

UNIWERSYTET PRZYRODNICZY W POZNANIU

WYDZIAŁ ROLNICTWA, OGRODNICTWA I BIOINŻYNIERII

Mateusz Sowelo

MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA RODZIMYCH I INTRODUKOWANYCH W POLSCE
GATUNKÓW Z RODZAJU *SPIRAEA* L. (ROSACEAE) NA TERENACH ZIELENI
MIEJSKIEJ NA PRZYKŁADZIE POZNANIA

Rozprawa doktorska
napisana pod kierunkiem
prof. UPP dr. hab.
Wojciecha Antkowiaka

Poznań 2023

Per aspera ad astra

Spis treści

1.	Wstęp	5
1.1.	Wprowadzenie do tematu badań	5
1.2.	Hipoteza i cele pracy	12
2.	Rodzaj <i>Spiraea</i> L.	13
2.1.	Historia rodzaju <i>Spiraea</i> L.	13
2.2.	Charakterystyka rodzaju <i>Spiraea</i> L.	23
2.3.	Klucz do oznaczania tawułow uprawianych w Polsce	30
2.4.	Charakterystyka tawułow uprawianych w Polsce	36
2.4.1.	Sekcja <i>Calospira</i> K. Koch	36
	• <i>S. bella</i> Sims	36
	• <i>S. betulifolia</i> Pall.	37
	• <i>S. canescens</i> D. Don	38
	• <i>S. decumbens</i> Koch	40
	• <i>S. formosana</i> Hayata	42
	• <i>S. fritschiana</i> C.K. Schneid.	43
	• <i>S. hayatana</i> H.L. Li	44
	• <i>S. henryi</i> Hemsl.	45
	• <i>S. japonica</i> L. f.	46
	• <i>S. longigemmis</i> Maxim.	50
	• <i>S. miyabei</i> Koidz.	51
	• <i>S. rosthornii</i> E. Pritz.	52
	• <i>S. sargentiana</i> Rehder	53
	• <i>S. splendens</i> É. N. Baumann ex K. Koch	54
	• <i>S. trichocarpa</i> Nakai	57
	• <i>S. uratensis</i> Franch.	58
	• <i>S. veitchii</i> Hemsl.	59
	• <i>S. wilsonii</i> Duthie	60
2.4.2.	Sekcja <i>Chamaedryon</i> Ser.	61
	• <i>S. blumei</i> G. Don	61
	• <i>S. cana</i> Waldst. & Kit.	62
	• <i>S. cantoniensis</i> Lour.	63
	• <i>S. chamaedryfolia</i> L.	64
	• <i>S. chinensis</i> Maxim.	65
	• <i>S. crenata</i> L.	66
	• <i>S. dasyantha</i> Bunge	68

• <i>S. gemmata</i> Zabel.....	69
• <i>S. lasiocarpa</i> Kar. & Kir.	70
• <i>S. media</i> Schmidt.....	71
• <i>S. mollifolia</i> Rehder.....	74
• <i>S. nipponica</i> Maxim.	75
• <i>S. pubescens</i> Turcz.	77
• <i>S. trilobata</i> L.	78
• <i>S. ussuriensis</i> Pojark.	79
2.4.3. Sekcja <i>Sciadhantha</i> K. Koch	80
• <i>S. hypericifolia</i> L.....	80
• <i>S. prunifolia</i> Siebold & Zucc.	82
• <i>S. thunbergii</i> Siebold ex Blume	84
2.4.4. Sekcja <i>Spiraria</i> Ser.	85
• <i>S. alba</i> Du Roi.....	85
• <i>S. douglasii</i> Hook.....	87
• <i>S. humilis</i> Pojark.	90
• <i>S. salicifolia</i> L.	91
• <i>S. tomentosa</i> L.....	93
2.5. Polskie nazwy tawułów.....	99
3. Materiał i metody badań	101
3.1. Obserwacje fenologiczne tawułów	101
3.2. Charakterystyka epidermy tawułów	105
3.3. Fitoremediacja metali ciężkich z gleby.....	112
4. Wyniki.....	114
4.1. Specyfika rozwojowa tawułów na podstawie obserwacji fenologicznych	114
4.2. Charakterystyka powierzchni liści tawułów w aspekcie fitoremediacji powietrza	125
4.3. Potencjał wybranych tawułów uprawianych na terenach zieleni miejskiej w Poznaniu do fitoremediacji metali ciężkich z gleby.....	129
5. Dyskusja.....	134
6. Podsumowanie i wnioski	154
7. Literatura	156
8. Streszczenie rozprawy.....	175
9. Summary	176
10. Aneks	177

1. Wstęp

1.1. Wprowadzenie do tematu badań

W polskiej literaturze dendrologicznej można znaleźć informacje o niewielkiej części przedstawicieli rodzaju *Spiraea* L. Dodatkowo nazewnictwo niektórych z opisanych niegdyś tawułów uległo zmianie. Na przykład *S. menziesii* jest obecnie traktowana jako *S. douglasii* var. *menziesii* (BROUILLET 2014). By porównać liczbę tawułów przedstawionych w różnych opracowaniach, policzono je według ujęcia taksonomicznego przyjętego na potrzeby niniejszej pracy (rozdział 2.4, str. 36). Zgodnie z nią, w *Drzewoznawstwie* (BIAŁOBOK i HELLWIG 1955) znajdziemy opis 15 gatunków, 3 taksonów niższego rzędu i 6 mieszańców międzygatunkowych. W *Drzewach i krzewach* (BUGAŁA 2000) scharakteryzowano 10 gatunków, 4 taksony niższego rzędu oraz 5 mieszańców międzygatunkowych, w *Dendrologii* (SENETA i DOLATOWSKI 2012) przedstawiono 6 gatunków, 2 taksony niższego rzędu i 4 mieszańce międzygatunkowe, a w jej najnowszym wydaniu (SENETA i IN. 2021) opis tawułów poszerzono o 4 gatunki, 1 takson niższego rzędu i o 1 mieszańca międzygatunkowy. Łącznie w powyższych opracowaniach przedstawiono 32 różne taksony, w tym 19 gatunków, 5 taksonów niższego rzędu i 8 mieszańców międzygatunkowych. W internetowym KATALOGU ZWIĄZKU SZKÓŁKARZY POLSKICH, który przedstawia ofertę zrzeszonych producentów, widnieje 12 gatunków, 2 taksony niższego rzędu i 4 mieszańce międzygatunkowe. W rozważaniu pominięto kultywary, których obecnie na rynku jest 40, w tym aż 27 to odmiany *S. japonica*. Warto zaznaczyć, że charakterystyki gatunków tawułów oferowanych na rynku polskim przez producentów są dostępne w polskiej literaturze dendrologicznej, choć w przypadku niektórych taksonów informacje są skąpe.

W dostępnych opracowaniach z zakresu doboru roślin dla terenów zieleni nie ujęto szczególnie dużej liczby tawułów. W *Katalogu Drzew i Krzewów Ozdobnych* (TERLECKA 1976) rekomenduje się do rozmaitych kompozycji 10 taksonów *Spiraea*, nie licząc odmian uprawnych. Zestawienie to ujmuje także tawuły obecnie nie spotykane w przestrzeni miejskiej: *S. chamaedryfolia*, *S. japonica* f. *albiflora*, *S. douglasii* var. *menziesii*, *S. prunifolia* oraz *S. thunbergii*. Listę tawułów dla zieleni miejskiej środkowo-zachodniej Polski przedstawił ŁUKASIEWICZ (1995), proponując spośród niewymienionych przez TERLECKĄ (1976) następujące gatunki: *S. densiflora*, *S. henryi*, *S. media*, *S. nipponica* i *S. veitchii*. Autor przyporządkował również poszczególne tawuły do różnego typu nasadzeń, jak pasy zieleni przyulicznej, parki i zieleńce. LENARD i WOLSKI (2006) w swoim opracowaniu dotyczącym kształtowania terenów zieleni, nie poszerzyli oferty gatunkowej tawułów. Wskazali za to 4 taksony

(*S. chamaedryfolia*, *S. ×vanhouttei*, *S. ×cinerea* ‘Grefsheim’, *S. ×pseudosalicifolia*), które według nich nadają się do obsadzania pasów rozdzielających jezdnie.

