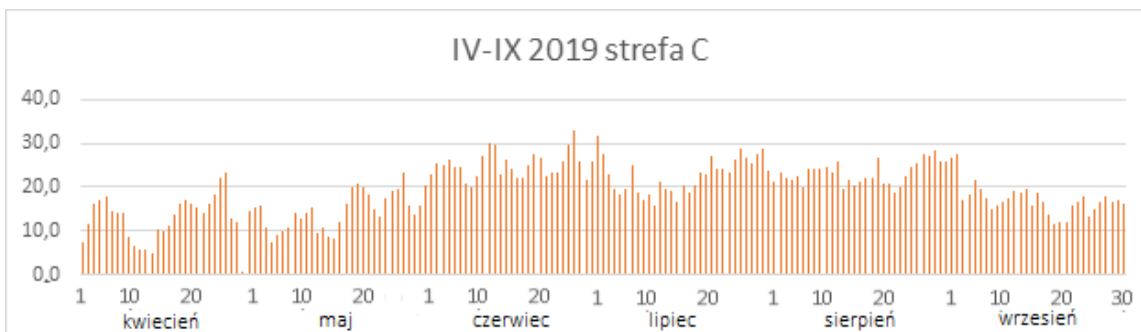
Ryc. 6. Średnie temperatury dobowe dzień po dniu, w okresie od kwietnia do września 2019 roku, dla strefy termicznej B



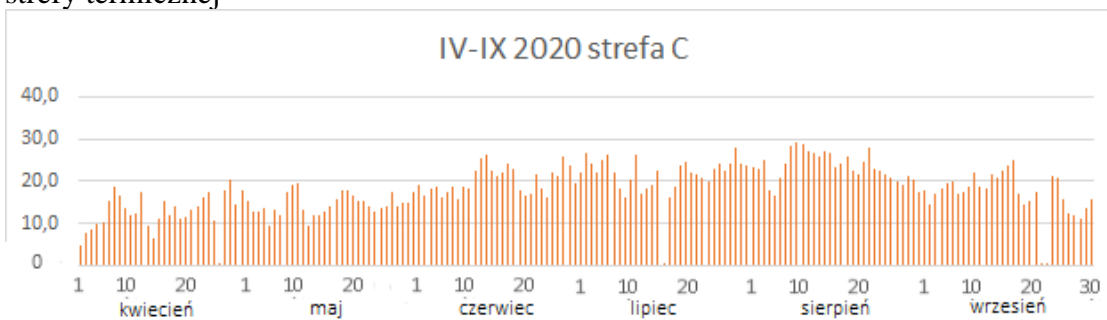
Ryc. 7. Średnie temperatury dobowe dzień po dniu, w okresie od kwietnia do września 2020 roku, dla strefy termicznej B



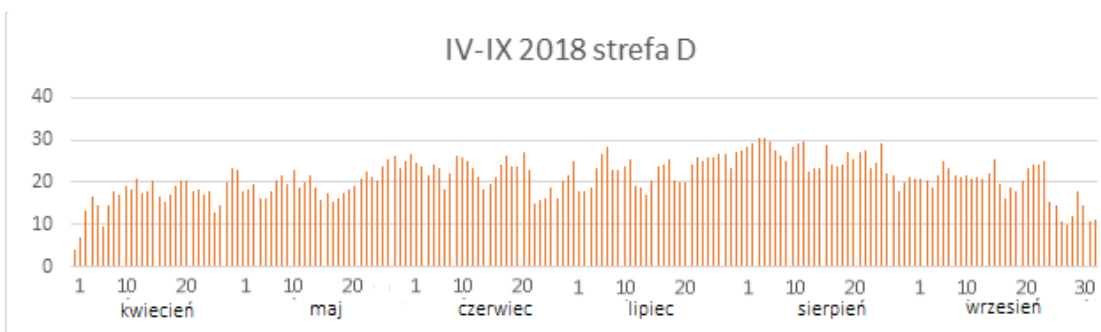
Ryc. 8. Średnie temperatury dobowe dzień po dniu, w okresie od kwietnia do września 2018 roku, dla strefy termicznej C



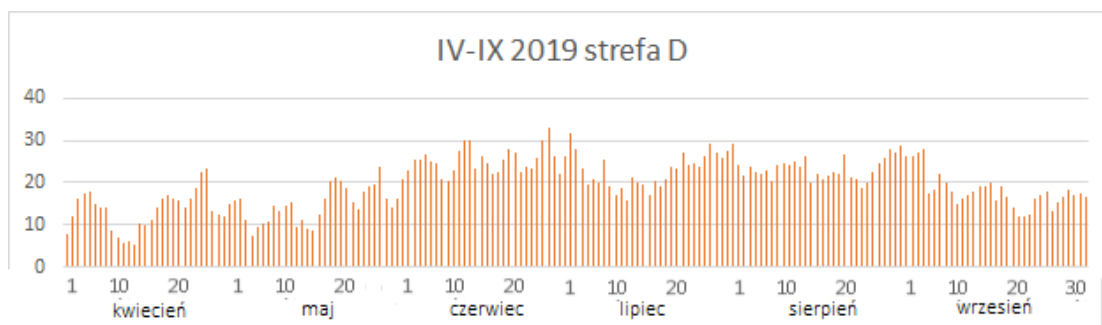
Ryc. 9. Średnie temperatury dobowe dzień po dniu, w okresie od kwietnia do września 2019 roku, dla strefy termicznej C



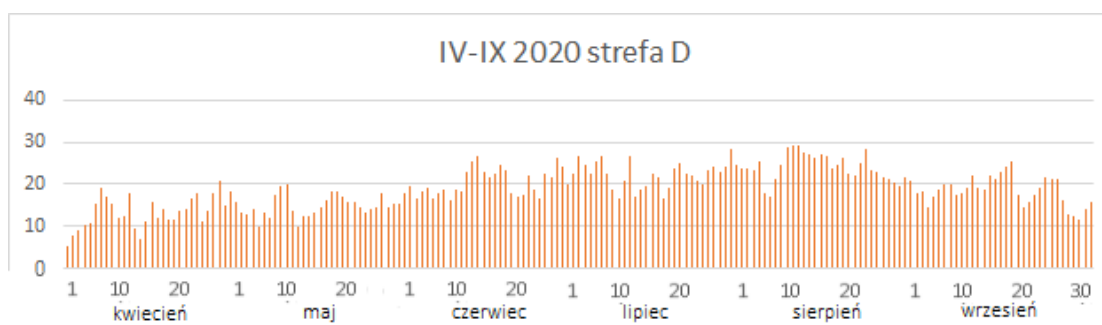
Ryc. 10. Średnie temperatury dobowe dzień po dniu, w okresie od kwietnia do września 2020 roku, dla strefy termicznej C



Ryc. 11. Średnie temperatury dobowe dzień po dniu, w okresie od kwietnia do września 2018 roku, dla strefy termicznej D



Ryc. 12. Średnie temperatury dobowe dzień po dniu, w okresie od kwietnia do września 2019 roku, dla strefy termicznej D



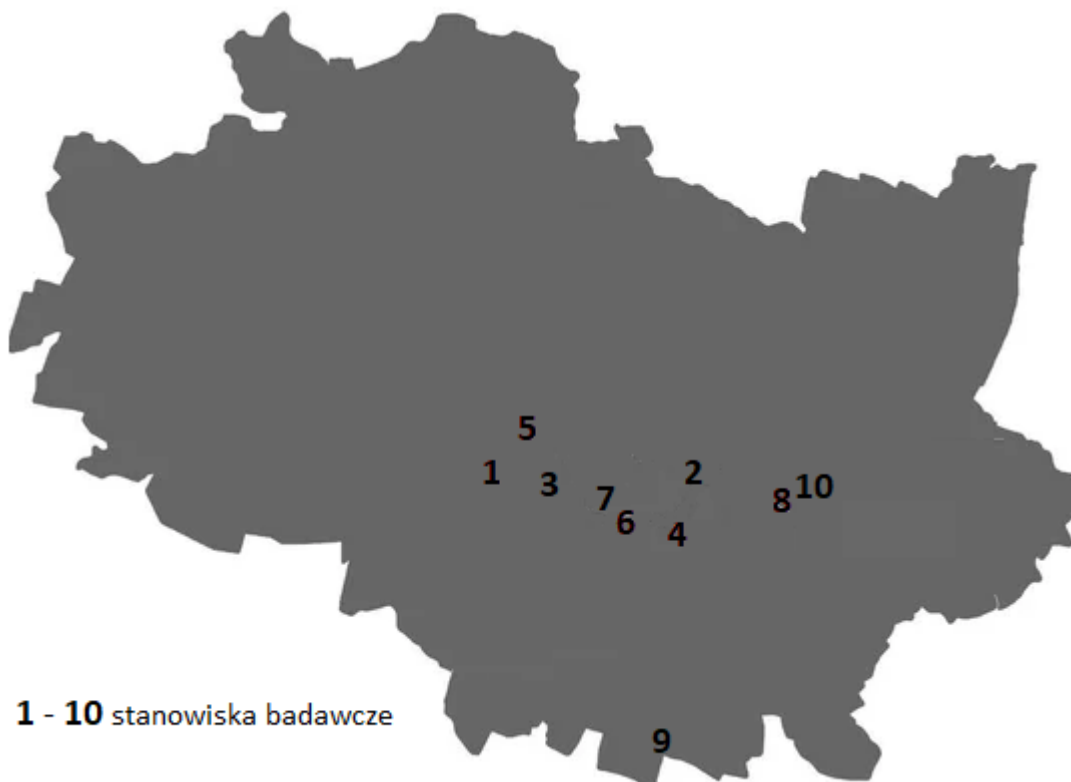
Ryc. 13. Średnie temperatury dobowe dzień po dniu, w okresie od kwietnia do września 2020 roku, dla strefy termicznej D

2.4. Charakterystyka stanowisk morwy białej na których prowadzono badania szczegółowe

Podczas wykonania spisu wszystkich stanowisk morwy białej w granicach administracyjnych Wrocławia wytypowano spośród nich 10 osobników badanego gatunku, rosnących w różnych częściach Wrocławia, które po wstępnej ocenie wyróżniały się na tle wrocławskiej populacji szczególną wartością cech użytkowych przydatnych w dalszej hodowli odmian sadowniczych, a ponadto odznaczały się zróżnicowaną porą dojrzewania owoców (ryc. 14). Pod uwagę brano obfitość owocowania, wielkość i wybarwienie owoców, oszacowane na podstawie wstępnej, nieprecyzyjnej oceny wizualnej, bez użycia urządzeń pomiarowych. Wytypowane 10 drzew morwy białej, określanych dalej jako stanowiska badawcze, poddano dalszym badaniom prowadzonym w trzech kolejnych sezonach wegetacyjnych, w latach 2018-2020. Zanalizowano skład chemiczny gleby, liści oraz owoców, pobranych na każdym ze stanowisk, ponadto dokonano pomiarów morfologicznych owoców. Wybrane stanowiska badawcze są rozmieszczone w różnych częściach Wrocławia, na terenie trzech stref termicznych wyróżnionych ze względu na Wysokość Miejskiej wyspy Ciepła, na terenach różniących się typem zabudowy.

Wstępny opis stanowisk dokonano na podstawie własnych obserwacji terenowych, danych zaczerpniętych z portalu mapy.geoportal.gov.pl oraz ekoorg.pl. Uwzględniono w nim adres,

współrzędne geograficzne, strefę zagospodarowania, potencjał solarny, strefę termiczną określoną na podstawie rozkładu miejskiej wyspy ciepłej we Wrocławiu oraz skrócony opis lokalizacji badanego osobnika względem sąsiednich budynków, nasadzeń, arterii komunikacyjnych itp. Dane termiczne z lat 2018-2020 zmierzono w stacji pomiarowej zlokalizowanej w dzielnicy Strachowice na peryferiach Wrocławia. Następnie dla każdego ze stanowisk przeliczono średnią temperaturę roczną zgodnie z tabelą i mapą natężenia Miejskiej Wyspy Ciepła [CLC 2012; Dubicki i in. 2002; eko.org.pl; meteomodel.org; Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego Wrocławia 2010; Szymanowski 2002].



Ryc. 14. Rozmieszczenie na mapie Wrocławia stanowisk morwy białej na których prowadzono badania szczegółowe

Stanowisko 1:

Adres: ul. Grabiszyńska 236 / ul. Inżynierska 83 (róg ul. Inżynierskiej i ul. Budowlanej)

Współrzędne geograficzne: 51°05'39.5"N 16°59'03.4"E

Strefa zagospodarowania: MU- obszary mieszkaniowo-usługowe, zabudowa zwarta do 5. kondygnacji

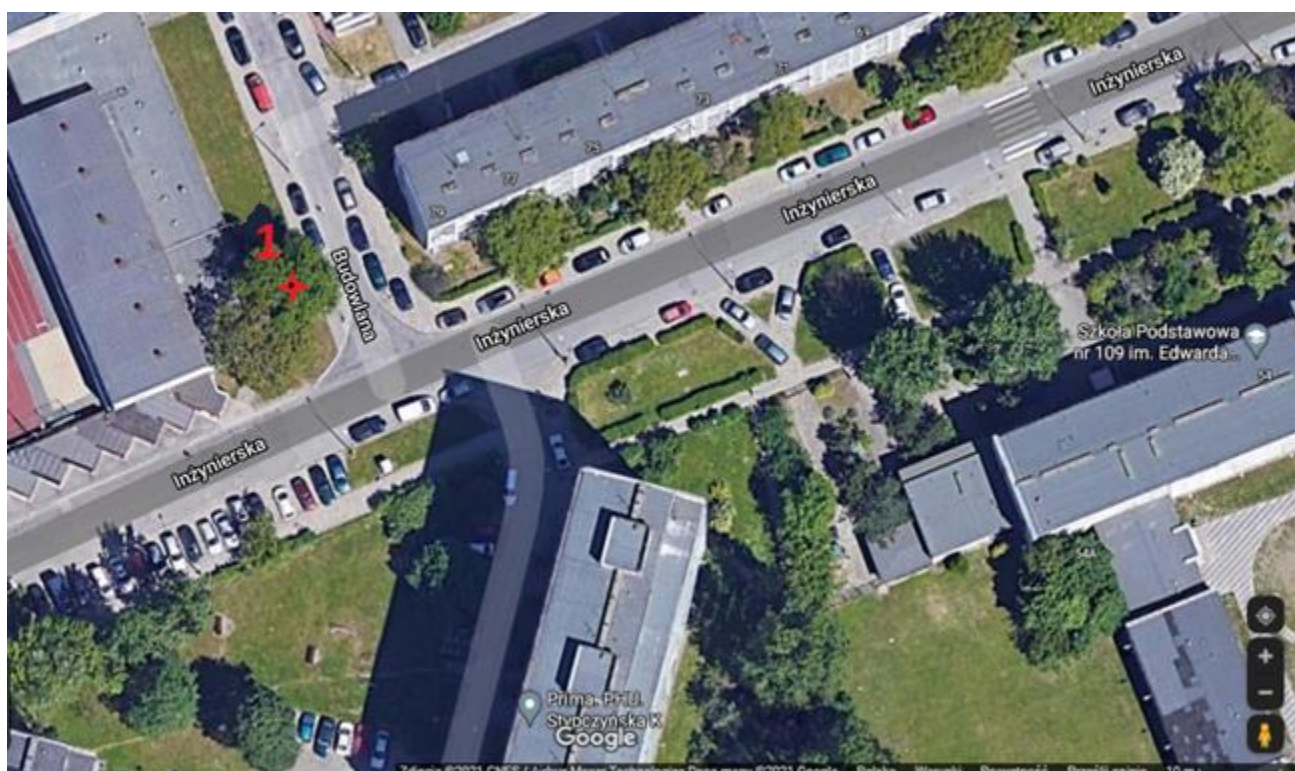
Średnie roczne natężenie MWC: 1,0 °C

Potencjał solarny/m²: ITH=962111 Wh

Opis: Drzewo z pojedynczym, wyraźnie zarysowanym pniem i wysoko osadzoną, rozłożystą koroną.

Rośnie jako soliter, w znacznym oddaleniu od innych drzew tego samego jak również innych

gatunków. Rośnie na narożnym trawniku na północno-zachodnim narożniku skrzyżowania ulic Inżynierskiej i Budowlanych, na granicy działek przy ul. Grabiszyńskiej 236 oraz ul. Inżynierskiej 83. W odległości ok. 7 m na północ rośnie kilkudziesięcioletni, wysoki jesion wyniosły (*Fraxinus excelsior* L.). Bezpośrednio od wschodniej strony, w odległości poniżej 1 m od nasady pnia, znajduje się parterowy budynek Zespołu Szkół Budowlanych im. Generała Józefa Bema. Od wschodniej strony, po przeciwnej stronie ul. Budowlanej, w odległości ok. 20 m, znajduje się wysoka zabudowa mieszkaniowa, podobnie jak po stronie południowo wschodniej, po przeciwnej stronie ul. Inżynierskiej, w odległości ok. 40 m. Z wyjątkiem późnego popołudnia stanowisko jest nasłonecznione.



Fot. 9. Stanowisko 1. rzut z góry, skala 1:650

Stanowisko 2:

Adres: ul. Komandorska 66 (parking przy centrum handlowym Arena)

Współrzędne geograficzne: 51°05'40.2"N 17°01'42.6"E

Strefa zagospodarowania: MU/Z2- obszary mieszkaniowo-usługowe / obszary zieleni 2, zabudowa zwarta do 5. Kondygnacji

Średnie roczne natężenie MWC: 1,0 °C

Potencjał solarny/m2: ITH=961714 Wh

Drzewo o krzewiastym pokroju, wielopniowe, gęsto- i nisko rozgałęzione. Rośnie jako soliter, wrastając w ogrodzenie parkingu centrum handlowego Arena, tuż przy bramie wjazdowej, w obrębie trawnika. Po północnej stronie znajduje się parking włożony betonową kostką brukową, po stronie północno-zachodniej w odległości ok. 30 m znajduje się parterowa hala handlowa. Po stronie południowo-wschodniej znajduje się rozległy trawiasty skwer. Stanowisko jest nasłonecznione niezależnie od pory dnia.



Fot. 10. Stanowisko 2. rzut z góry, skala 1:650

Stanowisko 3:

Adres: Aleja gen. Józefa Hallera 69

Współrzędne geograficzne: 51°05'23.3"N 16°59'59.8"E

Strefa zagospodarowania: MU- obszary mieszkaniowo-usługowe, zabudowa zwarta do 5. kondygnacji

Średnie roczne natężenie MWC: 1,0 °C

Potencjał solarny/m2: ITH=960308 Wh

Wielopniowe, niskorozgałęzione drzewo z asymetryczną koroną, o dziewięciu pniach o wspólnej nasadzie, w tym czterech częściowo ze sobą zrosniętych. Jeden z pni silnie wychylony w kierunku zachodnim, tworzy z powierzchnią gruntu kąt ok. 40°, grozi wyłamaniem; częściowo wrasta weń dzika śliwa ałczyca. Morwa rośnie na fragmencie trawiastego terenu, bezpośrednio od strony południowej znajduje się aleja generała Józefa Hallera, arteria komunikacyjnej o bardzo dużym natężeniu ruchu

samochodowego. Od strony zachodniej znajduje się niewielki skwer obsadzony mieszanką drzew i krzewów, głównie lipy drobnolistnej *Tilia cordata* Mill. oraz cisa pospolitego *Taxus baccata* L. W odległości poniżej 1 m od pnia, pod okapem korony, od strony północnej i wschodniej znajduje się niski żywopłot z ligustru pospolitego *Ligustrum vulgare* L., oddzielający drzewo od asfaltowego chodnika. W odległości ok. 5 m na wschód znajduje się wiata przystanku autobusowego, natomiast w odległości ok. 12 m na północ pięciokondygnacyjny wielorodzinny budynek mieszkalny. Stanowisko jest nasłonecznione niezależnie od pory dnia.



Fot. 11. Stanowisko 3. rzut z góry, skala 1:650

Stanowisko 4:

Adres: ul. Pocztowa (róg al. Wiśniowej)

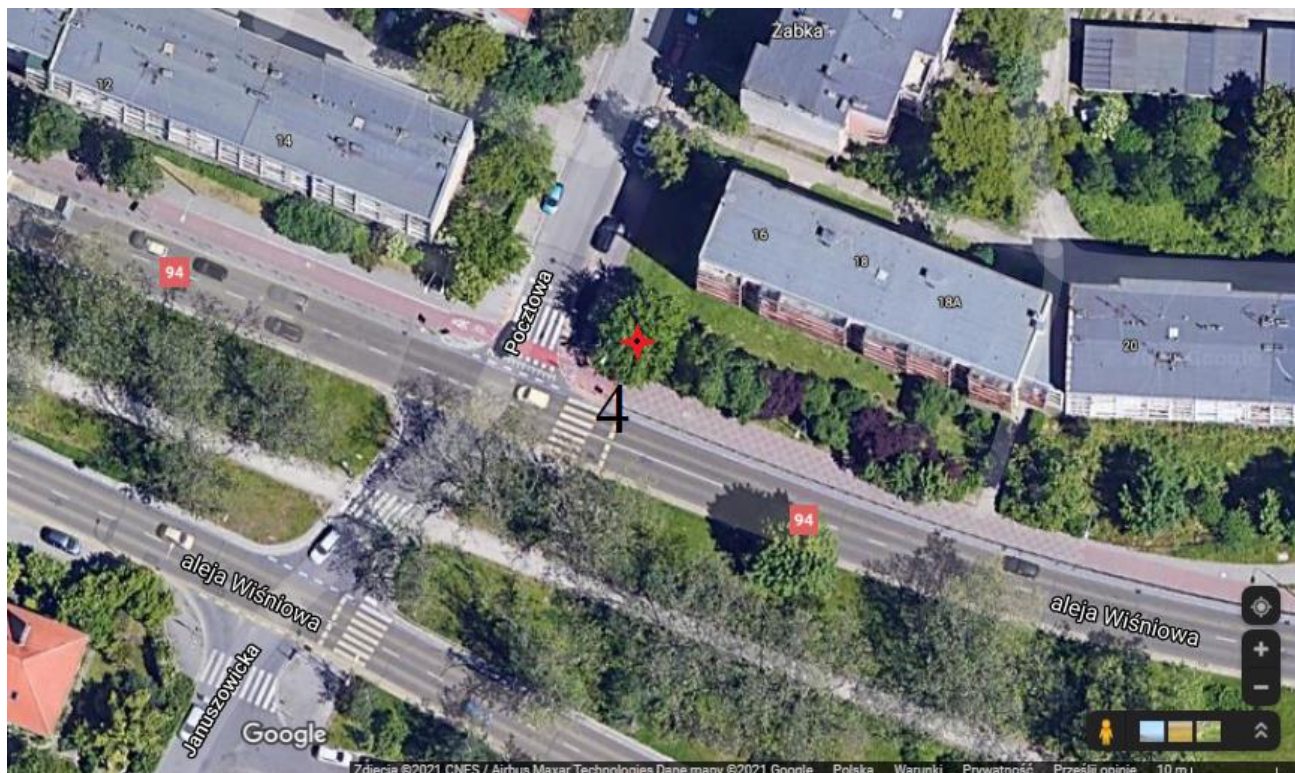
Współrzędne geograficzne: 51°05'09.5"N 17°00'54.0"E

Strefa zagospodarowania: MU- obszary mieszkaniowo-usługowe, zabudowa zwarta do 5 kondygnacji

Średnie roczne natężenie MWC: 1,0 °C

Drzewo z wyraźnie zarysowanym pniem, rozgałęzione na wysokości ok. 2 m, z dość rozłożystą, w przybliżeniu symetryczną koroną. Rośnie na narożnym trawniku na północno-wschodnim narożniku skrzyżowania ulicy Pocztovej oraz alei Wiśniowej, arterii komunikacyjnej o bardzo dużym natężeniu ruchu samochodowego. Wzdłuż drogi, w kierunku wschodnim oraz zachodnim (po przeciwnej stronie ul. Pocztovej) rozciąga się trawiasty skwer luźno obsadzony drzewami i krzewami. W odległości ok.

3 m na południowy zachód rośnie wysoki krzew bzu czarnego *Sambucus nigra* L. W odległości ok. 10 m w kierunku północnym znajduje się pięciokondygnacyjny wielorodzinny budynek mieszkalny. Z wyjątkiem godzin porannych stanowisko jest nasłonecznione.



Fot. 12. Stanowisko 4. rzut z góry, skala 1:650

Stanowisko 5:

Adres: Aleja Pracy 25 a

Współrzędne geograficzne: 51°05'41.3"N 16°59'03.4"E

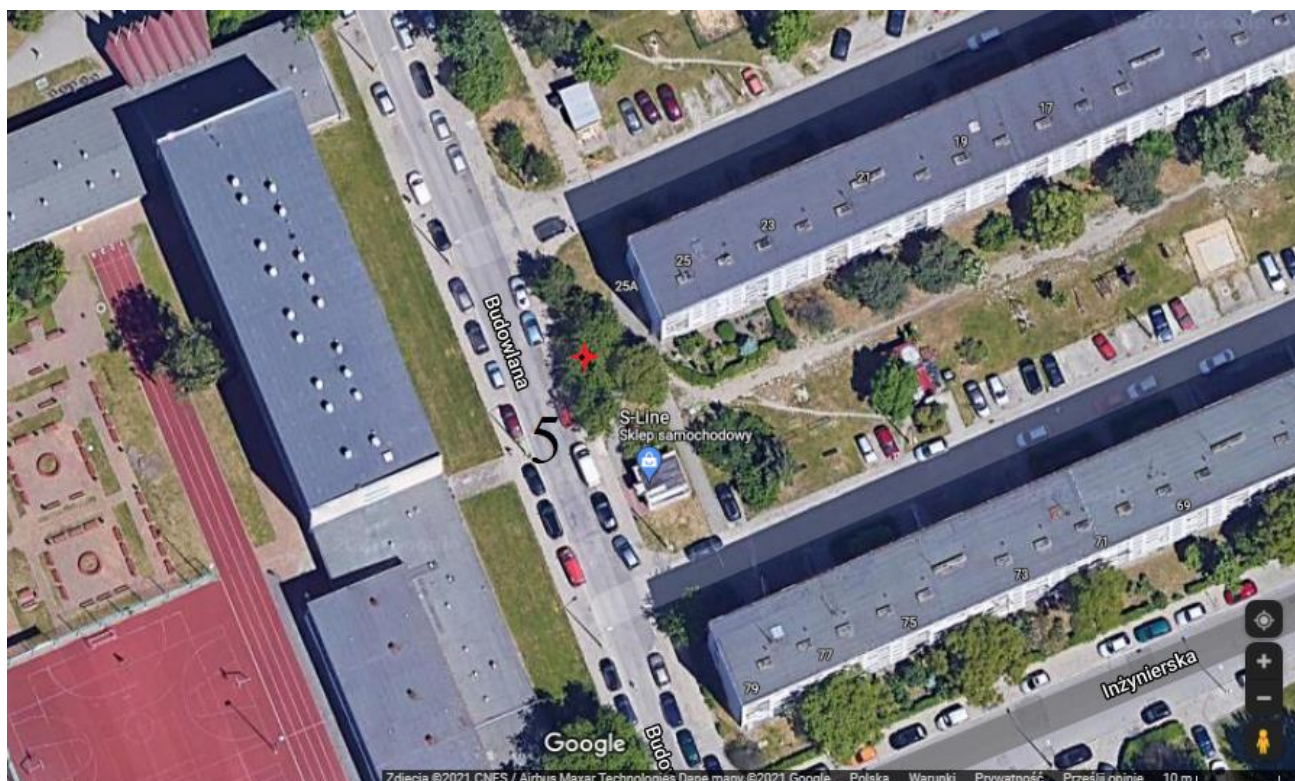
Strefa zagospodarowania: MU- obszary mieszkaniowo-usługowe, zabudowa zwarta do 5. kondygnacji

Średnie roczne natężenie MWC: 1,0 °C

Potencjał solarny/m2: ITH=966478 Wh

Niskorozgałęzione drzewo o trzech częściowo zrosniętych pniach wychylonych w kierunku południowym oraz nisko osadzonej, szerokiej, asymetrycznej koronie. Kora pni i konarów głęboko spękana, widoczne rany drewna i owocniki rozszczepki *Schizophyllum commune* Fr. Rośnie na terenie zaniedbanego, silnie przerzedzonego trawnika, pod okapem korony sąsiaduje z wysokimi krzewami: cisem pospolitym *Taxus baccata* oraz lilakiem pospolitym *Syringa vulgaris* L., oraz w odległości ok. 4 m od pnia z ok. 20-letnimi drzewami: orzechem włoskim *Juglans regia* L. oraz morwą białą *Morus alba*. Bezpośrednio od strony zachodniej sąsiaduje z ul. Budowlaną, po przeciwnej stronie ulicy w

odległości ok. 20 m na zachód znajduje się dwupiętrowy budynek Zespołu Szkół Budowlanych im. Generała Józefa Bema. W odległości ok. 7 m na wschód znajduje się wysoki, (pięciokondygnacyjny) wielorodzinny budynek mieszkalny. Przez większość dnia stanowisko jest nasłonecznione.



Fot. 13. Stanowisko 5. rzut z góry, skala 1:650

Stanowisko 6

Adres: ul. Powstańców Śląskich 154

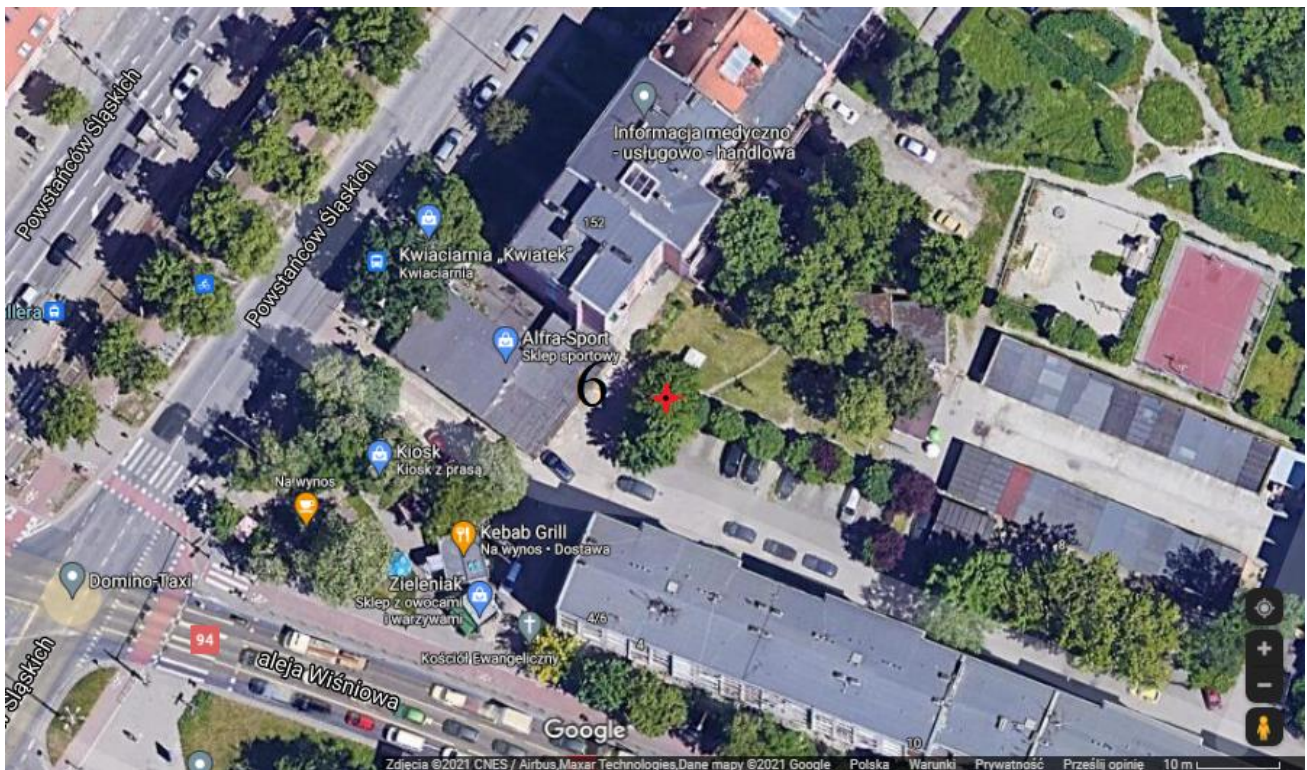
Współrzędne geograficzne: 51°05'12.0"N 17°00'48.2"E

Strefa zagospodarowania: MU/Z2- obszary mieszkaniowo-usługowe / obszary zieleni 2, zabudowa zwarta do 5. Kondygnacji

Średnie roczne natężenie MWC: 1,0 °C

Potencjał solarny/m²: ITH=782809 Wh (budynek obok)

Dwupniowe, rozgałęzione ok. 3 cm nad ziemią drzewo o szerokiej, rozłożystej, niskoosadzonej koronie. Skwerek koło osiedlowego parkingu pomiędzy wysokimi, pięciokondygnacyjnymi wielorodzinnymi budynkami mieszkalnymi, oddalonymi ok. 8 m w kierunku północno zachodnim, 17 m w kierunku południowym oraz 35 m w kierunku wschodnim. W odległości ok. 6 m na południe oraz 5 m na południowy wschód rosną klony pospolite *Acer platanoides* L. Przez większość dnia, z wyjątkiem godzin porannych, dostęp światła jest silnie ograniczony przez cień rzucający przez pobliskie budynki.



Fot. 14. Stanowisko 6. rzut z góry, skala 1:650

Stanowisko 7

Adres: u. Wandy 2-3

Współrzędne geograficzne: 51°05'15.4"N 17°00'44.5"E

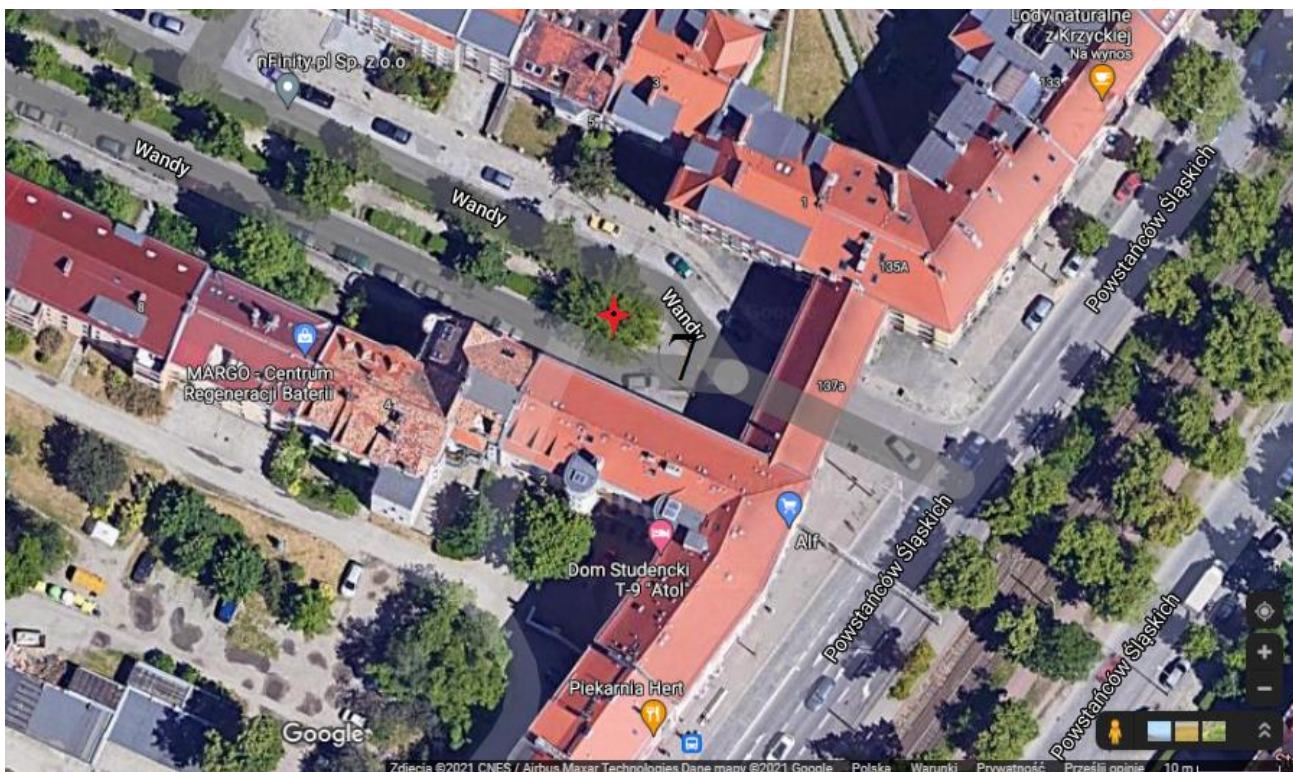
Strefa zagospodarowania: MU- obszary mieszkaniowo-usługowe, zabudowa zwarta do 5.

Kondygnacji

Średnie roczne natężenie MWC: 1,0 °C

Potencjał solarny/m2: ITH=1005445 Wh (budynek obok, rzeczywisty dużo niższy = ok. 200000 Wh)

Wielopniowe drzewo rozgałęzione ok. 20 cm nad ziemią, o niskoosadzonej, dość symetrycznej koronie. Rośnie na pozbawionym trawy fragmencie skwerku, otoczonego z trzech stron wielorodzinnymi budynkami mieszkalnymi trzykondygnacyjnymi, oddalonymi ok. 10 m w kierunku północno-wschodnim, 10 m w kierunku południowo-zachodnim oraz 19 m w kierunku południowo-wschodnim. Skwer ciągnie się w kierunku północno-zachodnim, w odległości ok. 3 m na północ oraz zachód, w zasięgu korony morwy, rosną dwie ok. 20-letnie lipy drobnolistne *Tilia cordata*. Przez większość dnia stanowisko jest pogrążone w cieniu rzucanym przez pobliskie zabudowania.



Fot. 15. Stanowisko 7. rzut z góry, skala 1:650

Stanowisko 8

Adres: ul. Krakowska 2 (tuż przy ogrodzeniu od strony ul. Młodej)

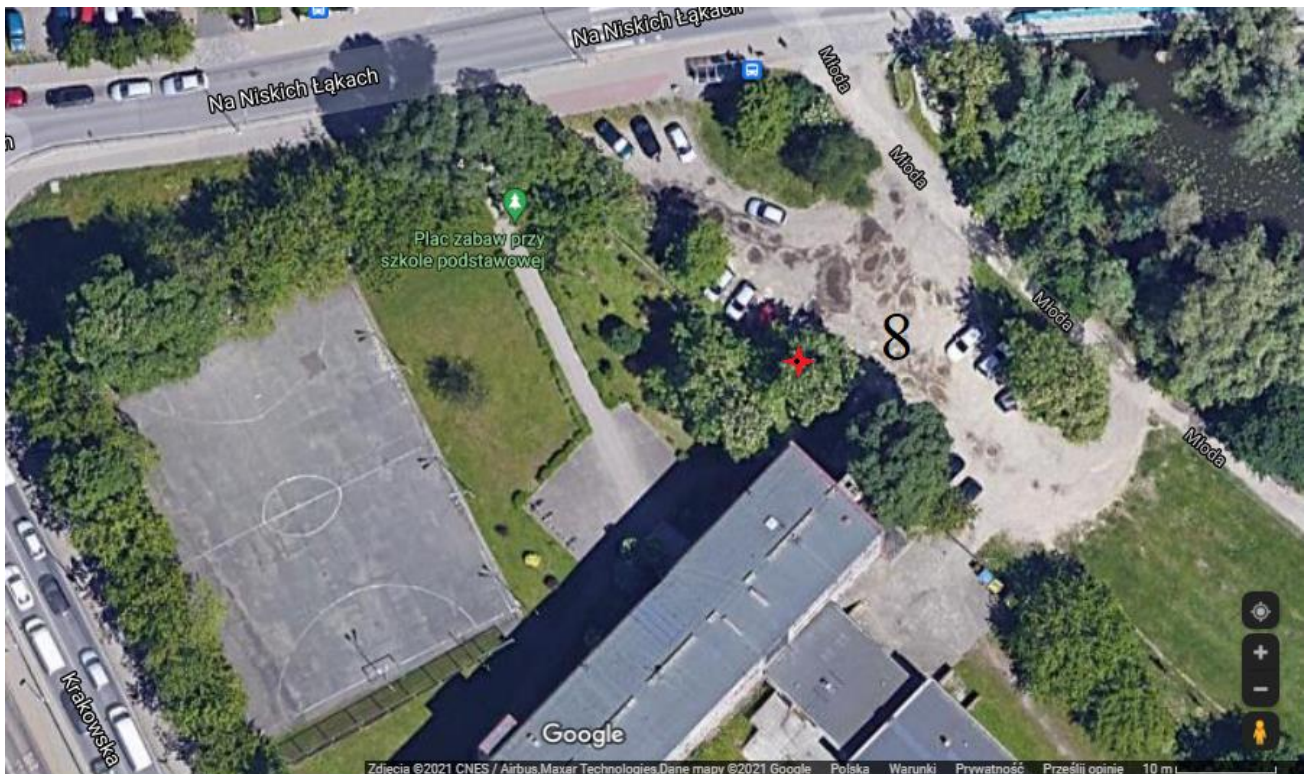
Współrzędne geograficzne: 51°05'47.1"N 17°03'27.9"E

Strefa zagospodarowania: Z2- obszary zieleni 2

Średnie roczne natężenie MWC: 0,7°C

Potencjał solarny/m2: ITH=975180 Wh

Wysokie drzewo rozłożystej, szerokiej koronie i pniu lekko pochylonym w kierunku północnym. Rośnie na trawniku, w odległości poniżej 1 m od ogrodzenia boiska Szkoły Podstawowej nr 96 im. L. Teligi. W odległości ok. 5 m na południowy wschód, 3 m na północny zachód oraz 9 m na zachód rosną trzy wysokie drzewa robinii akacjowej *Robinia pseudoacacia* L. W odległości ok. 22 m na południowy wschód znajduje się trójkondygnacyjny budynek szkoły, a w odległości ok. 45 m na wschód rzeka Oława. Stanowisko jest nasłonecznione w godzinach porannych oraz późno popołudniowych.



Fot. 16. Stanowisko 8. rzut z góry, skala 1:650

Stanowisko 9

Adres: ul. Wrocławska 10, Radomierzyce

Współrzędne geograficzne: 51°02'34.3"N 17°02'22.6"E

Strefa zagospodarowania: Z2-obszar zieleni 2 (granica wsi, teren rolniczy)

Średnie roczne natężenie MWC: 0,3 °C

Potencjał solarny/m2: ITH=brak danych

Drzewo dorosłe, corocznie przycinanej koronie, element szpaleru wysokich morw (pozostałe posiadają naturalny pokrój). Osobnik dwupłciowy, wytwarza kwiaty obu płci, z przewagą kwiatów żeńskich. Bezpośrednio od strony południowej pień graniczy z betonowym ogrodzeniem wysokości ok. 1,5 m. W odległości ok. 1 m na zachód rośnie wysoki krzew bzu czarnego *Sambusus nigra*, w odległości ok. 10 m na południowy wschód wysokie drzewo morwy białej *Morus alba*. W odległości ok. 7 m na południe znajduje się parterowa hala magazynowa, w odległości ok. 15 m na zachód mały parterowy budynek sklepu spożywczego. Drzewo rośnie w odległości ok. 2 m na południe od ul. Wrocławskiej, drogi o średnim natężeniu ruchu, po jej przeciwnej stronie znajduje się pole uprawne. Pień drzewa, graniczący bezpośrednio z betonowym ogrodzeniem, przez większość dnia jest oświetlony, przeważająca część korony jest nasłoneczniona niezależnie od pory dnia.



Fot. 17. Stanowisko 9. rzut z góry, skala 1:650

Stanowisko 10

Adres: ul. Krakowska 2 (róg ul. Na Niskich Łąkach)

Współrzędne geograficzne: 51°05'47.0"N 17°03'24.2"E

Strefa zagospodarowania: U- obszary usługowe

Średnie roczne natężenie MWC: 0,7 °C

Potencjał solarny/m²: ITH=979273 Wh (rzeczywisty niższy, od W nieprzejrzysty ekran dźwiękochłonny)

Wysokie, dość wąskie drzewo, rozgałęzione na wysokości ok. 1,5 m. Rośnie w narożu działki, od strony zachodniej bezpośrednio graniczy z nieprzejrzyстым ekranem dźwiękochłonnym oddzielającym je od ul. Krakowskiej, arterii komunikacyjnej o bardzo dużym natężeniu ruchu samochodowego, a od strony północnej z ogrodzeniem. Stanowi element wysokiego szpaleru kilkudziesięciu drzew morwy białej nasadzonych wzdłuż ogrodzenia Szkoły Podstawowej nr 96 im. L. Teligi. W odległości ok. 10 m na północny wschód oraz 10 m na północ rosną drzewa morwy białej o podobnych wymiarach co badany osobnik. W odległości ok. 47 m w kierunku południowym, po przeciwnej stronie ul. Na Niskich Łąkach, znajduje się pięciokondygnacyjna kamienica. Stanowisko jest nasłonecznione niezależnie od pory dnia, przy czym dotyczy to korony; pień do wysokości ok. 3 m w godzinach popołudniowych jest ocieniony przez nieprzejrzysty ekran dźwiękochłonny.



Fot.18. Stanowisko 10. rzut z góry, skala 1:650

2.5. Fenologia

Metoda obserwacji fenologicznych polega na notowaniu dat pojawów, czyli zmian morfologicznych powtarzających się w rocznym cyklu życia roślin, wyznaczających początek i koniec każdej fazy fenologicznej. Obserwacje fenologicznych faz rozwojowych obejmujące 3 kolejne lata badań (2018-2020) prowadzono na wybranych dziesięciu stanowiskach morwy białej *Morus alba* rozmieszczonych na terenie Wrocławia, opisanych w poprzednim rozdziale. Notowanie pojawów fenologicznych prowadzono w odstępach trzy-czterodniowych, od początku wiosennego nabrzmiewania pąków aż do opadnięcia ostatnich liści jesienią. Notowanie dat pojawów fenologicznych prowadzono w odstępach trzy-czterodniowych. Spektrum fenologiczne nakreślono na bazie metody Łukaszewicza (1999), zmodyfikowanej pod kątem specyfiki badanego gatunku. Stadia rozwojowe obserwowano w określonej kolejności: listnienie, kwitnienie, owocowanie, przebarwienie liści oraz opadanie liści, jednak ze względu na zazębianie się poszczególnych faz (okres równoczesne występowania co najmniej dwóch faz), dla uzyskania klarowności analiz porównawczych poszczególnych stanowisk, rozważano osobno fazy fenologiczne w zakresie rozwoju wegetatywnego i generatywnego. Obserwacje części wegetatywnych dotyczące rozwoju pąków liściowych, rozwoju i zmian zabarwienia liści oraz ich jesiennego opadania, które charakteryzowały następujące pojawy fenologiczne (1-8) (Fot. 19-24):

1. Otwieranie się pąków liściowych
2. Rozchylanie blaszek liściowych (pierwsze liście rozchyliły obie połowy blaszki liściowej, ukazując jej górną powierzchnię)
3. Początek jesiennego przebarwienia (zmiana barwy z zielonej na żółtą u ok. 10% liści)
4. Pełnia jesiennego przebarwienia liści (zmiana barwy u ok. 50% liści)
5. Koniec pełni jesiennego przebarwienia (zmiana barwy u ok. 90% liści)
6. Początek opadania liści
7. Pełnia opadania liści (utrata ok. 50 % ulistnienia)
8. Koniec opadania liści (całkowita utrata ulistnienia)

Obserwacje części generatywnych dotyczące rozwoju pąków kwiatowych, kwiatów oraz owoców charakteryzowały następujące pojawy fenologiczne (9-17) (Fot. 25-28):

9. Pojawienie się pierwszych pąków kwiatowych
10. Zakwitanie pierwszych kwiatów
11. Pełnia kwitnienia (rozkwitło ok. 50 % kwiatów)
12. Przekwitanie pierwszych kwiatów
13. Koniec kwitnienia (wszystkie kwiaty przekwitły), widoczne są zawiązki owoców
14. Początek dojrzewania owoców (pierwsze owoce zmieniły konsystencję i uzyskały zabarwienie charakterystyczne dla danego fenotypu)
15. Pełnia dojrzewania owoców (ok. 50 % owoców zmieniło konsystencję i uzyskało zabarwienie charakterystyczne dla danego fenotypu)
16. Koniec dojrzewania owoców (wszystkie owoce zmieniły konsystencję i uzyskały zabarwienie charakterystyczne dla danego fenotypu)
17. Opadnięcie lub zaschnięcie na pędach wszystkich owoców

Daty powyższych pojawów fenologicznych posłużyły do wyznaczenia następujących faz rozwoju:

- Wegetatywnego (A-C)

A – Faza listnienia (otwieranie się pąków liściowych → początek jesiennego przebarwienia)

B – Faza jesiennego przebarwiania liści (początek jesiennego przebarwienia → Początek opadania liści)

C – Faza opadania liści (Początek opadania liści → koniec opadania liści)

- Generatywnego (D-H)

D – Faza pąków kwiatowych (ukazanie się pierwszych pąków kwiatowych → początek kwitnienia)

E – Faza kwitnienia (początek kwitnienia → koniec kwitnienia)

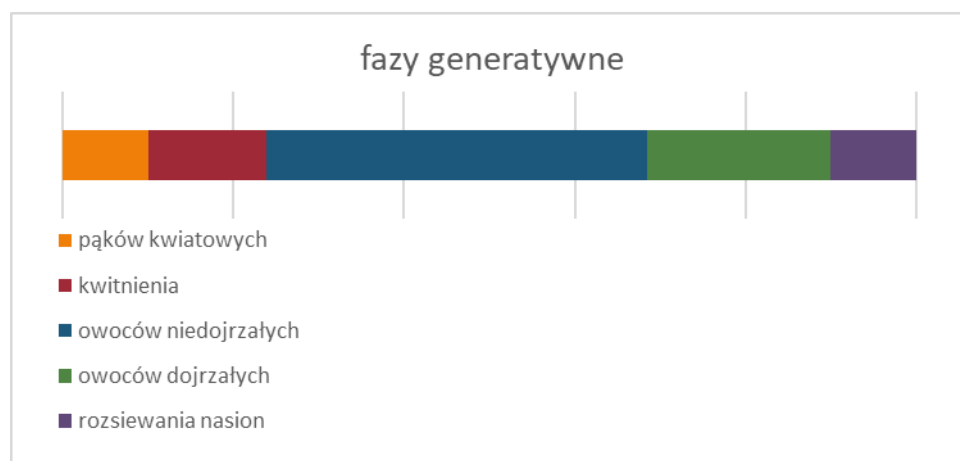
F – Faza owoców niedojrzałych (koniec kwitnienia → początek dojrzewania)

G – Faza owoców dojrzałych (początek dojrzewania → koniec dojrzewania)

H – Faza opadania owoców (koniec dojrzewania → opadnięcie wszystkich owoców)

[Kluza, Zientarska 1999; Łukasiewicz 1999; Pirch 2020]

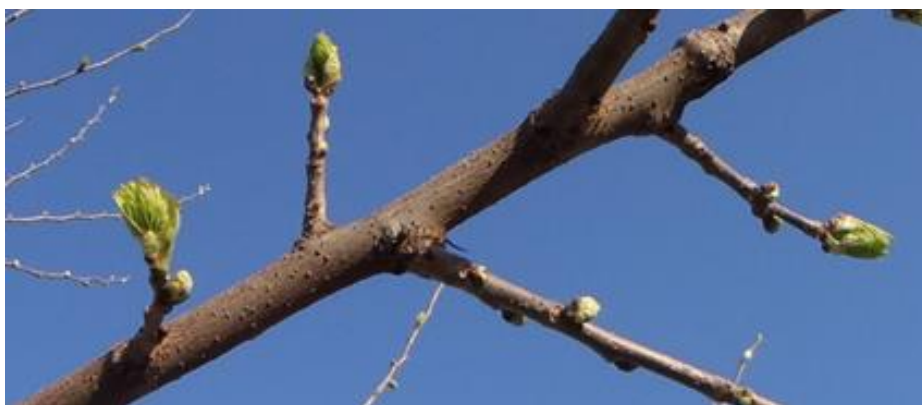
Wyniki obserwacji przedstawiono w tabelach, następnie na ich podstawie wyliczono długości trwania poszczególnych stadiów rozwojowych oraz długości okresu wegetacji roślin. Dla każdego stanowiska w każdym kolejnych latach obserwacji wykreślono uproszczone diagramy fenologiczne wg wzorca przedstawionego na ryc. 15, obrazujące następstwo faz fenologicznych morwy.



Ryc. 15. Wzorec wykresów długości faz rozwoju generatywnego morwy białej

Zbadano związki pomiędzy przebiegiem fenofaz i średnich dobowych temperatur w latach prowadzenia obserwacji. W tym celu przeprowadzono analizę korelacji:

- daty początku dojrzewania owoców oraz średniej temperatury w okresie 1-20 maja,
- daty początku dojrzewania owoców oraz Sumy Temperatur Aktywnych (SAT) w okresie 1-20 maja,
- daty początku dojrzewania owoców od sumy temperatur dni ze średnią temperaturą ≥ 20 °C w okresie 1-20 maja,
- długości fazy owoców dojrzałych oraz Sumy Temperatur Aktywnych (SAT) czerwca
- długości fazy owoców dojrzałych oraz liczby dni ze średnią temperaturą ≥ 20 °C w czerwcu
- długości fazy owoców dojrzałych oraz sumy temperatur dni ze średnią temperaturą ≥ 20 °C w czerwcu
- długości fazy owoców dojrzałych oraz liczby dni ze średnią temperaturą ≥ 22 °C w czerwcu
- długości fazy owoców dojrzałych i sumy temperatur dni ze średnią temperaturą ≥ 22 °C w czerwcu
- średniej masy owoców oraz Sumy Temperatur Aktywnych (SAT) czerwca
- istotność różnic między stanowiskami: początek owocowania z lat 2018-2020, Suma Temperatur Aktywnych (SAT) do początku owocowania i długość owocowania z lat 2018-2019 (podobieństwo we wzorcu owocowania tego samego stanowiska w kolejnych latach).



Fot. 19. Otwieranie się pąków liściowych morwy białej



Fot. 20. Rozchylanie blaszek liściowych morwy białej



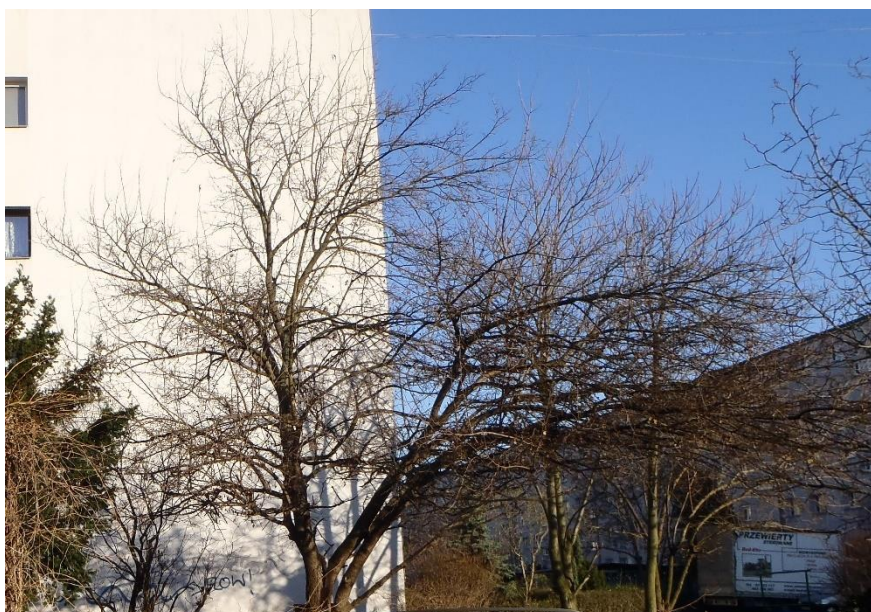
Fot. 21. Pełny rozwój ulistnienia morwy białej



Fot. 22. Koniec pełni jesiennego przebarwienia morwy białej



Fot. 23. Pełnia opadania liści morwy białej



Fot. 24. Koniec opadania liści morwy białej



Fot. 25. Faza pąków kwiatowych, kwiaty żeńskie morwy białej



Fot. 26. Pełnia kwitnienia, kwiaty żeńskie morwy białej



Fot. 27. Początek dojrzewania owoców morwy białej



Fot. 28. Pełnia dojrzewania owoców morwy białej

2.6. Analizy laboratoryjne gleby, liści i owoców

W latach 2019-2020 we wrześniu każdego roku badań na każdym ze szczegółowych stanowisk morwy białej za pomocą szpadla z głębokości 0-30 cm pobrano próbki mieszane gleby o objętości $0,5 \text{ dm}^3$, następnie poddano je analizom chemicznym w laboratorium Katedry Ogrodnictwa Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Zawartość łatwo przyswajalnych form makroskładników oznaczono metodą ‘Uniwersalną’ wg Nowosielskiego w roztworze kwasu octowego CH_3COOH o stężeniu $0,03 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$, przy stosunku podłoże/gleba – roztwór ekstrakcyjny (v/v) jak 1 : 10. Azot azotanowy $\text{N} - \text{NO}_3$ oznaczono jonometrycznie, fosfor P kolorymetrycznie metodą wanadomolibdenową, magnez Mg

kolorymetrycznie metodą żółcieni tytanowej, zawartość potasu K oraz wapnia Ca oznaczono metodą fotometrii płomieniowej. Odczyn pH $pH_{(H_2O)}$ gleby oznaczono potencjometrycznie, natomiast zasolenie EC ($mS \cdot cm^{-1}$) oznaczono konduktometrycznie.

W drugiej połowie lipca w latach 2019 i 2020 na wszystkich stanowiskach dokonano poboru prób mieszanych liści i owoców. Z każdego drzewa pobierano 100 liści ze środkowej części jednorocznych przyrostów (po 2-3 liście z pędu, łącznie z ok. 40 pędów rozmieszczonych równomiernie w różnych częściach korony), oraz 300 owoców, które pobierano po 3-5 z pędów rozmieszczonych w różnych częściach korony. Tuż po zbiorze dokonywano pomiarów morfologicznych 100 losowo wybranych owoców z każdego stanowiska, określając długość (mm), średnicę (mm) oraz masę owocu (g). Następnie próby mieszane, osobno owoców i liści, suszono w temperaturze 60°C oraz mielono na potrzeby dalszych analiz. Zawartość makroskładników w suchym materiale roślinnym oznaczono metodą 'Uniwersalną' wg Nowosielskiego w roztworze kwasu octowego CH_3COOH o stężeniu $0,03 mol \cdot dm^{-3}$, przy stosunku podłoże/gleba – roztwór ekstrakcyjny (v/v) wynoszącym 1 : 10. Azot azotanowy N – NO_3 oznaczono jonometrycznie, fosfor P kolorymetrycznie metodą wanadomolibdenową, magnez Mg kolorymetrycznie metodą żółcieni tytanowej, zawartość potasu K oraz wapnia Ca oznaczono metodą fotometrii płomieniowej [Dyśko i in. 2014; Karczewska A., Kabała C. 2008; Nowosielski O. 1988; Sadowski 2006; Wiśniewski 2008].

2.7. Analiza statystyczna

Analizy statystyczne dotyczące struktury i rozmieszczenia populacji morwy białej we Wrocławiu przeprowadzono przy użyciu programu Statistica v 13 [TIBCO Software Inc. (2017). Statistica (system oprogramowania do analizy danych), wersja 13. <http://statistica.io>]. W celu określenia różnic w średnich wartości opisujących rozmieszczenie i obwody drzew morwy białej pochodzących z celowych nasadzeń oraz naturalnych odnowień w zależności od poziomu urbanizacji i stref termicznych miasta związanych z występowaniem zjawiska Miejskiej Wyspy Ciepła przeprowadzono analizę wariancji z testem istotności między testami Tukeya i Kruskala-Willisa. Ponadto przeprowadzono analizę głównych składowych (PCA) w celu określenia związku między zmiennymi.

W powyższych analizach statystycznych rozkład normalny testowano testem W Shapiro-Wilka, a jednorodność wariancji testem Levena. W przypadku braku rozkładu normalnego lub jednorodności wariancji przeprowadzono analizy nieparametryczne, czyli test Kruskala-Wallisa. W przypadku pozostałych zmiennych istotność różnic testowano za pomocą jednoczynnikowej analizy ANOVA z testowaniem post hoc istotności różnic testem Tukeya. Analizę głównych składowych (ang.

principal component analysis, PCA) przeprowadzono z wykorzystaniem macierzy korelacji. Interpretację wykonano zgodnie z kryterium Kaisera, analizując tylko wartości własne powyżej 1.

W przypadku wyników analiz laboratoryjnych gleby, liści i owoców analizy statystyczne przeprowadzono za pomocą pakietu statystycznego PQStat wersja 1.8.2.166. W celu zbadania istotności różnic pomiędzy poszczególnymi stanowiskami badawczymi przeprowadzono jednoczynnikową analizę wariancji ANOVA z testowaniem istotności różnic testem Najmniejszej Istotnej Różnicy (NIR) oraz testem Duncana, wyznaczając grupy jednorodne skupiające wartości nie różniące się na poziomie istotności $\alpha=0,05$.

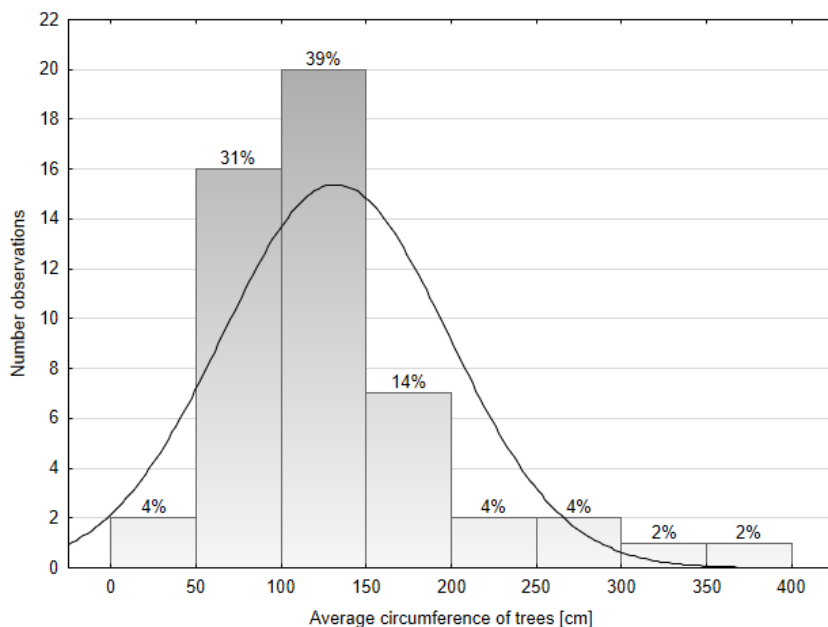
Istnienie współzależności zawartości pierwiastków w glebie z zawartością pierwiastków w liściach zbadano, szacując modele regresji liniowej. Za istotne uznano prawdopodobieństwo testowe na poziomie $p<0,05$ a za wysoce istotne przyjęto prawdopodobieństwo testowe na poziomie $p<0,01$. Rozrzut wyników przedstawiono na wykresach.

Związek pomiędzy przebiegiem faz fenologicznych oraz średnich dobowych temperatur w wybranych okresach w latach 2018-2020 określono przy pomocy analizy korelacji liniowych Pearsona. Za istotne uznano prawdopodobieństwo testowe na poziomie $p<0,05$ a za wysoce istotne przyjęto prawdopodobieństwo testowe na poziomie $p<0,01$. Istotne korelacje przedstawiono na wykresach. Tą samą metodę zastosowano dla sprawdzenia powiązania średniej masy owoców oraz Sumy Temperatur Aktywnych w okresie 1-30. czerwca.

WYNIKI

1. Struktura populacji morwy białej we Wrocławiu

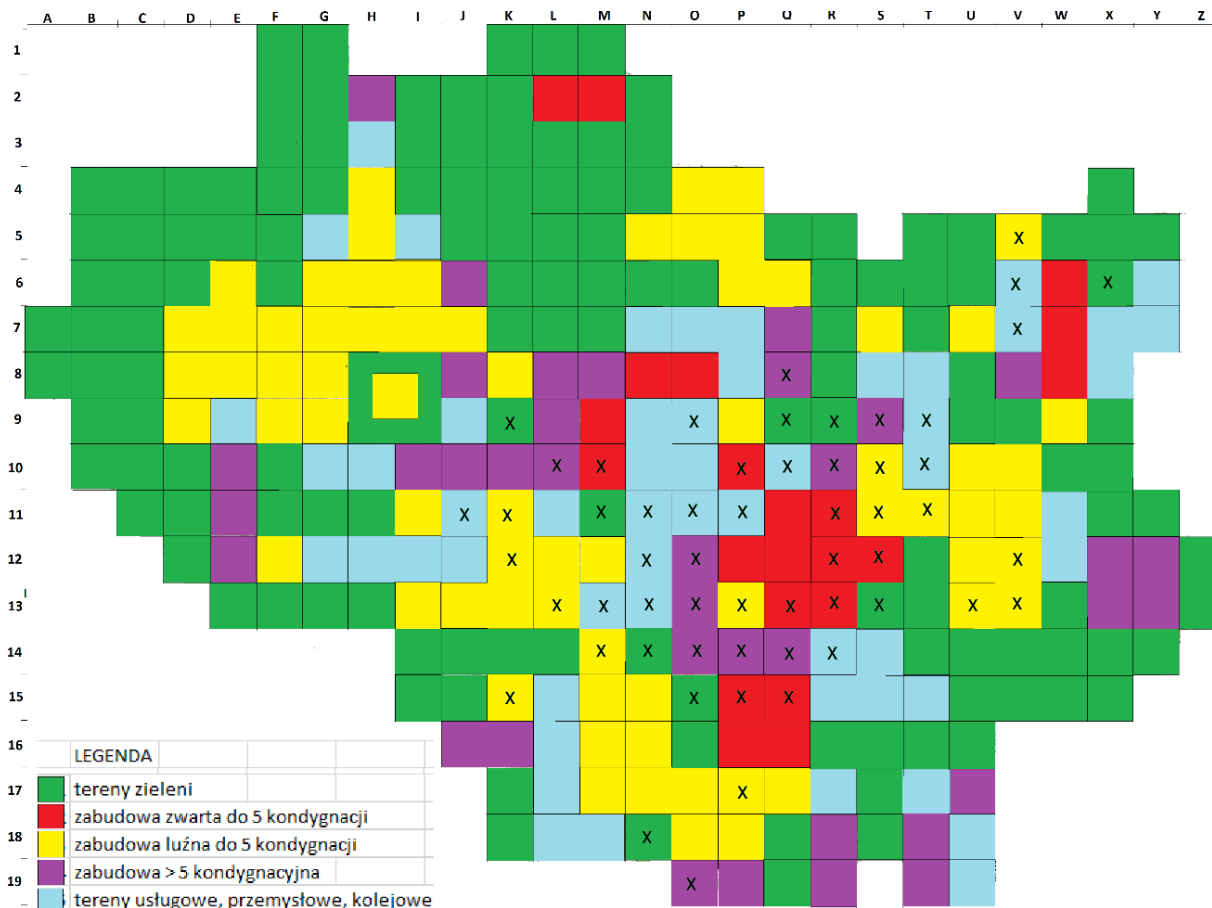
Po przeprowadzeniu badań terenowych stwierdzono występowanie 1507 okazów morwy białej na terenie Wrocławia. Najliczniejszą grupą były drzewa (1366), które stanowiły 90,6% populacji. Mniej liczne były żywopłoty – 2,7% populacji (40 szt.); dorosłe siewki – 1,9% (28 okazów); młode siewki – 4% (61 okazów); najrzadziej występowały wysokie szpalery – 0,8% (12 rzędów w danym kwadracie). W przypadku średnich obserwacji dla każdego kwadratu pierśnica dwudziestu drzew mieściła się w przedziale od 100 do 150 cm, szesnastu drzew wynosiła od 50 do 100 cm, a siedmiu drzew od 150 do 200 cm (ryc. 16).



Ryc. 16. Rozkład obwodów drzew morwy białej. Wartości procentowe reprezentują udział osobników drzew o pierśnicy mieszczącej się w danym przedziale (test W Shapiro Wilka = 0,845; $p \leq 0,0001$). Liczbę określono jako średnią dla każdego kwadratu.

1.1. Wpływ urbanizacji na naturalne i sztuczne odnowienia morwy białej

Przeprowadzona analiza wariancji nie wykazała różnic w średnich wartościach odnowień naturalnych lub sztucznych morwy białej w 5 typach zabudowy miejskiej (tab. 4, ryc. 17).



Ryc. 17. Występowanie stanowisk *Morus alba* w poszczególnych strefach użytkowania Wrocławia różniących się dominującym typem zabudowy

Tab. 3. Wyniki analizy głównych składowych PCA przeprowadzonej dla dodatkowej zmiennej reprezentującej poziom urbanizacji.

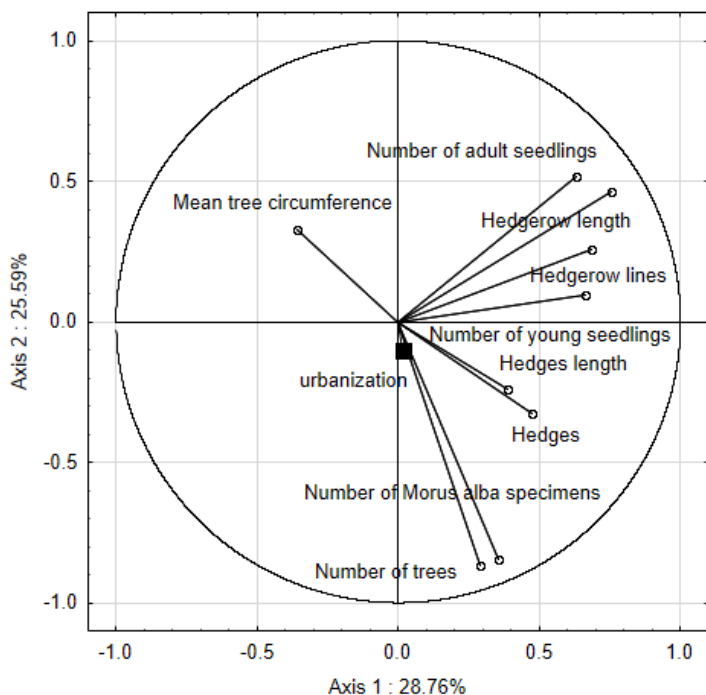
Numer składowej	Wartość własna	% całkowitej wariancji.	Skumulowane wartości własne	Skumulowane wartości własne [%]
1	2.59	28.76	2.59	28.76
2	2.30	25.59	4.89	54.34
3	1.67	18.59	6.56	72.93
4	0.80	8.85	7.36	81.78
5	0.76	8.39	8.12	90.18
6	0.45	5.04	8.57	95.21
7	0.26	2.87	8.83	98.08
8	0.17	1.92	9.00	100.00

W analizie głównych składowych (PCA) (ryc. 18) oś druga jest skorelowana z poziomem urbanizacji ($r = -0,098$) i powiązana z liczbą osobników *Morus alba* ($r = -0,847$), liczbą drzew ($r = -0,867$), liczbą żywopłotów ($r = -0,328$) i ich długością ($r = -0,242$).

Tab. 4. Wartości średnie wraz z błędami standardowymi parametrów opisujących naturalne (samosiew) i sztuczne (celowe nasadzenia) odnowienia morwy białej. Różne litery oznaczają istotne różnice uzyskane po teście Tukeya lub teście Kruskala–Wallisa ($p \leq 0.05$).

	Tereny zieleni		Zabudowa zwarta do 5 kondygnacji		Zabudowa luźna do 5 kondygnacji		Zabudowa powyżej 5 kondygnacji		Tereny usługowe, przemysłowe, kolejowe	
	x	SD	x	SD	x	SD	x	SD	x	SD
Liczba stanowisk <i>Morus alba</i>	21.07a	5.31	29.75a	12.51	20.14a	6.89	31.40a	21.14	34.27a	15.41
Celowe nasadzenia										
Liczba drzew (bez dorosłych siewek)	18.27a	5.22	27.25a	12.24	18.00a	6.66	27.60a	21.69	32.27a	15.34
Średnia pierśnica [cm]	149.94a	17.15	149.73a	36.25	121.22a	15.27	107.11a	20.30	117.53a	18.55
Żywopłaty [liczba stanowisk]	0.73a	0.21	0.88a	0.52	1.00a	0.36	0.40a	0.24	0.40a	0.16
Długość żywopłatów [m]	20.93a	10.34	49.50a	32.83	27.89a	14.51	11.60a	11.60	43.93a	27.81
Szpalery [liczba stanowisk]	0.20a	0.14	0.50a	0.19	0.14a	0.10	0.60a	0.40	0.00a	0.00
Długość szpalerów [m]	4.40a	3.01	39.13a	21.86	3.43a	2.65	142.40a	139.42	0.00a	0.00
Samosiewy										
Liczba dorosłych siewek	0.53a	0.29	0.25a	0.25	0.29a	0.29	1.60a	1.60	0.40a	0.19
Liczba młodych siewek	1.33a	0.30	0.88a	0.40	0.71a	0.27	1.20a	0.97	1.20a	0.46

Wyniki analizy głównych składowych (PCA) wykazały, że dwie pierwsze osie wyjaśniają odpowiednio 28,76 i 25,59 % całkowitej wariancji (tab. 3). Wykorzystując kryterium Kaisera stwierdzono, iż wartość własna 3. wyodrębnionych czynników (składowych głównych) przekracza 1. Decydują one o wynikach analizy i wyjaśniają 72,93% całkowitej wariancji.



Ryc. 18. Analiza głównych składowych (PCA) przeprowadzona dla parametrów charakteryzujących naturalne i sztuczne odnowienia morwy białej we Wrocławiu. Jako zmienną dodatkową do analiz wprowadzono poziom urbanizacji.

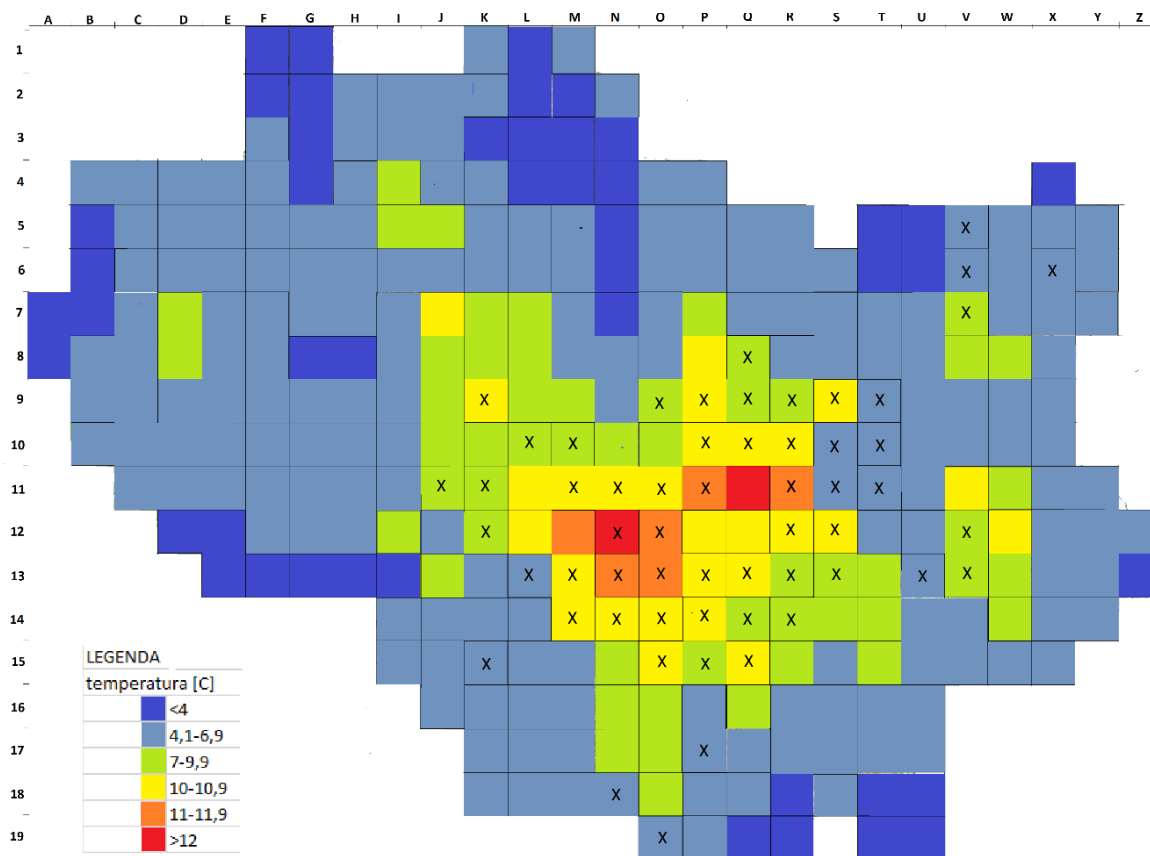


Fot. 29-30. Roczne siewki morwy białej często rozsiewają się na nietypowych stanowiskach

1.3. Wpływ współczynnika termicznego na naturalne i sztuczne odnowienia morwy białej

Przeprowadzone obliczenia wykazały istotną różnicę w liczebności drzew w strefach termicznych Wrocławia wyznaczonych zgodnie z mapą rozmieszczenia miejskiej wyspy ciepła (MWC). Największą liczbę stanowisk morwy białej ($H = 9,457$; $p = 0,024$) i drzew ($H = 11,486$; $p = 0,009$) stwierdzono dla strefy o maksymalnym natężeniu MWC w przedziale $4,1-6,9^{\circ}\text{C}$, natomiast

najmniejszą – w przypadku powierzchni położonych na terenach gdzie maksymalne natężenie MWC jest niższe niż 4°C. W przypadku pozostałych zmiennych reprezentujących zarówno naturalne, jak i sztuczne odnowienia, nie stwierdzono istotnych różnic w wartościach średnich (tab. 5-6, ryc. 19).



Ryc. 19. Występowanie stanowisk morwy białej w poszczególnych strefach termicznych Wrocławia wyznaczonych zgodnie z rozmieszczeniem Miejskiej Wyspy Ciepła

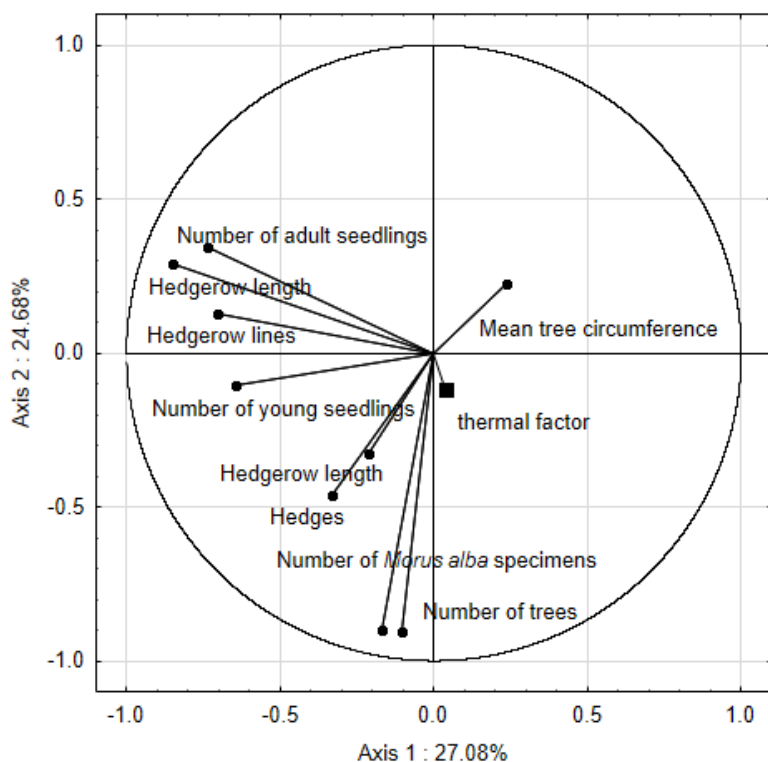
Tab. 5. Wyniki analizy głównych składowych (PCA) przeprowadzonej dla dodatkowej zmiennej – współczynnika termicznego dla stanowisk morwy białej we Wrocławiu

Numer składowej	Wartość własna	% całkowitej wariancji.	Skumulowane wartości własne	Skumulowane wartości własne [%]
1	2.44	27.08	2.44	27.08
2	2.22	24.68	4.66	51.76
3	1.59	17.71	6.25	69.47
4	1.00	11.16	7.26	80.63
5	0.76	8.45	8.02	89.07
6	0.48	5.30	8.49	94.37
7	0.30	3.38	8.80	97.75
8	0.20	2.25	9.00	100.00

Tab. 6. Wartości średnie wraz ze standardowymi błędami statystycznymi parametrów opisujących naturalne (samosiew) i sztuczne (celowe nasadzenia) odnowienia morwy białej w różnych strefach termicznych miasta. Różne litery oznaczają istotne różnice uzyskane po teście Tukeya lub teście Kruskala–Wallisa ($p \leq 0.05$).

	<4		4.1-6.9		7-9.9		10-10.9	
	x	SD	x	SD	x	SD	x	SD
Liczba stanowisk morwy białej	8.57b	4.09	48.76a	14.47	20.25ab	4.17	30.20ab	12.83
Celowe nasadzenia								
Liczba drzew (bez dorosłych siewek)	6.14a	3.88	46.47b	14.49	18.05ab	4.01	25.80ab	11.93
Średnia pierśnica [cm]	85.35a	15.66	106.48a	15.57	146.55a	18.05	151.65a	34.32
Żywopłaty [liczba stanowisk]	0.57a	0.2	0.53a	0.26	0.85a	0.26	1.00a	0.45
Długość żywopłatów [m]	28.04a	15.21	9.18a	4.69	29.15a	13.76	56.00a	33.88
Szpalery [liczba stanowisk]	0.29a	0.16	0.24a	0.14	0.10a	0.07	0.40a	0.24
Długość szpalerów [m]	53.43a	49.81	4.00a	2.4	13.45a	9.52	10.80a	6.68
Samosiewy								
Liczba dorosłych siewek	0.86a	0.62	0.35a	0.17	0.30a	0.21	0.80a	0.49
Liczba młodych siewek	0.71a	0.4	1.18a	0.32	0.95a	0.27	2.20a	0.86

W analizie głównych składowych PCA druga oś jest skorelowana ze współczynnikiem termicznym ($r = -0,116$), liczbą drzew ($r = -0,903$), liczbą wszystkich stanowisk morwy białej ($r = -0,899$), liczbą żywopłatów ($r = -0,460$) i ich długością ($r = -0,325$) (ryc. 20).



Ryc. 20. Analiza głównych składowych (PCA) przeprowadzona dla parametrów charakteryzujących naturalne i sztuczne odnowienia morwy białej. Jako zmienną dodatkową do analizy wprowadzono czynnik termiczny.

2. Fenologia morwy białej na terenie Wrocławia

2.1. Fazy rozwoju wegetatywnego i generatywnego w 2018 roku.

Wyniki obserwacji faz rozwoju wegetatywnego i generatywnego morwy białej na terenie Wrocławia prowadzonych w latach 2018-2020 zestawiono w tabelach (tab. 7-8).

W 2018 średni termin otwieranie się pąków liściowych przypadał 10. kwietnia. Najwcześniej, 8 kwietnia, nastąpiło to na stanowisku 3., a najpóźniej, 16. kwietnia na stanowisku 2. Średnim terminem rozchylenie się blaszek liściowych był 16. kwietnia. Najwcześniej nastąpiło to na stanowisku 3., 15. kwietnia, jako ostatni pojaw obserwowany był na stanowisku 2., 20. kwietnia. Początek jesiennego przebarwiania obserwowano średnio 12. października, począwszy od stanowiska 9. (5. października) po stanowisko 1. (21. października). Pełnia jesiennego przebarwiania liści przypadała średnio 26. października. Koniec jesiennego przebarwiania następował średnio 8 listopada, najwcześniej, 24. października na stanowisku 9., a najpóźniej 16. listopada na stanowisku 1. Pierwsze liście zaczynały opadać średnio 6 dni przed końcem jesiennego przebarwiania, 2. listopada, najpierw na stanowisku 9., 22. października. Jako ostateczne opadanie liści rozpoczęło się na stanowisku 1., 11. listopada. Koniec opadania liści następował średnio 17. listopada. Jako pierwsze, 10. listopada,

ulistnienie straciło drzewo na stanowisku 9., jako ostatnie liście skończyły zrzucać drzewa na stanowiskach 1., 3. i 5., dnia 23. listopada [tab. 7, ryc. 21].

Pojawienie się pierwszych pąków kwiatowych przypadało średnio 20. kwietnia. Najwcześniej zaobserwowano je 18. kwietnia na stanowisku 6., najpóźniej na stanowiskach 2. oraz 7., dnia 22. kwietnia. Kwiaty rozwijały się średnio po trzech dniach od pojawienia się pąków, najpierw na stanowiskach 3. i 4., 21. kwietnia, najpóźniej na stanowisku 9., 26. kwietnia. Kwitnienie trwało średnio 16,5 dnia. Jako pierwsze, 7. maja, kwitnienie zakończyło stanowisko 1., najpóźniej kwiaty przekwitły na stanowisku 2., 12. maja. Owoce rozpoczynały dojrzewać przeciętnie 26. maja, najpierw na stanowisku 9., 23. maja, najpóźniej na stanowisku 8., 30. maja. Koniec dojrzewania przypadał przeciętnie 24. lipca. Wszystkie owoce dojrzały najpierw na stanowisku 6., 1. lipca, a jako ostatnie, 1. września, zakończyło dojrzewanie stanowisko 1. [tab. 8, ryc. 22.].

Tab. 7. Zestawienie dat pojawów fenologicznych rozwoju liści morwy białej dla poszczególnych stanowisk, w latach 2018-2020 na wybranych stanowiskach we Wrocławiu.