Rodzaj *Spiraea* liczy około 80 gatunków (LU i CRINAN 2003), z których nieco ponad 40 zostało zgromadzonych w polskich kolekcjach dendrologicznych. Są to tawuły, które mogłyby wzbogacić aktualną ofertę krzewów dedykowanych terenom zieleni miejskiej. Warto nadmienić, że niektóre taksony odznaczają się dobrą wytrzymałością na duże mrozy (BIELAWSKA i GÓRSKA 1961, BIELAWSKA i GÓRSKA 1966, ŁUKASIEWICZ 1994) oraz wyjątkowe susze (ŁUKASIEWICZ 1989). Na podstawie ww. opracowań warto wskazać *S. henryi*, *S. mollifolia*, *S. nipponica* czy *S. veitchii*, które okazały się odporne na mrozy sięgające -20°C jak i długotrwałą suszę. Według ŁUKASIEWICZA (1994), wspomniane gatunki przetrwały lata z opadami wynoszącymi 275 mm (1982 r.) i 355,5 mm (1983 r.) oraz temperaturami minimalnymi przy gruncie -32°C (tzw. „zima stulecia” przełomu 1986/1987 roku).

Dobłą praktyką jest popularyzowanie nowych taksonów w oparciu o analizę dostępnych danych pochodzących z uprawy na terenie kraju. Aklimatyzacja nowych gatunków m. in. na potrzeby ogrodnictwa i architektury krajobrazu jest jedną z funkcji od dawna przypisywanych ogrodom botanicznym i arboretom (BIAŁOBOK 1971). Proces ten może przynieść sporo korzyści różnym grupom interesu. Z punktu widzenia projektantów zieleni istotne jest, by wiedzieli oni w jakich warunkach można uprawiać dany takson oraz kiedy i jak długo on zdobi. W tym przypadku podstawowe informacje o specyfice rozwojowej mogą dostarczyć obserwacje fenologiczne (ŁUKASIEWICZ 1984, HARMATA 1995). Często jednak przeprowadza się je na niewielkiej liczbie osobników, ze względu na charakter kolekcji dendrologicznych, które na stosunkowo niewielkiej przestrzeni skupiają wiele taksonów, ale w nielicznych powtórzeniach. Wszelka dodatkowa wiedza wzbogaca dostępną – niekiedy tylko w zagranicznych opracowaniach – charakterystykę gatunków. Zwłaszcza, że podany w nich termin kwitnienia, np. tawuły rodzimej dla wschodnich Chin, może przypadać w zachodniej Polsce na inny okres.

Istotne są także potrzeby instytucji, które zajmują się zielenią miejską i często przeznaczają znaczne nakłady finansowe na jej rozwój i utrzymanie. W tej sytuacji ważne jest, by decyzje związane z doбором roślin nie były podejmowane wyłącznie w oparciu o rekomendacje przedstawicieli branży handlowej promującej ofertę giełdy holenderskiej (JABŁOŃSKA i IN. 2015). Wiele nowości może być wartościowych, ale niekoniecznie sprawdzą się one w warunkach miejskich, przy minimalnej opiece. W ogrodach przydomowych i działkowych, przy odpowiednio dobranym podłożu, stanowisku i właściwej pielęgnacji, nowe taksony mogą wykazywać atrakcyjne cechy.

Problem nadmiernego zanieczyszczenia pyłami zawieszonymi przestrzeni miejskiej oraz ich wpływu na zdrowie człowieka jest w ostatnich latach wysoce istotny społecznie. Badania naukowe (BALLESTER i IN. 2008, FAUSTINI i IN. 2011, POPE i IN. 2011, PASCAL i IN. 2013, PASCAL i IN. 2014) wskazują na zanieczyszczenia pyłowe jako sprawcze powstania chorób sercowo-naczyniowych oraz nowotworu płuc, co z kolei przekłada się na zwiększoną śmiertelność. Ponadto badania BUOLIEGO i IN. (2018) oraz BAKOLISA i IN. (2021) sugerują również, że zanieczyszczenia powietrza związane z ruchem drogowym mogą niekorzystnie wpływać na funkcjonowanie układu nerwowego człowieka i zdrowie psychiczne ludzi.

Proces oczyszczania powietrza z zanieczyszczeń przez rośliny (WEBER i IN. 2014, GAWROŃSKI i IN. 2017) odbywa się przez liście, na powierzchni których zatrzymywane są różnej wielkości cząstki pyłów zawieszonych (LIANG i IN. 2016, CHEN i IN. 2017, MORI i IN. 2015). W krajach klimatu umiarkowanego i chłodnego największe stężenie pyłami zawieszonymi w powietrzu przypada na sezon grzewczy (JASIŃSKI i IN. 2021), co pokrywa się mniej więcej z okresem spoczynku roślin okrytozalążkowych. Wyklucza to w sposób naturalny fitoremediację powietrza roślinami, które nie są zimozielone. Pozostaje jednak znaczący problem całorocznego ruchu ulicznego. Zagadnienie jest istotne, gdyż jak dowodzą badania BELISA i IN. (2013), jest on jednym z głównych źródeł pyłu PM10 i PM2,5 w Europie [(ang. Particular Matters, PM), PM10 = pył gruby (2,5–10 μm), PM2,5 = drobny (0,1–2,5 μm)]. Cząsteczki te powstają nie tylko z gazów emitowanych przez silniki spalinowe, ale również ze ścierania się opon, nawierzchni drogi oraz elementów układu hamulcowego (PANT i HARRISON 2013). Warto zaznaczyć, że emisja cząstek pyłów zlokalizowana jest na wysokości kół pojazdów oraz ich układów wydechowych. W przestrzeni miejskiej jest to strefa wysokości odpowiadająca poziomowi krzewów rosnących na pasach zieleni przyulicznej, które to stanowią pierwszą barierę filtracyjną powietrza.

Jak informują MITCHELL i IN. (2010), skulptura powierzchni blaszek liściowych jest dominującym czynnikiem odpowiedzialnym za skuteczność osadzania się na nich cząstek pyłów zawieszonych PM10. Autorzy dodają przy tym, że powierzchnie wyżłobione oraz pokryte włoskami wykazują największą efektywność w przechwytywaniu cząstek pyłów. Badanie przeprowadzone przez MO i IN. (2015) wykazało zaś, że prócz pyłów PM10 takie powierzchnie liści unieruchamiają przede wszystkim pyły PM100 (mikropyły 10-100 μm). Podobne wnioski przedstawili w swojej pracy LIANG i IN. (2016), którzy wykazali przy tym, że liście z aparatami szparkowymi o odpowiednich parametrach są skuteczne również w pochłanianiu cząstek PM2,5. Z kolei DZIERŻANOWSKI i IN. (2011) udowodnili w swoim badaniu, że także epikutykularny wosk o różnym składzie, lepkości i strukturze unieruchamia

na powierzchni liści znaczne ilości pyłów zawieszonych – PM100, PM10 i PM2,5. Mikropyły przyklejają się do wosków, a niektóre wnikają w głąb warstwy woskowej (KAUPP i IN. 2000, JOURAEVA i IN. 2002).