St.	rok	Fazy rozwoju liści*							
		Otwieranie się pąków	Rozchylenie blaszek	Początek przebarwienia	Pełnia przebarwienia	Koniec przebarwienia	Początek opadania	Pełnia opadania	Koniec opadania
1	2018	10.04	16.04	21.10	14.11	16.11	11.11	19.11	23.11
	2019	14.04	18.04	17.10	21.10	01.11	01.11	24.11	01.12
	2020	13.04	15.04	18.11	28.11	04.12	27.11	05.12	12.12
	Śr.	12.04	16.04	29.10	11.11	17.11	13.11	26.11	02.12
2	2018	16.04	20.04	07.10	23.10	14.11	02.11	14.11	17.11
	2019	07.04	10.04	18.10	30.10	05.11	01.11	11.11	15.11
	2020	11.04	14.04	15.10	23.11	26.11	21.11	01.12	04.12
	Śr.	11.04	15.11	13.10	05.11	15.11	08.11	18.11	22.11
3	2018	08.04	15.04	08.10	24.10	10.11	04.11	15.11	23.11
	2019	04.04	09.04	24.09	17.10	20.11	24.10	07.11	13.11
	2020	12.04	14.04	15.10	05.11	11.11	10.11	18.11	06.12
	Śr.	08.04	13.04	06.10	25.10	14.11	02.11	13.11	24.11
4	2018	09.04	16.04	07.10	21.10	11.11	03.11	12.11	17.11
	2019	04.04	08.04	24.09	12.10	21.10	23.10	03.11	08.11
	2020	12.04	15.04	19.09	01.11	11.11	19.11	22.11	03.12
	Śr.	08.04	13.04	02.10	22.10	04.11	05.11	12.11	19.11
5	2018	10.04	15.04	18.10	08.11	14.11	10.11	18.11	23.11
	2019	07.04	10.04	15.10	24.10	03.11	02.11	24.11	30.11
	2020	15.04	17.04	14.10	17.11	17.11	15.11	28.11	05.12
	Śr.	11.04	14.04	16.04	06.11	11.11	09.11	23.11	29.11
6	2018	10.04	16.04	10.10	23.10	08.11	05.11	14.11	19.11
	2019	08.04	11.04	24.09	20.10	22.10	24.10	05.11	12.11
	2020	13.04	15.04	10.10	22.11	28.11	17.11	24.11	10.12
	Śr.	10.04	14.04	25.10	02.11	09.11	05.11	14.11	24.11
7	2018	12.04	18.04	15.10	24.10	04.11	26.10	05.11	12.11
	2019	16.04	20.04	23.09	12.10	17.10	18.10	22.10	01.11
	2020	16.04	19.04	15.10	18.10	28.10	21.10	31.10	17.11
	Śr.	15.04	19.01	08.10	18.10	27.10	22.10	30.10	10.11

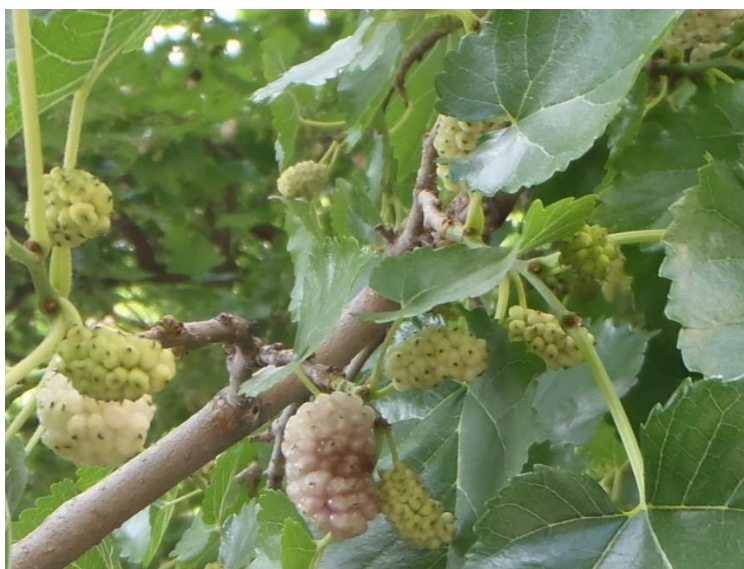
8	2018	10.04	16.04	15.10	29.10	07.11	30.10	07.11	13.11
	2019	14.04	17.04	30.09	15.10	20.10	23.10	02.11	10.11
	2020	20.04	23.04	12.11	17.11	20.11	17.11	25.11	02.12
	Śr.	15.04	19.04	19.10	31.10	06.11	03.11	11.11	18.11
9	2018	10.04	17.04	05.10	15.10	24.10	22.10	02.11	10.11
	2019	09.04	13.04	19.09	11.10	15.10	16.10	23.10	04.11
	2020	18.04	21.04	14.10	03.11	04.11	20.10	26.10	12.11
	Śr.	12.04	17.04	03.10	20.10	25.10	19.10	27.10	09.11
10	2018	11.04	17.04	14.10	19.10	05.11	01.11	09.11	14.11
	2019	13.04	16.04	02.10	16.10	23.10	25.10	03.11	19.11
	2020	18.04	20.04	25.10	08.11	12.11	05.11	20.11	24.11
	Śr.	14.04	18.04	14.10	25.10	03.11	31.10	11.11	19.11
Śr	2018	10.04	16.04	12.10	26.10	08.11	02.11	11.11	17.11
	2019	09.04	13.04	01.10	17.10	27.10	25.10	06.11	14.11
	2020	14.04	17.04	18.10	11.11	16.11	11.11	19.11	30.11

* St. – stanowiska
Śr. - średnia

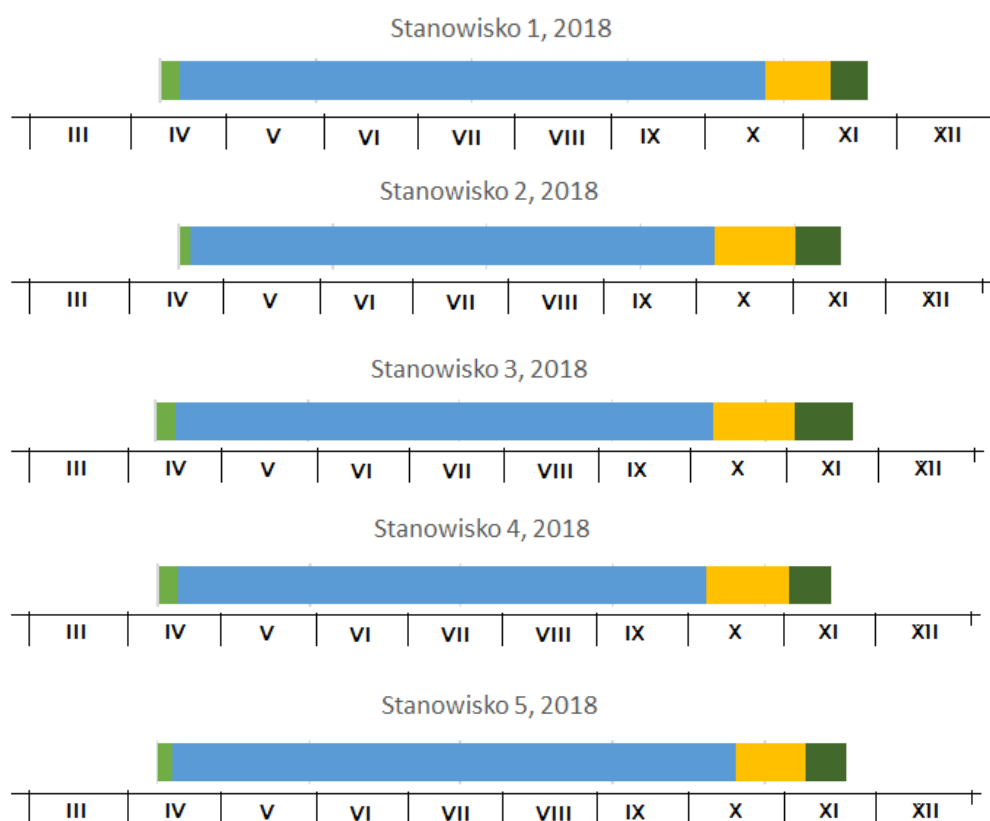
Tab. 8. Zestawienie dat pojawów fenologicznych rozwoju kwiatów i owoców morwy białej dla na wybranych stanowiskach we Wrocławiu, w latach 2018-2020.

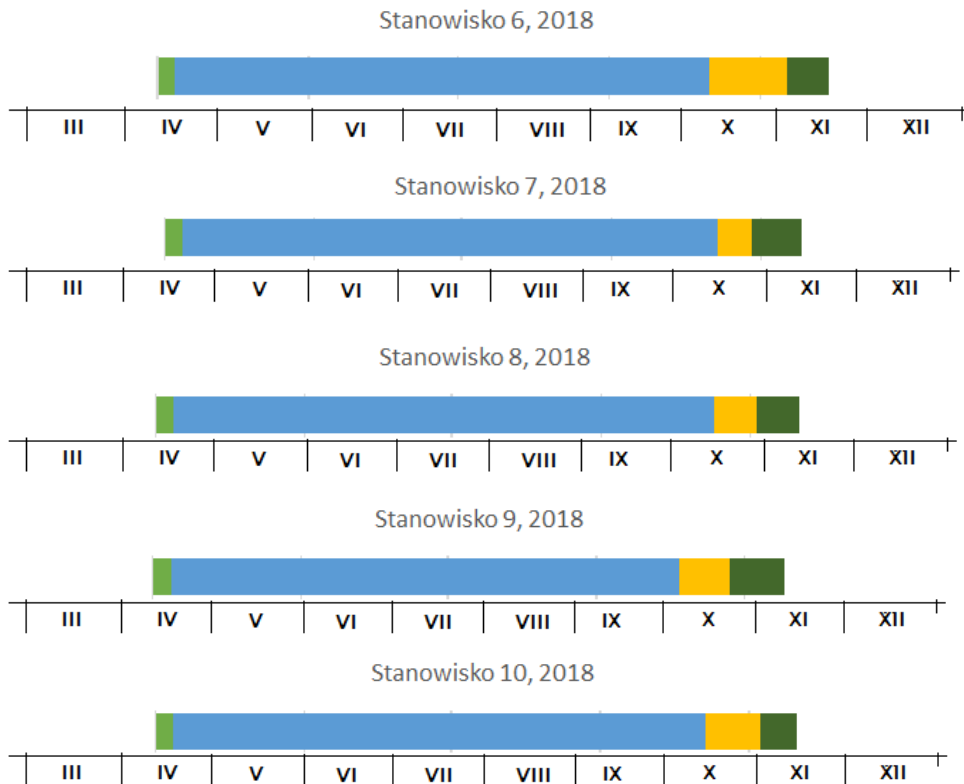
	rok	Pojawienie się pąków	Początek kwitnienia	koniec kwitnienia	Początek dojrzewania	Koniec dojrzewania	Opadnięcie owoców
1	2018	20.04.	24.04.	07.05.	25.05.	19.08.	01.09.
	2019	23.04.	03.05.	12.05.	20.06.	05.09.	14.09.
	2020	23.04.	28.04.	08.05.	26.06.	12.07.	28.08.
	średnia	22.04.	28.04.	09.05.	13.06.	12.08.	04.09.
2	2018	22.04.	23.04.	12.05.	25.05.	10.07.	15.07.
	2019	20.04.	26.04.	09.05.	12.06.	23.07.	24.07.
	2020	21.04.	23.04.	01.05.	26.06.	12.07.	12.07.
	średnia	21.04.	24.04.	07.05.	10.06.	15.07.	17.07.
3	2018	19.04.	21.04.	10.05.	26.05.	08.08.	15.08.
	2019	18.04.	25.04.	09.05.	13.06.	27.07.	02.08.
	2020	22.04.	24.04.	01.05.	x	x	x
	średnia	19.04.	23.04.	06.05.	04.06.	02.08.	08.08.
4	2018	19.04.	21.04.	11.05.	28.05.	20.07.	28.07.
	2019	19.04.	26.04.	08.05.	28.06.	25.07.	02.08.
	2020	04.05.	06.05.	18.05.	27.06.	12.07.	12.07.
	średnia	24.04.	27.04.	12.05.	17.06.	19.07.	24.07.
5	2018	21.04.	25.04.	10.05.	26.05.	11.08.	30.08.
	2019	20.04.	27.04.	12.05.	21.06.	07.09.	15.09.
	2020	23.04.	30.04.	18.05.	27.06.	12.07.	28.08.
	średnia	21.04.	27.04.	13.05.	14.06.	10.08.	03.09.
6	2018	18.04.	22.04.	10.05.	25.05.	01.07.	12.07.
	2019	18.04.	25.04.	08.05.	11.06.	27.07.	07.08.
	2020	20.04.	23.04.	02.05.	19.06.	12.07.	12.07.
	średnia	18.04.	23.04.	06.05.	08.06.	13.07.	20.07.
7	2018	22.04.	23.04.	08.05.	29.05.	15.07.	19.07.
	2019	24.04.	26.04.	10.05.	11.06.	26.07.	02.08.
	2020	23.04.	27.04.	09.05.	02.07.	12.07.	05.08.
	średnia	23.04.	25.04.	09.05.	13.06.	17.07.	29.07.
8	2018	21.04.	25.04.	11.05.	30.05.	15.07.	19.07.
	2019	25.04.	29.04.	12.05.	18.06.	22.07.	23.07.
	2020	04.05.	07.05.	12.05.	x	x	x
	średnia	26.04.	30.04.	11.05.	08.06.	18.07.	21.07.
9	2018	20.04.	26.04.	10.05.	23.05.	02.07.	05.07.
	2019	17.04.	24.04.	09.05.	14.06.	01.07.	01.07.

	2020	22.04.	27.04.	04.05.	25.06.	12.07.	12.07.
	średnia	19.04.	25.04.	07.05.	10.06.	05.07.	06.07.
10	2018	20.04.	24.04.	10.05.	26.05.	15.08.	24.08.
	2019	23.04.	27.04.	11.05.	17.06.	03.09.	12.09.
	2020	29.04.	03.05.	09.05.	02.07.	12.07.	27.08.
	średnia	24.04.	28.04.	10.05.	14.06.	10.08.	31.08.
Średnia 1-10	2018	20.04.	23.04.	09.05.	26.05.	24.07.	01.08.
	2019	20.04.	26.04.	10.05.	16.06.	04.08.	10.08.
	2020	25.04.	28.04.	08.05.	26.06.	12.07.	01.08.
		22.04.	26.04.	09.05.	12.06.	23.07.	04.08.



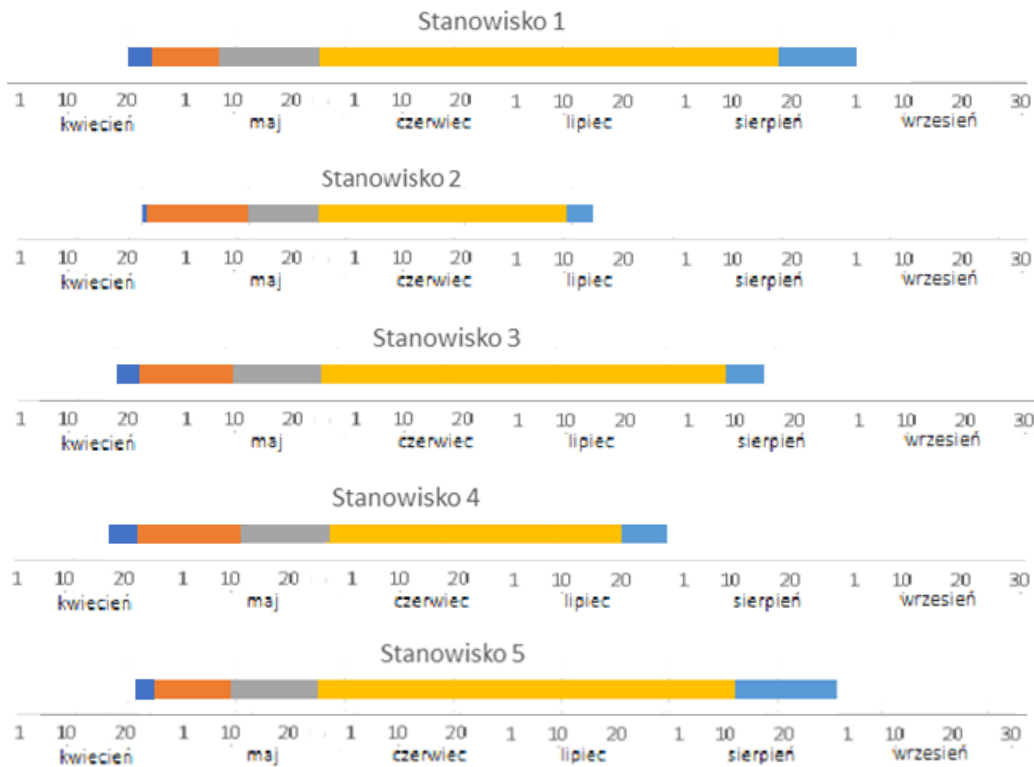
Fot. 31. Owoce morwy białej dojrzewają nierównomiernie – 14.06.2018.

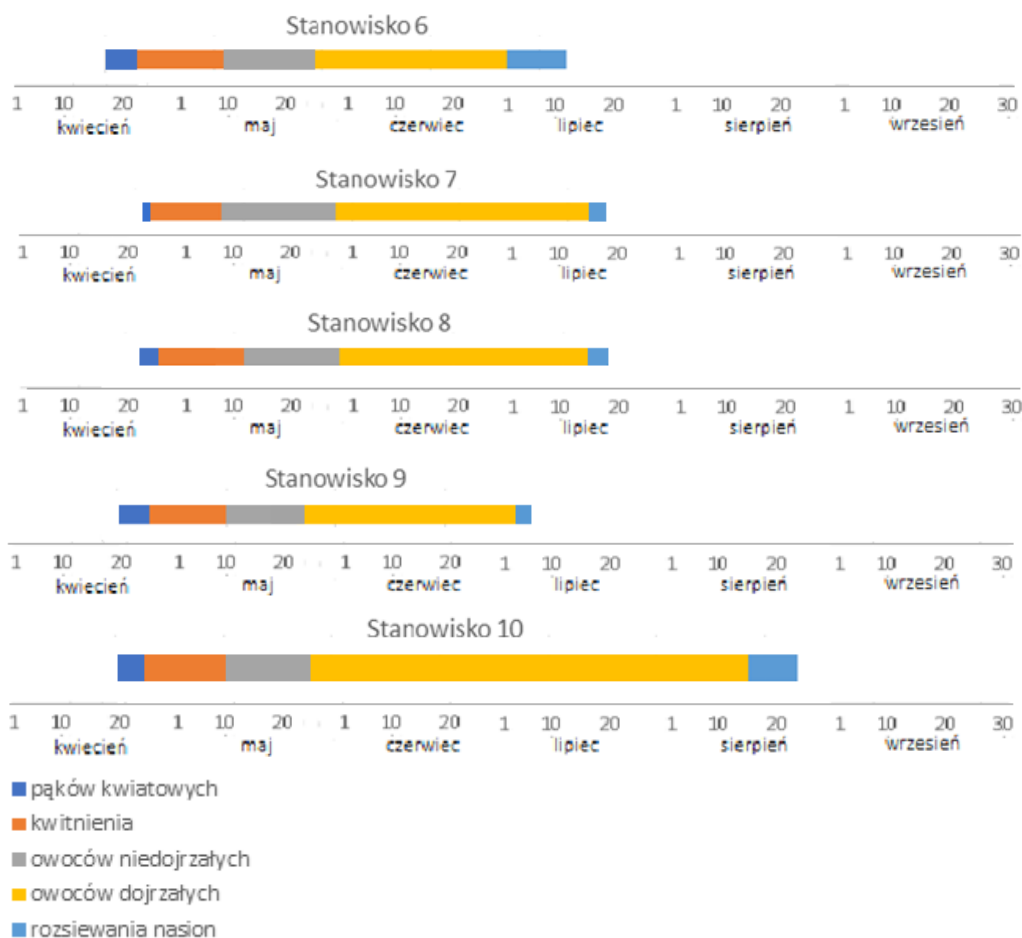




- Otwieranie się pąków liściowych -> rozchylenie blaszek
- rozchylenie blaszek -> początek przebarwiania
- początek przebarwiania -> początek opadania liści
- początek opadania liści -> całkowita utrata ulistnienia

Ryc. 21. Uproszczone spektra fenologiczne morwy białej na wybranych stanowiskach w 2018 rok. Fazy rozwoju liści.



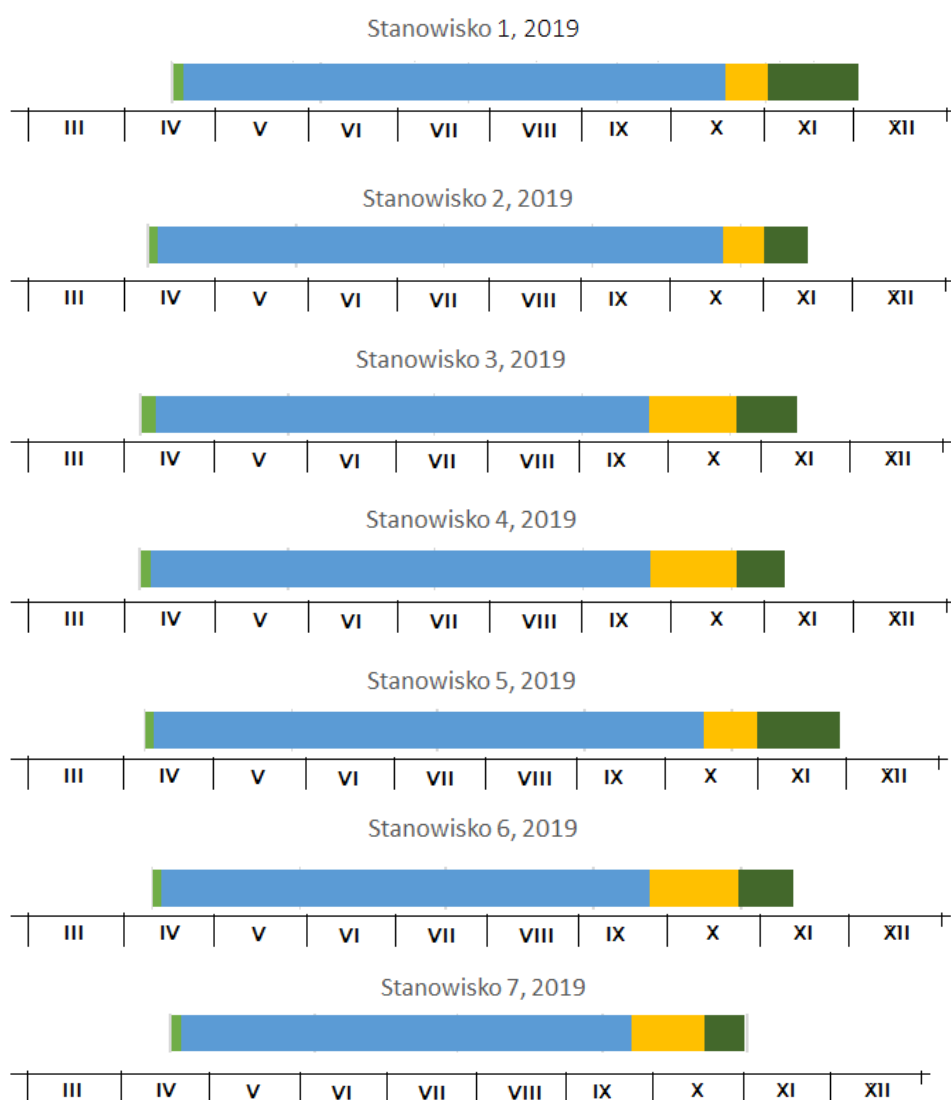


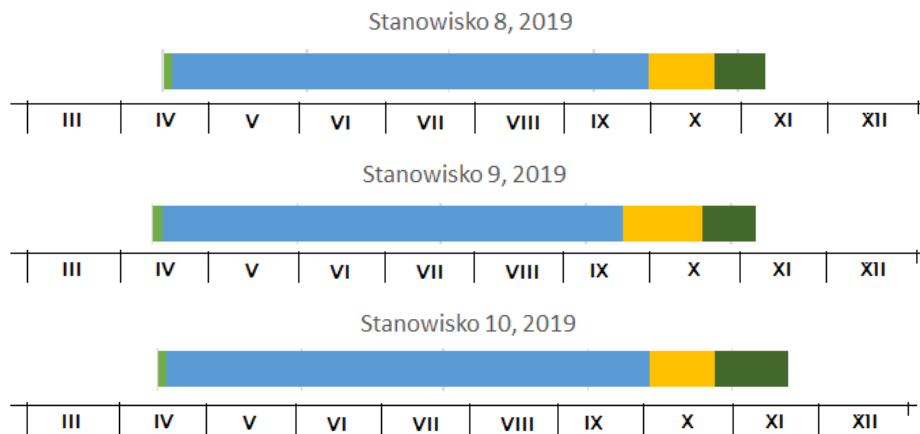
Ryc. 22. Uproszczone spektra fenologiczne morwy białej na wybranych stanowiskach w 2018 rok. Fazy rozwoju kwiatów i owoców.

4.2. Fazy rozwoju wegetatywnego i generatywnego w 2019 roku

W 2019 średni termin otwieranie się pąków liściowych przypadał 9. kwietnia. Najwcześniej, 4 kwietnia, nastąpiło to na stanowiskach 3. i 4., a najpóźniej, 16. kwietnia na stanowisku 7. Średnim terminem rozchylenie się blaszek liściowych był 13. kwietnia. Najwcześniej nastąpiło to na stanowisku 4., 8. kwietnia, najpóźniej obserwowane było na stanowisku 7., 20. kwietnia. Początek jesiennego przebarwiania przypadał średnio 12. października. Pod tym względem obserwowano wybitne zróżnicowanie pomiędzy stanowiskami: pierwsze liście na stanowisku 9. Zmieniły zabarwienie już 19. września, natomiast na stanowisku 2 nastąpiło to dopiero 18 października. Koniec jesiennego przebarwiania obserwowano przeciętnie 27. października. Najwcześniej, 15. października, wszystkie liście osiągnęły jesiennie zabarwienie na stanowisku 9., natomiast na stanowisku 2 dopiero 5. listopada. Opadanie liści rozpoczęło się średnio 25 października. Jako pierwsze ulistnienie zaczęło tracić stanowisko 9., 16. października, jako ostatnie stanowisko 5., 2. listopada. Całkowitą utratę ulistnienia odnotowywano przeciętnie 14. listopada, najpierw na stanowisku 7., 1. listopada, natomiast na stanowisku 1. dopiero miesiąc później, tj. 1. grudnia (tab. 7, ryc. 23).

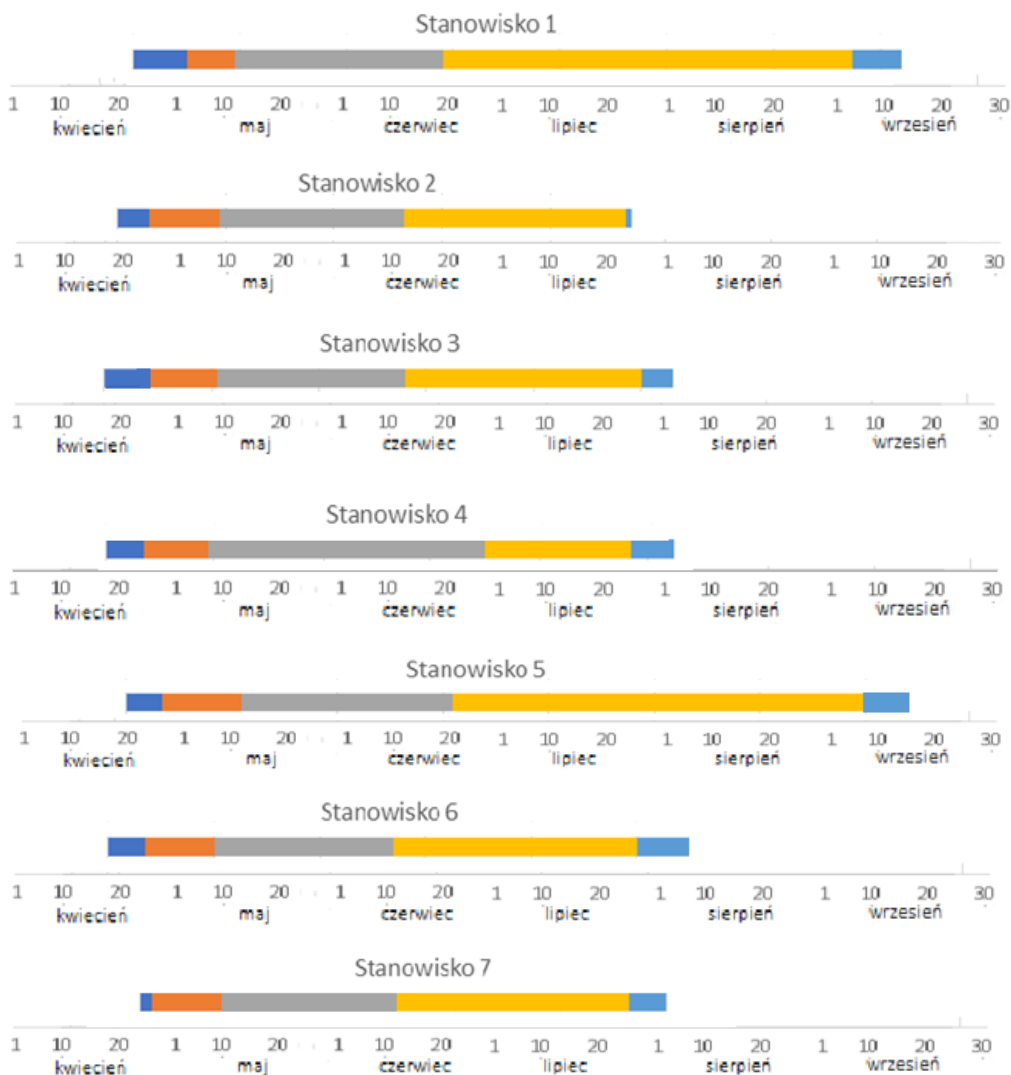
Pierwsze pąki kwiatowe pojawiały się średnio 20. kwietnia. Najwcześniej zaobserwowano je 17. kwietnia na stanowisku 9., najpóźniej na stanowisku 8., 25. kwietnia. Kwiaty rozwijały się średnio dopiero 6 dni po pojawieniu się pąków, przeciętnie 26. kwietnia. Kwitnienie jako pierwsze rozpoczęło stanowisko 9., 24. kwietnia, natomiast najpóźniej, 3 maja, zakwitło stanowisko 1. Kwitnienie trwało średnio 14 dni. Jako pierwsze, 8. maja, kwitnienie zakończyły stanowiska 4. i 6, jako ostatnie, 12. maja, przekwitły równocześnie stanowiska 1., 5. i 8. Pierwsze owoce osiągały dojrzałość przeciętnie 16. czerwca, najpierw na stanowiskach 6. i 7., 11. czerwca, najpóźniej na stanowisku 5., 21. czerwca. Koniec dojrzewania przypadał przeciętnie 4. sierpnia, aczkolwiek rozbieżność terminów między stanowiskami była zaskakująco duża. Stanowisko 9., zakończyło dojrzewanie już 1. lipca, natomiast na stanowisku 5. owoce dojrzewały aż do 7. września (tab. 8, ryc. 24).

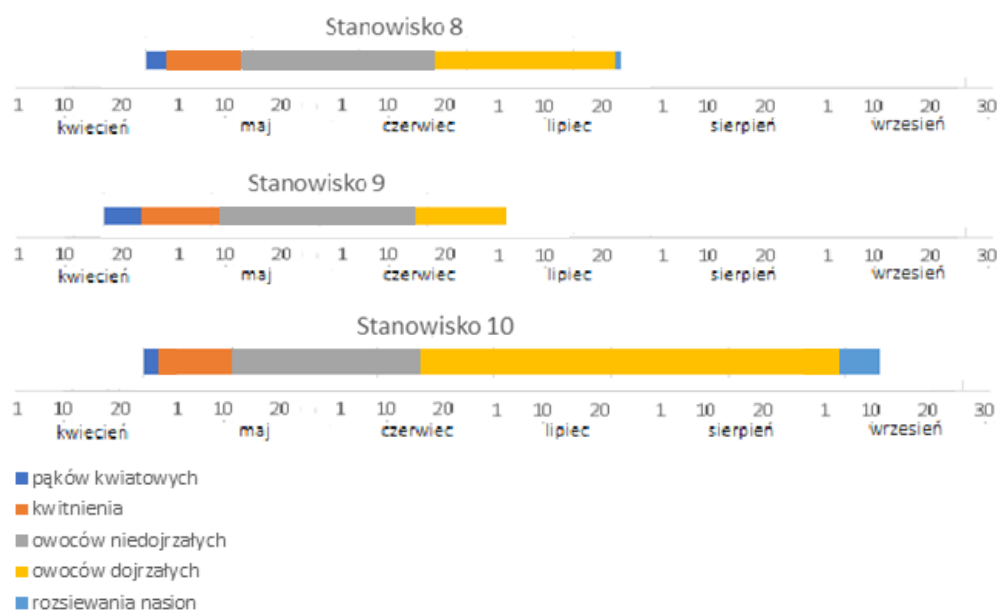




- Otwieranie się pąków liściowych -> rozchylenie blaszek
- rozchylenie blaszek -> początek przebarwiania
- początek przebarwiania -> początek opadania liści
- początek opadania liści -> całkowita utrata ulistnienia

Ryc. 23. Uproszczone spektra fenologiczne morwy białej na wybranych stanowiskach w 2019 roku. Fazy rozwoju liści.





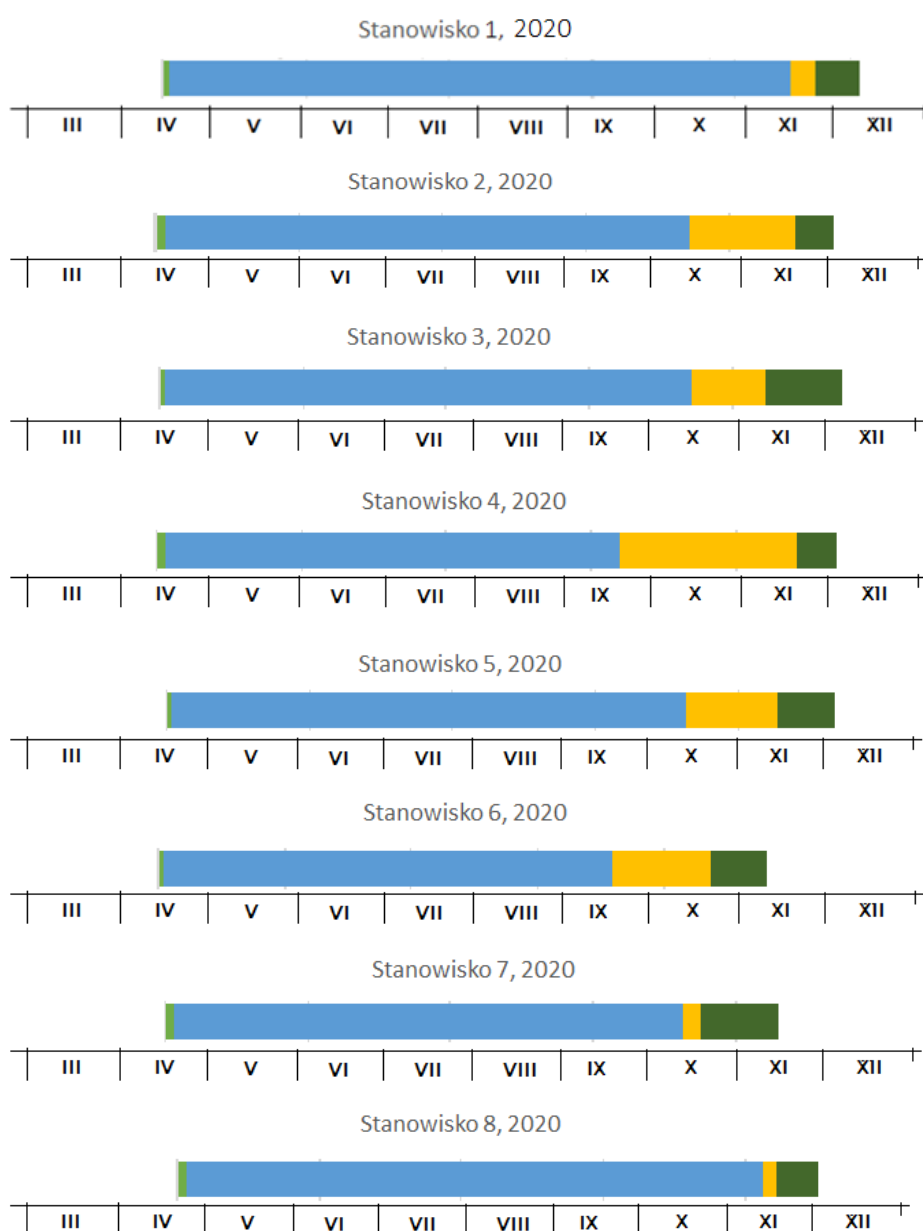
Ryc. 24. Uproszczone spektra fenologiczne morwy białej na wybranych stanowiskach w 2019 roku. Fazy rozwoju kwiatów i owoców.

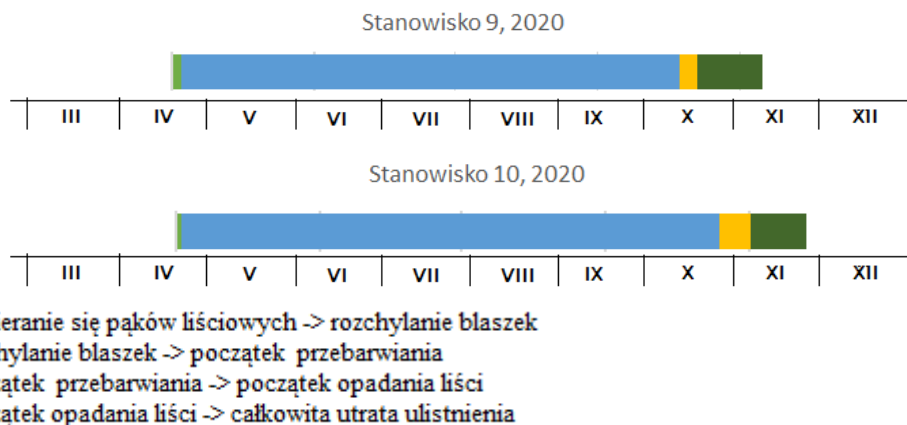
4.3. Fazy rozwoju wegetatywnego i generatywnego w 2020 roku.

W 2020 średnim terminem otwieranie się pąków liściowych był dzień 14 kwietnia. Na stanowisku 2. zaobserwowano to już 11. kwietnia, natomiast na stanowisku 8. dopiero 9 dni później. Rozchylenie się blaszek liściowych odnotowywano średnio 17. kwietnia, począwszy od stanowisk 2. i 3., 14. kwietnia, kończąc na stanowisku 9., 21. kwietnia. Początek jesiennego przebarwiania się liści przypadał przeciętnie 18 października, najwcześniej na stanowiska 4., 19. września, najpóźniej na stanowisku 8., 12. listopada. Koniec jesiennego przebarwiania następował średnio 16. listopada, najwcześniej, 28. października na stanowisku 7., a najpóźniej 4. grudnia na stanowisku 1. Początek utraty ulistnienia obserwowano średnio 11 listopada, ok. 5 dni przed końcem jesiennego przebarwiania się liści. Liście zaczęły opadać najwcześniej na stanowisku 9., 20. października, najpóźniej na stanowisku 1., 27. listopada. Całkowitą utratę ulistnienia obserwowano przeciętnie 30. listopada, przy czym różnica pomiędzy stanowiskami wynosiła nawet do 30 dni. Jako pierwsze, 12. listopada, ulistnienie straciło drzewo na stanowisku 9., jako ostatnie liście skończyło zrzucać stanowisko 1., 12. grudnia (tab. 7, ryc. 25).

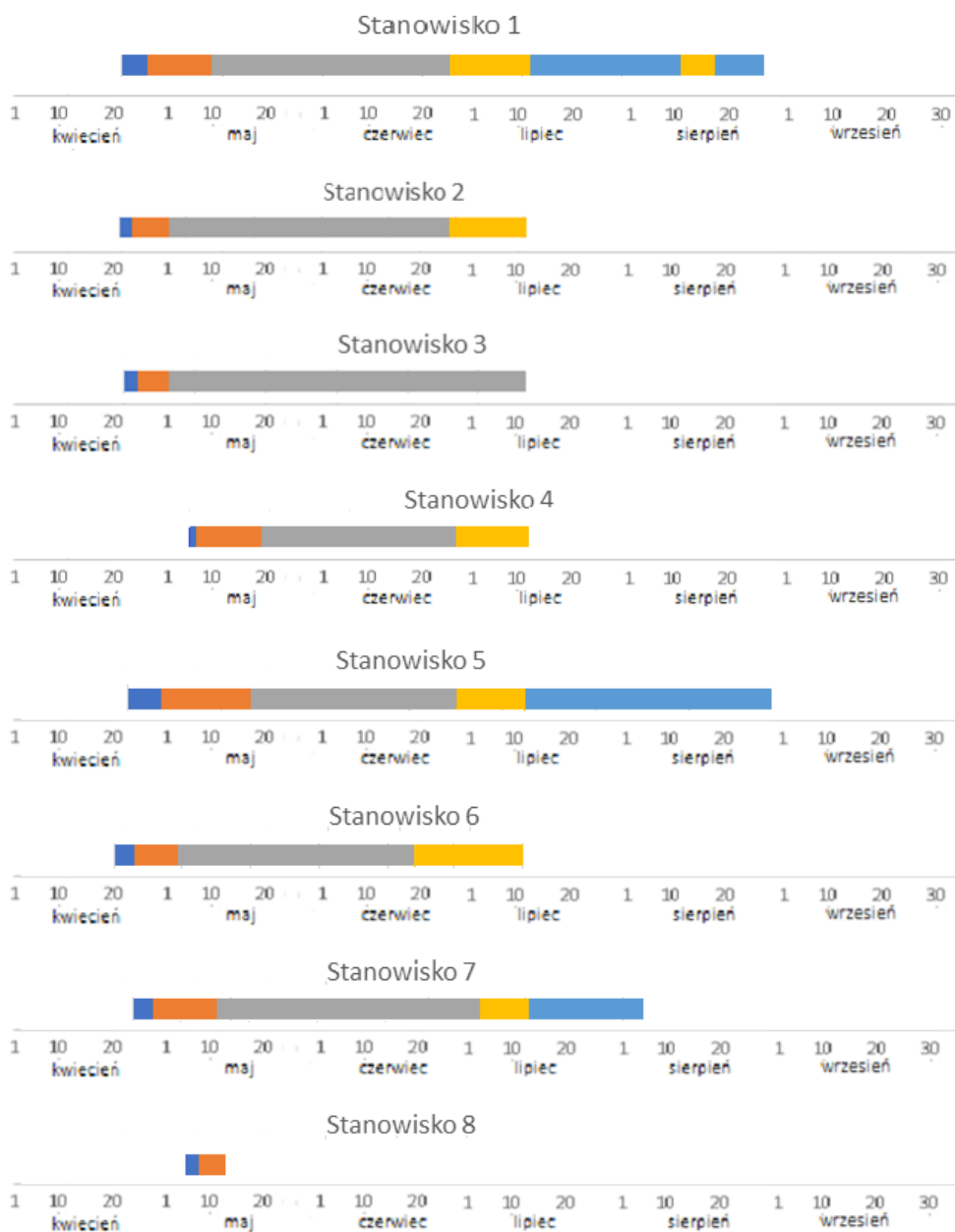
Pojawienie się pierwszych pąków kwiatowych przypadało średnio 25. kwietnia. Najwcześniej zaobserwowano je 20. kwietnia na stanowisku 6., najpóźniej na stanowiskach 4. oraz 8., 4. maja. Kwitnienie rozpoczynało się przeciętnie 28. kwietnia, po czterech dniach od pojawienia się pąków, najpierw na stanowiskach 2. i 6., 23. kwietnia, najpóźniej na stanowisku 8., maja. Kwitnienie trwało średnio 11 dni. Najwcześniej, 1. maja, dobiegło końca na stanowiskach 2. i 3., natomiast jako ostatnie przekwitły stanowiska 4. i 5., 18 maja. Stanowisko 8. w omawianym sezonie nie zawiązało owoców,

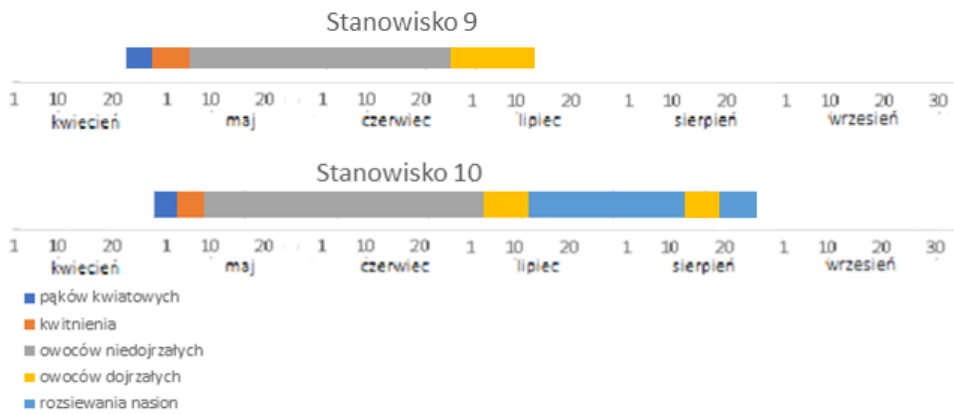
na pozostałych ich dojrzewanie rozpoczynało się przeciętnie 26. czerwca, najwcześniej na stanowisku 6., 19. czerwca, a najpóźniej, 2. lipca, na stanowiskach 7. oraz 10. Na wszystkich owocujących stanowiskach dojrzewanie owoców zakończyło się 12. lipca, w przypadku stanowisk 2., 3., 4., 6., 8. oraz 9. była to jednocześnie data ich całkowitego opadnięcia. Na pozostałych stanowiskach część niedojrzałych owoców utrzymała się jeszcze na gałęziach, aczkolwiek na stanowisku 7. ich całkowita utrata nastąpiła 5. sierpnia, przed osiągnięciem dojrzałości. Na stanowisku 1 dojrzewanie uległo wznowieniu 11. sierpnia i trwało do 28. sierpnia, tj. do chwili całkowitej utraty owoców. Również na stanowisku 10 obserwowano wznowienie dojrzewania owoców, trwające od 12. sierpnia do chwili ich całkowitego opadnięcia, 27. sierpnia (tab. 8, ryc. 26).





Ryc. 25. Uproszczone spektra fenologiczne morwy białej na wybranych stanowiskach w 2020 roku. Fazy rozwoju liści





Ryc. 26. Uproszczone spektra fenologiczne morwy białej na wybranych stanowiskach w 2020 roku. Fazy rozwoju kwiatów i owoców

4.4. Związek współczynników termicznych z przebiegiem fenofaz

Początek dojrzwania owoców jest skorelowany wysoko i wysoce istotnie ($p < 0,01$) ze wszystkimi badanymi współczynnikami termicznymi z wyjątkiem Sumy Temperatur Aktywnych (SAT) czerwca (tab. 10.-11., ryc. 27-33). Początek dojrzwania owoców okazał się dodatkowo skorelowany z liczbą dni oraz sumą temperatur dni z temperaturą $\geq 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ w czerwcu, a także z liczbą dni oraz sumą temperatur dni z temperaturą $\geq 22\text{ }^{\circ}\text{C}$ w czerwcu. Początek dojrzwania owoców był ujemnie skorelowany ze średnią temperaturą, Sumą Temperatur Aktywnych oraz sumą temperatur $\geq 20^{\circ}\text{C}$ w okresie 1.-20. maja. Terminy końca dojrzwania owoców oraz długość fazy owoców dojrzałych nie są skorelowane ($p > 0,05$) z żadnym z badanych współczynników termicznych (tab. 9).

Tab. 9. Zestawienie średnich długości fenofaz z lat 2018-2020 na wybranych stanowiskach morwy białej we Wrocławiu

Fenofaza	Stanowiska									
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Średnia długość	200	185	181	171	188	177	176	188	173	183
Przebarwienie liści	15	26	28	39	24	31	14	14	17	17
Opadanie liści	19	14	22	15	20	19	19	16	20	19
Pąków kwiatowych	6	3	4	4	6	5	2	4	6	4
kwitnienie	11	13	13	15	6	13	14	11	12	12
Owoców niedojrzałych	35	34	41	36	42	32	36	39	34	36
Owoców dojrzałych	63	34	39	32	57	35	34	27	25	59
Rozsiewania nasion	20	2	4	5	25	7	12	2	1	15

Tab. 10. Zestawienie średnich dat pojawów wyznaczających fenofazy rozwoju liści, kwiatów i owoców, wyliczonych za lata 2018-2020 na wybranych stanowiskach morwy białej we Wrocławiu

stanowisko	średnie z lat 2018-2020 daty pojawów wyznaczających fenofazy rozwoju:									
	liści				kwiatów i owoców					
	1	3	6	8	9	10	13	14	16	17
1.	12.04.	29.10.	13.11.	02.12.	22.04.	28.04.	09.05.	13.06.	12.08.	04.09.
2.	11.04.	13.10.	08.11.	22.11.	21.04.	24.04.	07.05.	10.06.	15.07.	17.07.
3.	08.04.	06.10.	02.11.	24.11.	19.04.	23.04.	06.05.	04.06.	02.08.	08.08.
4.	08.04.	02.10.	05.11.	19.11.	24.04.	27.04.	12.05.	17.06.	19.07.	24.07.
5.	11.04.	15.10.	09.11.	29.11.	21.04.	27.04.	13.05.	14.06.	10.08.	03.09.
6.	10.04.	25.10.	05.11.	24.11.	18.04.	23.04.	06.05.	08.06.	13.07.	20.07.
7.	15.04.	08.10.	22.10.	10.11.	23.04.	25.04.	09.05.	13.06.	17.07.	29.07.
8.	15.04.	19.10.	03.11.	18.11.	26.04.	30.04.	11.05.	08.06.	18.07.	21.07.
9.	12.04.	03.10.	19.10.	09.11.	19.04.	25.04.	07.05.	10.06.	05.07.	06.07.
10.	14.04.	14.10.	31.10.	19.11.	24.04.	28.04.	10.05.	14.06.	10.08.	31.08.
ogółem	11.04.	10.10.	02.11.	20.11.	22.04.	26.04.	09.05.	12.06.	23.07.	04.08.

*1 - Otwieranie się pąków liściowych

3 - Początek jesiennego przebarwienia (zmiana barwy z zielonej na żółtą u ok. 10% liści)

6 - Początek opadania liści

8 - Koniec opadania liści (całkowita utrata ulistnienia)

9 - Pojawienie się pierwszych pąków kwiatowych

10- Zakwitanie pierwszych kwiatów

13 - Koniec kwitnienia (wszystkie kwiaty przekwitły)

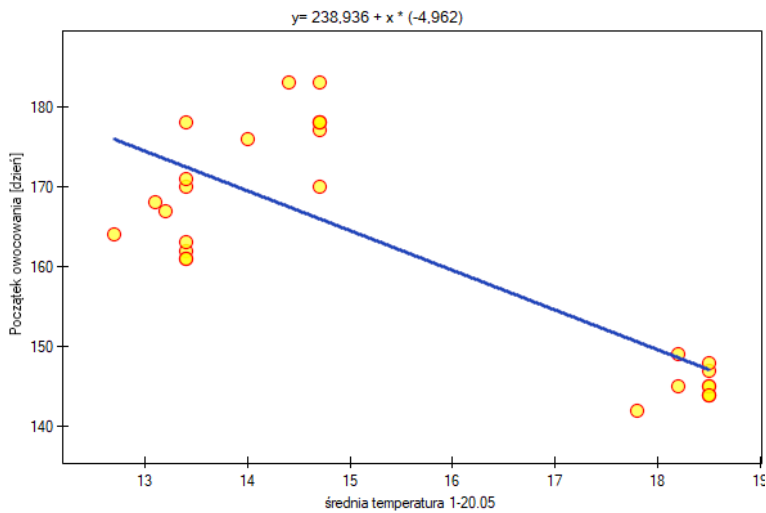
14 - Początek dojrzwania owoców (pierwsze owoce zmieniły konsystencję i uzyskały zabarwienie charakterystyczne dla danego fenotypu)

16 - Koniec dojrzwania owoców (wszystkie owoce zmieniły konsystencję i uzyskały zabarwienie charakterystyczne dla danego fenotypu)

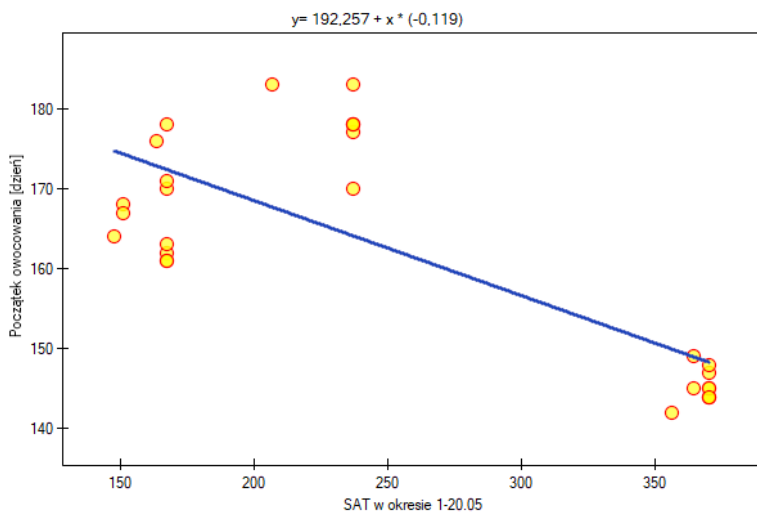
17 - Opadnięcie lub zaschnięcie na pędach wszystkich owoców

Tab. 11. Macierz korelacji liniowych Pearsona dla faz fenologicznych generatywnych u morwy białej rosnącej na wybranych stanowiskach we Wrocławiu

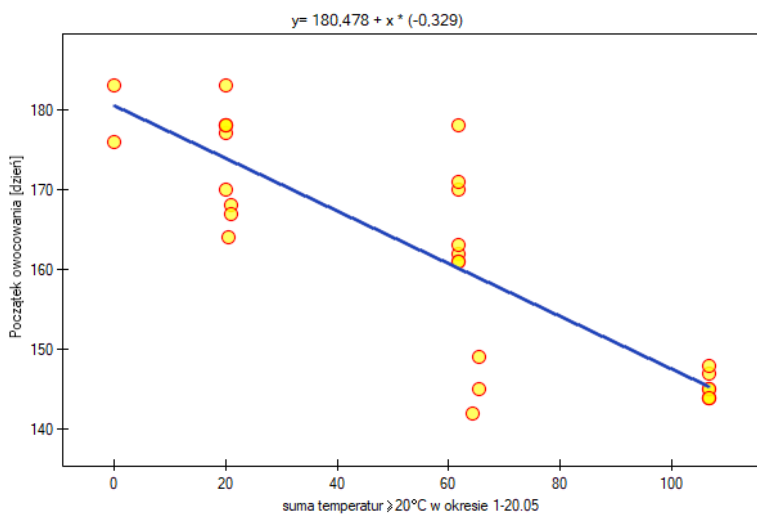
r-Pearsona		Początek owocowania [dzień]	Koniec owocowania [dzień]	Faza owoców dojrzałych [dni]
średnia temperatura 1-20.05	r	-0,7964	-0,2377	0,2805
	p	<0,0001	0,3128	0,231
SAT w okresie 1-20.05	r	-0,7661	-0,2549	0,2650
	p	<0,0001	0,278	0,2589
suma temperatur $\geq 20^{\circ}\text{C}$ w okresie 1-20.05	r	-0,8500	-0,1135	0,2865
	p	<0,0001	0,6338	0,2207
SAT czerwca	r	0,0097	0,3072	-0,2122
	p	0,961	0,1877	0,369
liczba dni z temperaturą $\geq 20^{\circ}\text{C}$ w czerwcu	r	0,9382	0,2910	-0,2297
	p	<0,0001	0,2133	0,33
suma temperatur $\geq 20^{\circ}\text{C}$ w czerwcu	r	0,9380	0,2979	-0,2224
	p	<0,0001	0,2021	0,3461
liczba dni z temperaturą $\geq 22^{\circ}\text{C}$ w czerwcu	r	0,9289	0,3130	-0,2014
	p	<0,0001	0,179	0,3944
suma temperatur $\geq 22^{\circ}\text{C}$ w czerwcu	r	0,9304	0,3133	-0,2020
	p	<0,0001	0,1786	0,393



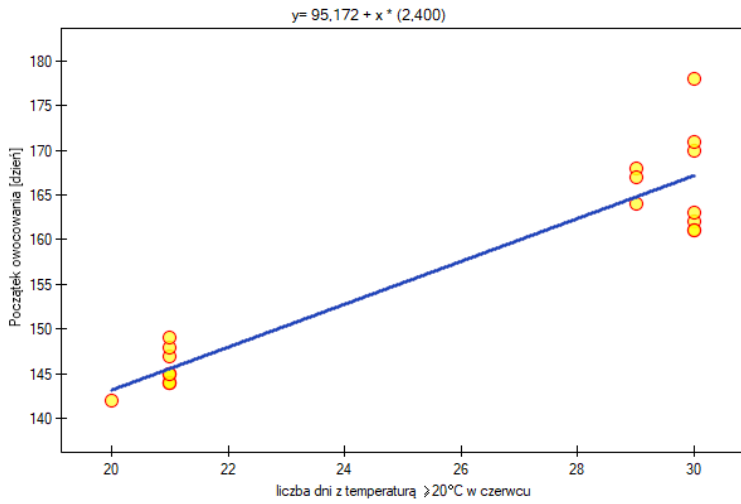
Ryc. 27. Związek początku dojrzewania owoców morwy białej ze średnią temperaturą w okresie 1.-20.05.



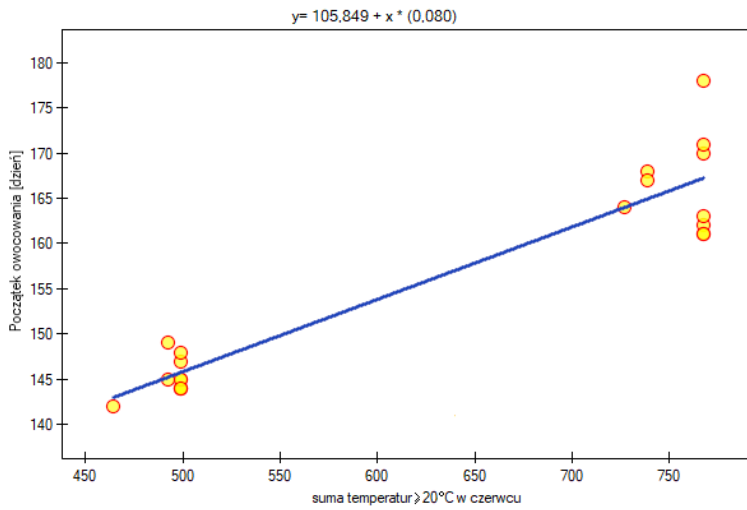
Ryc. 28 Związek początku dojrzewania owoców morwy białej z SAT (Sumą Aktywnych Temperatur) w okresie 1.-20.05.



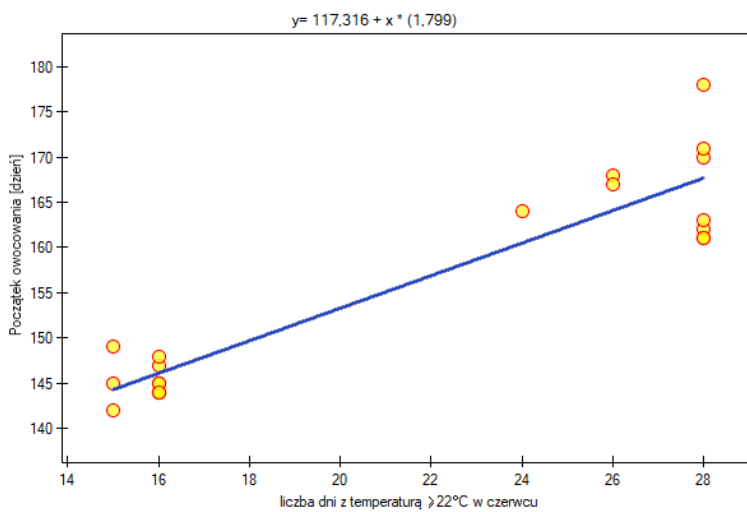
Ryc. 29. Związek początku dojrzewania owoców morwy białej z sumą temperatur $\geq 20^\circ\text{C}$ w okresie 1.-20.05.



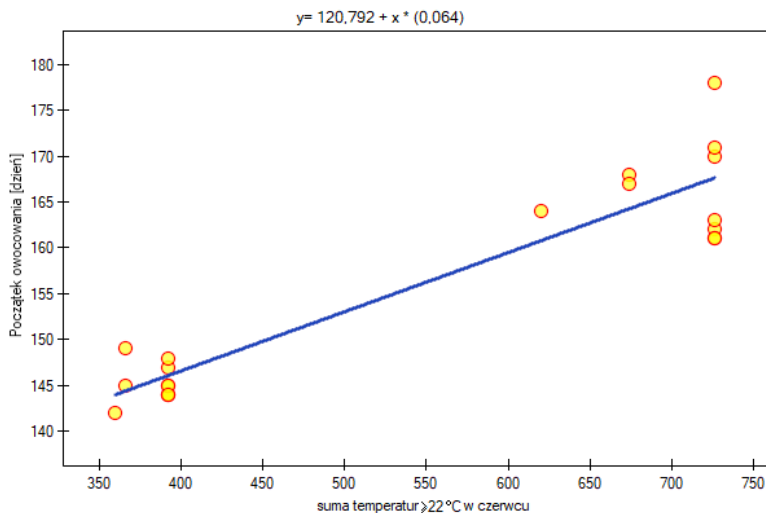
Ryc. 30. Związek początku dojrzewania owoców morwy białej z liczbą dni z temperaturą $\geq 20^{\circ}\text{C}$ w czerwcu.



Ryc. 31. Związek początku dojrzewania owoców morwy białej z sumą temperatur $\geq 20^{\circ}\text{C}$ w czerwcu.



Ryc. 32. Związek początku dojrzewania owoców morwy białej z liczbą dni z temperaturą $\geq 22^{\circ}\text{C}$ w czerwcu.



Ryc. 33. Związek początku dojrzewania owoców morwy białej z sumą temperatur $\geq 22^{\circ}\text{C}$ w czerwcu.

Tab. 12. Porównanie terminów rozpoczęcia owocowania wybranych stanowisk morwy białej we Wrocławiu

Stanowiska	2018 – Początek owocowania [dzień roku]	2019 - Początek owocowania [dzień roku]	2020 - Początek owocowania [dzień roku]	Ranga 2018 - Początek owocowania [dzień]	Ranga 2019 – Początek owocowania [dzień]	Średnia Ranga 2018 i 2019 – Początek owocowania
1.	144	170	178	3	8	5,5
2.	144	162	177	3	3	3
3.	145	163	X	6	4	5
4.	147	178	178	8	10	9
5.	145	171	178	6	9	7,5
6.	144	161	170	3	1,5	2,25
7.	148	161	183	9	1,5	5,25
8.	149	168	X	10	7	8,5
9.	142	164	176	1	5	3
10.	145	167	183	6	6	6
Bezwzględna zgodność	0,0242 (p=0,3056)			0,3826 (p=0,2597)		
Spójność	0,2948 (p=0,3056)			0,3581 (p=0,2597)		

X – brak owocowania w danym sezonie

Tab. 13. Porównanie terminów zakończenia owocowania poszczególnych stanowisk morwy białej we Wrocławiu

Stanowiska	2018 - Koniec owocowania [dzień roku]	2019 - Koniec owocowania [dzień roku]	Ranga 2018 - Koniec owocowania [dzień]	Ranga 2019 - Koniec owocowania [dzień]	Średnia Ranga 2018 i 2019 - Koniec owocowania [dzień]
1.	230	247	10	9	9,5
2.	190	203	3	3	3
3.	219	207	7	6,5	6,75
4.	200	205	6	4	5
5.	222	249	8	10	9
6.	181	207	1	6,5	3,75
7.	195	206	4,5	5	4,75
8.	195	202	4,5	2	3,25
9.	182	181	2	1	1,5
10.	226	245	9	8	8,5
Bezwzględna zgodność	0,8520 (p=0,0007)		0,8430 (p=0,0075)		
Spójność	0,9103 (p=0,0007)		0,8286 (p=0,0075)		

Tab. 14. Porównanie długości fazy owoców dojrzałych poszczególnych stanowisk morwy białej we Wrocławiu

Stanowiska	2018 - Faza owoców dojrzałych [dni]	2019 - Faza owoców dojrzałych [dni]	Ranga 2018 - Faza owoców dojrzałych [dni]	Ranga 2019 - Faza owoców dojrzałych [dni]	Średnia Ranga 2018 i 2019 - Faza owoców dojrzałych [dni]
1.	86	77	10	8	9
2.	46	41	3,5	4	3,75
3.	74	44	7	5	6
4.	53	27	6	2	4
5.	77	78	8	9,5	8,75
6.	37	46	1	7	4
7.	47	45	5	6	5,5
8.	46	34	3,5	3	3,25
9.	40	17	2	1	1,5
10.	81	78	9	9,5	9,25
Bezwzględna zgodność	0,8445 (p=0,0014)		0,7719 (p=0,0246)		
Spójność	0,8920 (p=0,0014)		0,7529 (p=0,0246)		

Tab. 15. SAT (Suma Aktywnych Temperatur) zliczanych od początku roku do początku owocowania morwy białej we Wrocławiu w latach 2018-2020

Stanowiska	2018 – SAT do początku owocowania	2019 - SAT do początku owocowania	2020 - SAT do początku owocowania	Ranga 2018 - SAT do początku owocowania	Ranga 2019 - SAT do początku owocowania	Średnia Ranga 2018 i 2019 - SAT do początku owocowania
1.	956,5	1162,5	1192,2	4	8	6
2.	956,5	963	1192,2	4	4	4
3.	980,5	986,3	X	6,5	5	5,75
4.	1032	1369,9	1218,5	8	10	9
5.	980,5	1185,1	1218,5	6,5	9	7,75
6.	956,5	933	1056,2	4	1,5	2,75
7.	1055,6	933	1336,4	10	1,5	5,75
8.	1050,7	1064,4	X	9	7	8
9.	854,6	937,7	1035,7	1	3	2
10.	951,9	1039,3	1260,8	2	6	4
Bezwzględna zgodność	0,3317 (p=0,2419)			0,3446 (p=0,2865)		
Spójność	0,3825 (p=0,2419)			0,3212 (p=0,2865)		

X – brak owocowania w danym sezonie

Nie stwierdzono zgodności ani spójności początku owocowania między stanowiskami w kolejnych latach. Natomiast wysoka zgodność i spójność występuje w przypadku końca owocowania oraz długości owocowania (tab. 12-14).

Tym samym w kolejnych latach poszczególne stanowiska rozpoczynają owocowanie w różnej kolejności. Natomiast koniec owocowania jest znacznie bardziej powtarzalny i charakterystyczny dla poszczególnych stanowisk morwy białej we Wrocławiu.

W przypadku SAT (Sumy Aktywnych Temperatur) zliczanych od początku roku do początku owocowania nie stwierdzono zgodności lub spójności wyników między stanowiskami w kolejnych latach (tab. 15).

5. Skład gleby, liści i owoców oraz cechy morfologiczne owoców na poszczególnych stanowiskach morwy białej

5.1. Analiza gleby: zawartość pierwiastków, zasolenie i odczyn

Średnie wyniki analiz próbek gleby pobranych w 2019 i 2020 roku wykazały zróżnicowaną zawartość makroelementów na poszczególnych stanowiskach badawczych. Najwyższą zawartość fosforu (ponad 200 mg*dm⁻³ gleby stwierdzono na stanowisku 7. Nieco mniej zasobne były gleby na

stanowiskach 1. oraz 9., w których stwierdzono powyżej 140 mg tego pierwiastka w dm^3 gleby. Najmniejszą zawartością fosforu wynoszącą poniżej $10 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, cechowały się próbki pobrane ze stanowisk 8. i 10. Próbkę gleby ze stanowisk 1. i 10. były zdecydowanie najbogatsze w potas, zawierały go prawie lub ponad dwukrotnie więcej w porównaniu do stanowisk 2., 3. i 9. tworzących pod tym względem kolejną grupę jednorodną. Najuboższe w ten pierwiastek były gleby pobrane ze stanowisk 7., 4. oraz 8. Gleba ze stanowisk 8. i 10. zawierała istotnie więcej wapnia od wszystkich pozostałych stanowisk, natomiast najuboższe w ów pierwiastek okazały się próbki pobrane na stanowiskach 4. i 6. Próbkę gleby ze stanowisk 8. i 10. również w przypadku magnezu okazały się najzasobniejsze, przy czym pod tym względem tworzyły grupę jednorodną ze stanowiskiem 1. Najmniej magnezu zawierała gleba ze stanowiska 7. Najwyższą zawartością azotu azotanowego cechowały się próbki gleby ze stanowisk 2., 3., 4. oraz 8, natomiast najniższą próbki ze stanowiska 9, które tworzyło jednakże grupę jednorodną ze stanowiskami 5. i 7. Gleba na stanowisku 3. była zdecydowanie najbardziej zasolona, natomiast najniższe zasolenie gleby stwierdzono na stanowisku 9. Najniższy odczyn stwierdzono w glebie ze stanowiska 6., z kolei najwyższa wartość pH cechowała próbki glebowe pobrane ze stanowisk 8. i 9 (tab. 16).

Tab. 16. Zawartość pierwiastków, zasolenie i pH gleby na stanowiskach morwy białej we Wrocławiu.

Stanowisko nr	P $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$	K $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$	Ca $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$	Mg $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$	NO_3 $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$	Zasolenie ($\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$)	pH
1	a 146,3	a 807	b 2140	a 117	b 32	b 4,067	cd 6,63
2	cd 93,8	b 443	b 2248	b 87	a 52	a 4,443	bc 6,73
3	bc 108,5	bc 393	d 1228	cd 51	a 50	6,133	b 6,79
4	d 71,0	d 207	e 400	de 33	a 49	d 2,813	bc 6,74
5	abc 117,7	c 362	e 707	de 39	bc 30	c 3,360	e 6,42
6	bc 109,3	c 346	e 402	de 34	b 35	ab 4,10	6,08
7	206,0	d 175	c 1635	e 23	bc 29	de 2,567	de 6,50
8	e 8,7	d 237	a 3282	a 137	a 50	de 2,543	a 7,49
9	ab 140,2	bc 390	cd 1585	bc 71	c 18	e 2,367	a 7,57
10	e 8,3	a 823	a 2847	a 119	ab 41	ab 4,267	b 6,83
NIR	32,9	66,7	360,4	25,6	12,35	0,344	0,14

a, b, c, d, e - średnie oznaczone taką samą literą nie różnią się istotnie (5%) wg testu t-Duncana

5.2. Zawartość pierwiastków oraz chlorofilu w liściach morwy białej

Analiza liści pobranych z poszczególnych stanowisk wykazała znaczne zróżnicowanie zarówno pod względem zawartości makroelementów, jak i chlorofilu. Zdecydowanie najwyższą zawartość fosforu, sięgającą blisko $200 \text{ mg}/100\text{g}$, stwierdzono w materiale roślinnym pochodzącym ze stanowiska 9. Najmniej tego pierwiastka stwierdzono w próbkach pobranych ze stanowisk 2. i 10.,

przy czym jego zawartość nie odbiegała istotnie od wykazanej w przypadku liści ze stanowisk 4., 6., 7. oraz 8. Nie wykazano istotnego zróżnicowania zawartości potasu ani wapnia pomiędzy stanowiskami. Ilość magnezu oznaczona w liściach pobranych na stanowisku 10. istotnie przewyższała zawartości tego pierwiastka wykazane na pozostałych stanowiskach. Zdecydowanie najmniejszą ilość magnezu wykazano w przypadku stanowiska 7. Najwyższą zawartość azotu azotanowego oznaczono w przypadku stanowisk 8. i 10., przy czym nie odbiegała ona w sposób istotny od wyników analogicznych pomiarów próbek ze stanowisk 7. oraz 8. Liście pobrane na stanowiskach 1. i 2. zawierały znacznie mniej azotu azotanowego w porównaniu do pozostałych lokalizacji (tab. 17). Nie stwierdzono istotnych związków zawartości pierwiastków w glebie i zawartości pierwiastków w liściach (tab. 18, ryc. 34-37).

Najwyższą całkowitą zawartością chlorofilu, wynoszącą blisko 1 mg·g⁻¹ ś.m. cechowały się liście pobrane ze stanowiska 10. Liście ze stanowiska 3. były prawie dwukrotnie uboższe w chlorofil, jego całkowita zawartość wynosząca poniżej 0,5 mg·g⁻¹ ś.m. była jednocześnie najniższa ze wszystkich stanowisk (tab. 19). Stosunek zawartości chlorofili a i b był silnie zróżnicowany. Liście pobrane ze stanowiska 3. zawierały w przybliżeniu dwa razy więcej chlorofilu a niż chlorofilu b, z kolei w liściach ze stanowiska 8. stwierdzono aż trzykrotnie więcej chlorofilu a niż chlorofilu b.

Tab. 17. Zawartość pierwiastków w liściach morwy na stanowiskach, gdzie prowadzono badania szczegółowe we Wrocławiu.

Stanowisko	P (mg/100g)	K (mg/100g)	Ca (mg/100g)	Mg (mg/100g)	NO ₃ (mg/100g)
1	a 147	1140	918	bc 142	d 32
2	d 83	1110	1060	a 180	d 35
3	abc 133	1197	745	ab 158	bc 60
4	cd 94	38063	28047	c 115	bc 62
5	ab 139	1347	853	abc 148	c 59
6	cd 95	1257	1128	bc 127	bc 60
7	bcd 103	1340	845	d 52	ab 77
8	abcd 110	1273	673	bc 143	a 80
9	197	1600	742	bc 140	abc 71
10	d 87	1433	1073	228	a 80
NIR	40,1	n.i.	n.i.	36,1	17,01

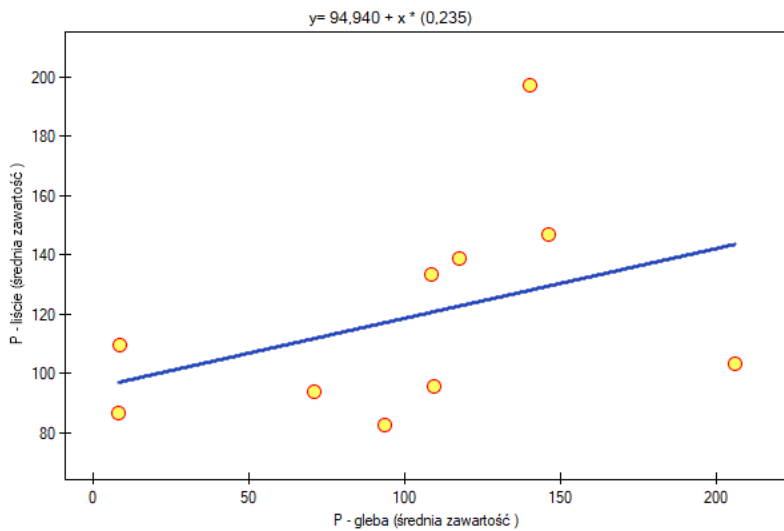
a, b, c, d - średnie oznaczone taką samą literą nie różnią się istotnie (5%) wg testu t-Duncana
n.i. – brak istotności różnic

Tab. 18. Zależność zawartości pierwiastków w liściach morwy białej na wrocławskich stanowiskach od zawartości pierwiastków w glebie

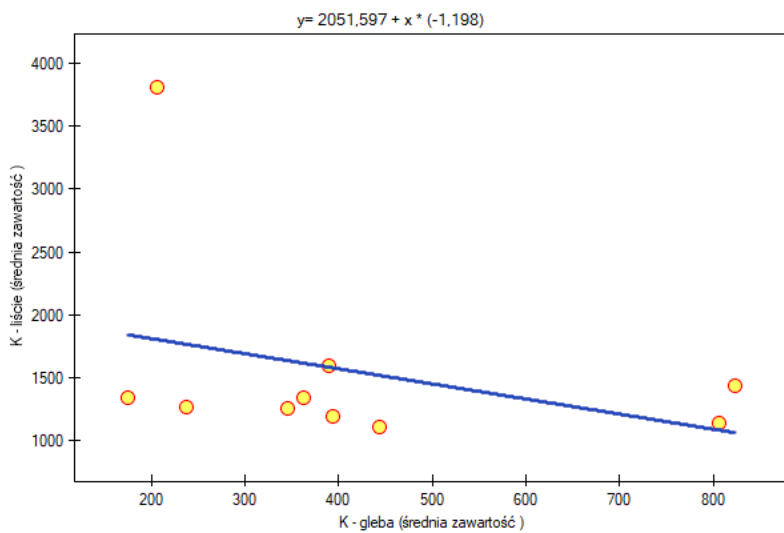
	wsp. b	błąd b	-95% CI	+95% CI	stat. t	wartość p	stand. b	błąd stand. b
P - liście (średnia zawartość mg/100g)								
w. wolny	94,941	22,053	44,086	145,795	4,305	0,003		
P - gleba (śr. zawartość)	0,236	0,190	-0,202	0,673	1,241	0,250	0,402	0,324
K - liście (średnia zawartość mg/100g)								
w. wolny	2051,597	556,688	767,872	3335,322	3,685	0,006		
P - gleba (średnia zawartość)	-1,198	1,184	-3,9275	1,531	-1,012	0,341	-0,337	0,333
Ca - liście (średnia zawartość mg/100g)								
w. wolny	1566,004	372,785	706,36	2425,647	4,201	0,003		
Ca - gleba (średnia zawartość)	-0,292	0,196	-0,745	0,161	-1,489	0,175	-0,466	0,313
Mg - liście (średnia zawartość mg/100g)								
w. wolny	96,718	24,63	39,930	153,507	3,927	0,004		
Mg - gleba (średnia zawartość)	0,657	0,303	-0,042	1,357	2,168	0,06	0,608	0,281

Tab. 19. Zawartość chlorofilu w liściach morwy białej na wrocławskich stanowiskach [$\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ś.m.]

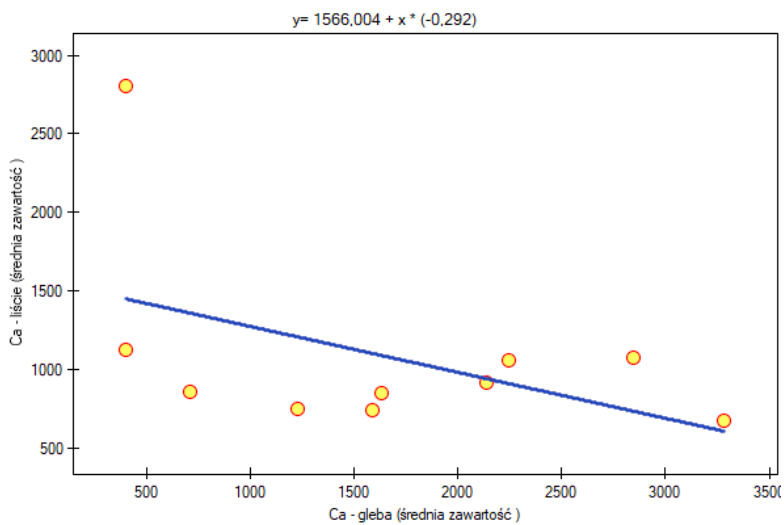
Stanowisko nr	Chlorofil a	Chlorofil b	Chlorofil a+b	Stosunek a:b
1	0,522	0,196	0,719	2,66
2	0,585	0,228	0,813	2,57
3	0,330	0,166	0,496	1,99
4	0,681	0,264	0,945	2,58
5	0,599	0,228	0,827	2,62
6	0,482	0,200	0,682	2,41
7	0,479	0,195	0,674	2,46
8	0,681	0,225	0,907	3,02
9	0,488	0,213	0,701	2,29
10	0,702	0,278	0,981	2,52



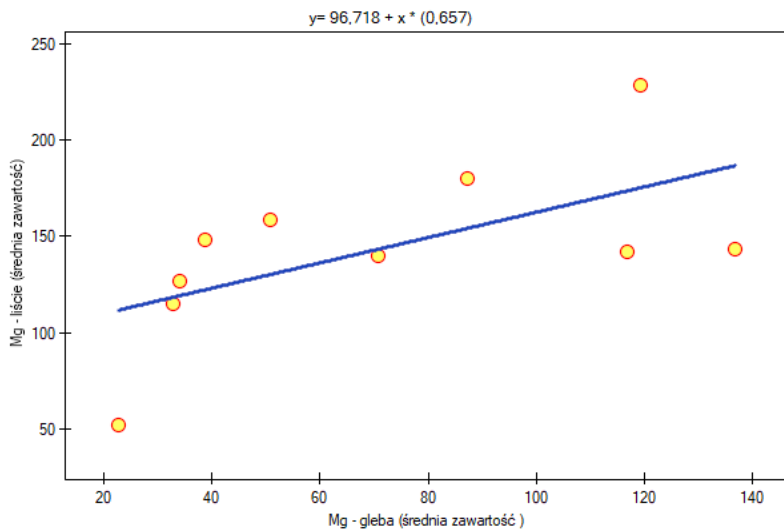
Ryc. 34. Porównanie zawartości fosforu w glebie i liściach dla stanowisk szczegółowych morwy białej we Wrocławiu



Ryc. 35. Porównanie zawartości potasu w glebie i liściach dla stanowisk szczegółowych morwy białej we Wrocławiu



Ryc. 36. Porównanie zawartości wapnia w glebie i liściach dla stanowisk szczegółowych morwy białej we Wrocławiu



Ryc. 37. Porównanie zawartości magnezu w glebie i liściach dla stanowisk szczegółowych morwy białej we Wrocławiu

5.3. Cechy morfologiczne oraz zawartość pierwiastków w owocach morwy białej na wybranych stanowiskach we Wrocławiu w latach 2019 i 2020.

Owoce pochodzące z poszczególnych stanowisk charakteryzowały się wyraźnym zróżnicowaniem pod względem wymiarów oraz masy. W 2019 roku najdłuższe owoce stwierdzono na stanowisku 9, przy czym średni wynik tego pomiaru nie różnił się istotnie od uzyskanego na stanowisku 4. Najkrótsze owoce pochodziły ze stanowiska 10., jednakże pod względem tego wymiaru można je zaklasyfikować do grupy jednorodnej wraz ze stanowiskami 2., 7 oraz 8. Największą szerokość owoców stwierdzono na stanowiskach 2. oraz 5., jednak pod tym względem nie różniły się one istotnie od owoców pochodzących ze stanowisk 1., 3., 8., 9. i 10. Najwęższe owoce stwierdzono na stanowiskach 6. oraz 7. Średnia masa owoców pobranych ze stanowiska 9. istotnie przewyższała analogiczne wyniki wszystkich pozostałych lokalizacji. Najlżejsze owoce zważano na stanowisku 7., przy czym ich masa nie odbiegała znacząco od średnich mas owoców pobranych ze stanowisk 2., 6., 8. i 10 (tab. 20).

Tab. 20. Wybrane cechy morfologiczne owoców morwy białej na stanowiskach badawczych we Wrocławiu w 2019 roku.

Stanowisko	Długość [mm]	Szerokość [mm]	Masa 1 owocu [g]
1	de 19,07	ab 12,83	bc 1,69
2	ef 18,64	a 13,28	ab 1,95
3	c 19,74	ab 12,66	a 2,23
4	ab 21,19	bc 12,37	bc 1,77
5	de 19,00	a 13,14	bc 1,69
6	bc 20,48	c 11,71	ab 1,94
7	ef 18,20	c 11,76	c 1,44
8	ef 18,56	ab 12,98	ab 1,95
9	a 22,11	ab 12,96	3,05
10	f 17,91	ab 12,63	ab 1,88
NIR	1,02	0,70	0,35

a, b, c, d, e f - średnie oznaczone taką samą literą nie różnią się istotnie (5%) wg testu t-Duncana

W 2020 roku jedynie na 5 z 10 badanych stanowisk morwy zebrano ilość owoców wystarczającą do przeprowadzenia analiz statystycznych. Pozostałe stanowiska nie owocowały (3., 8.) lub jedynie nieliczne owoce osiągnęły dojrzałość przed opadnięciem (stanowiska 4., 6. oraz 7.), czego przyczyną były gwałtowne wichury. Zarówno pod względem średniej długości, szerokości jak i masy owoce pobrane ze stanowiska 9. istotnie przewyższały próby pochodzące z pozostałych lokalizacji. Najkrótsze owoce pochodziły ze stanowiska 10., przy czym ich średnia długość nie różniła się istotnie od długości owoców ze stanowiska 5., które okazały się jednocześnie znacznie mniejsze w porównaniu do pozostałych prób, a ponadto klasyfikowały się do tej samej grupy jednorodnej skupiającej stanowiska o średniej szerokości owoców istotnie mniejszej w porównaniu do pozostałych lokalizacji. Zdecydowanie najcięższe owoce pobrano ze stanowiska 9., natomiast najniższa masa cechowała owoce ze stanowisk 1., 10. oraz 2., tworzące pod tym względem grupę statystycznie jednorodną (tab. 21).

Tab. 21. Wybrane cechy morfologiczne owoców morwy białej na stanowiskach badawczych we Wrocławiu w 2020 roku.

Stanowisko nr	Długość [mm]	Szerokość [mm]	Masa 1 owocu [g]
1	a 21,28	ab 13,72	a 1,43
2	ab 19,72	a 14,03	a 1,54
5	b 18,85	b 13,43	b 0,87
9	24,88	16,40	2,39
10	b 18,37	ab 13,65	a 1,45
NIR	1,67	0,49	0,13

a, b - średnie oznaczone taką samą literą nie różnią się istotnie (5%) wg testu t-Duncana

Analiza średnich wyników pomiarów owoców z lat 2019-2020, pobranych ze stanowisk które owocowały w obu tych sezonach, wykazała zbliżony schemat ich zróżnicowania do obserwowanego w 2020 roku. Owoce pozyskane ze stanowiska 9. były istotnie dłuższe, szersze oraz cięższe od pobranych z pozostałych stanowisk. Najkrótsze owoce pochodziły ze stanowiska 10., jednak ich średnia długość nie różniła się istotnie od analogicznych wymiarów owoców ze stanowisk 5. i 2. Średnia masa owoców pobranych ze stanowiska 5. była istotnie mniejsza w porównaniu do pozostałych prób (tab. 22).

Tab. 22. Wybrane cechy morfologiczne owoców morwy białej na stanowiskach badawczych we Wrocławiu dla lat 2019-2020

Stanowisko nr	Długość [mm]	Szerokość [mm]	Masa 1 owocu [g]
1	a 20,18	a 13,27	a 1,56
2	ab 19,18	a 13,66	a 1,74
5	b 18,92	a 13,28	b 1,28
9	23,50	14,68	2,72
10	b 18,14	a 13,14	a 1,66
NIR	1,16	0,57	0,25

a, b - średnie oznaczone taką samą literą nie różnią się istotnie (5%) wg testu t-Duncana

Analizy zawartości makroskładników w owocach morwy w 2020 roku wykazały najwyższą zawartość fosforu w owocach pochodzących ze stanowiska 1., przy czym ilość tego pierwiastka nie różniła się istotnie od stwierdzonej w owocach ze stanowisk 5. i 2., z którymi pod tym względem tworzyły grupę jednorodną. Najmniej fosforu zawierały owoce pochodzące ze stanowiska 9., jednak zawartość tego makroskładnika nie była istotnie mniejsza od oznaczonej w owocach ze stanowiska 10. Pod względem zawartości potasu owoce pobrane z poszczególnych stanowisk nie różniły się istotnie. Owoce zebrane na stanowisku 10. były znacznie bogatsze w wapń w porównaniu do pozostałych prób, z kolei zdecydowanie najniższa zawartość tego pierwiastka cechowała owoce ze stanowiska 2. Pod względem średniej zawartości magnezu wyniki owoców pochodzących ze wszystkich badanych stanowisk istotnie się od siebie różnią. Owoce pobrane ze stanowiska 1. zawierały znacznie więcej azotanów niż pobrane z pozostałych lokalizacji, natomiast najmniejszą ich ilość oznaczono w próbkach pobranych ze stanowisk 9. i 10., tworzących pod tym względem grupę jednorodną (tab. 23).

Owoce pobrane z poszczególnych stanowisk morwy białej we Wrocławiu wyraźnie różniły się wizualnie (fot. 32-43).

Tab. 23. Zawartość pierwiastków w owocach morwy białej na wybranych stanowiskach we Wrocławiu w 2020 roku

Stanowisko	P (mg/100 g s. m.)	K (mg/100 g s. m.)	Ca (mg/100 g s. m.)	Mg (mg/100 g s. m.)	NO ₃ (mg/100 g s. m.)
1	a 258	a 158	bc 1177	b 102	a 13,87
2	c 211	a 160	d 1010	d 92	b 11,30
5	b 233	a 158	c 1120	a 120	b 10,70
9	d 156	a 127	b 1237	e 72	c 9,70
10	d 173	a 163	a 1413	c 97	c 9,53
NIR	17,95	n.i.	109	0,69	0,78

a, b - średnie oznaczone taką samą literą nie różnią się istotnie (5%) wg testu t-Duncana
n.i. – brak istotności różnic



Fot. 32. Dojrzałe owoce morwy białej pobrane ze stanowiska 1. we Wrocławiu mają żółtawe zabarwienie



Fot. 33. Dojrzałe owoce morwy białej pobrane ze stanowiska 2. we Wrocławiu mają różowofioletowe zabarwienie



Fot. 34-35. Dojrzałe owoce morwy białej pobrane ze stanowiska 3. we Wrocławiu są kremowe



Fot. 36. Dojrzałe owoce morwy białej pobrane ze stanowiska 4. we Wrocławiu mają brunatnożółty odcień.



Fot. 37. Dojrzałe owoce morwy białej pobrane ze stanowiska 5. we Wrocławiu są stosunkowo małe, mają beżowy odcień.



Fot. 38. Dojrzałe owoce morwy białej pobrane ze stanowiska 6. we Wrocławiu są żółtawe.



Fot. 39. Dojrzałe owoce morwy białej pobrane ze stanowiska 7. we Wrocławiu są złotokremowe.



Fot. 40. Dojrzałe owoce morwy białej pobrane ze stanowiska 8. we Wrocławiu są kremowe.



Fot. 41.-42. Dojrzałe owoce morwy białej pobrane ze stanowiska 9. we Wrocławiu są bardzo duże, o różowobeżowym zabarwieniu.



Fot. 43. Dojrzałe owoce morwy białej pobrane ze stanowiska 10. we Wrocławiu są beżowożółte.