Zagadnienie udziału aparatów szparkowych w pochłanianiu cząstek PM2,5 zostało już dość dobrze poznane. Według badań SIMON i IN. (2014) efektywne w absorpcji pyłów są blaszki liściowe o zagęszczeniu aparatów szparkowych z przedziału od 237 do 757 mm⁻², podczas gdy te z niewielkim zagęszczeniem (10,36 do 38,36 mm⁻²) nie wykazują związku z absorpcją zanieczyszczeń pyłowych PM2,5 (LIANG i IN. 2016). Jeśli aparaty szparkowe o długości 10-25 μm nie pochłaniały w sposób istotny pyłów PM2,5 (SIMON i IN. 2014, CHEN i IN. 2017), to już te o długości 20-192 μm skutecznie je absorbowały (LIANG i IN. 2016).

Powierzchnie blaszek liściowych są rozmaicie charakteryzowane w pracach naukowych. Wiele trudności przysparza określanie stopnia ich wyźłobienia. Niektórzy badacze (MITCHELL i IN. 2010, ZHANG i IN. 2017, XU i IN. 2021) stosują wyłącznie formę opisową epidermy, bazując na ocenie wizualnej, odnotowując na przykład, że jej powierzchnia jest gładka, pokryta woskiem, wyźłobiona i pokryta woskiem itp. Z kolei CHEN i IN. (2017) przedstawili wzór na stosunek pola powierzchni wgłębień w wyźłobionej powierzchni do całkowitego pola powierzchni blaszki liściowej. Nie zamieszczają jednak żadnego przykładu prezentującego ich pomiary na obrazie SEM, a wyłącznie wyniki przedstawione na wykresach. Stąd też metodyki tej nie da się powtórzyć w analogicznym badaniu na innych taksonach roślin. Tymczasem ZHAO i IN. (2018) wykorzystali do pomiaru powierzchni wyźłobienia mikroskop sił atomowych (ang. atomic force microscope, AFM), dzięki któremu uzyskali obrazy 2D i 3D na kwadratowej płaszczyźnie o boku 25 μm. Na ich podstawie dokonali opisu powierzchni epidermy liści oraz pomiarów wyźłobień. Badania te również potwierdziły, że im większe wgłębienia w powierzchni blaszki, tym większa jej zdolność do retencji pyłów PM2,5.

Zanieczyszczenie gleb miejskich metalami ciężkimi jest zagadnieniem badanym w ośrodkach naukowych na całym świecie (m. in. MAAS i IN. 2010, CHABUKDHARA i NEMA 2013, LI i IN. 2013, LUO i IN. 2015, MILENKOVIC i IN. 2015, MEHR i IN. 2017, TEPANOSYAN i IN. 2017). Jednakże jak podaje DUFFUS (2002), pojęcie *metale ciężkie* jest różnie ujmowane w artykułach naukowych w zależności od przekonań badaczy. Autor wyjaśnia, że najczęściej zalicza się do nich pierwiastki o minimalnej gęstości wynoszącej 4,5 g cm⁻³, choć niektórzy uczeni za dolną granicę przyjmują wartości z przedziału od 3,5 do 7 g cm⁻³. W grupie tej znajdują się zarówno mikroskładniki (Cu 8,95 g cm⁻³, Fe 7,87 g cm⁻³, Mn 7,47 g cm⁻³,

Ni 8,91 g cm⁻³, Zn 7,14 g cm⁻³) oraz toksyczne metale ciężkie, takie jak np. Cd (8,65 g cm⁻³), Cr (7,17 g cm⁻³) i Pb (11,34 g cm⁻³).

Średnia zawartość wybranych metali ciężkich w warstwie 0-20 cm gleb użytkowanych rolniczo w Polsce wynosi: Pb – 13,7 mg kg⁻¹, Cd – 0,22 mg kg⁻¹, Ni – 6,3 mg kg⁻¹, Zn – 32,5 mg kg⁻¹, Cu – 6,5 mg kg⁻¹ (TERELAK i MOTOWICKA-TERELAK 2000). Z kolei średnia zawartość wybranych pierwiastków dla warstwy próchnicznej gleb Europy wynosi: Pb – 15 mg kg⁻¹, Cd – 0,145 mg kg⁻¹, Cr – 22 mg kg⁻¹, Ni – 14 mg kg⁻¹, Zn – 48 mg kg⁻¹, Fe – 1,96%, Mn – 382 mg kg⁻¹, Cu – 12 mg kg⁻¹ (SALMINEN 2005). Wartości te dla terenów zurbanizowanych mogą przedstawiać się odmiennie, zależnie od rodzaju, stopnia uprzemysłowienia w ujęciu teraźniejszym bądź historycznym. Zazwyczaj obecność metali ciężkich na stanowiskach miejskich ma pochodzenie głównie antropogeniczne, a nie litogeniczne (MANTA IN. 2002, ALLOWAY 2013). Jest to związane m. in. z emisją gazów spalinowych, szeroko pojętego uprzemysłowienia i emisji niskiej (WEI i YANG 2010, STEINDOR i IN. 2016, SILVA i IN. 2021).

Niektóre metale ciężkie, choć zaliczane do składników pokarmowych, mogą być nadmierne pobieranie przez rośliny z nazbyt zasobnych w nie stanowisk uprawy i wywierać na nie szkodliwy wpływ. Przykładem może być żelazo, które w 80% występuje w tkankach fotosyntetyzujących, a jego nadmiar prowadzi do nadprodukcji reaktywnych form tlenu, wpływających na powstanie stresu oksydacyjnego skutkującego zaburzeniem podstawowego metabolizmu roślin (SHARMA i IN. 2012, ZAID i IN. 2020). Pierwiastki takie jak rtęć, kadm czy chrom odznaczają się toksycznym działaniem wpływającym na zmniejszenie wzrostu i akumulacji biomasy, zaburzeniem procesu wymiany gazowej, fotosyntezy oraz mechanizmu pobierania wody i składników pokarmowych (NAGAJYOTI i IN. 2010, CHEN i YANG 2012, NAZAR i IN. 2012, SINGH i IN. 2013). Ponadto metale ciężkie mają także toksyczny wpływ na mikroorganizmy glebowe, przy czym najczęściej spotykany jest następujący stopień toksyczności: Cd > Cu > Zn > Pb (BÅATH 1989). Jest to ważny aspekt, gdyż mikroorganizmy decydują o żyzności i produktywności biologicznej gleby, co w konsekwencji przekłada się na plonowanie uprawianych roślin (KUCHARSKI i IN. 2016). Choć gleby terenów przyulicznych i pasów rozdziału dróg nie są wykorzystywane do produkcji żywności, to korzystne z punktu widzenia uprawy roślin ozdobnych jest, by miały one jak największą aktywność mikrobiologiczną. Zapewnienie optymalnych warunków wzrostu roślin warunkuje powodzenie uprawy zarówno roślin ozdobnych jak i użytkowych. W przypadku gruntów przeznaczonych na tereny zieleni cechujących się nadmierną zawartością metali ciężkich, procesem poprzedzającym docelową uprawę może być fitoremediacja, czyli oczyszczenie gleby za pomocą roślin o specyficznych właściwościach (KACPRZAK i FIJAŁKOWSKI 2020). W tym

celu stosuje się albo hiperakumulatory, czyli rośliny magazynujące duże ilości pierwiastków w swoich częściach nadziemnych, bądź rośliny deponujące mniejsze ilości pierwiastków, ale wytwarzające dużą biomasę części nadziemnych (YAN i IN. 2020). Znanymi hiperakumulatorami manganu jest *Phytolacca americana* L., a kadmu i cynku *Sedum alfredii* Hance (LI i IN. 2018).

Do oceny stopnia akumulacji metali ciężkich w roślinach wykorzystuje się współczynnik biokoncentracji (ang. BCF – Bioconcentration Factor) (BOIM i IN. 2016, LUGWISHA i OTHMAN 2016, SIYAR i IN. 2022). Jest nim iloraz koncentracji metali w tkankach roślinnych (mg kg^{-1}) do koncentracji metali w glebie (mg kg^{-1}) (KACPRZAK i FIJAŁKOWSKI 2020). W zależności od charakteru badań, metoda ta jest stosowana do określania koncentracji metali ciężkich w korzeniach roślin, w pędach nadziemnych albo wyłącznie w wybranych organach jak liście czy owoce (GARG i IN. 2014, LEE i IN. 2017, AMIN i IN. 2019, USMAN i IN. 2020). Ponadto jak informuje AMIN i IN. (2019), współczynnik BCF opierając się na zdolności rośliny do ekstrakcji metali ciężkich z gleby, umożliwia porównanie poszczególnych taksonów względem siebie pod kątem potencjału fitoremediacyjnego. Poza nielicznymi wyjątkami, większość roślin ma współczynnik biokoncentracji metali ciężkich i półmetali mniejszy niż 1 (MCGRATH i ZHAO 2003). U hiperakumulatorów, np. u *Pteris vittata* L. (*Pteridaceae*) w doświadczeniu przeprowadzonym w szklarni, wykazano BCF arsenu w liściach w zakresie od 14 do 36, dla jego zawartości w podłożu w przedziale od 50 do 200 mg kg^{-1} (FAYIGA i IN. 2004). Według SUNA i IN. (2008) BCF kadmu w pędach *Solanum nigrum* L. (*Solanaceae*), uprawianej w pojemnikach zadołowanych na otwartej przestrzeni, uzyskał wartość na poziomie 12,2 (przy jego zawartości w podłożu na poziomie 10 mg kg^{-1}), 8,33 (dla 25 mg kg^{-1} kadmu w podłożu) i 7,74 (50 mg kg^{-1}).

Stanowiska uprawy roślin w mieście mogą nie tylko odznaczać się znaczną zawartością metali ciężkich w glebie, ale także dużym zasoleniem. Szczególnie narażone na ten czynnik są rośliny na stanowiskach przyulicznych, które rozdzielają jezdnię od chodnika. Są to pasy o szerokości najczęściej do 1 m, na które przenika sól wykorzystywana do odladzania zarówno jezdni jak i chodnika. Jak podaje MAZUR (2015), do odladzania dróg w okresie zimowym stosuje się głównie chlorek sodu, a niekiedy (2% przypadków) także chlorek wapnia, czy chlorek magnezu. NaCl wykazuje większą toksyczność dla roślin aniżeli CaCl_2 (CZERNIAWSKA-KUSZA i IN. 2004). Przeprowadzone do tej pory badania dowiodły, że występuje korelacja między zawartością sodu i chloru w glebie, a zwiększoną ich akumulacją w roślinach i wynikającą z tego redukcją biomasy, występującymi chlorozami i nekrozami, a w skrajnych przypadkach także z zamieraniem całych roślin (CZERNIAWSKA-KUSZA

i IN. 2004, MUNCK i IN. 2010, ZHANG i IN. 2012, DMUCHOWSKI i IN. 2013, ŁUCZAK i IN. 2021). EQUIZA i IN. (2017) informują również, że znaczny poziom zasolenia gleby na stanowiskach przyulicznych, powstały w skutek zimowego odladzania jezdni, może utrzymywać się przez niemal cały sezon wegetacyjny. Ważnym aspektem jest także alkalizacja gleby w skutek stosowania środków odladzających (GAŁUSZKA i IN. 2011, KOMOSA 2012).

KOTUBY-AMACHER i IN. (2000) klasyfikują m. in. *Carpinus betulus*, *Picea abies*, *Pinus sylvestris* i *Tilia cordata* jako rośliny o niskiej tolerancji na zasolenie (EC do 2 mS cm⁻¹), a gatunkami charakteryzującymi się wysoką tolerancją na sól w podłożu (od 3 do 4 mS cm⁻¹) są m. in. *Acer campestre*, *A. platanoides*, *Fraxinus excelsior*, *Larix decidua*, *Pinus nigra* i *Quercus robur*. W przypadku tawułów, tylko kilka taksonów objęto badaniami mającymi na celu sprawdzenie ich odporności na zasolenie. SUN i IN. (2020) przedstawili wyniki 8 tygodniowego eksperymentu, w którym podlewano wybrane taksony roztworem na bazie NaCl i CaCl₂ w dwóch kombinacjach – EC równe 3 mS cm⁻¹ oraz EC o wartości 6 mS cm⁻¹. Każda z 5 przebadanych tawułów (*S. betulifolia*, *S. japonica*, *S. media*, *S. nipponica*, *S. thunbergii*) była reprezentowana przez 7 okazów zarówno w pierwszej jak i drugiej kombinacji. Poza *S. thunbergii*, która miała nieco uszkodzone liście, wszystkie osobniki pozostałych gatunków przeżyły dwumiesięczny okres aplikacji roztworu o niższym stężeniu i zachowały dobrą kondycję zdrowotną. W przypadku krzewów, które poddano działaniu roztworu o wyższym stężeniu, wszystkie z 7 badanych okazów *S. thunbergii* obumarły, *S. media* doznała poważnych uszkodzeń liści, a *S. betulifolia*, *S. japonica* i *S. nipponica* wykazały niewielkie lub umiarkowane uszkodzenia blaszek. Warto także nadmienić, że sucha masa pędów wszystkich tawułów zmniejszyła się w porównaniu do kontroli o 20% dla EC 3 mS cm⁻¹ i 48% dla EC 6 mS cm⁻¹.

MAROSZ (2004) przeanalizował odporność *S. ×cinerea* 'Grefsheim' na zasolenie. W okresie trzech lat 48 roślin (12 dla każdej z 4 kombinacji EC: 1,5 mS cm⁻¹, 3 mS cm⁻¹, 6 mS cm⁻¹ i 12 mS cm⁻¹) było podlewanych 5 razy w sezonie wegetacyjnym wodą z dodatkiem NaCl. Wykazano, że badana odmiana reagowała silnie redukcją wzrostu i rozwoju dopiero przy EC wynoszącym 6 mS cm⁻¹, a przy 12 mS cm⁻¹ 1/3 analizowanych okazów zamarła. Takson został zaklasyfikowany przez autora jako roślina o silnej odporności na zasolenie podłoża, który nadaje się do nasadzeń przyulicznych.

W oparciu o przytoczone wyniki można stwierdzić, że część przebadanych przedstawicieli rodzaju *Spiraea* spełnia jedno z podstawowych wymagań stawianych roślinom wykorzystywanym do nasadzeń przyulicznych – tolerancję na zasolenie gleby. Rodzaj *Spiraea* jest liczny, stąd zaznacza się potrzeba poszerzenia wiedzy o reakcje na zasolenie innych

taksonów tawułów. Przy czym istotne jest również określenie warunków, jakim będą musiały sprostać krzewy uprawiane chociażby wzdłuż ciągów komunikacyjnych. Dzięki temu możliwe będzie poszerzenie podstawowej oferty gatunków dla terenów zieleni miejskiej zaproponowanej m. in. przez ŁUKASIEWICZA (1995) czy BOROWSKIEGO i LATOCHE (2006).