DYSKUSJA

1. Populacja morwy białej we Wrocławiu

Potencjał allelopatyczny morwy białej jest stosunkowo niski [Csiszár 2009, Mughal 2000; Stinson i in. 2006; Warne 2020]. Istotnym zagrożeniem związanym z introdukcją gatunków obcych jest możliwość ich krzyżowania się z przedstawicielami rodzimej flory, zagrażającego czystości jej zasobów genetycznych a tym samym ich ubożenia. Zjawisko to jest obserwowane m. in. w przypadku europejskiej populacji topoli czarnej (*Populus nigra* L.), której różnorodność genetyczna wyraźnie maleje na skutek hybrydyzacji z pokrewnymi, nierodzimyimi taksonami topoli [Benetka i in. 2002, Debeljak i in. 2015]. Analogiczną sytuacją obserwowaną na terenie Kanady jest tworzenie mieszańców morwy białej z natywną dla tamtejszych obszarów morwą czerwoną *M. rubra* [Burgess i in. 2005, Burgess, Husband 2006; Warne 2020]. Należy jednak podkreślić, iż w polskiej florie brak jest reprezentantów rodzaju *Morus*, jak również w szerszym ujęciu rodziny Moraceae, co całkowicie eliminuje możliwość wpływu omawianego gatunku na pulę genową rodzimych taksonów. Rozpatrzenia wymaga natomiast jego potencjalna niekontrolowana ekspansja terytorialna, odnotowana m. in. w stanie Kentucky (USA), gdzie zalicza się go do sześciu najbardziej rozpowszechnionych w środowisku nierodzimych gatunków krzewów [Boyce 2010]. Za jedną z głównych przyczyn wystąpienia inwazji morwy białej zarówno w stanie Iowa, (USA), jak w Afryce Południowej uznawane jest masowe spożywanie jej mięsistych, słodkich owoców przez tamtejsze gatunki ptaków, które w ten sposób rozprzestrzeniają wraz z odchodami jej nasiona na znaczne odległości. Wykazano również wzrost zdolności do kiełkowania nasion po przejściu przez ptasi układ pokarmowy w porównaniu do uzyskanych z całych, niespożytych owoców [Farrar 2002; Stapanian 1982; Thabethe 2015]. Owoce omawianego gatunku są wybitnie chętnie spożywane także przez rodzime ptaki, takie jak wróble, szpaki i kwiczoły, pospolite na terenie Wrocławia [Litwinczuk i in. 1999]. Na terenie naszego kraju morwa biała jest uprawiana już od ponad 300 lat, w polskiej florie ma status kenofita [Tokarska-Guzik i in. 2012]. Obsiewanie się drzew, istnienie ich wieloletnich siewek oraz tworzenie podrostów w warunkach miejskich, bywa przyjmowane za wyznacznik zakończenia procesu ich synantropizacji [Czekalski, Wykrzykiewicz-Raszewska 1992]. Obserwacje Weber-Siwirskiej i Czekalskiego [2004] dotyczące generatywnego odnawiania się drzew i krzewów na terenie Wrocławia wykazały obecność siewek 18 drzewiastych taksonów, z których cztery obsiewały się masowo, nie odnotowano natomiast żadnych siewek morwy białej. W trakcie badań będących przedmiotem niniejszego opracowania prowadzonych w latach 2018-2019 stwierdzono występowanie młodocianych siewek tego gatunku na 61 stanowiskach zlokalizowanych w granicach

stolicy Dolnego Śląska, w większości na danym stanowisku występowała więcej niż jedna siewka, natomiast odnotowano tylko 28 dorosłych osobników pochodzących z samosiewu. Jest to liczba znikoma w porównaniu do celowych nasadzeń, stanowiących aż 94,1% wszystkich stanowisk. Wskazuje to, iż na terenie Wrocławia możliwe jest obsiewanie się badanego gatunku, natomiast utrudnione jest osiągnięcie przez siewki dojrzałego wieku, prawdopodobnie na skutek prac pielęgnacyjnych bądź przemarzania, jak bywa w przypadku innych gatunków pochodzących z cieplejszych stref klimatycznych [Vítková i in. 2017]. Dynamika populacji drzew może być oceniana na podstawie struktury wiekowej. Wiek osobniczy morwy jest trudny do oszacowania przy pomocy metod nieinwazyjnych, tj. pomiarów dendrometrycznych. Tabela wiekowa drzew prof. Longina Majdeckiego (1986) służąca do oceny wieku drzew na podstawie obwodu pnia nie zawiera danych dla tego gatunku. Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie opłat za usunięcie drzew i krzewów pod względem tempa przyrostu pnia na grubość zalicza morwę do drzew wolno rosnących, należy jednak zauważyć, iż gatunek cechuje się wysokim tempem wzrostu wyłącznie w młodym wieku, po osiągnięciu 40-50 lat jego dynamika wyraźnie spada. Wielkości przyrostu pnia na grubość pnia istotnie zależy od warunków wzrostu, wykazując duże zróżnicowanie nawet w obrębie drzew tego samego gatunku rosnących na tym samym stanowisku. Należy podkreślić, iż morwa wykazuje nadzwyczaj wysoki polimorfizm, ponadto często nisko się rozgałęzia, tworząc osobniki wielopniowe [Chand, Singh 2008; DeBolt 1992; Dz. U. 2004 nr 92 poz. 880; Dz. U. 2016 poz. 1354, zał. 1; Dz. U. 2017 poz. 1330; Kachel i in. 2017; Karimian 2016; Karimian i in. 2015; Klimko 2016; Kozakiewicz 2010; Łukaszewicz 2011; Łukaszewicz i in. 2005; Łukaszewicz, Kosmała 2008; Majdecki 1996; Pokorný 1992; Sitarski i in. 2013; Sottile i in. 2017]. W obrębie wrocławskiej populacji morwy białej zdecydowanie najliczniejszą grupę stanowiły drzewa nie stanowiące części zwartych szpalerów (90,6% wszystkich stanowisk). Prawie 2/5 wszystkich drzew cechowało się obwodem pnia (bądź pni) mieszczącym się w przedziale 100-150 cm, nieco mniej liczną grupę (31 %) stanowiły drzewa o pierśnicy w granicach 50-100 cm, natomiast drzew o obwodzie 150-200 cm było ponad dwukrotnie mniej, 14 %. Należy podkreślić, iż zaledwie u 1 na 25 drzew zmierzony obwód pnia nie przekraczał 50 cm. Obserwacje innych autorów prowadzone w sześciu prowincjach Doliny Zachodniego Pamiru (Tadżykistan), gdzie omawiany gatunek jest taksonem natywnym, wykazały, iż w mieszanych populacjach składających się zarówno z osobników dzikorosnących, jak i uprawianych (sady, ogrody przydomowe) średnio 64,5 % stanowią drzewa o obwodzie pierśnicowym nieprzekraczającym 1 m, co w przybliżeniu pokrywa się z odsetkiem drzew w wieku do 50 lat, wynoszącym 60,8 % [Sottile i in. 2017]. Przyjmując te obserwacje jako orientacyjny punkt porównawczy, można założyć, iż ok. 65 % wszystkich swobodnie rosnących drzew morwy na terenie Wrocławia przekroczyło wiek 50 lat. Badania historycznych, ponad stuletnich nasadzeń morwy uprawianej dla potrzeb jedwabnictwa

prowadzone w regionie Goriška w Słowenii, obszarowo odpowiadającym połowie powierzchni Wrocławia, wykazały wysokie zróżnicowanie roślin zarówno pod względem fenotypowym, jak i biochemicznym, ponadto preferencji konkretnych form i sposobów uprawy, m. in. technik przycinania i typów nasadzeń, a także wyraźną zależność ich lokalizacji od średniej temperatury rocznej [Urbanek Krajnc i in. 2019]. Liczne badania prowadzone na obszarach zurbanizowanych dowodzą, iż rozmieszczenie stanowisk innych gatunków drzew może zależeć od sposobu użytkowania terenu [Ay i in. 2017; Blitek i in. 2022; Kostuch, Kostuch 2013]. Analiza struktury przestrzennej wrocławskiej populacji morwy białej pozornie potwierdza to założenia, stwierdzono bowiem istotny związek liczby wszystkich stanowisk na danym obszarze, liczby drzew, ilości nasadzeń w formie żywopłotu, a ponadto sumy długości żywopłotów zarówno z poziomem urbanizacji, jak też z współczynnikiem termicznym. Najwyższą częstotliwość występowania morwy niezależnie od typu nasadzenia odnotowano w kwadratach z dominacją terenów usługowych, przemysłowych bądź kolejowych, obejmujących ponad 25 % wszystkich stanowisk, na terenie tej strefy znajdowało się ponadto aż 26 % drzew które nie stanowiły części zwartych szpalerów. Nasadzenia w formie żywopłotów były preferowane w strefach zabudowy niskiej, przy największą liczbę tego typu nasadzeń wykazano w strefie zabudowy luźnej, natomiast łączna długość żywopłotów była najwyższa w strefie o zwartej zabudowie. Należy jednak podkreślić, iż zależności te dotyczą sztucznych nasadzeń. Badania innych autorów wskazują na korzystny wpływ warunków miejskich, w tym zjawiska Miejskiej Wyspy Ciepła, na rozwój i wzrost populacji obcych ciepłolubnych gatunków roślin [Bąbalewski 2014^a; Bąbalewski, Czekalski 2005; Blitek i in. 2022; Zaraś-Januszkiewicz i in. 2020]. Zastanawiający jest więc brak istotnego zróżnicowania częstości spontanicznych odnowień morwy białej zarówno na obszarach o odmiennym typie zabudowy, jak i różniących się roczną średnią temperatur. Może to wskazywać na brak tendencji urbanofilnych gatunku. Znamienny jest fakt niskiej liczebności siewek osiagających dojrzałość, pozwalający wnioskować, iż w chwili obecnej na terenie Wrocławia takson nie wykazuje ekspansywności. Jednakże okres od introdukcji taksonu do jego nadmiernej ekspansji jest silnie zróżnicowany, przy czym w klimacie umiarkowanym proces ten przebiega wolniej w porównaniu do gorących stref. W Brandenburgii, regionie o klimacie zbliżonym do panującego we Wrocławiu, gatunki drzew uznane za inwazyjne osiągnęły ów status średnio po 170 latach, przy czym wartością skrajną okazał się ponad dwukrotnie dłuższy okres 374 lat w przypadku orzecha włoskiego *Juglans regia* [climate-data.org; Gazda 2003; Kowarik, Von Der Lippe 2011]. Inwazyjny wpływ drzew i krzewów jest trudny do oceny na podstawie samego rozmieszczenia [Boyce 2010; Ding i in. 2006; Swan i in. 2008; Tokarska-Guzik 2011; Trammell i in. 2012; Vítková i in. 2017], tym samym mimo iż wrocławska populacja morwy zdaje się nie wykazywać tendencji do niekontrolowanego

spontanicznego rozprzestrzeniania się, wskazany jest dalszy monitoring jej obecnego i przyszłego rozwoju.

2. Fenologia

U wielu taksonów drzew i krzewów obserwowane jest znaczne zróżnicowanie tempa rozwoju w ciągu sezonu wegetacyjnego poszczególnych przedstawicieli tego samego gatunku, nawet rosnącymi blisko siebie. Dotyczy to zarówno rozpoczęcia wegetacji wiosną, listnienia, zakwitania i owocowania, a także rytmiki przebarwiania się i opadania liści jesienią [Będkowski 2018]. Jak wykazują wyniki powyższych badań, to zjawisko jest obserwowane również w przypadku przedstawicieli wrocławskiej populacji morwy białej. Przyczyny różnic w terminach wystąpienia zjawisk fenologicznych i długości faz fenologicznych są niejasne. Liczne badania udowadniają wpływ warunków siedliskowych, szerokości i długości geograficznej oraz wysokości nad poziomem morza, a tym samym odmiennego klimatu i/lub mikroklimatu na zróżnicowanie fenologiczne poszczególnych populacji. Nie wyjaśnia to jednak różnic w obrębie tej samej populacji, pomiędzy osobnikami rosnącymi w niewielkiej odległości od siebie [Będkowski 2018; Davi i in. 2011; Lenard i in. 2009; Wojda 2004]. Niektórzy autorzy szukają powodu w zróżnicowaniu genetycznym w obrębie taksonu, z drugiej strony przeczą temu doniesienia o zmienności terminów wystąpienia pojawów fenologicznych u tego samego egzemplarza drzewa, lecz w różnych latach [Kluza, Zientarska 1999; Ueno i in. 2011]. Na podstawie prowadzonych obserwacji fenologicznych morwy białej odnotowano zróżnicowanie terminów występowania pojawów oraz długości trwania faz rozwojowych (listnienie, kwitnienie, owocowanie, przebarwianie liści i ich opadanie), zarówno w kolejnych latach, jak i pomiędzy poszczególnymi stanowiskami. Prawidłowa interpretacja wyników spostrzeżeń fenologicznych wymaga przeprowadzenia analizy przebiegu warunków atmosferycznych w okresie obserwacji [Mager, Kępińska-Kasprzak 2015]. Obserwacje wrocławskich morw wskazują, iż różnice czasowe jakie zachodziły w obrębie tego same stanowiska, ale w kolejnych latach, były w dużej mierze odzwierciedleniem panujących w danym sezonie warunków pogodowych.

W początkowych fazach wegetacji różnice pomiędzy poszczególnymi stanowiskami, jak również między poszczególnymi latami obserwacji były niewielkie. Otwieranie się pąków liściowych niemal zawsze (w ok. 97 % przypadków) przypadało w 2-3 tygodniu kwietnia. W 2018 roku maksymalna różnica dat pojawu pomiędzy stanowiskami wynosiła 8 dni, w 2019 roku 12 dni, a w 2020 roku 9 dni. Po upływie 3-6 dni następowało rozchylanie się blaszek liściowych. W przypadku obu pojawów średnia temperatura miesiąca zdawała się nie mieć wyraźnego wpływu: w 2018 roku kwiecień był o prawie 4 °C cieplejszy niż w 2020 roku i o ponad 3 °C cieplejszy niż w roku 2019, to właśnie w 2019 roku daty obu pojawów były najwcześniejsze. W przypadku początku jesiennego przebarwiania się liści różnice między latami były większe, ale nadal nie można stwierdzić wyraźnego

wpływu średniej temperatury miesiąca. W latach 2018-2020 średnia temperatura października była niemal identyczna (w granicach 11,5-11,8 °C), mimo to w 2019 roku powyższy pojaw obserwowano średnio 17 dni wcześniej niż w 2020 r. i 11 dni wcześniej niż w 2018 r. Długość okresu pomiędzy początkiem jesiennego przebarwienia a datą opadania pierwszych liści była silnie zróżnicowana pomiędzy stanowiskami, przy niewielkiej rozbieżności uśrednionych wyników dla poszczególnych lat. Wynosiła w kolejnych latach obserwacji odpowiednio 21, 23 i 23 dni. Z drugiej strony, indywidualne zróżnicowanie każdego ze stanowisk było pod tym względem znacznie wyraźniejsze: omawiana faza trwała od 5 do nawet 61 dni, jej długość w obrębie tego samego stanowiska zazwyczaj wyraźnie różniła się w kolejnych latach. Co ciekawe, owe zróżnicowanie przebiegało bez wyraźnego związku z danym sezonem wegetacyjnym. Przykładowo na stanowisku 1. była w 2018 r. ponad dwukrotnie dłuższa niż w 2020 r. (odpowiednio 21 i 9 dni), a w przypadku stanowiska 8. aż trzykrotnie dłuższa (15 i 5 dni); kolei na stanowisku 4. obserwowana była odwrotna sytuacja: w 2018 r. ów okres był ponad dwukrotnie krótszy niż w 2020 r. (odpowiednio 27 i 61 dni). Znamienne, iż w latach 2019 i 2020 w przypadku daty początku przebarwienia się liści rozbieżność pomiędzy stanowiskami wynosiła odpowiednio 29 i 60 dni, była więc zauważalnie większa niż w przypadku daty opadania pierwszych liści (17 i 28 dni). Faza opadania liści (od początku opadania liści do całkowitej utraty ulistnienia) w latach 2018-2020 trwała przeciętnie kolejno 13, 25 i 19 dni.

Podobnie jak w przypadku faz rozwoju wegetatywnego, rozbieżność dat rozpoczęcia pierwszej fazy rozwoju generatywnego, tj. pojawienia się pąków kwiatowych, były niewielkie. W latach 2018 i 2019 ów pojaw obserwowano średnio 20. kwietnia. W pierwszym roku prowadzenia obserwacji maksymalna różnica między stanowiskami wynosiła 4 dni, w kolejnym sezonie rozbieżność była wyraźniejsza, tj. 8 dni. W 2020 średni termin pojawienia się pąków kwiatowych przypadał o 5 dni później niż w poprzednich latach, 25. kwietnia. Nie można tu stwierdzić związku z przebiegiem pogody, bowiem o ile w 2018 dwie pierwsze dekady kwietnia, tak jak i cały miesiąc, były wyraźnie cieplejsze w porównaniu do kolejnych lat, w 2019 i 2020 temperatury w analogicznym okresie były porównywalne. Warunki pogodowe nie wpłynęły również na długość fazy pąków kwiatowych, trwającej średnio 3 dni w latach 2018 i 2020, a dwukrotnie dłużej w roku 2019. Owa zależność może natomiast istnieć w przypadku daty zakończenia kwitnienia, która w trzech kolejnych sezonach obserwacji przypadała odpowiednio 9, 10 i 8 maja. We wszystkich trzech latach następowało to po kilkudniowym okresie wzrostu temperatury, aczkolwiek w latach 2018 i 2019 rozbieżność pomiędzy stanowiskami które zakończyły kwitnienie jako pierwsze i jako ostatnie wynosiła odpowiednio 5 i 4 dni, w 2020 roku owa różnica wzrosła do 17 dni. Ponownie można się tu doszukiwać związku z przebiegiem temperatur dzień po dniu: analizując wykres temperatur w maju 2020 obserwowano trzy okresy wzrostu temperatur, które osiągały najwyższe wartości w dniach 1, 9-10 i 18 maja, co zbiega

się czasowo z datami zakończenia kwitnienia skrajnych stanowisk oraz niemal odpowiada średniej dacie tego pojawu dla wszystkich stanowisk. Długość fazy owoców niedojrzałych była silnie zróżnicowana, zarówno jeśli chodzi o porównanie poszczególnych stanowisk, jak i średnie dla kolejnych lat obserwacji. Rozbieżność dat pomiędzy stanowiskami, które osiągnęły dojrzałość jako pierwsze i jako ostatnie, w 2018 wynosiła 7 dni, w kolejnym sezonie 17 dni, natomiast w 2020 roku 13 dni. W 2018 średni okres od zakończenia kwitnienia do chwili, gdy pierwsze owoce osiągnęły dojrzałość wynosił tylko 17 dni. Owoce dojrzewały najszybciej, w ciągu zaledwie 13 dni, na stanowiskach 2 oraz 9. Najdłużej, przez 21 dni, faza owoców niedojrzałych trwała na stanowisku 7. W 2019 roku faza owoców niedojrzałych trwała ponad dwukrotnie dłużej w porównaniu z poprzednim sezonem: jej średnia długość wynosiła 37 dni. Co ciekawe, najkrócej, 32 dni, trwała na stanowisku 7, na którym rok wcześniej owoce dojrzewały najwolniej. Największą długość tej fazy, aż 51 dni, odnotowano na stanowisku 4. W roku 2020 faza owoców niedojrzałych trwała średnio aż 48 dni, czyli prawie trzykrotnie dłużej w porównaniu z 2018 rokiem. Jej długość wynosiła od 35 dni w przypadku stanowiska 10. po 56 dni na stanowisku 2. W ostatnim roku obserwacji na stanowisku 3. owoce opadały przed osiągnięciem dojrzałości, natomiast na stanowisku 8. Rozwój generatywny zakończył się na fazie kwitnienia i nie doszło do wytworzenia zawiązków owoców. Tak duże zróżnicowanie długości fazy owocowania w kolejnych latach najprawdopodobniej wiąże się z temperaturami notowanymi w tych okresach. Według danych pomiarowych pochodzących ze stacji meteorologicznej w Strachowicach w 2018 roku maj był aż o 5,3 °C cieplejszy niż w dwóch kolejnych latach. Wpłynęło to na zwiększenie tempa dojrzewania owoców morwy, w efekcie pierwsze z nich osiągały dojrzałość średnio 26 maja, czyli aż o miesiąc wcześniej niż w roku 2020 i 20 dni wcześniej niż w roku 2019. W 2019 roku po chłodnym maju nastąpił rekordowo upalny czerwiec, co przyspieszyło tempo dojrzewania owoców. Tymczasem czerwiec 2020 był wyjątkowo chłodny, średnia temperatura wynosiła tylko 19,6 °C, czyli o 5°C mniej niż w poprzednim sezonie.

Również w przypadku fazy owoców dojrzałych odnotowano silne zróżnicowanie. W kolejnych latach jej długość kształtowała się odwrotnie jak w przypadku poprzedniej fazy. Okres od rozpoczęcia do zakończenia dojrzewania owoców trwał najdłużej w 2018 roku, średnio 59 dni (od 35 dni na stanowisku 6. po aż 86 dni na stanowisku 1.). W 2019 roku analogiczny etap rozwoju był średnio o 10 dni krótszy (trwał 49 dni), przy czym rozpoczynał się średnio o trzy tygodnie później w porównaniu z poprzednim sezonem. To przesunięcie czasowe może się wiązać z niższą o 1 °C średnią temperatur panujących w lipcu 2019 roku w porównaniu z 2018, a tym samym spadek tempa dojrzewania owoców. Maksymalną długość tej fazy wynoszącą 78 dni odnotowano dla stanowisk 5. oraz 10., na stanowisku 1. była tylko o jeden dzień krótsza, natomiast na stanowisku 9. trwała zaledwie 17 dni. W 2020 roku faza owoców dojrzałych trwała znacznie krócej niż w poprzednich latach, przy czym było

to tylko do pewnego stopnia związane z czynnikiem termicznym. Niskie temperatury panujące w czerwcu opóźniły początek dojrzewania owoców, który przypadał średnio 26 czerwca. Niezwykle szybkie zakończenie owocowania było natomiast bezpośrednio związane z wystąpieniem w dniach 10-11 lipca wyjątkowo gwałtownych burz, z opadami gradu oraz porywami wiatru o prędkości sięgającej 100 km/h. W efekcie doszło do strącenia większości zawiązków owoców, a nieliczne które utrzymały się na pędach nie kontynuowały dojrzewania na skutek ochłodzenia w dwóch ostatnich dekadach lipca. Wyjątkiem były stanowiska 1. oraz 10., na których w drugiej dekadzie sierpnia doszło do wznowienia dojrzewania owoców. Należy zauważyć, iż w okresie od 7 do 21 sierpnia 2020 roku nastąpiło wyraźne ocieplenie w stosunku do temperatur panujących w czterech poprzednich tygodniach. Wskazuje to zależność dojrzewania owoców od czynnik termicznego. Owoce morwy białej opadają samoistnie wkrótce po osiągnięciu pełnej dojrzałości, ponadto również w okresie poprzedzającym osiągnięcie tego stanu stają się wyjątkowo podatne na strząsanie przez silniejsze powiewy wiatru. Już na późnych etapach dojrzewania ich szypułki są słabo związane z pędami, co jest również jedną z przyczyn strat podczas ręcznego zbioru owoców [Assirelli i in. 2019]. W praktyce data rozpoczęcia dojrzewania owoców jest zbieżna z początkiem ich opadania. Owoce opadają sukcesywnie podczas trwania fazy owoców dojrzałych, przy wietrznej pogodzie często dochodzi też do zrzucenia starszych zawiązków owoców. Jest to obserwowane również podczas fazy rozsiewania nasion: jeśli w tym okresie dojdzie do ochłodzenia, niedojrzałe owoce utrzymują się na pędach nie kontynuując dojrzewania i stopniowo opadają przed osiągnięciem pełnej dojrzałości. Było to szczególnie dobrze widoczne w 2020 roku na przykładzie stanowisk 5. i 7. W ich przypadku po wichurze odnotowanej w pierwszej połowie lipca część zawiązków owoców utrzymała się na pędach jeszcze przez kilka tygodni, jednak ich rozwój nie został wznowiony. Po porównaniu obserwacji pojawów fenologicznych na poszczególnych stanowiskach i poddaniu ich analizie statystycznej nie stwierdzono zgodności ani spójności początku owocowania między stanowiskami w kolejnych latach. Natomiast wysoka zgodność i spójność występuje w przypadku końca owocowania oraz długości owocowania. Tym samym w kolejnych latach poszczególne stanowiska rozpoczynają owocowanie w różnej kolejności. Natomiast koniec owocowania jest znacznie bardziej powtarzalny i charakterystyczny dla poszczególnych stanowisk.

Porównanie powyższych obserwacji z danymi dotyczącymi warunków meteorologicznych w poszczególnych latach sugeruje, iż wpływ na inicjację i przebieg faz fenologicznych ma temperatura powietrza w miesiącu poprzedzającym wystąpienie fenofazy oraz w jej trakcie. Znaczenie czynnika termicznego uwidacznia się w niejednakowym stopniu w przypadku poszczególnych stanowisk i fenofaz. Zależność przebiegu faz rozwoju liści od temperatury jest mniej wyraźna. Najmniejsze różnice, zarówno pomiędzy stanowiskami, jak i przy porównaniu wyników uzyskanych w kolejnych

sezonach, odnotowano na początkowych etapach rozwoju generatywnego, tj. w fazach pąków kwiatowych oraz kwitnienia. Wyraźną zmiennością w poszczególnych sezonach charakteryzowały się fazy owoców dojrzałych i owoców niedojrzałych. Przy porównaniu poszczególnych stanowisk różnicowanie było największe w przypadku fazy owoców dojrzałych. Podobny schemat różnicowania długości fenofaz wykazały obserwacje innych gatunków roślin drzewiastych rosnących w Polsce, zarówno obcych, jak i rodzimych [Bednorz, Urbaniak 2004]. Zasadne wydaje się uznanie temperatury za czynnik ograniczający opłacalność uprawy morwy w Polsce nastawionej na pozyskanie owoców, przy stosunkowo niewielkim wpływie tego czynnika na plonowanie plantacji jedwabniczych oraz zielarskich. Należy jednak podkreślić, iż decydujący wpływ na wysokość zbiorów owoców morwy może mieć wietrzna pogoda. Przykładem są konsekwencje wichury z 10-11 lipca 2020 roku, czyli niemal całkowita utrata owoców i ich zawiązków.

Właściwa interpretacja wyników obserwacji fenologicznych wymaga przeprowadzenia analizy przebiegu warunków meteorologicznych panujących w danym okresie. Liczne badania innych autorów stwierdzają istotny wpływ warunków termicznych na długość faz fenologicznych, a w przypadku roślin uprawnych agrofenufazy. Wzrost lub spadek temperatury podczas jednej z fenofaz, np. w okresie kwitnienia, może wpływać zarówno na przebieg danego etapu rozwoju, jak i kolejnych fenofaz, ponadto w przypadku roślin uprawnych może powodować przyrost lub spadek ilości oraz jakości plonu. Zależność ta kształtuje się odmiennie zależnie od gatunku, odmiany i okresu rozwojowego. Na różnych etapach rozwoju sezonowego tej samej rośliny decydujący wpływ może mieć średnia wartość temperatur maksymalnych i/lub minimalnych bądź ich suma. Istotne znaczenie ma również wysokość oraz częstotliwość opadów, nasilenie insolacji, a także wystąpienie szkodników lub patogenów. Ten sam czynnik może wpływać w odmienny sposób na różne taksony, ponadto terminy pojawów fenologicznych oraz długość poszczególnych faz dotyczących tego samego obiektu badań mogą znacznie różnić się w kolejnych sezonach [Bąbelewski 2014^a; Bednorz, Urbaniak 2005; Będkowski 2018; Grabowska i in. 2007; Górska-Zajączkowska, Wójtowicz 1993; Kostuch, Misztal 2008; Mager, Kępińska-Kasprzak 2015; Podleśny, Podleśna 2012].

Obserwacje fenologiczne są ważnym elementem monitoringu obcych gatunków roślin, które mogą potencjalnie stać się inwazyjne lub już taki status osiągnęły. Długość i przebieg okresu wegetacji danego gatunku obrazuje stopień jego przystosowania do lokalnych warunków klimatycznych i możliwość zadomowienia się na danym obszarze [Bąbelewski 2014^{a,b}; Zaraś-Januszkiewicz 2020].

Tempo rozwoju zależy od ilości dostarczanej energii cieplnej. Rośliny rozpoczynają wegetację dopiero, gdy średnia temperatura dobowa powietrza przekroczy tzw. minimum fizjologiczne, próg termiczny specyficzny dla poszczególnych gatunków. Do osiągnięcia kolejnych fenofaz niezbędne jest dostarczenie pewnej stałej dla gatunku liczby jednostek ciepła, akumulowanych w temperaturach

wyższych od minimum fizjologicznego. Na tych zależnościach oparte są metody pozwalające oszacować termin wystąpienia kolejnych faz rozwojowych oraz określić przydatność danego regionu do uprawy poszczególnych gatunków: Suma Aktywnych Temperatur (SAT, ang. – Sum of Active Temperatures) obliczana jako suma wszystkich średnich dobowych temperatur powietrza wyższych niż zero fizjologiczne gatunku oraz wskaźnik Growing Degree Days (GDD, „stopnio-dni”), obliczany na podstawie średnich temperatur pomniejszonych o minimum fizjologiczne [Górski, Jakubczak 1965]. Dla gatunków pochodzących z naszej strefy klimatycznych jako orientacyjne minimum fizjologiczne przyjmuje się najczęściej 0 °C, natomiast w przypadku gatunków ciepłolubnych, takich jak winorośl właściwa, wskaźnik SAT i GDD są liczone zazwyczaj powyżej średniej dziennej temperatury 10 °C. Konkretna ilość jednostek ciepła wymagana do osiągnięcia kolejnych fenofaz danego gatunku, a nawet odmiany, jest ustalana na podstawie wieloletnich obserwacji prowadzących do opracowania modeli fenologicznych. Tego typu obserwacje prowadzone w latach 2001-2005 w Indiach wykazały silny związek między wskaźnikiem GDD a wzrostem i plonem liści i pędów morwy białej *M. alba var. indica*. Według polskich autorów wegetacja morwy białej ustaje w temperaturze poniżej 12 °C, a zakres optymalnej temperatury dla wzrostu tego gatunku to 20-30 °C, jednak w literaturze zagranicznej dla gatunków z rodzaju *Morus* jako próg minimum fizjologicznego najczęściej uznaje się 13 °C, natomiast jako temperaturę optymalną dla przyrostu biomasy liści i pędów 32°C [Fukui 200; infonet-biovision.org; Łochyńska 2018; Sarkar i in. 2005]. Ustalenia modeli fenologicznych przy zakładaniu plantacji jedwabniczych dotyczył także indyjski projekt PPF 3585 z lat 2015-2019. Co ciekawe, wpływ temperatury w okresie kwitnienia w przypadku morwy różni się w zależności od płci danego drzewa [Li i in. 2019; Ramya i in. 2016].

Warunki meteorologiczne w roku 2018 były wyjątkowo korzystne dla morwy białej. Luty i marzec były chłodniejsze niż w kolejnych latach, jednak w kwietniu temperatura gwałtownie wzrosła. Ten i kolejny miesiąc okazały się wyraźnie cieplejsze w porównaniu do analogicznych okresów w następnych sezonach. Efektem było przyspieszenie kwitnienia oraz rozwoju zawiązków owoców, a tym samym wcześniejsze osiągnięcie przez nie dojrzałości. Z wyjątkiem kilku dni w ostatniej dekadzie czerwca oraz w połowie lipca, temperatury na poziomie 20°C bądź wyższe utrzymywały się praktycznie przez cały okres owocowania morwy.

Według raportu Światowej Organizacji Meteorologicznej rok 2019 był drugim najcieplejszym rokiem w historii pomiarów [World Meteorological Organization 2020]. Należy zauważyć, iż stosunek temperatur w poszczególnych miesiącach do średnich dla trzydziestolecia był niejednorodny. Maj okazał się chłodniejszy niż przeciętnie, a styczeń tylko nieznacznie cieplejszy, jednak temperatury w pozostałych miesiącach znacznie przewyższały w średnie uzyskane w ostatnich trzech dekadach.

W porównaniu do dwóch poprzednich sezonów w 2020 roku warunki meteorologiczne były zdecydowanie mniej odpowiednie dla wymagań ciepło- i sucholubnego gatunku jakim jest morwa biała. Wybitnie ciepłe styczeń i luty oraz łagodna pierwsza połowa marca 2020 mogły przyczynić się do przerwania lub osłabienia zimowego spoczynku, przez co nawrót przymrozków w drugiej połowie marca mógł wywrzeć negatywny wpływ na kondycję drzew i prowadzić do powstania uszkodzeń [Będkowski 2018; Chmura 2002; Utkina, Rubtsov 2017]. Z wyjątkiem maja, średnie miesięczne były nieco wyższe w porównaniu do przeciętnych dla trzydziestolecia, przy czym temperatury panujące w okresie wegetacji morwy były niższe niż w dwóch poprzednich sezonach. Analizując przebieg temperatur dzień po dniu, w czerwcu i lipcu zauważalna jest wyraźnie mniejsza liczba dni z temperaturą powyżej 20°C w stosunku do poprzednich lat prowadzenia obserwacji.

Badania dotyczące blisko spokrewnionej z morwą brusonecji chińskiej *Broussonetia papyrifera* L. sugerują możliwość wyznaczenia minimalnej średniej dobowej temperatury, w której może zachodzić rozwój owoców, wynoszącej 28 °C, a także na fotoperiodyczną obojętność tego gatunku. Może to być przesłanką do poszukiwań podobnych zależności u morwy białej, aczkolwiek owa hipoteza wymaga dalszych rzetelnych badań [Maan 2020].

Analizy statystyczne wyników obserwacji wrocławskich stanowisk morwy białej wykazały istnienie silnej zależności terminu rozpoczęcia dojrzewania owoców od współczynnika termicznego.

Temperatura w okresie od 1. do 20. maja miała istotny wpływ na przebieg fazy owoców dojrzałych. Początek dojrzewania owoców był silnie ujemnie skorelowany zarówno ze średnią temperaturą, jak i sumą temperatur aktywnych dla tego okresu. Jeszcze silniejsza była ujemna zależność pomiędzy tym pojawem fenologicznym a sumą temperatur wszystkich dni z temperaturą przekraczającą 20 °C w okresie 1-20. maja. Oznacza to, iż owoce morwy białej zaczynały dojrzewać tym wcześniej, im więcej dni z temperaturą powyżej 20 °C wystąpiło w dwóch pierwszych dekadach maja, a także im wyższa była suma tych temperatur. Może to wskazywać na istnienie temperatury granicznej wyższej niż 20 °C, poniżej której proces dojrzewania owoców morwy białej nie zachodzi.

Z drugiej strony, w okresie od 1. do 30. czerwca suma temperatur wszystkich dni z temperaturą przekraczającą 20 °C, a także ich liczba, były wysoce istotnie skorelowane z datą rozpoczęcia dojrzewania owoców, jednak tym razem zależność ta miała charakter dodatni. Dla tego samego okresu stwierdzono analogiczną silną dodatnią korelację z początkiem fazy owoców dojrzałych po zliczeniu, jak i zsumowaniu temperatur wyższych niż 22 °C. Prawdopodobnie ujemny charakter tej korelacji nie wynika jednak z ujemnego wpływu wyższej temperatury czerwca na proces dojrzewania owoców morwy, lecz ze specyfiki przebiegu warunków pogodowych w latach badań. W 2018 roku rekordowo ciepłe kwiecień i maj przyspieszyły średni termin rozpoczęcia dojrzewania owoców morwy o 10 dni w stosunku do kolejnego sezonu oraz o dokładnie miesiąc w porównaniu do 2020 roku. Ponieważ w

2018 roku prawie wszystkie stanowiska rozpoczęły owocowanie przed 1. czerwca, termika tego miesiąca nie mogła już wywrzeć wpływu na datę wystąpienia tego zjawiska.

W latach 2019-2020 średnia temperatura maja osiągnęła identyczną wartość, stąd decydujące znaczenie wydaje się mieć miesięczny rozkład tego czynnika (wysokość w poszczególnych dniach). W 2019 po stosunkowo cieplej zimie rozkład temperatur w kwietniu i maju kształtował się skokowo, obserwowano naprzemienne występowanie dni wybitnie chłodnych oraz gorących, z temperaturą powyżej 20 °C. Tymczasem w roku 2020 w porównaniu z poprzednim sezonem temperatury były mniej zróżnicowane, w maju nie obserwowano spadków wartości tego parametru poniżej 10 °C.

W przypadku SAT zliczanych od początku roku do początku owocowania nie stwierdzono zgodności lub spójności wyników między stanowiskami w kolejnych latach. Może to wskazywać na brak zależności tego parametru z terminem rozpoczęcia owocowania morwy.

Badania i publikacje dotyczące fenologii morwy białej są jak dotąd nieliczne. Skala BBCH (niem. Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie), uznana i wykorzystywana na całym świecie do identyfikacji fenologicznych faz rozwojowych roślin uprawnych, dla rodzaju morwa została szczegółowo scharakteryzowana dopiero w 2017 roku. Została opracowana na podstawie obserwacji drzew z gatunku morwa czarna *Morus nigra* uprawianych w śródziemnomorskim klimacie Hiszpanii, jednak zasadne jest stosowanie tego samego wzorca dla morwy białej, ze względu na pokrewieństwo obu gatunków, silne podobieństwo morfologiczne oraz przebieg cyklu rozwojowego. Należy zauważyć, iż wzorzec spektrum fenologicznego zastosowany w niniejszym opracowaniu, uzyskany poprzez uproszczenie metody Łukaszewicza (1999) okazał się zbliżony z przedstawieniem głównych etapów rozwoju morwy według skali BBCH. Jej autorzy przekształcili 10-stopniową skalę zgeneralizowaną dla roślin wieloletnich, opisując 8 głównych etapów rozwoju morwy. Trzy pierwsze etapy dotyczyły rozwoju wegetatywnego: 0 - rozwój pąków, 1 - rozwój liści, 3 - rozwój pędów. Równoległe przebiegały kolejne fazy rozwoju generatywnego: 5 - pojawienie się kwiatostanów, 6 - kwitnienie, 7 - rozwój owoców, 8 - dojrzewanie owoców i nasion. Ostatni etap, czyli 9 - zamieranie, początek okresu spoczynku, ponownie dotyczył rozwoju wegetatywnego [Hack i in. 1992; Sánchez-Salcedo i in. 2017].

Obserwacje prowadzone w Chinach, na rodzimym obszarze występowania morwy białej wykazały zróżnicowanie terminów wystąpienia faz fenologicznych u siedmiu tamtejszych podgatunków tego taksonu. Jak wykazały analizy, lokalne podgatunki, dobrze przystosowane do miejscowego klimatu, rozpoczynały poszczególne fenofazy najwcześniej [Zhan-hua 2010].

Badania fenologiczne morwy białej prowadzonych w Bułgarii wykazały, iż okresy kwitnienia różnych odmian tego gatunku były niemal identyczne. Rozbieżność między odmianami zauważono natomiast w przypadku dat rozpoczęcia i zakończenia owocowania, a także początku przebarwiania

się liści. Podobny schemat zróżnicowania dat początku i końca analogicznych faz fenologicznych zaobserwowano u wrocławskich stanowisk morwy białej, których dotyczy niniejsza praca [fao.org; Petkov 1995].

Badania tureckich autorów prowadzone na 19 drzewach morwy białej o różnych, ustalonych genotypach, ale rosnących na tym samym stanowisku (stanowiły element kolekcji jednostki Malatya Apricot Research Institute), również wykazały stosunkowo duże zróżnicowanie przebiegu fenofaz omawianego gatunku. Pełny rozwój kwiatów żeńskich obserwowano między 27. kwietnia a 3 maja, czyli o ok. tydzień później w porównaniu do wrocławskich stanowisk. Jednocześnie okres dojrzewania owoców tureckich morw przebiegał znacznie szybciej: zmianę ich zabarwienia obserwowano między 10-28 maja, czyli średnio już po 19 dniach od kwitnienia. Tym samym faza owoców niedojrzałych trwała ok. 2,5 razy krócej w porównaniu do stanowisk będących przedmiotem niniejszej pracy. Koniec dojrzewania tureckich morw przypadał między 5. lipca a 30. sierpnia, długość okresu ich owocowania wynosiła od 50 do 95 dni, była więc dłuższa lub równa analogicznej fazie u osobników wrocławskich. Z drugiej strony, według obserwacji tureckich badaczy tamtejsze morwy ulegały całkowitej defoliacji w pierwszym tygodniu listopada, czyli 3-4 tygodnie wcześniej niż stanowiska wrocławskie [Çöçen i in. 2018]. Z kolei badania prowadzone w tureckiej prowincji Erzurum, obejmujące 26 genotypów morwy białej wykazały wyraźnie większe zróżnicowanie terminu pełni kwitnienia (między 9 kwietnia a 22 maja), a także dużą rozbieżność dat początku dojrzewania owoców (między 23 maja a 5 lipca) [Orhan 2009]. Odmienne rezultaty wykazały badania wysokogórskich populacji morwy białej prowadzone w regionie Himalajów. Tamtejsze drzewa rozwijały zarówno pąki liściowe, jak i kwiatowe w marcu oraz kwietniu, nieco wcześniej niż stanowiska wrocławskie. Jednocześnie owoce osiągały dojrzałość w zbliżonym terminie, tj. w lipcu [Bajpai i in. 2014, 2015].

Obserwacje fenologiczne tych samych przedstawicieli danego taksonu lub ich zbiorowisk powinny być prowadzone przez wiele lat, dlatego wskazana jest kontynuacja monitoringu etapów sezonowego rozwoju wrocławskich stanowisk morwy białej wchodzących w skład niniejszego opracowania. Zebrany materiał dotyczący przebiegu procesów przyrodniczych na tle warunków pogodowych może być przydatny nie tylko do bieżących dociekań, ale także podczas przyszłych naukowych badań w szerokim zakresie rozmaitych dziedzin naukowych oraz działów gospodarczych. Zasadne jest archiwizowanie wyników obserwacji fenologicznych oraz udostępnianie ich do publicznego wglądu [Gordo, Sanz 2005; Górska-Zajączkowska, Wojtowicz 1993; Jabłońska 2014; Kostuch, Misztal 2008; Lenard i in. 2009; Łoziński, Będkowski 2016; Mager, Kępińska-Kasprzak 2015; Pirch 2020; Sánchez-Salcedo i in. 2015, 2017; Wojda 2004; Zaraś-Januszkiewicz i in. 2014, 2020].

3. Analizy składu liści i owoców oraz morfologii owoców morwy białej na wybranych stanowiskach we Wrocławiu

Zarówno cechy morfologiczne, jak i biochemiczne liści i owoców morwy białej wykazują silną zmienność, kształtowaną przez połączony wpływ genotypu oraz czynników środowiskowych [Bajpai i in. 2015; Gecer i in. 2016]. Badania różnych autorów prowadzone w poszczególnych regionach Turcji, potentata w produkcji owoców morwy, wykazały ogromne zróżnicowanie zawartości witaminy C, która waha się w granicach 10-22,5 mg/100g. Tureckie owoce zawierały średnio 8,3 % glukozy i ok. 7,7 % fruktozy. Analizy owoców morwy białej pochodzących z hiszpańskich upraw określają zawartość glukozy na poziomie 4,22–5,37 %, a fruktozy 6,53–8,55 %. Owoce produkcji pakistańskiej były uboższe w monosacharydy: glukoza stanowiła ok. 2,5 % ich masy, a fruktoza ok. 5,36 % [Mahmood i in. 2012; Sanchez i in. 2014].

Yilmaz i in (2012) wskazują na wybitne zróżnicowanie masy owoców morwy białej. Po porównaniu kilkudziesięciu ustalonych genotypów tego gatunku podają, iż średnia masa pojedynczych owoców wahała się w granicach od 0,66-0,68 g u ‘Istanbul Dutu’ 2 i ‘Istanbul Dutu’ 1 do 3,04-3,07 u ‘Tosya Beyaz’ oraz ‘Gumushaci Beyaz’.

Tureckie normy jakościowe wyróżniają trzy klasy wielkości owoców: małe (masa poniżej 1,59 g), średnie (1,6-2,44 g) i duże (o masie co najmniej 2,45 g). Analizy charakterystyki pomologicznej tamtejszych autorów dotyczące szesnastu kultywarów morwy wykazały pod tym względem bardzo duże zróżnicowanie. Średnia masa owoców wynosiła od 0,85 g u odmiany ‘08 HP 01’ po 2,45 g u odmiany ‘08 ARD 06’, która jako jedyna spośród badanych odmian rodziła owoce kwalifikujące się jako duże. Pod względem norm jakościowych połowa badanych odmian rodziła owoce o masie mieszczącej się w zakresie klasy średniej. Również przeciętna masa owoców, po uśrednieniu wyników pomiarów wszystkich szesnastu tureckich kultywarów wynosząca 1,85 g, klasyfikowała się do średniej klasy jakościowej [Aydin i in. 2015]. Po poddaniu wrocławskich stanowisk morwy białej będących przedmiotem niniejszej pracy ocenie według tureckich norm jakościowych stwierdzono, iż w 2019 roku tylko owoce ze stanowiska 9., których przeciętna masa wynosiła 3,05 g, można było określić jako duże. Jednocześnie owoce małe stwierdzono wyłącznie na stanowisku 7. gdzie ich masa wynosiła przeciętne 1,44 g. Wszystkie pozostałe stanowiska pod względem masy owoców w 2019 roku należy zaliczyć do średniej klasy wielkości. Po uśrednieniu wyników pomiaru masy ze wszystkich dziesięciu stanowisk ich przeciętna masa w 2019. roku wyniosła 1,96 g, mieściła się tym samym w zakresie średniej klasy wielkości, a co więcej, była wyższa w porównaniu do przeciętnej masy owoców stwierdzonej w przytoczonych już badaniach dotyczących parametrów tureckich kultywarów.

W 2020 roku tylko połowa z wrocławskich stanowisk badawczych owocowała na tyle obficie, by możliwe było pobranie próbek do analiz. Owoce były ponadto zauważalnie lżejsze w porównaniu z poprzednim sezonem. Ich przeciętna masa po uśrednieniu wyników uzyskanych dla wszystkich pięciu stanowisk wynosiła 1,54 g, co według tureckich norm jakościowych plasuje się w górnym zakresie najniższej klasy jakości. Jedynie owoce pobrane ze stanowiska 9., o przeciętnej masie 2,39 g, można było zaklasyfikować jako średnie, pozostałe cztery stanowiska rodziły owoce o masie odpowiadającej najniższej klasie jakości. Najlżejsze owoce zważono na stanowisku 5., ich przeciętna masa wynosząca 0,87 g była zbliżona do najniższego wyniku analogicznych pomiarów owoców szesnastu kultywarów morwy przeprowadzonych przez tureckich badaczy. Po uśrednieniu wyników pomiarów masy owoców z lat 2019 i 2020 dla każdego z pięciu wrocławskich stanowisk owocujących w obu tych sezonach, zaklasyfikowano owoce ze stanowiska 9. do najwyższej klasy jakości, stanowiska 2. i 10. rodziły owoce średnie, zaś stanowiska 1. oraz 5. tworzyły owoce małe. Przeciętna masa owoców ze wszystkich stanowisk wynosiła 1,79 g, co każe zakwalifikować je jako średnie.

Wrocławskie morwy charakteryzowały się dużą zmiennością wymiarów owoców, zarówno pomiędzy poszczególnymi stanowiskami, jak i w kolejnych latach. W 2019 roku owoce osiągały przeciętnie 19,5 mm długości od oraz 12,6 mm średnicy, rok później analogiczne średnie uzyskane dla pięciu owocujących stanowisk wynosiły odpowiednio 20,62 mm długości i 14,25 mm średnicy. Uśrednione wyniki z obu sezonów badawczych dla owoców pobranych z tych pięciu stanowisk to 20,0 mm długości i 13,6 mm średnicy. Uzyskane rezultaty w przybliżeniu wpisują się w charakterystykę morfologiczną owoców morwy białej rosnącej w regionach Tunezji o suchym klimacie. Przeciętna masa owoców tamtejszych okazów tego gatunku wynosiła bowiem 1,58 g ($\pm 0,29$ g), długość 21,38 mm ($\pm 2,10$ mm), natomiast średnica 13,78 mm ($\pm 1,12$) [Aljane, Sdiri 2016]. Należy zauważyć, iż w 2019 roku owoce wrocławskich morw osiągały większą masę niż w roku 2020, ale jednocześnie mniejszą długość i średnicę. Prawdopodobnie wynikało to z odmiennego udziału suchej masy w całkowitej masie owoców zebranych w obu sezonach. Jak pokazują wyniki innych autorów, owoce poszczególnych genotypów mogą się pod tym względem znacznie różnić – ponad dwukrotnie w przypadku kultywarów ‘28 KŞ 02’ i ‘28 ÇM 03’ których owoce zawierały odpowiednio 12,8 % i 26,7 % suchej masy [Aydn i in. 2019].