1.2. Hipoteza i cele pracy

W niniejszej pracy przyjęto następującą hipotezę badawczą: poza wykorzystywanymi do tej pory tawułami na terenach zieleni miejskiej jest możliwe stosowanie innych taksonów *Spiraea* ze względu na ich walory ozdobne, zdolności absorpcyjne zanieczyszczeń pyłowych i potencjał fitoremediacyjny.

Weryfikację hipotezy przeprowadzono poprzez zrealizowanie poniższych celów pracy:

- A. Zebranie informacji o przedstawicielach rodzaju *Spiraea* w oparciu o obserwacje fenologiczne, by zaproponować taksony odznaczające się największą wartością zdobniczą, najlepiej przystosowane do warunków miejscowych i najcenniejsze pod kątem wykorzystania w terenach zieleni.
- B. Charakterystyka powierzchni blaszek liściowych tawułów i wytypowanie taksonów do efektywnej retencji i absorpcji zanieczyszczeń pyłowych na podstawie najkorzystniejszego układu cech budowy epidermy oraz wyselekcjonowane w ten sposób taksonów tawułów dla terenów zieleni miejskiej, zwłaszcza ciągów komunikacyjnych.
- C. Określenie zawartości mikrośladników (Cu, Fe, Mn, Ni, Zn) oraz toksycznych metali ciężkich (Cd, Cr, Pb) w glebie i liściach wybranych stanowisk uprawy tawułów w Poznaniu, by ustalić stan zanieczyszczenia gleb metalami ciężkimi, określić współczynnik biokoncentracji BCF oraz oszacować potencjał fitoremediacyjny tawułów. Dodatkowo – analiza gleby pod kątem odczynu oraz przewodności elektrolitycznej właściwej stanowisk uprawy tawułów w Poznaniu, Lublinie i Gdańsku, by poszerzyć wiedzę na temat warunków uprawy tawułów w dużych ośrodkach miejskich Polski.

2. Rodzaj *Spiraea* L.

2.1. Historia rodzaju *Spiraea* L.

Historia tawułów w piśmiennictwie botanicznym sięga początków XVII wieku. Pierwszym gatunkiem, który został przedstawiony w literaturze naukowej był takson, który dziś znany jest jako *Spiraea salicifolia* L. Jego charakterystyki dokonał francuski uczyony Karol CLUSIUS (1601) w swoim dziele *Rariorum historia plantarum*. CLUSIUS (1601) podje, że materiał roślinny mu dostarczony, został zebrany z terenów leżących między Brzegiem a Wiedniem („*Briga Silesiae etiam mihi Viennam*”). Melchior Sebisch, profesor medycyny urodzony w Niemodlinie na Śląsku, który podesłał tawułę Clusiusowi, proponował by odnieść ją do krzewu o nazwie *Syringa*, gdyż takowy mu przypomina. CLUSIUS (1601) jednak stwierdził, że nie przywodzi ona na myśl żadnej znanej mu dotąd rośliny, ale upatruje w niej podobieństwa z tą, którą Teofrastus z Eresos przedstawił w swoim dziele *Historia Plantarum (Peri phyton historia)* jako *Speiraia*. Tym sposobem *Spiraea salicifolia* ukazała się w literaturze botanicznej jako „*Speiraea theophr. forte*” (*forte* = być może). Warto nadmienić, że Teofrastus nazwę *Speiraia* stosował dla rośliny, z której wyplatano w Grecji girlandy (REHDER 1949, GLEDHILL 2002). Tymczasem PARKINSON (1640) w swojej pracy odnosi się do rośliny, którą opisał CLUSIUS (1601), jako „*Spiraea Theophrasti Clusio. Clusius his spiked willow of Theophrastus*”, a w opisie nadmienia, że jest to „dziwna wierzba”, gdyż takową przypomina (ryc. 1).

Wprowadzony do świata nauki gatunek został uznany przez środowisko przyrodników i pojawiał się w kolejnych publikacjach w niezmienionej nazwie przez następne kilkadziesiąt lat (RAY 1686, MUNTING 1696, TOURNEFORT 1700). Również w słowniku botanicznym, który opracował BRADLEY (1728), znaleźć można gatunek o angielskiej nazwie „*Clusius's Spiked Willow of Theophrastus*”, który jak przytacza autor, rośnie na Śląsku.

Duże zasługi dla ukształtowania rodzaju *Spiraea* ma szwedzki uczyony Karol Linneusz, który zaprezentował go w swoim dziele *Species Plantarum* (LINNAEI 1753). Obecnie to jego uznaje się za autora rodzaju, choć niektórzy botanicy nawet wiele lat po ukazaniu się dzieła Linneusza przypisywali je Teofrastusowi (GRAY 1821). Z kolei MAXIMOWICZ (1879) w swojej pracy nadmienia, że Linneusz przejął rodzaj *Spiraea*, tak jak wiele innych, z dzieła, które sporządził TOURNEFORT (1700). Jeśli prześledzić wcześniejszą pracę Linneusza, to w *Genera Plantarum* (LINNAEI 1737), przedstawił on już rodzaj *Spiraea* (bez opisu gatunków) dodając adnotację, że jest to rodzaj z pracy TOURNEFORTA (1700) o numerze 389. Jednakże w *Species Plantarum* brak już przypisu odnoszącego się do tego dzieła. TOURNEFORT (1700) w *Institutiones rei herbariae* przedstawił krótką charakterystykę rodzaju i wymienił cztery znane dotąd tawuły: *Spiraea Salicis folio*, *Spiraea Opuli folio*, *Spiraea Hyperici folio non*

crenato, *Spiraea Hispanica* (*Hyperici folio crenato*). Właśnie dlatego niektórzy uczeni w późniejszych latach za autora rodzaju uznawali Tourneforta (ZABEL 1893, NAKAI 1916).



Ryc. 1. Ilustracja *Spiraea salicifolia*: (a) CLUSIUS (1601), (b) PARKINSON (1640)

Linneusz opisał 11 gatunków tawułów (LINNAEI 1753), spośród których sześciu tawułowom zmieniono z czasem pozycję taksonomiczną (tabela 1). Za typ nomenklatoryczny rodzaju uznaje się *S. salicifolia* L., a arkusz zielnikowy, który posłużył do jego scharakteryzowania, przechowywany jest w Herbarium Towarzystwa Linneuszowskiego w Londynie (nr gatunku 651, nr arkusza 2 / LINN 651.2 *Spiraea salicifolia* (Herb Linn)).

Tabela 1. Wykaz tawułów wg *Species Plantarum* (LINNAEI 1753) oraz ich obecna przynależność rodzajowa

<i>Species Plantarum</i>	Obecnie
<i>S. aruncus</i> L.	<i>Aruncus dioicus</i> (Walter) Fernald
<i>S. chamaedryfolia</i> L.	bez zmian
<i>S. crenata</i> L.	bez zmian
<i>S. filipendula</i> L.	<i>Filipendula vulgaris</i> Moench
<i>S. hypericifolia</i> L.	bez zmian
<i>S. opulifolia</i> L.	<i>Physocarpus opulifolius</i> (L.) Maxim.
<i>S. salicifolia</i> L.	bez zmian
<i>S. sorbifolia</i> L.	<i>Sorbaria sorbifolia</i> (L.) A. Braun
<i>S. tomentosa</i> L.	bez zmian
<i>S. trifoliata</i> L.	<i>Gillenia trifoliata</i> (L.) Moench
<i>S. ulmaria</i> L.	<i>Filipendula ulmaria</i> (L.) Maxim.