Zarówno w 2019, jak i 2020 roku najdłuższe owoce pobrano ze stanowiska 9. (odpowiednio 22,1 mm oraz 24,9 mm), w ostatnim sezonie badań charakteryzowały się także największą średnicą wynoszącą 16,4 mm. Również po uśrednieniu wyników z obu sezonów badań cechowały się największą wartością obu wymiarów, przy czym w 2019 roku pod względem średnicy ustępowały owocom ze stanowisk 2. i 5., o średnicy odpowiednio 13,3 mm i 13,1 mm. W obu sezonach najkrótsze owoce rodziło stanowisko 10. (17,9 mm i 18,4 mm), w 2020 roku wraz ze stanowiskiem 1.

charakteryzowały się one ponadto najmniejszą średnicą, wynoszącą 13,7 mm. W 2019 roku najmniejszą średnicę o wartości 11,7 mm uzyskiwały owoce ze stanowisk 6. i 7. Znamienne, iż w kolejnym sezonie te dwa stanowiska nie owocowały, a tym samym nie brano ich pod uwagę w rankingu pomiarów.

Szeroko zakrojone badania owoców morwy białej prowadzone w Iranie na 97 kultywarach tego gatunku wykazały jeszcze większe zróżnicowanie cech morfologicznych. Owoce tamtejszych genotypów zawierały od 7,7 % do 25,8 % suchej masy, osiągały od 14,35 mm do 26,98 mm długości (średnio 19,48 mm) i od 8,37 do 15,09 mm średnicy (średnio 11,46 mm), a ich masa wynosiła od 0,94 g do 2,86 g (średnio 1,59 g) [Hashemi, Khadivi 2020]. Tym samym uśrednione wyniki pomiarów masy i długości irańskich owoców morwy były zbliżone do rezultatów uzyskanych w niniejszej pracy badawczej. Singhal i in. (2009) wyliczyli, iż w regionach Indii o tropikalnym klimacie owoce odmiany 'S-146' osiągają średnio 14,1 mm długości, 9,6 mm średnicy, a ich przeciętna masa wynosiła 1,01 g, natomiast długość owoców odmiany 'Mandalaya' wynosi przeciętnie 14,1 mm, szerokość 9,5 mm, a masa 0,95 g. Odmiana 'T-10' tworzy owoce długości 15,2 mm i 1,02 średnicy, o masie 1,28 g, owoce odmiany 'Chinese White' osiągają 15,7 mm długości, 9,4 mm średnicy i ważą 1,05 g, masa owoców 'MS9404' wynosi średnio 1,89 g, długość 21,5 mm i średnicę 12,4 mm. Według badań Kumaresan i in. (2008) owoce kultywarów pochodzących od odmiany botanicznej *M. alba var. laevigata* wykazują niezwykle zróżnicowanie pod względem długości. Rekordową długość aż 60-70 mm odnotowano u 'MI-0380' i 'MI-0572', natomiast u odmian 'MI-0249', 'MI-0300', 'MI-0512' oraz 'ME-0042' ich przeciętna długość wahała się w granicach 15-20 mm.

Jak dowodzą badania wielu autorów, owoce i liście morwy białej wykazują ogromną zmienność zarówno pod względem morfologicznym, jak i biochemicznym [Arfan i in. 2012; Gundogdu i in. 2011, 2017; Mahmood i in. 2012; Memon i in. 2010; Mikulic-Petkovsek i in. 2012; Zadernowski i in. 2005]. Suszone owoce morwy zebrane w chińskiej prowincji Zhejiang zawierały 14,5-16,0% popiołu, 1,6-1,8% tłuszczu oraz 4,2-4,4% białka [Kobus-Cisowska 2017]. Singhal (2009) określił zawartość suchej masy w świeżych owocach morwy białej na 12-15%, węglowodanów na 7,8-9,0%, białka na 0,5-1,4%, kwasów tłuszczowych na 0,3-0,5%, błonnika na 0,9-1,3%, popiołu na 0,8-1,0%, wapnia na 0,17-0,39%, potasu na 1,0-1,49%, magnezu na 0,09-0,10%, fosforu 0,18-0,21%, żelaza na 0,17-0,19%, siarki na 0,05-0,06% natomiast sodu na 0,01-0,02%. Imran i in. (2010) podają, iż owoce morwy zawierają średnio 18,28% z suchej masy, zaś w suchej masie owoców 1,55% stanowi białko, 0,48% tłuszcz, 1,47% błonnik, 0,57% popiół, a 14,21% węglowodany. Ercisli i Orhan (2007) podają, iż owoce morwy białej zawierają ok. 20 % cukrów, głównie glukozy, maltozy, sacharozy oraz fruktozy. Grześkowiak i Łochyńska (2017) podają, iż w suchej masie owoców morwy 0,19-0,37% stanowi wapń, 1,62-2,13% potas, 0,12-0,19% magnez, 0,24-0,31% fosfor, 0,28-0,47% żelazo, 0,08-

0,11% siarka, 0,01% sód, a 1,62-2,13% azot. Według Pandey i Dhar (2013) owoce odmiany 'S146' zawierają w suchej masie 9,8% węglowodanów, 1,7% błonnika 4% tłuszczu, 14% białka, 0,39 % wapnia, 0,002% żelaza, 0,018% magnezu, 0,038 mg fosforu, 0,194% potasu. Sánchez-Salcedo i in. (2015) zbadali zawartość makro- i mikroelementów w suszonych owocach morwy, ustalając, iż azot stanowi 1,62-2,13%, fosfor 0,24-0,31%, potas 1,62-2,13% wapń 0,19-0,37%, sód 0,01%, magnez 0,12-0,19%, siarka 0,08-0,11 g, ponadto w 1 kg suszu znajduje się 28,2-46,74 mg żelaza, 4,22-6,38 mg miedzi, 13,78-19,48 mg boru, 12,33-19,38 mg manganu, 14,89-19,58 mg cynku i 1,40-2,62 mg niklu. Zbliżone wyniki wykazała analiza zawartości makroskładników w owocach morwy zebranych na pięciu wrocławskich stanowiskach badawczych owocujących w 2020 roku, będących przedmiotem niniejszej pracy. Zawartość fosforu w owocach wahała się w zakresie 0,16-0,26%, potasu 0,13-0,16%, wapnia 1,01-1,41%, a magnezu 0,07-0,12%. Zastanawiająca wydaje się niezwykle wysoka zawartość wapnia.

Morwa biała słynie z niebywale wysokiego zróżnicowania morfologicznego liści. W przypadku tego gatunku różnorodność (heterofilia) jest wybitnie wyraźna: liście wyrastające obok siebie na ty samym pędzie często znacznie różnią się wielkością i kształtem, m. in. stosunkiem długości do szerokości, obecnością i liczbą kłap bądź wcięć, rodzajem brzegu blaszek, liczbą nerwów czy kształtem wierzchołka. Należy podkreślić, iż o ile pędy wegetatywne i generatywne tego samego osobnika bardzo silnie różnią się ulistnieniem, jednak dotychczas nie stwierdzono istotnych różnic morfologii blaszek liściowych pomiędzy genotypami o odmiennej barwie owoców [Kachel i in. 2017]. Liście poszczególnych kultywarów, podgatunków i genotypów, niezależnie od wybarwienia owoców, różnią się mikromorfologią i anatomią liści. Dotyczy to np. rodzaju, rozmieszczenia i liczby aparatów szparkowych, obecnością i budową włosków, kształtem komórek epidermy, budową mezofilu, czy wielkością i rozmieszczeniem idioblastów [Klimko 2016].

Wielu autorów stwierdziło również wysokie zróżnicowanie fizykochemiczne liści morwy [Levickienė i in. 2018; Maan 2020, Miranda i in. 2002]. Suszone liście odmiany 'Żółwińska Wielkolistna' pochodzące z polskich upraw w Pętkowie zawierały 90,9-92,4% suchej masy, 12,9-13,6% popiołu, 3,0-3,2% tłuszczu i 18,2-18,3% białka [Kobus-Cisowska 2017]. Kandyliś i in. (2009) odnotowali, iż suszone liście morwy białej zawierają 16,3% popiołu, 20,1% białka, 3,7% błonnika, tymczasem Deshmukh i in., (1993) ustalili podstawowy skład suszonych liści na 22,13% białka, 5,90% błonnika, 13,35%, popiołu, 3,30% wapnia oraz 1,43% fosforu. Odmienne wyniki analiz suszonych liści otrzymał Lamiaa (2014), jak podaje, białko stanowiło 27,14%, popiół 15,68%, błonnik 26,47%, tłuszcz 1,93%, a węglowodany 28,78%, a ich wartość energetyczna wynosiła 241,05 kcal/100 gramów. Vu i in. (2011) podają, iż suszone liście morwy zawierają przeciętnie 22,3% białka, natomiast Adeduntan i Oyerinde (2009) wykazali, iż liście odmian morwy białej 'S36', 'S54' i 'K2' zawierają

odpowiednio 21,66%, 21,55% i 21,24% białka. Jyothi i in. (2014) po zbadaniu składu suchej masy liści odmiany 'V1' określili zawartość węglowodanów na 16,72%, natomiast białka na 26,72%. Anshul i Vadamalai (2011) zauważyli, że liście morwy wyraźnie różnią się składem chemicznym nie tylko w zależności od odmiany, ale także zależnie od umiejscowienia na pędzie. Liście wierzchołkowe odmiany 'K2' zawierały 19,6 % białka, natomiast pobrane ze środkowej części pędu aż 28,4%. Białko stanowiło tylko 12,2% suchej masy wierzchołkowych liści odmiany 'S146' i 20,8 % liści pobranych u podstawy pędu. Dolne liście 'S-146' zawierały 24,6% węglowodanów. U odmiany 'TR-10' liście pobrane ze środka pędu składały się w 12,8% z białka i w 54,7% z węglowodanów, a pobrane u nasady pędu w 10,9% z białka, a wierzchołkowe w 47,6% z węglowodanów. Liście wierzchołkowe odmiany 'S-1' zawierały 29,2% węglowodanów. U odmiany S-1635 węglowodany stanowiły 25,7% suchej masy liści wierzchołkowych i aż 54,6% liści wyrastających blisko nasady pędu. Lamiaa (2014) wyliczył, iż 100 g suszu liściowego morwy białej zawiera 1493,22 mg wapnia, 27,06 mg żelaza, 2,18 mg cynku, 533,24 mg magnezu, 370,91 mg fosforu, 58,62 mg sodu oraz 1239,07 mg potasu, z kolei Adeduntan i Oyerinde (2009) podają, że w 100 g suszonych liści tego gatunku znajduje się 34,4-57,5 mg cynku, 1069 –1526 mg sodu, 14,83-24,37 mg manganu, 944 – 1467 mg wapnia, 1684 –2170 mg potasu, 129,70-238,00 mg żelaza oraz 1450-2196 mg magnezu. Srivastava i in. (2006) wyliczyli, iż zawartość suchej masy w świeżych liściach morwy białej stanowi 23,32-28,87%, zawartość białka 4,72-9,96%, popiołu 4,26- 5,32%, błonnika 8,15-11,32%, 0,64-1,51% tłuszczu oraz 8,01-13,42% węglowodanów, 4,70–10,36 mg/100 g żelaza, 0,22–1,12 mg/100 g cynku i 380–786 mg/100 g wapnia, a ich wartość energetyczna wynosi 69-86 kcal/100 g. Według tych samych autorów suszone liście zawierają 92,74-94,89 % suchej masy, 15,31-30,91% białka, 14,59-17,24% popiołu, 27,60-36,66% błonnika, 2,09-4,93% tłuszczu oraz 9,70-29,64 % węglowodanów, 19,00–35,72 mg/ 100 g żelaza, 0,72–3,65 mg/100 g cynku i 786,66–2226,66 mg/100 g wapnia, natomiast ich wartość energetyczna wynosi 113-224 kcal/100 g. Według Butt i in. (2008) świeże liście morwy składają się w 15,3-30,9% z suchej masy, natomiast liście suszone w 81,18- 83,42% z węglowodanów, w 2,09%-7,92% z tłuszczu, w 27,6%-43,6% z błonnika oraz w 11,3%-17,24% z popiołu, a w 100 g surowca znajduje się 19-50 mg żelaza, 0,72-3,65 mg cynku, 786,66-2726,66 mg wapnia, 970 mg fosforu oraz 720 mg magnezu. Levickienė i in. (2018) podkreślają, iż na zawartość makroskładników w liściach morwy białej wpływają równocześnie odmiana, warunki wegetacji, jak i termin poboru próbek materiału roślinnego do analizy.

Wysoką zmienność składu biochemicznego liści zauważono również wśród dziesięciu wrocławskich stanowisk stanowiących przedmiot niniejszego opracowania. Średnia zawartość fosforu w suszonych liściach z lat 2019 i 2020 wahała się w granicach 82,5-146,7 mg/100g s.m. (0,08-0,20%),

potasu 1110,0-3806,3 mg/100g s.m. (1,11-3,81%), wapnia 673,3-2804,7 mg/100g s.m. (0,67-2,80%), a magnezu 52,0-228,3 mg/100g s.m. (0,05-0,23%).

Liczni autorzy podkreślają silne zróżnicowanie warunków glebowych na terenach zurbanizowanych oraz ich wpływu na kondycję drzew, zwłaszcza przyulicznych [Bąbalewski 2009; Borowski 2008; Wojcieszczuk, Niedzwiecki 2003]. Na stan odżywienia roślin mogą wpływać zasobność gleb w makroelementy, a także zasolenie i odczyn podłoża, które wiążą się z możliwością pobierania makro- i mikroskładników [Kozanecka i in. 1988; Matuszak i in. 2009; Treder, Olszewski 2004]. W przypadku badanych stanowisk morwy stwierdzono istotne zróżnicowanie zawartości składników pokarmowych zarówno w liściach pobranych z poszczególnych stanowisk, jak i w próbkach podłoża. Analiza statystyczna regresji nie wykazała jednak związku poziomu składników odżywczych w glebie z zawartością w liściach. Analiza statystyczna nie wykazała również zależności pomiędzy zawartością wybranych składników odżywczych w glebie a masą owoców. Gleby na wybranych stanowiskach charakteryzowały się zróżnicowanym pH, które wynosiło od 6,08 do 7,57. Według różnych autorów morwa biała jest tolerancyjna względem odczynu podłoża, jednak bardzo dobrze czuje się na glebach obojętnych i lekko zasadowych, a jako optymalne pH przyjmuje się 6,5-7,0 lub 6,2-6,8. Tym samym odczyn gleby na wrocławskich stanowiskach badawczych niemal idealnie wpisuje się w preferencje tego gatunku [Frentzel 1984, 1986; Łochyńska 2018]. Według skali zasolenia gleb [Hulisz 2007; Jackson 1958], podłoża na stanowiskach 4., 5., 7., 8. i 9. charakteryzowały się słabym zasoleniem, natomiast na pozostałych stanowiskach zasolenie gleby było umiarkowane. Tym samym stężenie jonów soli w podłożu na żadnym ze stanowisk badawczych nie powinno wywierać negatywnego wpływu na gatunki odporne na zasolenie, do których należy morwa biała.

Dotychczas świeże owoce tego gatunku nie są dostępne w sprzedaży, ze względu na wyjątkową nietrwałość. Są niezwykle podatne na uszkodzenia, jeszcze w dniu zbioru psują się, pleśnieją, tracą atrakcyjny wygląd i niektóre właściwości odżywcze. Powoduje to ogromne problemy podczas zbioru i transportu oraz praktycznie uniemożliwia przechowywanie w formie nieprzetworzonej. Traktowanie świeżych owoców morwy preparatami zwiększającym trwałość, takimi jak 1-metylocyklopropan stosowany w połączeniu z dwutlenkiem chloru może wydłużyć okres ich przydatności do sprzedaży i spożycia do ok. 3 dni [Assirelli i in. 2019; Fang i in. 2016].

Z drugiej strony, owoce morwy posiadają wysoką wartość przerobową, jako surowiec na różnego rodzaju dżemy, pasty, soki, wina, rosnącą popularność zyskują też suszone, jako dodatek do muesli bądź przekąska [Yildiz 2013]. Ponadto ze względu na niemożność ich przechowywania, obecność świeżych owoców morwy do spożycia deserowego jest możliwa wyłącznie w przypadku plonów lokalnych plantacji. Otwiera to nowe możliwości dla polskich producentów. Warunkiem jest jednak wytypowanie fenotypów dostosowanych do uprawy w polskim klimacie. Obecne ustalone

odmiany typowo owocowe są z reguły ciepłolubne, dlatego wskazana jest selekcja lokalnie zdomowionych fenotypów żeńskich wyróżniających się szczególną obfitością owocowania i/lub cechami jakościowymi owoców [Aljane, Sdiri 2016; Aydın i in. 2015, 2019; Gungor i Sengul 2008]. Zaczątkiem hodowli mogą być wrocławskie stanowiska wytypowane w niniejszym opracowaniu. Owoce ze stanowiska 9. były istotnie cięższe, dłuższe i szersze od pobranych z pozostałych stanowisk. Rzeczne stanowisko owocowało obficie we wszystkich sezonach obserwacji. Co więcej, rozpoczynało dojrzewanie jako pierwsze lub znajdowało się w grupie jednorodnej statystycznie ze stanowiskiem owocującym najwcześniej. Stanowisko 9. wydaje się więc szczególnie obiecujące jako źródło materiału do przyszłej hodowli sadowniczych odmian morwy białej o szczególnych cechach jakościowych owoców, dostosowanych do uprawy w polskim klimacie. Niemniej należy pokreślić, iż rzeczne opracowanie powinny stanowić jedynie wstęp do dalszych badań. Monitoring rozwoju populacji, obserwacje fenologiczne oraz analizy składu i morfologii owoców różnych fenotypów wymagają kontynuacji na przestrzeni wielu lat.

Jak wykazano w badaniach z lat 2018-202, obecnie opłacalność uprawy morwy na plantacjach owocowych jest niepewna ze względu na słabe plonowanie w latach chłodnych i wietrznych. Należy jednak podkreślić, iż plonowanie różnych fenotypów jest zależne od warunków meteorologicznych w niejednakowym stopniu. Na korzyść morwy przemawiają postępujące zmiany klimatu, wiążące się nie tylko z ociepleniem, ale także występowaniem coraz częstszych i dłuższych okresów niedoboru opadów. Tym samym sucho- i ciepłolubna morwa mogłaby do pewnego stopnia wypełnić niszę rynkową gatunków wilgociolubnych i wrażliwych na upały, takich jak borówka wysoka. Należy zaznaczyć, iż szczególnie korzystnym regionem do uprawy morwy białej jest Dolny Śląsk, ze względu na specyfikę lokalnego klimatu. To samo dotyczy głównych stref uprawy winorośli, tj. zachodnich i południowo zachodnich części Polski [Hidalgo-Galvez 2018, Katz 2019, Li i in. 2019].

Wnioski

1. W obrębie wrocławskiej populacji morwy białej zdecydowanie dominują drzewa nie wchodzące w skład zwartych szpalerów, w większości w wieku powyżej 50 lat.
2. Rozmieszczenie i liczebność sztucznych nasadzeń morwy na terenie Wrocławia jest istotnie związane zarówno z poziomem urbanizacji, jak też z współczynnikiem termicznym.
3. Częstość spontanicznych odnowień morwy na terenie Wrocławia nie wykazuje powiązania z poziomem urbanizacji ani współczynnikiem termicznym.
4. Morwa biała nie wykazuje tendencji inwazyjnych na terenie Wrocławia, mimo to wskazany jest dalszy monitoring obecnego i przyszłego rozwoju populacji gatunku.

5. Terminy występowania pojawów oraz długości trwania faz rozwojowych są istotnie zróżnicowane zarówno w kolejnych latach, jak i pomiędzy poszczególnymi stanowiskami. Zróżnicowanie jest wyraźnie większe na późniejszych etapach sezonowego rozwoju wegetatywnego i generatywnego.
6. Warunki meteorologiczne panujące w latach 2018 i 2019 odpowiadały wymaganiom morwy białej, natomiast rok 2020 był pod tym względem niekorzystny.
7. Początek dojrzewania owoców jest wysoko i wysoce istotnie skorelowany ze współczynnikami termicznymi. Stwierdzono dodatnią korelację tego parametru z liczbą dni oraz sumą temperatur dni z temperaturą ≥ 20 °C w czerwcu, a także z liczbą dni oraz sumą temperatur dni z temperaturą ≥ 22 °C w czerwcu. Początek dojrzewania owoców był ujemnie skorelowany ze średnią temperaturą, Sumą Temperatur Aktywnych oraz sumą temperatur ≥ 20 °C w okresie 1.-20. maja. Podobnej zależności nie stwierdzono w przypadku terminu zakończenia dojrzewania owoców oraz długość fazy owoców dojrzałych.
8. Badane stanowiska morwy białej charakteryzowały się dużą zmiennością masy, długości i średnicy owoców, zarówno pomiędzy poszczególnymi stanowiskami, jak i w kolejnych latach.
9. Poszczególne stanowiska morwy białej cechowało silne zróżnicowanie biochemiczne liści i owoców. W liściach stwierdzono istotne zróżnicowanie zawartości fosforu, magnezu i azotu azotanowego oraz chlorofilu. W przypadku owoców wykazano silne zróżnicowanie zawartości fosforu, wapnia, magnezu i azotu azotanowego.
10. Zawartość pierwiastków w glebie nie miała wpływu na skład biochemiczny liści ani wielkość owoców morwy.
11. Monitoring rozwoju wrocławskiej populacji morwy, obserwacje fenologiczne oraz analizy składu i morfologii owoców wymagają kontynuacji z uwagi na możliwość nadmiernej ekspansji tego gatunku w obliczu postępujących zmian klimatu oraz poziomu urbanizacji.
12. Zasadna jest dalsza selekcja i hodowla fenotypów żeńskich wyróżniających się szczególną obfitością owocowania i/lub cechami jakościowymi owoców, dostosowanych do uprawy w polskim klimacie.

STRESZCZENIE

Wprowadzanie obcych gatunków na tereny poza obszarem ich naturalnego zasięgu wiąże się z dużym ryzykiem, jednak w obliczu zmian klimatycznych okazuje się koniecznością. Zasadne stało się poszukiwanie nowych gatunków roślin ozdobnych i użytkowych, odpornych na suszę, upały i zanieczyszczenia, mogących zastąpić rodzime i dotychczas uprawiane obce drzewa i krzewy. W obu

przypadkach odpowiednim kandydatem do nasadzeń w południowo-zachodniej Polsce wydaje się morwa biała. Celem badań było scharakteryzowanie obecnego stanu i struktury wrocławskiej populacji tego gatunku, określenie wpływających na nią czynników oraz prognoza odnośnie jej przyszłego rozwoju w warunkach dużych aglomeracji miejskich. Ponadto wytypowanie osobników o szczególnie korzystnych cechach użytkowych pod względem owocowania, przydatnych w dalszej hodowli. Badania prowadzono w latach 2017-2020 na terenie Wrocławia. Szczegółowe obserwacje dotyczyły 10. stanowisk morwy białej, dla których opracowano charakterystykę fenologiczną na tle warunków termicznych w kolejnych sezonach, a także dokonano morfologicznej i biochemicznej analizy owoców, porównując ze sobą poszczególne stanowiska. Stwierdzono związek rozmieszczenia i liczebności sztucznych nasadzeń morwy na terenie Wrocławia z poziomem urbanizacji oraz rozmieszczeniem Miejskiej Wyspy Ciepła, a jednocześnie brak analogicznych zależności w przypadku częstości spontanicznych odnowień tego gatunku. Obserwowano istotne czasowe zróżnicowanie faz fenologicznych morwy białej zarówno w kolejnych latach, jak i pomiędzy poszczególnymi stanowiskami. Początek dojrzewania był wysoko i wysoce istotnie skorelowany z badanymi współczynnikami termicznymi. Badane stanowiska morwy charakteryzowały się dużą zmiennością masy, długości i średnicy owoców, zarówno pomiędzy poszczególnymi stanowiskami, jak i w kolejnych latach, a także silnym zróżnicowaniem biochemicznym liści i owoców. Zawartość pierwiastków w glebie nie miała wpływu na skład biochemiczny liści ani wielkość owoców morwy białej. Niniejsze badania mogą stanowić wstęp do dalsza selekcja i hodowli fenotypów żeńskich wyróżniających się szczególną obfitością owocowania i cechami jakościowymi owoców, dostosowanych do uprawy w polskim klimacie.

Introducing alien species into places outside their natural range is associated with a high risk, but in the face of climate change it turns out to be a necessity. It is reasonable to search for new species of ornamental and useful plants, resistant to drought, heat and pollution, which could replace native and previously cultivated alien trees and shrubs. In both cases white mulberry seems to be a suitable candidate for planting in south-western Poland. The main aim of the research was to characterize the current state and structure of the Wrocław population of this species, to determine the influencing factors and to forecast its future development. The additional aim was to select individuals with particularly favourable functional characteristics in terms of fruiting, useful in further breeding. The research was conducted in 2017-2020 in Wrocław. Detailed observations include 10 white mulberry locations, for which the phenological characteristics were developed against the background of thermal conditions in subsequent seasons as well as the morphological and biochemical analysis of the fruit, which was done by comparison of individual locations with each other. A relationship was found

between the distribution and number of artificial mulberry plantings in Wrocław with the level of urbanization and the distribution of the Municipal Heat Island, and at the same time no analogous relationships were found in the frequency of spontaneous renewals of this species. A significant temporal differentiation of the phenological phases of white mulberry was observed both in subsequent years and between individual sites. The onset of maturation was highly and highly significantly correlated with the studied thermal coefficients. The studied mulberry sites were characterized by high variability in fruit weight, length and diameter, both between individual sites and in subsequent years, as well as a strong biochemical diversity of leaves and fruit. The content of elements in the soil did not affect the biochemical composition of the leaves or the size of the white mulberry fruit. Results of this research may constitute a baseline for further selection and breeding of female phenotypes having abundant fruiting and/or advantageous fruit quality characteristics suitable for cultivations in climate conditions of south-western Poland.

LITERATURA

1. Adeduntan, S. A. and Oyerinde, A. S., 2009. *Evaluation of chemical and antinutritional characteristics of obeche (Triplochitonscleroxylon) and some mulberry (Morusalba) leaves.* International J. Biol. & Chem. Sci., 3(4): 681-687.
2. Agarwal, S., Kanwar, K., Saini, N., & Jain, R. K., 2004. *Agrobacterium tumefaciens mediated genetic transformation and regeneration of Morus alba L.* Scientia horticulturae, 100(1-4): 183-191.
3. Ahmad, P., Sharma, S., & Srivastava, P. S., 2007. *In vitro selection of NaHCO₃ tolerant cultivars of Morus alba (Local and Sujanpuri) in response to morphological and biochemical parameters.* Horticultural Science-UZPI (Czech Republic).
4. Akin, M., Eyduran, S. P., Ercisli, S., Kapchina-Toteva, V., & Eyduran, E., 2016. *Phytochemical profiles of wild blackberries, black and white mulberries from southern Bulgaria.* Biotechnology & Biotechnological Equipment, 30(5): 899-906.
5. Aljane, F., Sdiri, N., 2016. *Morphological, phytochemical and antioxidant characteristics of white (Morus alba L.), red (Morus rubra L.) and black (Morus nigra L.) mulberry fruits grown in arid regions of Tunisia.* Journal of New Sciences: 35.
6. Angeloni, A., 2000. *Evolution of Research on Mulberry as Cattle and Sheep Feed in Central Italy.* FAO Animal Production and Health Paper: 219-222.
7. Anshul, S. and Vadamalai, E., 2011, *Nutritive contents of different varieties of mulberry leaves.* I. J. S. N., 2(2): 254- 258.

8. Aramwit P., Sangcakul A., 2007. *The effects of sericin cream on wound healing in rats*. Biosci. Biotechnol. Biochem., 71(10): 2473–2477.
9. Aramwit, P., Petcharat, K., & Supasyndh, O. 2011. *Efficacy of mulberry leaf tablets in patients with mild dyslipidemia*. Phytotherapy Research, 25(3): 365-369.
10. Arfan, M., Khan, R., Rybarczyk, A., & Amarowicz, R. (2012). *Antioxidant activity of mulberry fruit extracts*. International journal of molecular sciences, 13(2): 2472-2480.
11. Armentia A. Lombarderoa M., Barbera D., i in., 1999. *Blackberry (Morus nigra) anaphylaxis*. Alergol Inmunol Clin, 14(6): 398-401.
12. Arias, D. G., & Mendez, L. C. C., 2015. *Uso de biomateriales a partir de la fibroína de gusano de seda (Bombyx mori L.) para procesos de medicina regenerativa basada en ingeniería de tejidos*. Revista Médica de Risaralda, 21(1).
13. Asakura T., Miller M., 2014. *Biotechnology of Silk*. Springer.
14. Assirelli, A., Stagno, F., Cocchi, A., Sirri, S., Saviane, A., Giovannini, D., & Cappelozza, S., 2019. *Innovative system for mulberry fruit harvesting*. Journal of Berry Research, 9(4): 615-630.
15. Avakian, T. and Martin, E. 2016. *What it's like to eat at the best restaurant in California, where a meal will cost you \$310 a person*, Business Insider – Finance
16. Ay, J. S., Guillemot, J., Martin-StPaul, N., Doyen, L., & Leadley, P., 2017. *The economics of land use reveals a selection bias in tree species distribution models*. Global ecology and biogeography, 26(1): 65-77.
17. Aydin, E., Er, E., Bostan, S. Z., Uslu, N. A., & Turan, A., 2019. *Selection of mulberry (Morus alba) in Giresun province, Turkey*. Acta Horticulturae, (1265): 211-218.
18. Aydın, E., Bostan, S. Z., Yarılgaç, T., Er, E., Uslu, N. A., Turan, A., & Şen, S. M., 2015, September. *Selection of mulberry (Morus alba) in Artvin Province, Turkey*. In III Balkan Symposium on Fruit Growing 1139: 25-30.
19. Azimova, F. P., 2019. *Priority directions for development of the silk industry in the Republic of Uzbekistan*. American Journal of Economics and Business Management, 2(4): 107-114.
20. Babu K. M., 2013. *Silk. Processing, Properties and Applications*. Cambridge England, Woodhead Publishing Ltd.
21. Babu A. M, Kumar V., Datta R.K., 1999. *Development of special hyphal branches of Phyllactinia corylea on host and non host surface*. Mycopathologia, 145(1): 29-33.
22. Babu AM, Vineet Kumar V., 2002. *Surface ultrastructural studies on the infection process of Pseudocercospora mori causing grey leaf spot disease in mulberry*. Mycol. Res., 106(8): 938-945.

23. Bajpai P.K., Warghat A.R., Sharma R.K., Yadav A., Thakur A.K., Srivastava R.B., Stobdan T., 2014. *Structure and genetic diversity of natural populations of Morus alba L. in the trans-Himalaya Ladakh region*. Biochemical Genetics, 52: 137–152.
24. Bajpai P.K., Warghat A.R., Yadav A., Kant A., Srivastava R.B., Stobdan T., 2015. *High phenotypic variation in Morus alba L. along an altitudinal gradient in the Indian trans-Himalaya*. Journal of Mountain Science, 12: 446–455.
25. Bandna D., Neha S., Dinesh K., Kamal J., 2013. *Morus alba Linn: A phytopharmacological review*. International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences, 5(2), 2013: 14-18
26. Banerjee R., Maji, M. D., Ghosh P., Sarkar A., 2009. *Genetic analysis of disease resistance against Xanthomonas campestris pv. mori in mulberry (Morus spp.) and identification of germplasm with high resistance*. Archives of Phytopathology and Plant Protection 42(3): 291-297.
27. Baqual M.F., Sharma D.D., Gupta V.P., Chandra shekar D.S., 2000. *Efficacy of biocontrol agents and plant products against Pseudomonas syringae pv. mori and Xanthomonas campestris pv. mori causing bacterial blight in mulberry*. Sericologia 40(3): 479-485.
28. Barczyński, S., Machowicz-Stefaniak, Z., & Sobiczewski, P., 2002. *Wpływ wybranych fungicydów na przeżywalność Agrobacterium tumefaciens (Smith et Townsend) Conn w różnych rodzajach gleb*. Acta Agrobotanica, 55(1): 27-39.
29. Barnea, A., Yom-Tov, Y., Friedman, J., 1991. *Does ingestion by birds affect seed germination?* Functional Ecology: 394-402.
30. Bąbelewski, P., 2009. *Stan odżywienia bożodrzewu gruczolkowatego (Ailanthus altissima (MIL.) SWINGLE) rosnącego na wybranych stanowiskach we Wrocławiu*. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 1(539).
31. Bąbelewski, P., 2014^a. *Phenological phases of tree of heaven? (Ailanthus altissima (mill.) Swingle) in different use zones of the wrocław city. Part 1. Vegetative development phases*. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu: Rolnictwo, (605).
32. Bąbelewski, P., 2014^b. *Synantropizacja wybranych gatunków drzew Ameryki Północnej rosnących we Wrocławiu*. Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego, Wrocław: 1-199.
33. Bąbelewski P., Czekalski M., 2005. *Distribution of tree-of-heaven, Ailanthus altissima (Mill.) Swingle, in Wrocław, Lower Silesia, Poland*. Acta Sci Pol Hort Cult 4(2): 45–57.
34. Bednorz, L., Urbaniak, A., 2005. *Phenology of the wild service tree (Sorbus torminalis (L.) Crantz] in Poznań and Wielkopolski National Park*. Dendrobiology, 53: 3-10.

35. Benavides, J. E., Hernández, I., Ésquivel, J., Gonzalez, J., & Espinosa, E. 2000. *Supplementation of grazing dairy cattle with mulberry in the high part of the central valley of Costa Rica*. Mulberry for animal production, 161-166.
36. Benetka, V., Vacková, K., Bartáková, I., Pospíšková, M., & Rasl, M., 2002. *Introgression in black poplar (Populus nigra L. ssp. nigra) and its transmission*. Journal of Forest Science, 48: 115-120.
37. Będkowski, K., 2018. *Dynamika wiosennych zjawisk fenologicznych w drzewostanie dębu bezszypułkowego (Quercus petraea [Matt.] Liebl.)*. Sylwan, 162(12): 998-1006.
38. Bhau, B. S., & Wakhlu, A. K., 2001. *Effect of genotype, explant type and growth regulators on organogenesis in Morus alba*. Plant cell, tissue and organ culture, 66(1): 25-29.
39. Bieniek, A., Kawecki, Z., Łojko, R., & Stanys, V., 2005. *Owocodajne drzewa i krzewy chłodniejszych stref klimatycznych*. Wydawnictwo Uniwersytetu Warmińsko Mazurskiego, Olsztyn: 92-94.
40. Biswas S., Pavan Kumar T., 1995. *Pseudocercospora mori: mulberry leaf spot fungus*. Indian Silk,
41. Blendinger, P. G., Jiménez, J., Macchi, L., Martín, E., Sánchez, M. S., & Ayup, M. M., 2015. *Scale-dependent spatial match between fruits and fruit-eating birds during the breeding season in Yungas Andean forests*. Biotropica, 47(6): 702-711.
42. Blitek, K., Pruchniewicz, D., Bąbelewski, P., Czaplicka-Pędzich, M., Kubus, M., 2022. *Dependence of the Distribution and Structure of the White Mulberry (Morus alba) Population in Wrocław on the Intensity of Anthropopressure and Thermal Conditions*. International Journal of Environmental Research and Public Health, 19(2), 838.
43. Bokwa, A., Klimek, M., 2009. *Warunki klimatyczne Pogórza Wielickiego dla potrzeb uprawy winorośli*. Człowiek i rolnictwo (pr. zbior. pod red. A. Zborowskiego i Z. Górki), Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków: 101-111.
44. Boroń, M., & Simon, R., 2016. *Wpływ czynników antropogenicznych na bioróżnorodność owadów*. Medycyna Środowiskowa-Environmental Medicine, 19(3): 65-69.
45. Borowski, J., 2008. *Wzrost rodzimych gatunków drzew przy ulicach Warszawy*. Wydawnictwo SGGW.
46. Boyce, R. L., 2010. *Invasive shrubs in Kentucky*. Northeastern Naturalist, 17(7): 1-32.
47. Burgess, K. S., Husband, B. C., 2006. *Habitat differentiation and the ecological costs of hybridization: the effects of introduced mulberry (Morus alba) on a native congener (M. rubra)*. Journal of Ecology, 94(6): 1061-1069.

48. Burgess K. S., Morgan M., Deverno L. Husband B. C. 2005. *Asymmetrical introgression between two Morus species (M. alba, M. rubra) that differ in abundance*, Molecular Ecology (2005)14: 3471–3483.
49. Buszko J., Nowacki J. 2000. *The Lepidoptera of Poland. A distributional checklist*. Polish Entomological Monographs 1: 1-178.
50. Butt, M. S., Nazir, A., Sultan, M. T., and Schoën, K., 2008. *Morus alba L. Nature's Functional Tonic*. Trends in Food Science and Technology 19 (10): 505-12.
51. Carretero, E. M., Moreno, G., Duplancic, A., Abud, A., Vento, B., Jauregui, J. A. 2017. *Urban forest of Mendoza (Argentina): the role of Morus alba (Moraceae) in carbon storage*. Carbon Management, 8(3): 237-244.
52. Cedro, A., Nowakowska, M., & Nowak, G., 2020. *Wpływ warunków klimatycznych na przyrosty roczne jarzębów szwedzkich Sorbus intermedia (Ehrh.) Pers. rosnących na stanowiskach miejskich*. Sylwan, 164(02): 102-109.
53. Chakraborty, B., Chanda, A. K., Chakraborty, S. K., 2015. *Effect of bio-organic amendments on the infestation of major pests & foliar disease, leaf productivity in Mulberry (Morus alba L)*. Journal of Experimental Agriculture International: 10-16.
54. Chan, E. W. C., Wong, S. K., Inoue, T., Chan, H. T., 2018. *Phenolic constituents from the root bark of Morus alba with emphasis on morusin and its anti-cancer properties*. 中国药学(英文版), 28(2): 75-87.
55. Chand, G., & Singh, R. D. 2008. *Growth Behaviour of Some Tree Species in High Density Plantation in Mid Hills of Western Himalaya*. Growth, 459, B4.
56. Checker, V. G., Chhibbar, A. K., Khurana P., 2012. *Stress-inducible expression of barley Hva1 gene in transgenic mulberry displays enhanced tolerance against drought, salinity and cold stress*. Transgenic Res. 21: 939-57.
57. Cherek E. 1994. *Ostał ci się ino garnc*. Gazeta Kociewska, 02/1994.
58. Chitra, D. V., & Padmaja, G., 2005. *Shoot regeneration via direct organogenesis from in vitro derived leaves of mulberry using thidiazuron and 6-benzylaminopurine*. Scientia Horticulturae, 106(4): 593-602.
59. Chmura D. J. 2002. *Fenologia wiosennego rozwoju polskich proweniencji dębu szypułkowego (Quercus robur L.) i bezszypułkowego (Q. petraea [Matt.] Liebl.)*. Sylwan 146 (4): 97–103.
60. Chmura D. 2013. *Impact of alien tree species Quercus rubra L. on understory environment and flora: a study of the Silesian Upland (southern Poland)*, Polish Journal of Ecology 61/3: 431-442.

61. Cooke, W. B., 1961. *The genus Schizophyllum*. Mycologia, 53(6): 575-599.
62. CORINE Land Cover -CLC. Klasyfikacja CLC (CO-RINE Land Cover -CLC. CLC Clasyfication, <http://clc.gios.gov.pl/index.php/o-clc/legenda>
63. Çöçen, E., Pınar, H., Uzun, A., Yaman, M., Aslan, A., & Altun, O. T., 2018. *Phenological, Pomological and Technological Characteristics of Seedless White Mulberry in Mulberry Genetic Resources of Turkey*. Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology, 6(10): 1317-1321.
64. Csiszár, Á. 2009. *Allelopathic effects of invasive woody plant species in Hungary*, Acta Silv. Lign. Hung. 5/2009: 9-17.
65. Czekalski, M. 2020. *Drzewo roku 2020. Morwa biała (cz. I)*. Szkółkarstwo, (2): 14-21.
66. Czekalski, M. 2020. *Morwa biała (cz. II)*. Szkółkarstwo, (4): 6-11.
67. Czekalski, M., & Wykrzykiewicz-Raszewska, M., 1992. *Naturalne obsiewanie się drzew i krzewów na terenie Poznania*. Rocznik Dendrologiczny, 40: 74-84.
68. Danielewicz W., Wiatrowska B., 2012., *Motywy, okoliczności i środowiskowe konsekwencje wprowadzania obcych gatunków drzew i krzewów do lasów*. Studia i Materiały CEPL w Rogowie, R 14, zesz. 33/4/2012: 42.
69. Das, M. 2009., *Screening and genetic manipulation of mulberry for abiotic stress tolerance*. Ph.D. thesis. Delhi University.
70. Datta, R. K., 2000. *Mulberry cultivation and utilization in India*. FAO animal production and health paper: 45-62.
71. Dalkılıç Z., Günver-Dalkılıç G., Çelik M., 2015. *Endodormancy requirement for white female mulberry (Morus alba L.)*, der Meteorologie, A. Phenology 2015.
72. Davi H., Gillmann M., Ibanez T., Cailleret M., Bontemps A., Fady B., Lefvre F., 2011. *Diversity of leaf unfolding dynamics among tree species*. New insights from a study along an altitudinal gradient. Agricultural and Forest Meteorology.
73. De Almeida, J. E., & Fonseca, T. C., 2000. *Mulberry germplasm and cultivation in Brazil*. FAO Animal Production and Health Paper: 73-96.
74. Debeljak, M., Ficko, A., & Brus, R., 2015. *The use of habitat and dispersal models in protecting European black poplar (Populus nigra L.) from genetic introgression in Slovenia*. Biological Conservation, 184: 310-319.
75. DeBolt, A. M., 1992. *The ecology of Celtis reticulata Torr.(netleaf hackberry) in Idaho*.
76. Debussche, M., & Isenmann, P., 1990. *Introduced and cultivated fleshy-fruited plants: consequences of a mutualistic Mediterranean plant-bird system*. In Biological invasions in Europe and the Mediterranean Basin. Springer, Dordrecht: 399-416.