Od czasów Linneusza rodzaj znacznie się powiększył i dziś obejmuje od 80 do 100 gatunków tawułów (LU i CRINAN 2003). Uległ on także podziałowi na sekcje. Najnowsze ujęcie *Spiraea*, które przedstawili w swojej pracy DRÁBKOVÁ i IN. (2017), a które przyjęto także na potrzeby niniejszej pracy, przedstawia się następująco:

- sekcja *Calospira* K. Koch – tawuły z wiechami baldachokształtnymi (= podbaldachami) rozwijającymi się na szczycie tegorocznych długopędów lub na ulistnionych krótkopędach wyrastających na zeszłorocznych długopędach wzdłuż ich osi (ryc. 2),
- sekcja *Chamaedryon* Ser. – tawuły z baldachami lub baldachogronami rozwijającymi się na szczycie ulistnionych krótkopędów wyrastających na zeszłorocznych długopędach wzdłuż ich osi (ryc. 3),
- sekcja *Sciadhantha* K. Koch – tawuły z niewielkimi siedzącymi baldachami wyrastającymi na zeszłorocznych długopędach wzdłuż ich osi (ryc. 4 a),
- sekcja *Spiraria* Ser. – tawuły z wiechami rozwijającymi się na szczycie tegorocznych długopędów (ryc. 4 b).



Ryc. 2. Przykład tawuł sekcji *Calospira* z wiechami baldachokształtnymi na szczytach długopędów – *S. fritschiana* (a) oraz na krótkopędach – *S. wilsonii* (b)



a



b

Ryc. 3. Przykład tawuł sekcji *Chamaedryon* z baldachami na krótkopędach – *S. pubescens* (a) i baldachogronami na krótkopędach – *S. chamaedryfolia* (b)



a



b

Ryc. 4. Przykład tawuły sekcji *Sciadhantha* z siedzącymi baldachami – *S. prunifolia* (a) oraz z sekcji *Spiraria* z wiechą – *S. salicifolia* (b)

Zasadnym wydaje się przedstawienie historii kształtowania się podziału wewnątrz rodzaju, gdyż w niektórych starszych opracowaniach, wciąż wartościowych pod względem charakterystyki gatunków, może on wyglądać nieco odmiennie. Jego początków należy upatrywać w *Monographie du genre Spiraea*, którą sporządził francuski botanik CAMBESSEDES (1824). Podzielił on rodzaj *Spiraea* na pięć sekcji, które utworzył w oparciu o morfologię krzewów, choć nie była to jeszcze klasyfikacja uwzględniająca przede wszystkim rodzaj kwiatostanów groniastych i ich umiejscowienie na pędach. Rok później swój pogląd na tawuły przedstawił CANDOLLE (1825), który dzieląc je na sześć sekcji wykorzystał dwie z podziału zaproponowanego przez CAMBESSEDESA (1824) (tabela 2), a dodatkowe cztery zaczerpnął z manuskryptu Nicolas'a Charles'a Seringe (stąd przy nich skrót jego nazwiska). Sekcje *Chamaedryon* Ser. i *Spiraria* Ser., które zawarte są w tym podziale, utrwaliły się w nauce i pojawiały się w następnych ujęciach taksonomicznych rodzaju, wliczając najnowszą klasyfikację DRÁBKOVEJ i IN. (2017).

Niecałe dwie dekady później amerykańscy uczeni TORREY i GRAY (1838-1840), przedstawili swój podział rodzaju, który jednak nie utrwalił się w świecie nauki i poza sekcją *Petrophytum* Nutt. nie był adaptowany do kolejnych ujęć. Z kolei praca monograficzna KOCHA (1854), odcisnęła trwałe ślady w systematyce tawuły. Autor przedstawił w niej nieco bardziej rozbudowany podział na sekcje wydzielając ich aż osiem (tabela 2). Z tego podziału pochodzi sekcja *Calospira* K. Koch i *Sciadantha* K. Koch (wydzielona z sekcji *Chamaedryon* Ser.).

Powyższe opracowania zawierały nadal taksony, które z czasem zostały wydzielone i przeniesione do odrębnych rodzajów rodziny *Rosaceae*. Przykładem może być sekcja *Physocarpus* Camb., której przekształcenia na rodzaj *Physocarpus* (Cambess.) Raf. dokonał RAFINESQUE (1836).

MAXIMOWICZ (1879) w swoim dziele starał się uporządkować dotychczasową wiedzę z zakresu tawuły. Wyjaśnił skąd wzięły się wcześniejsze rozbudowane klasyfikacje oraz przedstawił nową, ujednoliconą. Do dwóch istniejących do tej pory w nauce sekcji (*Chamaedryon* Ser. i *Spiraria* Ser.) dodał sekcję *Petrophytum* Nutt., którą przedstawili TORREY i GRAY (1838-1840). Sekcja ta początkowo skupiała jeden półkrzew – *Spiraea caespitosa* Nutt., który znacznie różnił się budową od znanych wówczas tawuły. Dopiero MAXIMOWICZ (1879) poszerzył ją o dwa kolejne taksony – *S. parvifolia* Benth. i *S. magellanica* Pior. Wraz z rozwojem nauki i odkryciem kilku kolejnych gatunków podobnych do *S. caespitosa*, WATSON (1890) zaproponował, by przenieść je do rodzaju *Eriogynia* Hook. Dekadę później RYDBERG (1900) wydzielił je ponownie, tym razem formując z nich samodzielny rodzaj *Petrophytum* (Nutt. ex Torr. & A. Gray) Rydb., który funkcjonuje w świecie nauki po dziś dzień.

Po wydzieleniu przez WATSONA (1890) sekcji *Petrophytum* Nutt. z rodzaju *Spiraea*, niemiecki botanik Leopold DIPPEL (1893) przedstawił kolejny podział tawułów. Do sekcji *Chamaedryon* Ser. i *Spiraria* Ser. dodał sekcję *Calospira* K. Koch. Taki podział stanowi najbardziej klasyczne ujęcie rodzaju, które stosował później m. in. REHDER (1949).

Równocześnie z pracą DIPPLA (1893) ukazał się podręcznik *Deutsche Dendrologie* autorstwa KOEHNE (1893). Występuje w nim taki sam podział jak w *Handbuch der Laubholzkunde* Leopolda Dippla, jednak z zachowaniem sekcji *Petrophytum* Nutt. W tym samym roku opublikował monografię tawułów niemiecki dendrolog Hermann ZABEL. Jest to bardzo ważna praca z perspektywy poznania tawułów. Mimo, że ZABEL (1893) przedstawił w niej nieco skomplikowany podział rodzaju, który nie przyjął się w świecie nauki (dodał nowe sekcje i podzielił jedną na grupy), to jej trzonem był przegląd hybryd tawułów. Autor scharakteryzował 42 mieszańce międzygatunkowe, w tym także mieszańce wielokrotne. Z dzisiejszego punktu widzenia niektóre z nich mogą wydawać się dyskusyjne, a inne wręcz błędnie zinterpretowane (np. traktowanie *S. menziesii* jako mieszańca *S. douglasii* × *S. salicifolia*), to jednak jest to pierwsza praca tak obszernie traktująca o aspekcie hybrydyzacji tawułów. Na uwagę zasługuje m.in. scharakteryzowanie nowego wówczas taksonu – *S. ×cinerea* Zabel, który dzisiaj rośnie na terenach zieleni niemal każdego dużego miasta w Polsce.