77. Dempsey J., Woody E., dostęp 2021. *Invasive Plant Control at California State Parks in the Northern Sacramento Valley*. Northern Buttes District, Department of Parks and Recreation.
78. Deshmukh, S. V., Pathak, N. V. and Takalihar, D. A., 1993. *Nutritional effect of mulberry (Morus alba) leaves as sole ration of adult rabbits*. World Rabbit Sci. J., 1: 67–69.
79. Devi, B., Sharma, N., Kumar, D., Jeet, K., 2013. *Morus alba Linn: A phytopharmacological review*. International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences, 5(2),: 14-18.
80. Dineva, S. B., 2017. *Leaf blade structure of Morus alba L. and resistance to industrial pollution*. J Appl For Ecol, 5: 1-8.
81. Ding, J., Wu, Y., Zheng, H., Fu, W., Reardon, R., & Liu, M. 2006. *Assessing potential biological control of the invasive plant, tree-of-heaven, Ailanthus altissima*. Biocontrol Science and Technology, 16(6): 547-566.
82. Dolatowski J. 2010. *Kalina, licyna, morwa*. Wiadomości Polskiego Towarzystwa Dendrologicznego 2: 29-34.
83. Donovan G. H., Butry D. T., 2010. *Trees in the city: Valuing street trees in Portland, Oregon*. Landscape and urban planning, 94(2): 77-83.
84. Doymaz, I., 2004. *Drying kinetics of white mulberry*. Journal of food engineering, 61(3): 341-346.
85. Dubicki, A., Dubicka, M., & Szymanowski, M. 2002. *Klimat Wrocławia*. W: Środowisko Wrocławia. Informator o stanie środowiska Wrocławia. Pr. zbior. Red. K. Smolnicki, M. Szykasiuk [online]. Wrocław. DFK: 9-25.
86. Duke, J. A., 2001. *Morus alba (L.)*. *Handbook of energy crops*. <http://newcrop.hort.purdue.edu/newcrop/dukeenergy> [Dostęp: 10.05.2020].
87. Dung, V. M., Grzywacz, A., 1975. *Występowanie i znaczenie gospodarcze Schizophyllum commune Fr. jako grzyba niszczącego drewno*. Lesnictwo Warsz., 1975(22): 23-38.
88. Dutta, S. K., Maji, M. D., Ghosh, A., Chowdhury, S., 2011. *Survey on disease severity of mulberry (Morus alba L.) in different seasons of Aizawl district (Mizoram)*. J. Crop. Weed, 7(2): 253-253.
89. Dyśko, J., Kaniszewski, K., Kowalczyk, W., Nowak, J., & Wójcik, P., 2014. *Zrównoważone nawożenie roślin ogrodniczych*. Instytut Ogrodnictwa, Skierniewice.
90. Elbeaino, T., Kubaa, R. A., Choueiri, E., Digiario, M., & Navarro, B. 2012. *Occurrence of Hop stunt viroid in mulberry (Morus alba) in Lebanon and Italy*. Journal of Phytopathology, 160(1): 48-51

91. El-Beshbishy, H. A., Singab, A. N. B., Sinkkonen, J., & Pihlaja, K. 2006. *Hypolipidemic and antioxidant effects of Morus alba L.(Egyptian mulberry) root bark fractions supplementation in cholesterol-fed rats*. Life sciences, 78(23), 2724-2733.
92. El Solh, M., Awawdeh, F., 2013. *The Role of Research in Enhancing Food Security and Improving Livelihoods in Dry Areas*. Middle East Horticultural Summit 1051: 23-37.
93. Ercisli, S., Celik, H., 2008. *Mulberry and blueberry cultivation in Turkey*. Pomologia Croatica: Glasilo Hrvatskog agronomskog društva, 14(4): 281-288.
94. Ercisli, S., Orhan, E., 2007. *Chemical composition of white (Morus alba), red (Morus rubra) and black (Morus nigra) mulberry fruits*. Food Chemistry, 103(4): 1380-1384.
95. Ercisli, S., Tosun, M., Duralija, B., Voća, S., Sengul, M., & Turan, M., 2010. *Phytochemical content of some black (Morus nigra L.) and purple (Morus rubra L.) mulberry genotypes*. Food Technology and Biotechnology, 48(1): 102-106.
96. Eyduvan, S. P., Ercisli, S., Akin, M., Beyhan, O., Geçer, M. K., Eyduvan, E., & Erturk, Y. E., 2015. *Organic acids, sugars, vitamin C, antioxidant capacity, and phenolic compounds in fruits of white (Morus alba L.) and black (Morus nigra L.) mulberry genotypes*. Journal of Applied Botany and Food Quality: 88.
97. Fang Y., Ren Z., Chen C.H., Jin C.H., Ramani S.T., Ganeshan A.K.P.G., Jia J.Q., Gui Z.Z., 2016. *Effects of treatment with 1-Methylcyclopropene and ClO₂ on the postharvest shelf-life and physiological quality of mulberry fruit (Morus alba L.)*. Journal of Food Quality, 39: 524–532.
98. Farrar D. R., 2001. *Exotic and Invasive Woody Plant Species In Iowa*, Jour. Iowa Acad. Sci. 108(4): 154-157.
99. Ferrari R., Trevisan M., 1987. *Control of Hyphantria cunea and repercussions on cultures of Bombyx mori*. Informatore Fitopatologico 37: 55-58.
100. Florczak A. 2014. *Biodegradowalne jedwabne bionanokompozyty (SBC) do terapii celowanej i diagnostyki nowotworów*. Międzyuczelniane Centrum Nanobiomedyczne, Uniwersytet Im. Adama Mickiewicza w Poznaniu
101. Fortuna-Antoszkiewicz B., Łukaszkiwicz J., 2012. *Obsadzanie dróg drzewami owocowymi w Polsce – tradycja i współczesność (XIX/XX w.)*, Czasopismo Techniczne. Architektura, R. 109, z. 8-A: 127—136
102. Frentzel J., 1984. *Hodowla Jedwabników morwowych*, Milanówek: 82-89, 176-199
103. Frentzel J., 1986. *Wychów jedwabników morwowych*. Warszawskie Przedsiębiorstwo Obrotu Surowcami Włókienniczymi i Skórzanymi, Milanówek: 1-203.

104. Fukui, K., 2000. *Effects of temperature on growth and dry matter accumulation in mulberry saplings*. Plant production science, 3(4): 404-409.
105. Furmanik B., 2011. *Rośliny do kolejnych stylów sztuki ogrodowej w Polsce*. Rośliny do zadań specjalnych: 267-281
106. Gai, Y. P., Han, X. J., Li, Y. Q., Yuan, C. Z., Mo, Y. Y., Guo, F. Y., ... & Ji, X. L., 2014. *Metabolomic analysis reveals the potential metabolites and pathogenesis involved in mulberry yellow dwarf disease*. Plant, cell & environment, 37(6): 1474-1490.
107. Gao, K., Zheng, C., Wang, T., Zhao, H., Wang, J., Wang, Z., ... & Wang, W., 2016. *1-Deoxynojirimycin: occurrence, extraction, chemistry, oral pharmacokinetics, biological activities and in silico target fishing*. Molecules, 21(11): 1600.
108. Gazda A., 2003. *Rośliny drzewiaste jako gatunki inwazyjne*. Sylwan 147 (3): 65-70
109. Gecer, M. K., Akin, M., Gundogdu, M., Eyduran, S. P., Ercisli, S., & Eyduran, E., 2016. *Organic acids, sugars, phenolic compounds, and some horticultural characteristics of black and white mulberry accessions from Eastern Anatolia*. Canadian journal of plant science, 96(1): 27-33.
110. Genovesi, P., Shine, C., 2004. *European strategy on invasive alien species: Convention on the Conservation of European Wildlife and Habitats (Bern Convention) (No. 18-137)*. Council of Europe.
111. Ghaudhuri, H., & Johar, D. S., 1934. *On Schizophyllum Commune Fr., A Parasite on Trees in Lahore*. 67-71.
112. Ghosh, S. K., Banerjee, S., Pal, S., & Sur, P. K., 2016. *Present status of fungal diseases, crop loss and crop protection of mulberry plants*. Environment and Sociobiology, 13(2): 169-180.
113. Giacomini, A. M., Garcia Jr, J. B., Zonatti, W. F., Silva-Santos, M. C., Laktim, M. C., & Baruque-Ramos, J., 2017. *Brazilian silk production: economic and sustainability aspects*. Procedia engineering, 200: 89-95.
114. Gilbertson, P., Bradshaw, A. D., 1990. *The survival of newly planted trees in inner cities*. Arboricultural Journal, 14(4): 287-309.
115. Gilman E. F., Watson D. G., 1994. *Morus alba Fruitless Cultivars*. Forest Service Department of Agriculture. Fact Sheet ST-408: 1-3
116. Gokdogan, O., Oguz, H. I., & Baran, M. F., 2017. *Energy input-output analysis in organic mulberry (Morus spp.) production in Turkey: a case study Adiyaman-Tut Region*. Erwerbs-obstbau, 59(4): 325-330.

117. Gordo, O., & Sanz, J. J., 2005. *Phenology and climate change: a long-term study in a Mediterranean locality*. *Oecologia*, 146(3): 484-495.
118. Govindaiah, K. S., & Kumar, P., 1991. Diseases and Pests of Mulberry and their Control. *Central Sericultural Research and Training Institute, Sriampura, Mysore*, 45.
119. Górńska-Zajączkowska, M., & Wojtowicz, W., 1993. *Badania fenologiczne amerykańskich gatunków głogów na tle warunków klimatycznych miasta Poznania*. *Biuletyn Ogrodów Botanicznych, Muzeów i Zbiorów*, 2: 15-22.
120. Górski T., Jakubczak Z. 1965. *W sprawie metody sum temperatur w agrometeorologii*. *Roczniki Nauk Rolniczych. Ser. A*, 90(2): 215–230.
121. Grabowska, K., Grabowski, J., Dragańska, E., & Słoń, J., 2007. *Wpływ warunków termicznych i wilgotnościowych na przebieg faz fenologicznych grochu siewnego w północno-środkowej Polsce*. *Acta Agrophysica*, 9(3): 623-633.
122. Gregg J. W., Jones C. G., Todd E. Dawson T. E., 2003. *Urbanization effects on tree growth in the vicinity of New York City*, *Nature* vol. 424: 183–187.
123. Grice K. R. E., Beilharz D.V., Shivas R. G., 2006. *First record of Pseudocercospora mori causing grey leaf spot on mulberry in Australia*. *Australasian Plant Disease Notes*, 1: 9–10.
124. Grześkowiak, J., Łochyńska, M., 2017. *Związki biologicznie aktywne morwy białej (Morus alba L.) i ich działanie lecznicze*. *Post Fitoter*, 18(1): 31-35.
125. Guillaumin, J. J., Mohammed, C., Anselmi, N., Courtecuisse, R., Gregory, S. C., Holdenrieder, O., ... & van Dam, B., 1993. *Geographical distribution and ecology of the Armillaria species in western Europe*. *European Journal of Forest Pathology*, 23(6-7): 321-341.
126. Gundogdu, M., Canan, I., Gecer, M. K., Kan, T., & Ercisli, S., 2017. *Phenolic compounds, bioactive content and antioxidant capacity of the fruits of mulberry (Morus spp.) germplasm in Turkey*. *Folia Horticulturae*, 29(2): 251-262.
127. Gundogdu, M., Muradoglu, F., Sensoy, R. G., & Yilmaz, H., 2011. *Determination of fruit chemical properties of Morus nigra L., Morus alba L. and Morus rubra L. by HPLC*. *Scientia Horticulturae*, 132: 37-41.
128. Gungor, N., & Sengul, M., 2008. *Antioxidant activity, total phenolic content and selected physicochemical properties of white mulberry (Morus alba L.) fruits*. *International Journal of Food Properties*, 11(1): 44-52.

129. Gupta, G., Dua, K., Kazmi, I., & Anwar, F., 2014. *Anticonvulsant activity of Morusin isolated from Morus alba: Modulation of GABA receptor*. *Biomedicine & Aging Pathology*, 4(1): 29-32.
130. Gupta, G.P., Singh, S., Kumar, B. et al., 2015. *Industrial dust sulphate and its effects on biochemical and morphological characteristics of Morus (Morus alba) plant in NCR Delhi*. *Environ Monit Assess* 187: 67.
131. Hack H., Bleiholder H., Buhr L., Meier U., Schnock-Fricke U., Weber E., Witzemberger A., 1992. *Einheitliche Codierung der phänologischen Entwicklungsstadien mono- und dikotyle Pflanzen - Erweiterte BBCH-Skala*, Allgemein. *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes*, 44: 265–270.
132. Hashemi, S., & Khadivi, A., 2020. *Morphological and pomological characteristics of white mulberry (Morus alba L.) accessions*. *Scientia Horticulturae*, 259: 108827.
133. Hawramee O. A., Aziz R. R., Hassan D. A. 2019. *Propagation of white mulberry Morus alba L. fruitless cultivar using different cutting times and IBA*. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Vol. 388, No. 1: 012069.
134. Hidalgo-Galvez, M. D., García-Mozo, H., Oteros, J., Mestre, A., Botey, R., & Galán, C., 2018. *Phenological behaviour of early spring flowering trees in Spain in response to recent climate changes*. *Theoretical and applied climatology*, 132(1-2): 263-273.
135. Horoszkiewicz-Janka, J., 2013. *Katalog Obcych Gatunków Agrofagów Mających Znaczenie w Rolnictwie*. Instytut Ochrony Roślin–Państwowy Instytut Badawczy Poznań: 25
136. Hosamani, V., Yalagi, M., Sasvihalli, P., Nair, K. S., Harlapur, V. K., ... & Mishra, R. K., 2020. *Sucking pest and their management in mulberry (Morus alba): a review*. *Int J Chem Stud*, 8: 1065-1070.
137. Hulisz, P. 2007. *Wybrane aspekty badań gleb zasolonych w Polsce*: 21.
138. Huo, Y., 2000. *Mulberry cultivation and utilization in China*. *FAO animal production and health paper*, 11-44.
139. Imran, M., Khan, H., Shah, M., Khan, R., and Khan, F., 2010. *Chemical Composition and Antioxidant Activity of Certain Morus Species*. *Journal of Zhejiang University Science B—Biomedicine & Biotechnology* 11 (12): 973-80.
140. Ivaşcu, A., Grădinaru, G., Cîndea, M., & Uberti, M., 2011. *Mulberry tree bacterial cancer*. *Lucrări Ştiinţifice, Universitatea de Ştiinţe Agricole Şi Medicină Veterinară" Ion Ionescu de la Brad" Iaşi, Seria Horticultură*, 54(2): 453-456.
141. Izydorczak A., Replin L., Kowalcze K., 2015. *Fitoterapia w cukrzycy typu 2. Rośliny: fizjologia, uprawa i ich interdyscyplinarne wykorzystanie*: 261-277.

142. Jabłońska, K., 2014. *Wpływ zmian klimatu na fenologię wybranych gatunków roślin wskaźnikowych w Polsce*.
143. Jackson M. L., 1958. *Soluble salt analysis for soils and waters, turbidimetric sulfate determination*. Soil Chemical Analysis: 265-266.
144. Jadhav, Y. T., 2019. *Review on major pests of mulberry and its management protocol*. International Journal Of Plant Protection, 12(1): 77-80.
145. Jalikop, S. H., Shivashankara, K. S., & Kumar, R., 2011. *Variability in mulberry (Morus spp.) accessions for plant and fruit traits and antioxidant properties*. Acta horticulturae, (890): 267.
146. Jankowski, K., Mincel, M., & Leśnik, T., 2020. *Aleje morwy białej Morus alba l. na Pomorzu Przednim i Zachodnim*. Inżynieria Ekologiczna, 21(3): 1-11.
147. Jeszka, M., Kobus-Cisowska, J., Flaczyk, E. 2009. *Liście morwy jako źródło naturalnych substancji biologicznie aktywnych*. Postępy fitoterapii, 3: 175-179.
148. Jeszka M., Kobus-Cisowska J., Flaczyk E. 2009. *Określenie potencjału antyoksydacyjnego ekstraktów z liści morwy białej*, Bromatologia i Chemia Toksykologiczna, XLII, 2009/3: 885-889.
149. Ji, X., Gai, Y., Lu, B., Zheng, C., & Mu, Z., 2010. *Shotgun proteomic analysis of mulberry dwarf phytoplasma*. Proteome science, 8(1): 1-8.
150. Jian, Q., Ningjia, H., Yong, W., & Zhonghuai, X., 2012. *Ecological issues of mulberry and sustainable development*. Journal of resources and ecology, 3(4): 330-339.
151. Jung, J. W., Ko, J. H., Ko, W. M., Park, J. H., Baek, Y. S., Kim, Y. C., & Baek, N. I., 2017. *Isoprenylated flavonoids from the root bark of Morus alba L. and their inhibition effect on NO production in LPS-induced RAW 264.7 cells*. Journal of Applied Biological Chemistry, 60(2): 109-111.
152. Jyothi. M., Pratap, M. and Thimma, N. S., 2014, *Studies on biochemical constituents of different genotypes of Morus alba L.* Int. J. Pharm. Bio. Sci., 5 (2): 835-840.
153. Kachel, M., Nowinska, R., Klimko, M., 2017. *The variability of Morus alba L. (Moraceae) leaves in the green areas of Poznan*. Steciana, 21(1): 17-29.
154. Kalendarz Gospodarza Polskiego na rok 1931. *Przypomnienie najważniejszych robót gospodarskich na kwiecień*, Wydawnictwo Gospodarz Polski: 11.
155. Kałużna, M., Sobiczewski P., 2015. *Xylella fastidiosa. Ulotka w ramach Programu Wieloletniego 2015-2020 „Działania na rzecz poprawy konkurencyjności i innowacyjności sektora ogrodniczego z uwzględnieniem jakości i bezpieczeństwa żywności oraz ochrony środowiska naturalnego”*, Instytut Ogrodnictwa, Skierniewice: 3.

156. Kamareddi, S., 2013. *Development of synthetic seeds in mulberry (Morus indica L.) cv. M-5 and evaluation under controlled conditions*. Res. J. Agric. Sci. 4: 221-223.
157. Kandyliis, K., Hadjigeorgiou, I. and Harizanis, P., 2009, *The nutritive value of mulberry leaves (Morus alba) as a feed supplement for sheep*. Trop. Anim. Health Prod., 41: 17–24.
158. Kapoor S., Kundu S.C., 2016. *Silk protein-based hydrogels: promising advanced materials for biomedical applications*. Acta Biomater., 31: 17–32.
159. Kar, A., Mukherjee, P. K., Saha, S., Bahadur, S., Ahmmed, S. K., & Pandit, S., 2015. *Possible herb-drug interaction of Morus alba L.-a potential anti-diabetic plant from Indian Traditional medicine*. Indian Journal of Tradicional Knowledge, 14(4): 626-631.
160. Karczewska A., Kabała C., 2008. *Metodyka analiz laboratoryjnych gleb i roślin*. Wydawnictwo UP Wrocław: 45.
161. Karczmarczuk R., 2012. *Morwa, brusonecja i żółtnica pomarańczowa*. Wszechświat, 112(10–12): 36-40.
162. Karimian, Z., 2016. *Estimating Height and Diameter Growth of Some Street Trees in Urban Green Spaces*. Journal of Ornamental plants, 6(2): 93-99.
163. Karimian, Z., Tehranifar, A., Bannayan, M., Azizi, M., & Kazemi, F., 2015. *Predicting the growth of different dimensions of mulberry (Melia azedarach) and chinaberry (Morus alba) in urban landscapes*. Isfahan University of Technology-Journal of Crop Production and Processing, 4(14), 99-109.
164. Kasi, E., 2013. *Role of women in sericulture and community development: A study from a South Indian village*. SAGE Open, 3(3): 2158244013502984.
165. Kashyap S., Sharma S. 2006, *In vitro selection of salt tolerant Morus alba and its field performance with bioinoculants*. Hort. Sci. (Prague), 33, 2006 (2): 77–86.
166. Katsube T, Imawaka N, Kawano Y i in., 2006. *Antioxidant flavonol glycosides in mulberry (Morus alba L.) leaves isolated based on LDL antioxidant activity*. Food Chemistry 2006/97: 25-31.
167. Katsube, T., Tsurunaga, Y., Sugiyama, M., Furuno, T., & Yamasaki, Y., 2009. *Effect of air-drying temperature on antioxidant capacity and stability of polyphenolic compounds in mulberry (Morus alba L.) leaves*. Food Chemistry, 113(4): 964-969.
168. Katz, D. S., Dzul, A., Kendel, A., & Batterman, S. A., 2019. *Effect of intra-urban temperature variation on tree flowering phenology, airborne pollen, and measurement error in epidemiological studies of allergenic pollen*. Science of the Total Environment, 653: 1213-1222.

169. Khojimatov, O. K., Abdiniyazova, G. J., & Pak, V. V., 2015. *Some wild growing plants in traditional foods of Uzbekistan*. Journal of Ethnic Foods, 2(1): 25-28.
170. Khyade, V. B., 2009. *Efficiency of Mulberry, Morus alba (L) as fodder for cattle*. International Academic Journal of Innovative Research, 6(1): 77-90.
171. Kim, J. H., Choi, I. Y., Kim, J., & Lee, J. H., 2017. *Analysis of the Cause of the Twig Blight on Mulberry Based on the Weather Conditions*. Research in Plant Disease, 23(3): 283-287.
172. Klimek, G., 1998. *Bakterie i grzyby-nasi sprzymierzeńcy*. Nowoczesne Rolnictwo. Nauka, Doradztwo, Praktyka, 5(09): 46-47.
173. Klimko, M., 2016. *Micromorphology and anatomy of leaves of Morus alba L.(Moraceae) cultivars from Poland*. Steciana, 20(2): 73-83.
174. Kludkiewicz B., Grzelak K., 1993. *Białka jedwabiu B. mori - charakterystyka, biosynteza i regulacja ekspresji genów*. Postępy Biochemii, 39(2): 105-111.
175. Kluza, M., Zientarska, A., 1999. *Obserwacje fenologiczne wybranych gatunków drzew i krzewów z rodziny Celastraceae i Rosaceae introdukowanych w Ogrodzie Dendrologicznym Akademii Rolniczej w Poznaniu*. Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu. Botanika, 1: 31-54.
176. Kobus-Cisowska J., 2017. *Liście i owoce morwy białej (Morus alba L.) jako potencjalne źródło składników kształtujących wybrane właściwości prozdrowotne żywności*. Rozprawy Naukowe - Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu 1896-1894 (493): 1-112.
177. Koeser A., Hauer R., Norris K., Kroused R., 2013. *Factors influencing long-term street tree survival in Milwaukee, WI, USA*, Urban Forestry & Urban Greening, 12(4): 562-568.
178. Kolasiński M., Borycka K., 2012. *Aklimatyzacja azjatyckich gatunków drzewiastych z rodziny magnoliowatych (Magnoliaceae) w Polsce*. Nauka Przyr. Technol.t. 6, zes. 4 (74): 1-10.
179. Kopański R., 1955. *Jedwabnictwo*. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i leśne: 18-145, 199, 299.
180. Kostuch, J., & Kostuch, R., 2013. *Rośliny inwazyjne*. Barbara Kielbasa, Agnieszka Tworzyk Nowe wymogi wzajemnej zgodności (cross-compliance)-nowe wyzwania dla rolników 2 Krystyna Vinohradnik Systemy doradztwa rolniczego w Republice Czeskiej: 21.
181. Kostuch, R., & Misztal, A., 2008. *Fenologia wybranych gatunków roślin kserotermicznych ze szczególnym uwzględnieniem fazy kwitnienia*. Woda-Środowisko- Obszary Wiejskie, 8: 105-114.

182. Kowalski J., 2016. *Między inwazją tatarską, Saracenami a Paryżem*. Polonia Christiana, 52: 66-69 .
183. Kowalski, W., Nawalany, G., 2019. *New approach to determine the sum of the active temperatures (SAT) exemplified by weather conditions of western Malopolska*. In *Infrastructure and Environment*, Springer, Cham: 203-216.
184. Kowarik, I., Von der Lippe, M., 2011. *Secondary wind dispersal enhances long-distance dispersal of an invasive species in urban road corridors*. *NeoBiota*, 9(49): 49-70.
185. Kozakiewicz P., 2020. *Morwa biała (Morus alba L.)*, dostęp 06.04.2020. Ksyloteka WTD SGGW w Warszawie, http://pawel_kozakiewicz.users.sggw.pl
186. Kozakiewicz, P., 2010. *Morwa biała [Morus alba L.]-drewno ze wschodniej Azji*. *Przemysł Drzewny*, 61(12): 25-28.
187. Kozanecka, T., Kepka, M., & Scibisz, K., 1988. *Wpływ nawożenia azotem i potasem oraz sposobu pielęgnacji gleby na zawartość manganu w glebie i liściach jabłoni*. *Roczniki Gleboznawcze*: 39(3).
188. Kozubowski A. 1872. *Jedwabnictwo. Nauka o wychowie jedwabników morwowych*, Towarzystwo pszczelno - jedwabniczego i sadownicze w Krakowie.
189. Krawczyk, K., & Łochyńska, M., 2020. *Identification and characterization of Pseudomonas syringae pv. mori affecting white mulberry (Morus alba) in Poland*. *European Journal of Plant Pathology*, 158(1): 281-291.
190. Krishna Prasad K.S., Siddaramaiah A.L., 1978. *Studies on the bacterial leaf blight of mulberry in Karnataka*. *Indian J. Seri.*, 27: 61-63.
191. Krzyżaniak M., Świerk D., Urbański P. Walerzak M. T. 2013 *Evaluation of the effect of environmental variables on health condition of Quercus robur L. in parks*, *Ecol Chem Eng S.* 20(4): 689-700.
192. Kumar S. G., Madhusudhan K. V., Sreenivasulu N., Sudhakar C., 1999. *Stress responses in two genotypes of mulberry (Morus alba L.) under NaCl salinity*. *Indian J Exp Biol.* 2000 Feb;38(2): 192-5.
193. Kumar S. G., Matta Reddy A., Sudhakar C., 2003. *NaCl effects on proline metabolism in two high yielding genotypes of mulberry (Morus alba L.) with contrasting salt tolerance*, *Plant Science*, 165(6): 1245-1251.
194. Kumar S. G., Reddy A. M., Kumari G. J., Sudhakar C., 2008. *Modulations in key enzymes of nitrogen metabolism in two high yielding genotypes of mulberry (Morus alba L.) with differential sensitivity to salt stress*, *Environmental and Experimental Botany*, 64(2): 171-179.

195. Kumaresan P., Tikader A., Kamble C.K., 2008. *Mulberry fruit and its medicinal values*. Indian Silk 46: 10-13.
196. Lal, S., V. Gulyani and P. Khurana., 2008. *Overexpression of HVA1 gene from barley generates tolerance to salinity and water stress in transgenic mulberry (Morus indica)*. Trans. Res. 17: 651-663.
197. Lamiaa, M. L., 2014, *Nutritive value and Hypolipidrmic effects of mulberry leaves powder*. Indian J. Applied Research, 4(2): 7-12.
198. Lee, H. J., Ryu, J., Park, S. H., Woo, E. R., Kim, A. R., Lee, S. K., ... & Lee, C. J., 2014. *Effects of Morus alba L. and natural products including morusin on in vivo secretion and in vitro production of airway MUC5AC mucin*. Tuberculosis and respiratory diseases, 77(2): 65-72.
199. Lenard, E., Wolski, K., & Buczma, A., 2009. *Jednoroczne obserwacje fenologiczne tawuł uprawianych na terenie Wrocławia*. Zesz. Nauk. UP Wroc., Rol., XCV, 574: 29–42.
200. Levickienė, D., Vaitkevičienė, N., Jarienė, E., & Mažeika, R. 2018. *The content of macroelements in white mulberry (Morus alba L.) leaves*. Žemės ūkio mokslai, 25(4): 177-183.
201. Li, D., Dong, T., Zhang, C., Huang, G., Liu, G., & Xu, X., 2019. *Effects of elevated temperature and CO₂ concentration on floral development and sex differentiation in Morus alba L.* Annals of Forest Science, 76(4): 112.
202. Li A.B., Kluge J.A., Guzewicz N.A., Omenetto F.G., Kaplan D.L., 2015. *Silk-based stabilization of biomacromolecules*. J. Contr. Release, 219: 416–430.
203. Litwińczuk, W., Borkowska, B., & Szczerba, J., 1999. *Morwy (Morus sp.)-zastosowanie, rozmnażanie w kulturach in vitro*. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 468: 359-370.
204. Lu, L., Tang, Y., Xie, J. S., & Yuan, Y. L., 2009. *The role of marginal agricultural land-based mulberry planting in biomass energy production*. Renewable Energy, 34(7): 1789-1794.
205. Luwańska, A., Mańkowska, G., Przewoźna, J., Burczyk, H., & Wielgus, K., 2009. *Opracowanie wydajnej metody mikropropagacji morwy przystosowanej do polskich warunków klimatycznych oraz jej praktyczne zastosowanie w uprawie*. Pamiętnik Puławski, 151(1): 217-224.
206. Łochyńska M., 2010 *History of sericulture in Poland*, Journal of Natural Fibers, 7(10): 1-3.
207. Łochyńska M.. 2015. *Energy and Nutritional properties of the white mulberry (Morus alba L.)*. Journal of Agricultural Science and Technology A; 5 (9): 709-716.

208. Łochyńska M., 2016. *Poradnik hodowli jedwabnika morwowego*. Instytut Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich, Poznań; ISBN 978-83-928618-7-4.
209. Łochyńska, M., 2018. *Wymagania i agrotechnika polskiej odmiany morwy białej 'Żółwińska Wielkolistna'*. Zagadnienia Doradztwa Rolniczego, 4: 99-111.
210. Łochyńska, M., & Oleszak, G. 2011. Multi-use of the white mulberry (*Morus alba* L.). *Ecological questions*, 15(1): 91-95.
211. Łoziński, A., & Będkowski, K., 2016. *Rozpoznawanie jesiennych faz fenologicznych dębu bezszypułkowego (*Quercus petraea* Liebl.) na ortomozaikach zdjęć lotniczych uzyskanych z wykorzystaniem drona*. Teledetekcja Środowiska, 55.
212. Łukaszewicz J., Kosmala M., 2008. *Determining the Age of Streetside Trees with Diameter at Breast Height-based Multifactorial Model*. *Arboriculture & Urban Forestry*, 34 (3): 137–143.
213. Łukaszewicz J., Kosmala M., Chrapka M., Borowski J., 2005. *Determining The Age Of Streetside *Tilia cordata* Trees With a DBH-based Model*. *Journal of Arboriculture* 31 (6): 280–284.
214. Łukasiewicz, S., 1999. *Modyfikacje metody wykreślenia diagramów fenologicznych drzew rosnących w warunkach miejskich w oparciu o obserwacje *Aesculus hippocastanum* L. na terenie Poznania*. *Biuletyn Ogrodów Botanicznych, Muzeów i Zbiorów*, 8: 35-40.
215. Łukasiewicz S., 2011. *Drzewa i krzewy polecane do obsadzeni ulicznych w miastach*. *Rośliny do zadań specjalnych*: 319-330
216. Ma, Y., Navarro, B., Zhang, Z., Lu, M., Zhou, X., Chi, S., ... & Li, S., 2015. *Identification and molecular characterization of a novel monopartite geminivirus associated with mulberry mosaic dwarf disease*. *Journal of General Virology*, 96(8): 2421-2434.
217. Maan, I., 2020. *Distribution spread and impact of *broussonetia papyrifera* a fast emerging invasive tree species*. *Shodhganga: a reservoir of Indian theses @ INFLIBNET*: 66-86.
218. Machii, H., Koyama, A., & Yamanouchi, H., 2000. *Mulberry breeding, cultivation and utilization in Japan*. *FAO Animal Production And Health Paper*: 63-72.
219. Madyarov, S. R., 2005. *Biotechnological approaches in sericultural science and technology of Uzbekistan*. *International Journal of Industrial Entomology*, 11(1): 13-19.
220. Mager, P., & Kepinska-Kasprzak, M., 2015. *Obserwacje fenologiczne prowadzone w ramach projektu PLGrid Plus*. *Prz. Nauk. Inż. Kszt. Środ.* 67: 99-108.
221. Mahadeva, A., 2018. *Insect pest infestation, an obstacle in quality mulberry leaves production*. *Asian J Biol Sci*, 11, 41-52.

222. Mahesh, D. S., Vidhathri, B. S., Vidyashree, D. N., Narayanaswamy, T. K., Subbarayappa, C. T., & Muthuraju, R., 2017. *Biochemical composition and pharmacological properties of mulberry (Morus spp.)-a review*. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 6(7): 2207-2217.
223. Mahmood, T., Anwar, F., Abbas, M., & Saari, N., 2012. *Effect of maturity on phenolics (phenolic acids and flavonoids) profile of strawberry cultivars and mulberry species from Pakistan*. International journal of molecular sciences, 13(4): 4591-4607.
224. Majdecki L. 1986. *Tabela wiekowa drzew*. Oddział Architektury Krajobrazu SGGW, Warszawa.
225. Maji, M. D., Qadri, S. M. H., & Pal, S. C., 1998. *Xanthomonas campestris pv. mori, a new bacterial pathogen of mulberry*. Sericologia, 38(3): 519-525.
226. Maji M. D., Qadri S. M. H., 1999. *Bacterial diseases of mulberry (Morus spp.)*. Sericologia, 39(1): 1-7.
227. Maji, M. D., Qadri, S. M. H., Pal, S. C., 2000. *Control of bacterial leaf spot of mulberry caused by Xanthomonas campestris pv. mori*. Indian Journal of Sericulture, 39(1): 49-51.
228. Mamrutha, H. M., Mogili, T., Lakshmi, K. J., Rama, N., Kosma, D., Kumar, M. U., ... & Nataraja, K. N., 2010. *Leaf cuticular wax amount and crystal morphology regulate post-harvest water loss in mulberry (Morus species)*. Plant Physiology and Biochemistry, 48(8): 690-696.
229. Mańka, K., Mańka, M., 1993. *Choroby drzew i krzewów leśnych*. Oficyna Edytorska Wydawnictwo Świat.
230. Martín, G., Reyes, F., Hernández, I., Milera, M., 2000. *Agronomic studies with mulberry in Cuba*. FAO animal production and health paper: 103-114.
231. Martins, B. D. A., Sande, D., Solares, M. D., & Takahashi, J. A., 2020. *Antioxidant role of morusin and mulberrofuran B in ethanol extract of Morus alba roots*. Natural Product Research: 1-4.
232. Masilamani, S., Qadri, S. M. H., Dandin, S. B., 2008. *Mulberry fruits: A potential value-addition enterprise*. Indian silk, 46(11): 12-13.
233. Matuszak, R., Włodarczyk, M., Brzóstowicz, A., & Wybieralski, J., 2009. *Wpływ NaCl na zawartość wybranych mikroelementów w liściach i korzeniach siewek pszenicy ozimej odmiany Almari*. Acta Agrophysica, 14(1): 145-153.
234. Memon A. A., Memon N., Luthria D. L. i in. 2010. *Phenolic acids profiling and antioxidant potential of mulberry (Morus laevigata W., Morus nigra L., Morus alba L.) leaves and fruits grown in Pakistan*. Pol J Food Nutr Sci; 60(1): 25-32.

235. Mena, P., Sánchez-Salcedo, E. M., Tassotti, M., Martínez, J. J., Hernández, F., Del Rio, D., 2016. *Phytochemical evaluation of eight white (Morus alba L.) and black (Morus nigra L.) mulberry clones grown in Spain based on UHPLC-ESI-MSn metabolomic profiles*. Food research international, 89: 1116-1122.
236. Meszka, B. 2013., *Metodyka Integrowanej Ochrony Czeresni dla Doradców*: 7, 42.
237. Mikulic-Petkovsek, M., Schmitzer, V., Slatnar, A., Stampar, F., & Veberic, R., 2012. *Composition of sugars, organic acids, and total phenolics in 25 wild or cultivated berry species*. Journal of food science, 77(10): C1064-C1070.
238. Milecka M. 2012. *Średniowieczne dziedzictwo sztuki ogrodowej klasztorów europejskich*. Hereditas Monasteriorum, 1/2012: 31-56.
239. Miller, J. H., Chambliss, E. B., Barger, C. T., 2004. *Invasive plants of the thirteen southern states*. The Bugwood Network and US Department of Agriculture, Forest Service, University of Georgia, Tifton.
240. Miranda, J. E., Bonacin, G. A., Takahashi, R., 2002. *Leaf production and quality of mulberry in relation to season and harvest time*. Scientia Agricola (Brazil), 59(3): 499-504.
241. Monir, S., Mandal, N. C., 2016. *A review on powdery mildew of mulberry and its management*. Int. J. Bio-res. Env. Agril. Sci. 2(2): 281-286.
242. Mughal, A. H., 2000. *Allelopathic effect of leaf extract of Morus alba L. on germination and seedling growth of some pulses*. Range Management & Agroforestry, 21(2): 164-169.
243. Muthulakshmi, M., Devrajan, K., Jonathan, E. I., 2010. *Biocontrol of root knot nematode, Meloidogyne incognita (Kofoid and White) Chitwood in mulberry (Morus alba L.)*. Journal of Biopesticides, 3(2): 479.
244. Nan, H. W., He, X. B., Bao, Y. H., 2011. *Influence of root system of Morus alba to shearing resistance of purple soil*. Soil and Water Conservation in China, 8: 48-51.
245. Narayanaswamy, K. C., Geethabai, M., & Raghuraman, R., 1996. *Mite pests of mulberry-a review*. Indian Journal of Sericulture, 35(1): 1-8.
246. Nowak D. J., 1993. *Atmospheric carbon reduction by urban trees*. Journal of environmental management, 37(3): 207-217.
247. Nowak D. J., 2012. *Contrasting natural regeneration and tree planting in fourteen North American cities*, Urban Forestry & Urban Greening, 11(4): 374-382.
248. Nowak D. J., Crane D. E., Dwyer J. F., 2002. *Compensatory value of urban trees in the United States*. Journal of Arboriculture, 28(4), 194-199.
249. Nowak, D. J., Hoehn, R., Crane, D. E., 2007. *Oxygen production by urban trees in the United States*. Arboriculture & Urban Forestry. 33 (3): 220-226.

250. Nowak D. J., Rowntree R. A., McPherson G., Sisinni S. M., Kerkmann E. R., Stevens J.C. 1996. *Measuring and analyzing urban tree cover*. Landscape and Urban Planning, 36(1): 49-57.
251. Nowosielski O., 1988. *Zasady opracowywania zaleceń nawozowych w ogrodnictwie*. Wydanie II uzupełnione. PWRiL: 1-310.
252. Nyamu R. K., Onyango J. A., Wainaina J. N. Mulberry Trees. <https://infonet-biovision.org/AnimalHealth/Mulberry-Trees#simple-table-of-contents-9>. [dostęp 11.06.2021]
253. Oke, T. R., 1973. *City size and the urban heat island*. Atmospheric Environment (1967), 7(8): 769-779.
254. Olszowski T., Walczak A., 2008. *Zanieczyszczenia pyłowe powietrza: ocena narażenia na wybrane alergeny wziewne. Przykład zajęć praktycznych z przedmiotu „Higiena i Epidemiologia” dla studentów Wydziału Lekarskiego Pomorskiej Akademii Medycznej w Szczecinie*. Probl Hig Epidemiol 2008/89(3): 310-315.
255. Orhan E., 2009. *Oltu Ve Olur İlçelerinde Yetiştirilen Dutların (Morus Spp.) Seleksiyon Yoluyla Seçimi Ve Seçilen, Tiplerde Genetik Akrabalığın Rapd Yöntemiyle Belirlenmesi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Doktora Tezi*: 254.
256. Pandey, R. K., Dhar, A., 2013. *Mulberry Intercropping for Sustainable Livelihood in Kandi Area of Rural Sub-Himalayan, India*. Research Journal of Agricultural Sciences, 4(4): 484-487.
257. Pane, A., Granata, G., Cacciola, S. O., Puglisi, I., Evoli, M., Aloï, F., Zambounis, A. i in., 2017. *First Report of Root Rot of White Mulberry Caused by Simultaneous Infections of Phytophthora megasperma and P. multivora in Italy*. Plant Disease, 101(1): 260.
258. Patil, J., Ashoka, J., Bheemanna, M., Sreenivas, A. G., & Naganagoud, A., 2013. *Seasonal incidence of sucking pests on mulberry correlated with weather parameters*. Annals of Plant Protection Sciences, 21(2): 261-264.
259. Pedata, P. A., Hunter, M. S., Godfray, H. C. J., Viggiani, G., 1995. *The population dynamics of the white peach scale and its parasitoids in a mulberry orchard in Campania, Italy*. Bulletin of Entomological Research, 85(4): 531-539.
260. Pehlivan M., H. Karlidag H., Turan M., 2012. *Heavy metal levels of mulberry (Morus alba L.) grown at different distances from the roadsides*. The Journal of Animal & Plant Sciences, 22(3): 665-670.

261. Peris, N. W., Gacheri, K. M., Theophilus, M. M., & Lucas, N., 2014. *Morphological characterization of mulberry (Morus spp.) accessions grown in Kenya*. Sustainable Agriculture Research, 3(526-2016-37790).
262. Petkov, Z. (1995). *Effect of some growth regulators on the germination of white mulberry (Morus alba L.) seeds*. Rasteniiev" dni Nauki, 32(7/8), 149-152.
263. Petkov, Z., 2015. *Some aspects of organic moriculture in Bulgaria*. "Organic Sericulture–Now and the Future", "ORGASERI" 2015 Sinaia, Romania April 19 th–24 th 2015: 75.
264. Petkov, Z., & Tzenov, P., 2008. *Mulberry biomass in bulgaria*. In First Balkan workshop "Possibilities for Using Silkworm and Mulberry for Non-Textile Purposes": 37-52.
265. Philip, T., V. P. Gupta, Govindaiah, A. K. Bajpai and R. K. Datta. 1994. *Diseases of Mulberry in India-Research priorities and Management Strategies*. Int. J. Trop. Plant Dis. 12: 1-21.
266. Philip, T., Sharma D. D., Govindaiah, D. D., 1997. *Fungal and bacterial association with root rot of mulberry*. Indian J Seric., 36(1): 27-29.
267. Pieczul K., Jajor E., Perek A., Świerczyńska I., 2017. *First report on Mycosphaerella mori on Morus nigra and M. rubra in Poland*. Journal of Plant Pathology (2017), 99 (1): 287-304.
268. Ping, L. X., Nogawa, M., Shioiri, H., Nozue, M., Makita, N., Takeda, M., ... & Kojima, M., 2003. *In planta transformation of mulberry trees (Morus alba L.) by Agrobacterium tumefaciens*. Journal of Insect Biotechnology and Sericology, 72(3): 177-184.
269. Piotrowski J., 1938. *Jedwabnictwo jako dochodowa gałąź gospodarki rolnej*. Ogrodnik. R. 28, nr 15/16
270. Pirch, M., 2020. *Fenologia wybranych gatunków roślin ogrodowych pojezierza bytowskiego*. eko-dok.pl, dostęp 01.03.2020
271. Pirożnikow E., 2014. *Rola pożywienia zbieranego z natury w życiu Polaków deportowanych do ZSRR w okresie drugiej wojny światowej*. Etnobiologia Polska, 4/2014: 137.
272. Piskorski, S., 2017. *Grzyby podstawkowe związane z drewnem na terenie lasów ochronnych miasta łodzi i gminy Nowosolna - badania wstępne*. Przegląd Przyrodniczy, 28(3): 29-44.
273. Podleśny, J., Podleśna, A., 2012. *Wpływ wysokiej temperatury w okresie kwitnienia na wzrost, rozwój i plonowanie łubinu żółtego*. Acta Agrophysica, 19(4): 825-833.

274. Pokorný J., 1992. *Drzewa znane i mniej znane*. Polska Oficyna Wydawnicza BGW, Warszawa.
275. PPF 3585. *Application of Growing Degree Days as a Model Driver for Developing Mulberry Yield Weather Model*. Central Silk Board, India
276. Pratheesh Kumar P. M., Qadri S. M. H, Pal S. C., 2011. *Factors influencing development and severity of grey leaf spot disease of mulberry (Morus spp.)*. International Journal of Industrial Entomology, 22(1): 11-15.
277. Przeor M., 2021. *Żywieniowe i prozdrowotne wykorzystanie morwy białej (Morus alba L.)*. Zagadnienia Doradztwa Rolniczego 3/2021(105): 62-71.
278. Qadri, S. M. H., Kumar, P. P., Gangwar, S. K., & Elangovan, C., 1999. *Crop loss assessment due to powdery mildew in mulberry*. Bull. Sericul. Res., 9: 31-35.
279. Qin, J., He, N., Wang, Y., Xiang, Z., 2012. *Ecological issues of mulberry and sustainable development*. J. Resour. Ecol. 3 (4): 330–339.
280. Qingling B., Hongzhi D., Qingru W., Xinyu W., 2015. *Screening on Valuable Economic Species on Sandy Land*. Protection Forest Science and Technology, 86(3): 70-71.
281. Rafati M., Khorasani N., Moattar F., Shirvany A., Moraghebi F., Hosseinzadeh S. 2011, *Phytoremediation Potential of Populus Alba and Morus alba for Cadmium, Chromium and Nickel Absorption from Polluted Soil*, International Journal of Environmental Research, 5(4): 961-970.
282. Rafeeq, J., Mughal, A. H., & Fayaz, S., 2020. *Studies on identification and uses of Morus alba: An important Multi-purpose tree species in Kashmir Valley*. The Pharma Innovation Journal 2020; 9(11): 295-297.
283. Rahman, M. A., & Hoque, M. A., 2007. *Morus alba Linn. Forestry And Wood Technology Discipline*, Khulna University: 1-59.
284. Raja, S. A., 2010. *Management of powdery mildew, Phyllactinia corylea (Pers.) Karst of Mulberry (Morus sp.) using chosen biocontrol agents*. Journal of Biopesticides, 3(2), 483.
285. Ramanjulu S., Sudhakar C. 1997, *Drought tolerance is partly related to amino acid accumulation and ammonia assimilation: A comparative study in two mulberry genotypes differing in drought sensitivity*, Journal of Plant Physiology, 150(3): 345-350.
286. Ramanjulu S., Sudhakar C., 2008. *Proline metabolism during dehydration in two mulberry genotypes with contrasting drought tolerance*, Journal of Plant Physiology, 157(1): 81-85.