Omawiając historię rodzaju *Spiraea*, warto także poświęcić uwagę podziałowi, który zaproponował SCHNEIDER (1906). Zgrupował on wszystkie opisane w nauce tawuły w podrodzaju *Euspiraea*. Dla jednego, wówczas nowego gatunku, który został odkryty w Meksyku, utworzył oddzielny podrodzaj – *Homoiospiraea*, ze *S. parvifolia* Benth., przemianowaną następnie na *S. hartwegiana* Rydb., a po latach wydzieloną z rodzaju *Spiraea* do nowo utworzonego rodzaju *Xerospiraea* Henrickson jako *X. hartwegiana* (Rydb.) Henrickson (HENRICKSON 1985).

Przez ostatnie lata funkcjonowała w pracach naukowych poświęconych tawułom sekcja *Glomerati* Nakai (BYUNG-YUN i IN. 1997, BUSINSKÝ i BUSINSKÁ 2002, KARPOVA i IMETKHENOVA 2015). Przedstawił ją w swojej propozycji podziału *Spiraea* japoński botanik NAKAI (1916). Jednakże jak zauważyli DRÁBKOVÁ i IN. (2017), sekcja *Glomerati* Nakai miała już swój odpowiednik w opracowaniu KOCHA (1854), gdzie występowała jako *Sciadhantha* K. Koch., stąd w ich pracy przywrócono nazwę wcześniejszą. Niemniej nadal się ukazują artykuły naukowe, w których sekcję tę przedstawia się jako *Glomerati* Nakai (np. YU i IN. 2018, KOSTIKOVA i IN. 2019). Tymczasem NAKAI (1916) w swojej pracy ujął rodzaj w dwa podrodzaje – *Protospiraea* Nakai i *Metaspiraea* Nakai, z czego drugi z wymienionych podzielił na 5 sekcji: *Spiraria* Ser., *Calospira* K. Koch., *Glomerati* Nakai, *Chamaedryon* Ser.,

Metachamaedryon Nakai. Niektóre elementy z tego ujęcia wykorzystała POYARKOVA (1939) w swoim podziale przyjętym na potrzeby opisanie radzieckiej flory. Operowała ona także mniejszymi zgrupowaniami tawułów wewnątrz sekcji, jak cykle i serie. Nie jest to jednak ujęcie, które przyjęło się na trwałe w opracowaniach rodzaju, w tym nawet w późniejszej radzieckiej i rosyjskiej literaturze (SOKOLOV 1954, POLOZHII i MALYSHEV 1988, CHARKEVICZ 1996, KOROPACHINSKIY i VSTOVSKAYA 2002).

Jednego z ostatnich podziałów rodzaju *Spiraea* dokonali chińscy badacze YÜ i KUANA (1963). Zaproponowali oni podział na cztery sekcje, a w obrębie trzech z nich zaproponowali podział na serie. Przynależność tawułów do poszczególnych serii została oparta o kombinację takich cech jak liczba łusek okrywających pąki (dwie lub kilka), rodzaj brzegu blaszki liściowej (całobrzegie, piłkowane itd.) oraz stosunek długości pręcików do długości płatków. Jednakże, jak zaznaczyli to kolejni badacze tawułów, podział ten jest dyskusyjny i opiera się o cechy budzące wątpliwości (BUSINSKÝ i BUSINSKÁ 2002, DRÁBKOVÁ i IN. 2017). Dodatkowo w ujęciu sporządzonym przez YÜ i KUANA (1963) sekcja *Spiraria* Ser. została ukazana pod nazwą *Spiraea* (bez podania jej autora). Nie jest ona jednak tożsama z sekcją *Spiraea*, którą przedstawił CAMBESSEDES (1824), gdyż ta nie miała wówczas kryterium w postaci wiechy, a należało do niej sporo różnych tawułów, które wraz z rozwojem nauki zostały pogrupowane w czterech oddzielnych sekcjach m.in. *S. betulifolia* (obecnie sekcja *Calospira* K. Koch), *S. crenata* (sekcja *Chamaedryon* Ser.), *S. hypericifolia* (*Sciadhantha* K. Koch) i *S. salicifolia* (*Spiraria* Ser.). Z pracy YÜ i KUANA (1963) sekcja *Spiraea* trafiła do niemieckiego opracowania dendrologicznego *Handbuch der Laubgehölze*, które sporządził KRÜSSMANN (1978). Warto jednak zaznaczyć, że autor we wcześniejszych wydaniach swojej pracy stosował nazwę *Spiraria* Ser. dla sekcji grupującej tawuły z wiechami na szczycie tegorocznych długopędów (KRÜSSMANN 1937, KRÜSSMANN 1962). Zmiany w nowszym wydaniu miały również wpływ na podział rodzaju jaki przyjęto na potrzeby polskiego podręcznika do dendrologii. Początkowo także używano nazwy *Spiraria* (SENETA 1973, SENETA 1987, SENETA 1987), którą z czasem zastąpiono określeniem *Spiraea* (SENETA i DOLATOWSKI 1997, SENETA i DOLATOWSKI 2000, SENETA i DOLATOWSKI 2012, SENETA i IN. 2022).

Tabela 2. Podział rodzaju *Spiraea* na sekcje w XIX i XX-wiecznej literaturze

CAMBESEDES (1824)	CANDOLLE (1825)	TORREY i GRAY (1838-1840)
<i>Gillenia</i>	<i>Aruncus</i> Ser.	<i>Aruncus</i> Ser.
<i>Keria</i>	<i>Chamaedryon</i> Ser.	<i>Euspiraea</i>
<i>Physocarpos</i>	<i>Physocarpos</i> Camb.	<i>Lutkea</i> Bongard.
<i>Spiraea</i>	<i>Sorbaria</i> Ser.	<i>Petrophytum</i> Nutt.
<i>Ulmaria</i>	<i>Spiraria</i> Ser. <i>Ulmaria</i> Camb.	<i>Physocarpos</i> Camb. <i>Ulmaria</i> Moench.
KOCH (1854)	MAXIMOWICZ (1879)	DIPPEL (1893)
<i>Calospira</i> K. Koch	<i>Chamaedryon</i> Ser.	<i>Chamaedryon</i>
<i>Chamaedryon</i> Ser.	▪ Seria 1	<i>Calospira</i> K. Koch
<i>Holodiscus</i> K. Koch	▪ Seria 2	<i>Spiraria</i> Ser.
<i>Physocarpos</i> Camb.	<i>Petrophytum</i> Nutt.	
<i>Sciadhantha</i> K. Koch	<i>Spiraria</i> Ser.	
<i>Sorbaria</i> Ser.	▪ Seria 1	
<i>Spiraeanthus</i> C. A. Mey.	▪ Seria 2	
<i>Spiraria</i> Ser.		
ZABEL (1893)	SCHNEIDER (1906)	NAKAI (1916)
<i>Botryospira</i> Zbl.	Podrodzaj <i>Euspiraea</i>	Podrodzaj <i>Metaspiraea</i> Nakai
<i>Chamaedryon</i> Ser.	<i>Chamaedryon</i> Ser.	<i>Calospira</i> K. Koch
<i>Nothospira</i> Zbl.	<i>Calospira</i> K. Koch	<i>Chamaedryon</i> Ser.
<i>Spiraria</i> Ser.	<i>Spiraria</i> Ser.	<i>Glomerati</i> Nakai
▪ Grupa <i>Calospira</i> K. Koch	Podrodzaj <i>Homoiospiraea</i>	<i>Metachamaedryon</i> Nakai
▪ Grupa <i>Euspiraria</i>		<i>Spiraria</i> Ser.
▪ Grupa <i>Pachystachya</i> Zbl.		Podrodzaj <i>Protospiraea</i> Nakai
POYARKOVA (1939)	REHDER (1949)	YÜ i KUAN (1963)
Podrodzaj <i>Protospiraea</i> Nakai	<i>Calospira</i> K. Koch	<i>Calospira</i> K. Koch
<i>Calospira</i> K. Koch	<i>Chamaedryon</i> Ser.	▪ Seria <i>Canescentes</i> Yü
• Cykl <i>Betulifoliae</i> Pojark.	<i>Spiraria</i> Ser.	▪ Seria <i>Henryanae</i> Yü
▪ Seria 1 <i>Decumbentes</i> Pojark.		▪ Seria <i>Japonicae</i> Yü
Podrodzaj <i>Metaspiraea</i> Nakai		▪ Seria <i>Longigemmatae</i> Yü
<i>Chamaedryon</i> Ser.		<i>Chamaedryon</i> Ser.
▪ Seria 1 <i>Chamaedryfoliae</i> Pojark.		▪ Seria <i>Chamaedryfoliae</i> Pojark. ex Yü
▪ Seria 2 <i>Elegantae</i> Pojark.		▪ Seria <i>Gemmatae</i> Yü
• Cykl <i>Mediae</i> Pojark.		▪ Seria <i>Mediae</i> Pojark. ex Yü
▪ Seria 3 <i>Alpinae</i> Pojark.		▪ Seria <i>Trilobatae</i> Pojark. ex Yü
▪ Seria 4 <i>Trilobatae</i> Pojark.		<i>Glomerati</i> Nakai
▪ Seria 5 <i>Pilosae</i> Pojark.		▪ Seria <i>Hypericifoliae</i> Pojark. ex Yü
▪ Seria 6 <i>Crenatae</i> Pojark.		▪ Seria <i>Prunifoliae</i> Yü
▪ Seria 7 <i>Hypericifoliae</i> Pojark.		<i>Spiraea</i>
<i>Spiraria</i> Ser.		