287. Ramya, M. C., Lokesha, V., Manjunath, T. N., & Hegadi, R. S., 2016. *Developing an Analytical Model for Predicting Mulberry Yield Using Data Mining Techniques*. In *Emerging Research in Computing, Information, Communication and Applications*: 433-442.
288. Rapiejko P., 1997. *Alergeny pyłku roślin*. *Alergia Astma Immunologia*, 2(1): 9-18.
289. Reddy, A. R., Chaitanya, K. V., Jutur, P. P., & Sumithra, K., 2004. *Differential antioxidative responses to water stress among five mulberry (Morus alba L.) cultivars*. *Environmental and experimental botany*, 52(1): 33-42.
290. Rezek, J., in der Wiesche, C., Mackova, M., Zadrazil, F., & Macek, T., 2009. *Biodegradation of PAHs in long-term contaminated soil cultivated with european white birch (Betula pendula) and red mulberry (Morus rubra) tree*. *International Journal of Phytoremediation*, 11(1): 65-80.
291. Riedl T., Toll S., 1962. *Hyphantria cunea Drury w polsce (Lepidoptera, Arctiidae)*, *Polskie Pismo Entomologiczne XXXII*: 217-219.
292. Rizwan, A. M., Dennis, L. Y., & Chunho, L. I. U., 2008. *A review on the generation, determination and mitigation of Urban Heat Island*. *Journal of Environmental Sciences*, 20(1): 120-128.
293. Rohela, G. K., Muttanna, P. S., Kumar, R., & Chowdhury, S. R., 2020. *Mulberry (Morus spp.): An ideal plant for sustainable development*. *Trees, Forests and People*, 2: 100011.
294. Roman L. A., Scatena F. N., 2011. *Street tree survival rates: Meta-analysis of previous studies and application to a field survey in Philadelphia, PA, USA*, *Urban Forestry & Urban Greening*, 10(4): 269-274.
295. Roy S., Byrne J., Pickering C., 2012. *A systematic quantitative review of urban tree benefits, costs, and assessment methods across cities in different climatic zones*. *Urban Forestry & Urban Greening*, 11(4): 351-363.
296. *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 25 sierpnia 2016 r. w sprawie opłat za usunięcie drzew i krzewów*, Dz. U. 2016 poz. 1354, zał. 1.
297. *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 3 lipca 2017 r. w sprawie wysokości stawek opłat za usunięcie drzew i krzewów* Dz. U. 2017 poz. 1330.
298. Sadowski A., 2006. *Jak pobierać próbki z gleby i liści z sadów*. *Informator Sadowniczy* 07/2006
299. Sahin, F., Kotan, R., & Dönmez, M. F., 1999. *First report of bacterial blight of Mulberries caused by Pseudomonas syringae pv. mori in the eastern Anatolia Region of Turkey*. *Plant disease*, 83(12): 1176-1176.

300. Sajdak M., Velázquez-Martí B., 2012. *Estimation and comparison of pruned biomass depending on location and pruning practice applied in urban Morus alba trees*, Conference: International Conference of Agricultural Engineering CIGR-Ageng 2012
301. Sajeevan, R. S., S. Jeba Singh, K. N. Nataraja, M. B. Shivanna., 2011. *An efficient in vitro protocol for multiple shoot induction in mulberry, Morus alba L variety VI*. Intl. Res. J. Plant. Sci. 2: 254-261.
302. Sakthivel, N., Kumar, J. N., Beevi, N. D., Devamani, M. M., & Teotia, R. S., 2019. *Mulberry Pests*.
303. Sánchez, M. D., 2002. *World distribution and utilization of mulberry and its potential for animal*. In *Mulberry for Animal Production: Proceedings of an Electronic Conference Carried Out Between May and August 2000* (No. 147, p. 1). Food & Agriculture Org.
304. Sánchez, E. M., Calín-Sánchez, Á., Carbonell-Barrachina, Á. A., Melgarejo, P., Hernández, F., & Martínez-Nicolás, J. J., 2014. *Physicochemical characterisation of eight Spanish mulberry clones: processing and fresh market aptitudes*. International Journal of Food Science & Technology, 49(2): 477-483.
305. Sánchez-Salcedo, E. M., Martínez-Nicolás, J. J., & Hernández, F., 2017. *Phenological growth stages of mulberry tree (Morus sp.) codification and description according to the BBCH scale*. Annals of Applied Biology, 171(3): 441-450.
306. Sánchez-Salcedo, E. M., Mena, P., García-Viguera, C., Martínez, J. J., and Hernández, F., 2015. *Phytochemical Evaluation of White (Morus alba L.) and Black (Morus nigra L.) Mulberry Fruits: A Starting Point for the Assessment of Their Beneficial Properties*. Journal of Functional Foods 12: 399-408.
307. Sarkar, A., Rekha, M., & Keshavacharyulu, K., 2005. *Relationship Between Heat Unit Requirement and Growth and Yield of Mulberry, Morns indica L*. International Journal of Industrial Entomology, 10(1): 65-68.
308. Sarwa A., 2012. *Szlachetne i dzikie drzewa, krzewy i pnącza owocowe*, Uprawa i pielęgnacja. KiW, Warszawa: 182-186.
309. Schaffner J.H. 1919. *The Nature of the Diecious Condition in Morus Alba and Salix Amygdaloides*. Ohio Jurnal of Science, vol. 19, iss. 7: 410-416
310. Sharma, K. K., Thorpe, T. A. 1990. *In vitro propagation of mulberry (Morus alba L.) through nodal segments*. Scientia horticulturae, 42(4): 307-320.
311. Seema, R., 2018. *A Study of Mulberry Silk in Anantapur District of Andhra Pradesh*. Asian J Appl Res, 4(1): 7.

312. Seneta W., J. Dolatowski. 2011. *Dendrologia*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa: 162.
313. Sengupta, K., Kumar, P., Baig, M., & Govindaiah, M., 1990. *Handbook on pest and disease control of mulberry and silkworm*. Bangkok, UNESCAP-United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific: 1-88.
314. Serencam H., Ozdes D., Duran C., Tufekci M., 2013, *Biosorption properties of Morus alba L. for Cd (II) ions removal from aqueous solutions*, Environmental Monitoring and Assessment, vol. 185, Is. 7: 6003–6011
315. Sękowski B., 1993. *Pomologia systematyczna t. 1.*: 192-193.
316. Sharma, D., Chowdary, N. B., Naik, V. N., & Mala, V. R., 2008. *Systemic diseases of mulberry-a review*. Revue des Vers a Soie Journal of Silkworms: 1-327.
317. Shi-De, L.; Nemeč, J.; Bing-Mei, N., 1995. *Anti-HIV flavonoids from Morus alba*. Acta Bot. Yunnanica. 17: 89–95.
318. Siewniak M., 1974, *Wymagania ekologiczne i właściwości najważniejszych gatunków drzew w miastach*. Ogrodnictwo, 11: 20-25.
319. Siewniak M., Siewniak M., 2000. *Dobór drzew do nasadzeń w mieście*. Międzynarodowe Towarzystwo Uprawy i Ochrony Drzew: 5-31.
320. Singh, B., & Makkar, H. P., 2000. *The potential of mulberry foliage as a feed supplement in India*. FAO animal production and health paper: 139-156.
321. Singhal, B. K., Khan, M. A., Dhar, A., & Bindroo, B. B., 2009. *New vistas for industrial exploitation of mulberry fruits in horticulture industry*. In International Conference on Horticulture (ICH-2009), PNASF, VEGINET, UAS, Bangalore, India, Abst: 1-4.
322. Singhal, B. K., Khan, M. A., Dhar, A., Baqual, F. M., & Bindroo, B. B., 2010. *Approaches to industrial exploitation of mulberry (mulberry sp.) fruits*. J Fruit Ornament Plant Res, 18(18): 83-99.
323. Sitarski, M., Carewicz, N., & Pstragowska, M., 2013. *Administracyjny problem z ustaleniem wielkości pierścnicowego obwodu drzew w wieku 10 lat*. Człowiek i Środowisko, 37(4): 97-112.
324. Sjöman, H., Östberg, J., & Bühler, O. 2012. *Diversity and distribution of the urban tree population in ten major Nordic cities*. Urban Forestry & Urban Greening, 11(1): 31-39.
325. Skwaryło-Bednarz, B., Kopacki, M., Jamiołkowska, A., & Krzepiłko, A., 2019. *Uprawa morwy białej*. Aura, (7): 10-12.

326. Sobczak A., 2016 Morwa – przyszłość polskiego ogrodnictwa? <http://ogrodnictwo.expert/sadownictwo/sadownictwo-pozostale/morwa-przyszlosc-polskiego-ogrodnictwa/> (dostęp 6.03.2022)
327. Sottile, F., Mubaliev, S., Giuggioli, N. R., & Peano, C., 2017. *Pomological and quality traits of mulberry (Morus spp.) germplasm from Gorno Badakhshan in the Western Pamir*. *Fruits*, 72(3): 123-130.
328. Srivastava, S., Kapoor, R., Thathola, A., Srivastava, R. P., 2006. *Nutritional quality of leaves of some genotypes of mulberry (Morus alba)*. *International journal of food sciences and nutrition*, 57(5-6): 305-313.
329. Stapanian, M. A., 1982. *A model for fruiting display: seed dispersal by birds for mulberry trees*. *Ecology*, 63(5): 1432-1443.
330. Stec M., 1992. *Konserwacja renesansowych sgraffit z Zagrodna*. *Ochrona Zabytków* 45/3 (178): 127-138.
331. Stinson K. A., Campbell S. A., Powell J. R., Wolfe B. E., Callaway R. M., et al., 2006. *Invasive plant suppresses the growth of native tree seedlings by disrupting belowground mutualisms*. *PLoS Biol* 4(5): e140. DOI: 10.1371/journal.pbio.0040140
332. Sudhakar, P., Gangwar, S. K., Satpathy, B., Sahu, P. K., Ghosh, J. K., & Saratchandra, B., 2000. *Evaluation of some nitrogen fixing bacteria for control of foliar diseases of mulberry (Morus alba)*. *Indian Journal of Sericulture*, 39(1): 9-11.
333. Sudhakar C., Lakshmi A., Giridarakumar S., 2001. *Changes in the antioxidant enzyme efficacy in two high yielding genotypes of mulberry (Morus alba L.) under NaCl salinity*, *Plant Science*, 161(3): 613-61.
334. *Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego Wrocławia*, 2010. Wrocław.
335. Swan, C. M., Healey, B., & Richardson, D. C., 2008. *The role of native riparian tree species in decomposition of invasive tree of heaven (Ailanthus altissima) leaf litter in an urban stream*. *Ecoscience*, 15(1): 27-35.
336. Szopińska, E., 2005. *Taksony z rodzaju Aesculus L. na terenie Wrocławia*. *Acta Botanica Silesiaca*, 02: 107-119.
337. Szwagrzyk J., 2000. *Potencjalne korzyści i zagrożenia związane z wprowadzaniem do lasów obcych gatunków drzew*. *Sylwan* 144 (2): 99-106.
338. Szwałkiewicz J., 2009. *Uszkodzenia drzew leśnych. Poradnik leśnika*. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne: 276-278.
339. Szydłowska-Szczecińska A., 2008. *Gmina Zagrodno i jej okolice*: 49-60.

340. Szymanowski M., 2005. *Miejska wyspa ciepła we Wrocławiu*. Wrocław: Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego, Studia Geograficzne – tom 77.
341. Szymanowski M., 2002. *Modeling the Urban Heat Island of Wrocław*. W: Man and climate in 20th century. Doln. Wyd. Infor., Wrocław: 89-90.
342. Takahashi K., 1980. *The causal pathogen of bacterial blight of mulberry and its control*. JARQ, 14(1): 41-45.
343. Takahashi K., Watanabe K., Sato M., 1995. *Survival and characteristics of ice nucleation-active bacteria on mulberry trees (*Morus spp.*) and in mulberry pyralid (*Glyphodes pyloalis*)*. Japanese Journal of Phytopathology, 61(5): 439-443.
344. Talamucci, P., Pardini, A., & Argenti, G., 2000. *Effects of the grazing animals and the cutting on the production and the intake of a *Morus alba**. Subterranean clover association. Mulberry for animal production: 219-227.
345. Tanase, D., Glavan, C. Constantinescu, M. Pau, E., Ungureanu C., 2008. *The SWOT method for energetic potential of *Morus* biomass plants*. International conference, Bucharest, July, 2008.
346. Tartanus, M., 2019. *Sadownictwo metodami ekologicznymi: badania nad innowacyjnymi metodami ochrony upraw sadowniczych w rolnictwie ekologicznym, ze szczególnym uwzględnieniem upraw jagodowych*. Sprawozdanie z badań podstawowych prowadzonych w 2019 roku na rzecz rolnictwa ekologicznego. inhort.pl.
347. Taylor, P. E., Card, G., House, J., Dickinson, M. H., & Flagan, R. C., 2006. *High-speed pollen release in the white mulberry tree, *Morus alba* L.* Sexual Plant Reproduction, 19(1): 19-24.
348. Teotia, R. S., & Sen, S. K., 1994. *Mulberry diseases in India and their control*. Sericologia, 34(1): 1-18.
349. Thabethe, V., Wilson, A. L., Hart, L. A., & Downs, C. T., 2015. *Ingestion by an invasive parakeet species reduces germination success of invasive alien plants relative to ingestion by indigenous turaco species in South Africa*. Biological invasions, 17(10): 3029-3039.
350. Thite, S. V., Chavan, Y. R., Aparadh, V. T., & Kore, B. A., 2013. *Incidence of *Illeis cincta* (Fabricius) on powdery mildew of *Dalbergia sisso* and *Xanthium strumarium**. International Journal of Advanced Research, 1: 20-23.
351. Thomas, T. D., 2003. *Thidiazuron induced multiple shoot induction and plant regeneration from cotyledonary explants of mulberry*. Biologia Plantarum, 46(4): 529-533.
352. TIBCO Software Inc. (2017). Statistica (data analysis software system), version 13. <http://statistica.io>.

353. Tikader, A., & Kamble, C. K., 2008. *Mulberry wild species in India and their use in crop improvement a review*. Aust J Crop Sci, 2(2): 64-72.
354. Tikader, A., & Kamble, C. K., 2009. *Development of core collection for perennial mulberry (Morus spp.) germplasm*. Pertanika J Sci Technol, 17: 43-51.
355. Tokarska-Guzik B., Dajdok Z., Zając M., Zając A., Urbisz A., Danielewicz W., Hołdyński Cz., 2012. *Rośliny obcego pochodzenia w Polsce ze szczególnym uwzględnieniem gatunków inwazyjnych*. GDOŚ, Warszawa: 142.
356. Tokarska-Guzik, B., Dajdok Z., Zając M., Urbisz A., Danielewicz W., 2011. *Identyfikacja i kategoryzacja roślin obcego pochodzenia jako podstawa działań praktycznych*. Acta Botanica Silesiaca, 6: 23-53.
357. Trammell, T. L., Ralston, H. A., Scroggins, S. A., Carreiro, M. M., 2012. *Foliar production and decomposition rates in urban forests invaded by the exotic invasive shrub, Lonicera maackii*. Biological Invasions, 14(3): 529-545.
358. Treder, W., & Olszewski, T., 2004. *Ocena wpływu sposobu nawożenia na zawartość azotu w liściach jabłoni*. Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus, 3(2): 111-122.
359. Turok, J., 2020. CGIAR Research Program 1.1 "Dryland Systems".
360. Turok, J., Dosov, B., Abdurakhmanov, T., Carli, C., Karimov, A., Glazirina, M., Wegerich, K., 2014. *Integrated research approaches to increase resilience and improve well-being: launching the CGIAR Research Program on Dryland Systems in Central Asia*. Innovations for sustainability and food security in arid and semiarid lands: 157.
361. Twardowska K., 2015. *Jedwabnik morwowy - 5000 lat w niewoli*, Ekonatura 2015/01: 16-17.
362. Ueno S., Klopp C., Noirot C., Léger V., Prince E., Kremer A., Plomion C., Le Provost G., 2011. *Detection of genes involved in bud phenology in sessile oak (Quercus petraea Matt. Liebl) combining digital expression analysis and Q-PCR*. BMC Proceedings 5 (Suppl. 7): 20.
363. Ukav, Ā., 2018. *Mulberry Production Economy in District of Adiyaman*. Asian Journal of Agricultural Extension, Economics & Sociology: 1-10.
364. Urbanek Krajnc A, Ugulin T, Paušič A, Rabensteiner J, Bukovac V, Mikulič Petkovšek M, et al., 2019. *Morphometric and biochemical screening of old mulberry trees (Morus alba L.) in the former sericulture region of Slovenia*. Acta Soc Bot Pol. 88 (1): 3614
365. Utkina I. A., Rubtsov V. V., 2017. *Studies of Phenological Forms of Pedunculate Oak*. Contemporary Problems of Ecology 10 (7): 804–811.
366. Vajna, L., 2000. *First report of trunk blight and canker of Morus alba var. pendula caused by Fusarium lateritium f. sp. mori in Hungary*. Plant disease, 84(3): 372-372.

367. Velázquez-Martía B., Sajdak M., López-Cortés I. 2013, *Available residual biomass obtained from pruning Morus alba L. trees cultivated in urban forest*, Renewable Energy, vol. 60: 27-33 <https://doi.org/10.1016/j.renene.2013.04.001>
368. Vijayan, K., S. P. Chakraborti and B. N. Roy. 2000. *Plant regeneration from leaf explants of mulberry: Influence of sugar, genotype and 6- benzyladenine*. Indian J. Exp. Biol. 38: 504- 508.
369. Vijayan, K., Chakraborti, S. P., & Roy, B. N., 1998. *Regeneration of plantlets through callus culture in mulberry*. Indian Journal of Plant Physiology, 3: 310-313.
370. Vijayan, K., Raju, P. J., Tikader, A., & Saratchandra, B., 2014. *Biotechnology of mulberry (Morus L.)-A review*. Emirates Journal of Food and Agriculture, 26(6): 1-472.
371. Vijayan, K., Srivastava, P. P., Raju, P. J., & Saratchandra, B., 2012. *Breeding for higher productivity in mulberry*. Czech Journal of Genetics and Plant Breeding, 48(4): 147-156.
372. Vijayan, K., Tikader, A., & da Silva, J. A. T., 2011. *Application of tissue culture techniques for propagation and crop improvement in mulberry (Morus spp.)*. Tree Forest. Sci. Biotechnol. 2011b, 5(1): 1-13.
373. Vítková, M., Müllerová, J., Sádlo, J., Pergl, J., & Pyšek, P., 2017. *Black locust (Robinia pseudoacacia) beloved and despised: A story of an invasive tree in Central Europe*. Forest Ecology and Management, 384: 287-302.
374. Vu, C. C., Verstegen, M. W. A., Hendriks, W. H., Pham, K. C., 2011. *The nutritive value of mulberry leaves (Morus alba) and partial replacement of cotton seed in rations on the performance of growing Vietnamese cattle*. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 24(9): 1233-1242.
375. Walkowiak A., Kozłowicz M., Pozorska A., Zielinska J., Kupcewicz B., 2019. *Morwa biała (Morus alba) jako naturalne źródło związków o działaniu przeciwcukrzycowym*. Farmacja Polska, 75 (8): 426–430.
376. Wang K.R., 2002. Tolerance of Cultivated Plants to Cadmium and their Utilization in Polluted Farmland Soils. Acta Biotechnol. 22 (2002) 1—2: 189-198
377. Wang K. R., Gong H., Wang Y., van der Zee S.E.A.T.M., 2004, *Toxic Effects of Cadmium on Morus alba L. and Bombyx morii L.*, Plant and Soil, vol. 261, Is. 1–2: 171–180.
378. Wang Y., Xiang L., Wang C., Tang C., He X., 2012. *Antidiabetic and Antioxidant Effects and Phytochemicals of Mulberry Fruit (Morus alba L.) Polyphenol Enhanced Extract*, Plos One, 7(8): 1-10.
379. Warne A., 2020. *White Mulberry (Morus alba) Best Management Practices in Ontario*. Ontario Invasive Plant Council, Peterborough, ON: 1-31.

380. Wawro A., Pieprzyk-Kokocha D., 2016. *Oznaczenie zawartości substancji biologicznie aktywnych w ekstraktach wodnych z liści i pędów morwy białej*. Postępy Fitoterapii 2/2016: 87-90.
381. Wawro, A., Pieprzyk-Kokocha, D., Gryszczyńska, A., Łowicki, Z., Mikołajczak, P. Ł., & Grajek, K., 2013. *Porównanie składu polifenoli zawartych w wyciągach hydroalkoholowych liści różnych odmian morwy białej (Morus alba L.)*. Post Fitoter, 4: 220-224.
382. Wawrzyniak M., Wrzesińska D., 2011. *Repelentna aktywność wybranych alkoholowych i acetonowych ekstraktów roślinnych w odniesieniu do wołka zbożowego (Sitophilus granarius L.)*. Ekologia i Technika, 19(2): 69-72.
383. Weber-Siwińska M, Czekalski M., 2007. *Odnawianie się generatywne drzew i krzewów na terenie Wrocławia*, Rocznik Dendrologiczny, 55: 97-112
384. Wei, B., Yang, W., Yan, Z. X., Zhang, Q. W., & Yan, R., 2018. *Prenylflavonoids sanggenon C and kuwanon G from mulberry (Morus alba L.) as potent broad-spectrum bacterial β -glucuronidase inhibitors: biological evaluation and molecular docking studies*. Journal of Functional Foods, 48: 210-219.
385. Wenda-Piesik, A., 2011. *Entomopatogeniczne grzyby z rodzaju Fusarium i ich znaczenie w regulacji liczebności szkodliwych owadów*. Postępy Nauk Rolniczych, nr 4/2011: 35–48.
386. White, D. W., & Stiles, E. W., 1992. *Bird dispersal of fruits of species introduced into eastern North America*. Canadian Journal of Botany, 70(8): 1689-1696.
387. Williamson M., Fitter A., 1996. *The varying success of invaders*. Ecology 77: 1661-1666.
388. Winn, A. A., 1996. *Adaptation to fine-grained environmental variation: an analysis of within-individual leaf variation in an annual plant*. Evolution, 76: 1569-1580.
389. Wiśniewski P., 2008. *Procedura pobierana próbek owoców*. Wyd. 1/2008, POLANA Sp. z o.o. Ochoża.
390. Witaczek-Nehring B., 2010. *Gdzie jest morwa tam jedwabnictwo być może*, Zakłady Jedwabiu Naturalnego "Milanówek"
391. Wodzicki S., 1828. *O hodowaniu, użytku, mnożeniu i poznawaniu drzew, krzewów i ziół celniejszych przez Stanisława Wodzickiego*, Tom VI, Kraków.
392. Wojcieszczuk, T., & Niedzwiecki, E., 2003. *Zawartość niektórych mikroelementów w liściach drzew i glebach przyulicznych Szczecina*. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, (492): 411-417.

393. Wojda, T., 2004. *Zmienność wiosennej fenologii polskich i litewskich pochodzeń brzozy brodawkowatej [Betula pendula Roth.]*. Sylwan, 143(08): 52-60.
394. Wojtatowicz J., Pietrzykowska K., 2018. *Drzewa i krzewy jako źródło pożywienia ptaków drozdowatych w Polsce*, Rocznik Polskiego Towarzystwa Dendrologicznego, 66: 123–134.
395. Wood F. 2002. *The Silk Road: two thousand years in the heart of Asia*. Berkeley: University of California Press: 28.
396. World Meteorological Organization, 2020. *Statement on the State of the Global Climate in 2019*, WMO-No. 1248, Publications Board World Meteorological Organization, Geneva 2020.
397. Wr. W., 1891. *Wyprawy do Azji środkowej. II*. Wszechświat, t. 10, nr 52: 817-822.
398. Wrońska-Pilarek D., Maliński T., 2008. *Przewodnik dendrologiczny po parku cytadela*. Poznań: 33-43, 75
399. Wu, Y., Liu, C., Li, P. et al., 2009. *Photosynthetic characteristics involved in adaptability to Karst soil and alien invasion of paper mulberry (Broussonetia papyrifera (L.) Vent.) in comparison with mulberry (Morus alba L.)*. Photosynthetica 47: 155–160.
400. Yanfang, Z., Dechang, H., Jincheng, Z., Ping, Z., Zhaohong, W., & Chuanjie, C., 2019. *Development of a mulberry core collection originated in China to enhance germplasm conservation*. Crop Breeding and Applied Biotechnology, 19(1): 55-61.
401. Yazdani, E., Sendi, J. J., Aliakbar, A., & Senthil-Nathan, S., 2013. *Effect of Lavandula angustifolia essential oil against lesser mulberry pyralid Glyphodes pyloalis Walker (Lep: Pyralidae) and identification of its major derivatives*. Pesticide biochemistry and physiology, 107(2): 250-257.
402. Yildiz, O., 2013. *Physicochemical and sensory properties of mulberry products: Gümüşhane pestil and köme*. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 37(6): 762-771.
403. Yilmaz, K. U., Zengin, Y., Ercisli, S., Demirtas, M. N., Kan, T., & Nazli, A. R., 2012. *Morphological diversity on fruit characteristics among some selected mulberry genotypes from Turkey*. Journal of Animal and Plant Sciences, 22(211): e214.
404. Zadernowski, R., Naczka, M., & Nesterowicz, J., 2005. *Phenolic acid profiles in some small berries*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53(6): 2118-2124.
405. Zając A, Zając M. 2001. *Atlas rozmieszczenia roślin naczyniowych w Polsce*. Nakładem Pracowni Chorologii Komputerowej Instytutu Botaniki Uniwersytetu Jagiellońskiego. Kraków.

406. Zaraś-Januszkiewicz, E., Żarska, B., Fornal-Pieniak, B., & Rosłon-Szeryńska, E., 2014. *Phenological observations of aianthus altissima (mill.) Swingle at different urban areas*. Plants in urban areas and landscape.
407. Zaraś-Januszkiewicz, E. M., Rosłon-Szeryńska, E., Żarska, B., & Fornal-Pieniak, B. 2020. *The changes of phenological phases on the example of selected invasive species of trees in Urban areas and Landscape*: 86.
408. Zarzynski, P., 2009. *Ocena zależności między występowaniem w drewnie substancji o charakterze fenolowym a jego rozkładem przez wybrane gatunki grzybów saprotroficznycch i pasożytniczych*. Leśne Prace Badawcze, 70(2): 113-122.
409. Zhang, C., Chen, M., Liu, G., Huang, G., Wang, Y., Yang, S., & Xu, X., 2020. *Enhanced UV-B radiation aggravates negative effects more in females than in males of Morus alba saplings under drought stress*. Environmental and Experimental Botany, 169, 103903.
410. Zhang, M. M., Wang, N., Hu, Y. B., Sun, G. Y., 2018. *Changes in soil physicochemical properties and soil bacterial community in mulberry (Morus alba L.)/alfalfa (Medicago sativa L.) intercropping system*. MicrobiologyOpen, 7(2): e00555.
411. Zhang Q., Yan S.Q., Li M.Z., 2009. *Silk fibroin based porous materials*. Materials, 2 (4): 2276–2295.
412. Zhan-hua, C., 2010. *Research on phenology and drought-resistance of varieties of Morus alba in arid and cold region*. Journal of Jilin Forestry Science and Technology, (6): 6.
413. Zieliński J., Nowak G., 2011. *Drzewa i krzewy do rekultywacji składowisk przemysłowych*. Rośliny do zadań specjalnych: 455-466.
414. Żyznowski S. 1659. *Cursus gloriae Jllustrissimi, Excellentissimi Domini, D. Alexandri in Konięcpole Konięcpolski, Palatini Sandomiriensis, S.R. Imperii Principis, Pereaslaiensis, Korszunen. Kanoiuien. Dolinen*. Cracoviae: apud Viduam et Haredes Christophori Schedel
415. *Informacja o jakości powietrza na obszarze miasta Wrocławia w 2016r*. Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska, Wrocław: 1-20.
416. Krajowy Rejestry pomników przyrody: Województwo dolnośląskie [aktualizacja: 7.11.2017]
417. Krajowy Rejestry pomników przyrody: Województwo lubuskie [aktualizacja: 7.11.2017]
418. Krajowy Rejestry pomników przyrody: Województwo świętokrzyskie [aktualizacja: 21.11.2017]
419. Krajowy Rejestry pomników przyrody: Województwo wielkopolskie[aktualizacja: 7.11.2017]

420. *List of non-native invasive plants in Georgia*. 2006, Southeast Exotic Pest Plant Council, URL <https://www.gaeppc.org/list/>
421. *Monitoring i ocena jakości powietrza. Informacji o stanie środowiska na obszarze miasta Wrocławia w 2014r.* Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska
422. *Ogólne zasady pobierania i transportowania próbek materiału roślinnego (liści, owoców) do analiz.* Instytut Ogrodnictwa, Pracownia Badań Zanieczyszczeń Chemicznych
423. Uchwała 17/2019 Zespołu ds. Suplementów Diety z dnia 25. października 2019 w sprawie wyrażenia opinii dotyczącej stosowania preparatów z rośliny *Morus alba* L. jako składników suplementów diety.
424. Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody. Dz.U. 2004 nr 92 poz. 880.
425. Statista Research Department, Jan 11, 2021. *Area of mulberry plantation India FY 2013-2020.*

Źródła internetowe:

426. <https://www.agmrc.org/commodities-products/fruits/mulberries> (dostęp 06.03.2022)
427. <https://www.bakaliowo.pl/bakaliowo-pl/morwa-biala> (dostęp 06.03.2022)
428. <https://www.cabi.org/isc/datasheet/34816#toDistributionMaps>(dostęp 04.03.2022)
429. <http://clc.gios.gov.pl/index.php/geoportal> (dostęp 08.09.2021)
430. <http://www.derenjadalny.com/oferta/morwa> (dostęp 12.05.2021)
431. Mapa użytkowania terenu we Wrocławiu, <http://eko.org.pl/wroclaw/mapy/mapa3.html> (dostęp 08.09.2021)
432. <https://www.fao.org/3/AD107E/ad107e0b.htm> (dostęp 08.09.2021)
433. <http://geoportal.wroclaw.pl/mapy/przyrodnicza/> (dostęp 08.09.2021)
434. https://www.leipzig.de/fachanwendungen/city-regions/fileadmin/user_upload/Downloads/CiRe_4.3.8_Evaluation%20of%20the%20relevance%20of%20green%20infrastructure%20PL.pdf (dostęp 08.09.2021)
- 435.
436. <https://meteomodel.pl/BLOG/miejska-wyspa-ciepla-we-wroclawiu-wrf/> (dostęp 08.09.2021)
437. https://meteomodel.pl/dane/srednie-miesieczne/?imgwid=351160424&par=prcp&max_empty=0 (dostęp 08.09.2021)
438. https://meteomodel.pl/dane/srednie-miesieczne/?imgwid=351160424&par=%28tx%2Btn%29%2F2&max_empty=0 (dostęp 08.09.2021)

439. https://meteomodel.pl/dane/srednie-miesieczne/?imgwid=351160424&par=tm5&max_empty=0 (dostęp 08.09.2021)
440. <http://mulinfo.csrtimys.res.in/index.php/en/> (dostęp 08.09.2021)
441. <https://natur-sklep.pl/kategoria/index/morwa-biala/> (dostęp 06.03.2022)
442. http://old.sulechow.pl/index_wydruk.php?idi=1246&lng=pl dostęp 09.03.2020
443. <https://pl.climate-data.org/europa/polska/lower-silesian-voivodeship/wroc%C5%82aw-4531/>(dostęp 18.10.2021)
444. <https://pl.climate-data.org/europa/niemcy/brandenburgia/brandenburg-an-der-havel-22648/> (dostęp 15.04.2020)
445. <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:30004492-2> (dostęp 09.03.2020)
446. <http://www.theplantlist.org/tp11.1/search?q=Morus> (dostęp 08.04.2020)
447. <https://www.wroclaw.pl/srodowisko/monitoring-i-ocena-jakosci-powietrza> (dostęp 08.09.2021)
448. Słownik języka polskiego: Jedwab. PWN. [dostęp 2017-10-27], <https://sjp.pwn.pl/> (dostęp 10.03.2020)
449. http://www.xinhuanet.com/english/2020-10/08/c_139425536.htm (dostęp 08.09.2021)
450. Ryciny: ryc. Diakow P., 2009, Miejska wyspa ciepła: Prognoza WRF na 01UTC, 10-09-2011. Model WRF, siatka 4km (dostęp 10.03.2020)

SPIS TABEL, WYKRESÓW I ZDJĘĆ

Tab. 1. Intensywność wyspy ciepła we Wrocławiu w latach 1997–2000 jako różnica temperatury powietrza [°C] pomiędzy obszarami o różnym typie zabudowy a peryferiami miasta [Dubicki i in. 2002]	50
Tab. 2. Różnica temperatury powietrza [°C] pomiędzy strefami termicznymi Wrocławia a peryferiami miasta [Dubicki i in. 2002]	54
Tab. 3. Wyniki analizy głównych składowych PCA przeprowadzonej dla dodatkowej zmiennej reprezentującej poziom urbanizacji.	79
Tab. 4. Wartości średnie wraz z błędami standardowymi parametrów opisujących naturalne (samosiew) i sztuczne (celowe nasadzenia) odnowienia morwy białej <i>Morus alba</i> . Różne litery oznaczają istotne różnice uzyskane po teście Tukeya lub teście Kruskala–Wallisa ($p \leq 0.05$).	80
Tab. 5. Wyniki analizy głównych składowych (PCA) przeprowadzonej dla dodatkowej zmiennej – współczynnika termicznego dla stanowisk morwy białej we Wrocławiu.....	82

Tab. 6. Wartości średnie wraz ze standardowymi błędami statystycznymi parametrów opisujących naturalne (samosiew) i sztuczne (celowe nasadzenia) odnowienia morwy białej w różnych strefach termicznych miasta. Różne litery oznaczają istotne różnice uzyskane po teście Tukeya lub teście Kruskala–Wallisa ($p \leq 0.05$).	83
Tab. 7. Zestawienie dat pojawów fenologicznych rozwoju liści morwy białej dla poszczególnych stanowisk, w latach 2018-2020.....	85
Tab. 8. Zestawienie dat pojawów fenologicznych rozwoju kwiatów i owoców morwy białej dla poszczególnych stanowisk, w latach 2018-2020..	86
Tab. 9. Zestawienie średnich długości fenofaz z lat 2018-2020 na poszczególnych stanowiskach morwy białej we Wrocławiu	95
Tab. 10. Zestawienie średnich dat pojawów wyznaczających fenofazy rozwoju liści, kwiatów i owoców, wyliczonych za lata 2018-2020 na poszczególnych stanowiskach morwy białej we Wrocławiu	96
Tab. 11. Macierz korelacji liniowych Pearsona dla faz fenologicznych generatywnych u morwy białej rosnącej na poszczególnych stanowiskach we Wrocławiu	96
Tab. 12. Porównanie terminów rozpoczęcia owocowania poszczególnych stanowisk morwy białej we Wrocławiu	99
Tab. 13. Porównanie terminów zakończenia owocowania poszczególnych stanowisk morwy białej we Wrocławiu	100
Tab. 14. Porównanie długości fazy owoców dojrzałych poszczególnych stanowisk morwy białej we Wrocławiu	100
Tab. 15. SAT (Suma Aktywnych Temperatur) zliczanych od początku roku do początku owocowania morwy białej we Wrocławiu w latach 2018-2020.....	101
Tab. 16. Zawartość pierwiastków, zasolenie i pH gleby na stanowiskach morwy białej we Wrocławiu..	102
Tab. 17. Zawartość pierwiastków w liściach morwy na stanowiskach, gdzie prowadzono badania szczegółowe.....	103
Tab. 18. Zależność zawartości pierwiastków w liściach morwy białej na wrocławskich stanowiskach od zawartości pierwiastków w glebie	104
Tab. 19. Zawartość chlorofilu w liściach morwy białej na wrocławskich stanowiskach [$\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ś.m.]	104
Tab. 20. Wybrane cechy morfologiczne owoców morwy białej na wybranych stanowiskach we Wrocławiu w 2019 roku..	107
Tab. 21. Wybrane cechy morfologiczne owoców morwy białej na wybranych stanowiskach we Wrocławiu w 2020 roku.	107
Tab. 22. Wybrane cechy morfologiczne owoców morwy białej na wybranych stanowiskach we Wrocławiu dla lat 2019-2020.....	108
Tab. 23. Zawartość pierwiastków w owocach morwy białej na wybranych stanowiskach we Wrocławiu w 2020 roku	109
Ryc.1. Podział mapy Wrocławia na strefy użytkowana terenu. Typ zabudowy zgeneralizowany w sieci kwadratów o powierzchni 1 km^2	52

Ryc. 2. Strefy termiczne Wrocławia zgodne z rozmieszczeniem Miejskiej Wyspy Ciepła, zgeneralizowane w sieci kwadratów o powierzchni 1 km ² , w °C [Dubicki i in. 2002].	52
Ryc. 3. Miesięczne sumy opadów (dane meteorologiczne ze stacji Wrocław Strachowice [IMGW])	53
Ryc. 4. Średnie miesięczne temperatury (dane meteorologiczne ze stacji Wrocław Strachowice [IMGW])	55
Ryc. 5. Średnie temperatury dobowe dzień po dniu, w okresie od kwietnia do września 2018 roku, dla strefy termicznej B	56
Ryc. 6. Średnie temperatury dobowe dzień po dniu, w okresie od kwietnia do września 2019 roku, dla strefy termicznej B	56
Ryc. 7. Średnie temperatury dobowe dzień po dniu, w okresie od kwietnia do września 2020 roku, dla strefy termicznej B	56
Ryc. 8. Średnie temperatury dobowe dzień po dniu, w okresie od kwietnia do września 2018 roku, dla strefy termicznej C	57
Ryc. 9. Średnie temperatury dobowe dzień po dniu, w okresie od kwietnia do września 2019 roku, dla strefy termicznej	57
Ryc. 10. Średnie temperatury dobowe dzień po dniu, w okresie od kwietnia do września 2020 roku, dla strefy termicznej C	57
Ryc. 11. Średnie temperatury dobowe dzień po dniu, w okresie od kwietnia do września 2018 roku, dla strefy termicznej D	57
Ryc. 12. Średnie temperatury dobowe dzień po dniu, w okresie od kwietnia do września 2019 roku, dla strefy termicznej D	58
Ryc. 13. Średnie temperatury dobowe dzień po dniu, w okresie od kwietnia do września 2020 roku, dla strefy termicznej D	58
Ryc. 14. Rozmieszczenie na mapie Wrocławia stanowisk morwy białej na których prowadzono badania szczegółowe	59
Ryc. 15. Wzorzec wykresów długości faz rozwoju generatywnego morwy białej	71
Ryc. 16. Rozkład obwodów drzew morwy białej <i>Morus alba</i> . Wartości procentowe reprezentują udział osobników drzew o pierśnicy mieszczącej się w danym przedziale (test W Shapiro Wilka = 0,845; p ≤ 0,0001). Liczbę określono jako średnią dla każdego kwadratu.	78
Ryc. 17. Występowanie stanowisk <i>Morus alba</i> w poszczególnych strefach użytkowania Wrocławia różniących się dominującym typem zabudowy	79
Ryc. 18 Analiza głównych składowych (PCA) przeprowadzona dla parametrów charakteryzujących naturalne i sztuczne odnowienia morwy białej we Wrocławiu. Jako zmienną dodatkową do analiz wprowadzono poziom urbanizacji.	81
Ryc. 19. Występowanie stanowisk morwy białej w poszczególnych strefach termicznych Wrocławia wyznaczonych zgodnie z rozmieszczeniem Miejskiej Wyspy Ciepła	82
Ryc. 20. Analiza głównych składowych (PCA) przeprowadzona dla parametrów charakteryzujących naturalne i sztuczne odnowienia morwy białej. Jako zmienną dodatkową do analizy wprowadzono czynnik termiczny	84

Ryc. 21. Uproszczone spektra fenologiczne poszczególnych stanowisk za rok obserwacji 2018. Fazy rozwoju liści.	87
Ryc. 22. Uproszczone spektra fenologiczne poszczególnych stanowisk za rok obserwacji 2018. Fazy rozwoju kwiatów i owoców.	88
Ryc. 23. Uproszczone spektra fenologiczne poszczególnych stanowisk za rok obserwacji 2019. Fazy rozwoju liści.	90
Ryc. 25. Uproszczone spektra fenologiczne poszczególnych stanowisk za rok obserwacji 2020. Fazy rozwoju liści.	93
Ryc. 26. Uproszczone spektra fenologiczne poszczególnych stanowisk za rok obserwacji 2020. Fazy rozwoju kwiatów i owoców.	94
Ryc. 27. Związek początku dojrzewania owoców morwy białej ze średnią temperaturą w okresie 1.-20.05.	97
Ryc. 28 Związek początku dojrzewania owoców morwy białej z SAT (Sumą Aktywnych Temperatur) w okresie 1.- 20.05.	97
Ryc. 29. Związek początku dojrzewania owoców morwy białej z sumą temperatur ≥ 20 °C w okresie 1.- 20.05.	97
Ryc. 30. Związek początku dojrzewania owoców morwy białej z liczbą dni z temperaturą ≥ 20 °C w czerwcu.	98
Ryc. 31. Związek początku dojrzewania owoców morwy białej z sumą temperatur ≥ 20 °C w czerwcu.	98
Ryc. 32. Związek początku dojrzewania owoców morwy białej z liczbą dni z temperaturą ≥ 22 °C w czerwcu.	98
Ryc. 33. Związek początku dojrzewania owoców morwy białej z sumą temperatur ≥ 22 °C w czerwcu.	99
Ryc. 34. Porównanie zawartości fosforu w glebie i liściach dla stanowisk szczegółowych morwy białej we Wrocławiu.	105
Ryc. 35. Porównanie zawartości potasu w glebie i liściach dla stanowisk szczegółowych morwy białej we Wrocławiu.	105
Ryc. 36. Porównanie zawartości wapnia w glebie i liściach dla stanowisk szczegółowych morwy białej we Wrocławiu.	105
Ryc. 37. Porównanie zawartości magnezu w glebie i liściach dla stanowisk szczegółowych morwy białej we Wrocławiu.	106
Ryc. 35. Rozrzut wyników – Mg.	101
Fot. 1 Prawdopodobny pierwotny i wtórny zasięg występowania morwy białej.	8
Fot. 2. Kwiatostany żeńskie złożone z wielu kwiatów o pojedynczych słupkach.	12
Fot. 3. Kwiatostany męskie zbudowane z licznych kwiatów o czterech pręcikach.	12
Fot. 4. Bakterioza powodowana przez <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>mori</i>	20
Fot. 5 Dziurkowatość liści, prawdopodobnie wywołana przez <i>Mycosphaerella mori</i>	20

Fot. 6. Rozszczepka pospolita <i>Schizophyllum commune</i>	20
Fot. 7. Heterofilia (różnolistość) jest wyraźnie widoczna u morwy białej	27
Fot. 8. Przekrój poprzeczny pnia morwy białej. Drewno ma złotobrazowe zabarwienie	33
Fot. 9. Stanowisko 1. Rzut z góry, skala 1:650	60
Fot. 10. Stanowisko 2. Rzut z góry, skala 1:650	61
Fot. 11. Stanowisko 3. Rzut z góry, skala 1:650	62
Fot. 12. Stanowisko 4. Rzut z góry, skala 1:650	63
Fot. 13. Stanowisko 5. Rzut z góry, skala 1:650	64
Fot. 14. Stanowisko 6. Rzut z góry, skala 1:650	65
Fot. 15. Stanowisko 7. Rzut z góry, skala 1:650	66
Fot. 16. Stanowisko 8. Rzut z góry, skala 1:650	67
Fot. 17. Stanowisko 9. Rzut z góry, skala 1:650	68
Fot. 18. Stanowisko 10. Rzut z góry, skala 1:650	69
Fot. 19. Otwieranie się pąków liściowych morwy białej	72
Fot. 20. Rozchylanie blaszek liściowych morwy białej.	72
Fot. 21. Pełny rozwój ulistnienia morwy białej	72
Fot. 22. Koniec pełni jesiennego przebarwienia morwy białej	73
Fot. 23. Pełnia opadania liści morwy białej	73
Fot. 24. Koniec opadania liści morwy białej	74
Fot. 25. Faza pąków kwiatowych, kwiaty żeńskie morwy białej	74
Fot. 26. Pełnia kwitnienia, kwiaty żeńskie morwy białej	74
Fot. 27. Początek dojrzewania owoców morwy białej	75
Fot. 28. Pełnia dojrzewania owoców morwy białej	56
Fot. 29. Roczne siewki. Morwa biała często rozsiewa się na nietypowych stanowiskach	81
Fot. 30. Roczne siewki. Morwa często rozsiewa się na nietypowych stanowiskach.....	81
Fot. 31. Owoce morwy dojrzewają nierównomiernie – 14.06.2018.	87
Fot. 32. Dojrzałe owoce morwy białej pobrane ze stanowiska 1. we Wrocławiu mają żółtawe zabarwienie	109
Fot. 33. Dojrzałe owoce morwy białej pobrane ze stanowiska 2. we Wrocławiu mają różowofioletowe zabarwienie	109
Fot. 34. Dojrzałe owoce morwy białej pobrane ze stanowiska 3. we Wrocławiu są kremowe	110
Fot. 35. Dojrzałe owoce morwy białej pobrane ze stanowiska 3. we Wrocławiu są kremowe	110
Fot. 36. Dojrzałe owoce morwy białej pobrane ze stanowiska 4. we Wrocławiu mają brunatnożółty odcień.	110
Fot. 37. Dojrzałe owoce morwy białej pobrane ze stanowiska 5. we Wrocławiu są stosunkowo małe, mają beżowy odcień.	111

Fot. 38. Dojrzałe owoce morwy białej pobrane ze stanowiska 6. we Wrocławiu są żółtawe.	111
Fot. 39. Dojrzałe owoce morwy białej pobrane ze stanowiska 7. we Wrocławiu są złotokremowe. .	111
Fot. 40. Dojrzałe owoce morwy białej pobrane ze stanowiska 8. we Wrocławiu są kremowe.	111
Fot. 41. Dojrzałe owoce morwy białej pobrane ze stanowiska 9. we Wrocławiu są bardzo duże, o różowobeżowym zabarwieniu.....	112
Fot. 42. Dojrzałe owoce morwy białej pobrane ze stanowiska 9. we Wrocławiu są bardzo duże, o różowobeżowym zabarwieniu.....	112
Fot. 43. Dojrzałe owoce morwy białej pobrane ze stanowiska 10. we Wrocławiu są beżowożółte ..	112