Warto także wspomnieć o pozycji *Prodromus Florae Nepalensis* autorstwa Davida DONA (1825), w której tawuły przyporządkowano rodzinie *Spireaceae* Juss. DON (1825). powołuje się przy tym na *Genera Plantarum secundum ordines naturales disposita* (JUSSIEU 1789). Jest to jednak drobne przeoczenie autora, gdyż w przytoczonej pracy została

przedstawiona seria *Rosaceae*, w skład której wówczas weszły tawuły. Seria ta jest traktowana jako początek rodziny *Rosaceae* Juss. Z kolei w pracy LINDLEYA (1829) można spotkać zapis *Spiraeaceae* Dec. z przypisanym jej autorstwem szwajcarskiego botanika De Candolle (obecnie skrót DC.). CANDOLLE (1825) jednak w swoim dziele nie przedstawił rodziny obejmującej tawuły, lecz plemię. Dopiero MAXIMOWICZ (1879) umiejscowił tawuły w rodzinie *Spiraeaceae* i rzędzie *Pomaceae*, a całą rodzinę dzieli na cztery plemiona („tribus”): *Spiraeae*, *Neilliae*, *Gillenieae* i *Quillajae*. Zaproponowaną systematykę stosował DIPPEL (1893), jak również SCHNEIDER (1906). Także NAKAI (1916) wyróżniał rodzinę *Spiraeaceae* (DC.) Maxim., która zawierała plemię *Spiraeae* Max. z rodzajem *Spiraea* Tournef. Równocześnie REHDER (1902, 1913) w swoich opracowaniach przyporządkował rodzaj *Spiraea* rodzinie *Rosaceae*, a w ślad za nim również RYDBERG (1917) i wielu innych po dziś dzień.

2.2. Charakterystyka rodzaju *Spiraea* L.

Tawuły są roślinami występującymi na półkuli północnej, na kontynencie amerykańskim, europejskim i azjatyckim (HEGI 1995, LU i CRINAN 2003, BROUILLET 2014). Do rodzaju należy od 80 do 100 gatunków, przy czym w Ameryce Północnej dziko rośnie osiem gatunków (BROUILLET 2014), podczas gdy w Europie siedem (TUTIN i IN. 1968), w tym dwa swym zasięgiem obejmują niewielką część terytorium Polski – *S. media* i *S. salicifolia* (ZARZYCKI 1981, WITKOWSKA-ŻUK 2013). Warto także dodać, że spośród siedmiu europejskich gatunków tylko dwa (*S. cana*, *S. decumbens*) nie występują również w Azji, która to z kolei jest ojczyzną kilkadziesiątu tawuł. Centrum występowania *Spiraea* stanowią Chiny, w których mieszczą się stanowiska 70 gatunków, w tym 47 endemitów (LU i CRINAN 2003).

Są to krzewy o liściach sezonowych, których większość przedstawicieli osiąga wysokość od 1,5 do 2,5 m (REHDER 1949), choć zdarzają się także gatunki karłowe o wysokości około 25 cm (*S. decumbens*) lub półkarłowe o wysokości około 50 cm (*S. humilis*) (SOKOLOV 1954, TUTIN i IN. 1968). Do najwyższych gatunków, dorastających do około 4 m wysokości, należy *S. veitchii* oraz *S. canescens* (LU i CRINAN 2003). Tawuły mają pędy wzniesione i często rozpostarte na boki (*S. japonica*, *S. salicifolia*), przy czym wiele gatunków ma pędy łukowato wygięte i mniej lub bardziej przewieszające się (*S. henryi*, *S. nipponica*, *S. wilsonii*). Przekłada się to na pokrój krzewów, który może być miotlasty lub kopulasty. Warto nadmienić, że część gatunków wytwarza podziemne rozłogi (*S. chamaedryfolia*, *S. douglasii*, *S. trichocarpa*). Do rzadkości należy wykształcanie pędów płozących się (*S. decumbens*) (TUTIN i IN. 1968).

Lodygi tawuł mogą być obłe, a także lekko kanciaste do wyraźnie kanciastych, przy czym zabarwienie młodych organów może być żółtobrazowe, brązowe, czerwonobrazowe lub

purpurowobrązowe (POYARKOVA 1939, KRÜSSMANN (1986). Starsze łodygi często są mniej lub bardziej szarobrązowe lub szare. Niektóre gatunki mają łodygi nagie (*S. cantoniensis*, *S. uratensis*), inne pokryte włoskami tylko na młodych gałązkach (*S. chinensis*, *S. rosthornii*) (LU i CRINAN 2003). Dodatkowo część przedstawicieli *Spiraea* ma łodygi nieznacznie (*S. chamaedryfolia*, *S. ussuriensis*) lub wyraźnie pogięte (*S. dasyantha*, *S. trilobata*), przy czym wykrzywienie to przyjmuje postać zygzakowatą. Pąki u większości przedstawicieli są okrągławe lub jajowate, długość około 2 mm (*S. media*, *S. miyabei*), choć są także gatunki o pąkach sztywnych, których długość wynosi 5 mm i więcej (*S. gemmata*, *S. longigemmis*, *S. rosthornii*) (SOKOLOV 1954, LU i CRINAN 2003). Mogą być one okryte dwiema (*S. mollifolia*, *S. nipponica*, *S. uratensis*) lub kilkoma łuskami – maksymalnie 8 (*S. formosana*, *S. pubescens*), których powierzchnia może być naga lub pokryta włoskami (OHASHI i HSIEH 1993, IKEDA 2001, KOROPACHINSKIY i VSTOVSKAYA 2002, LU i CRINAN 2003).

Tawuły mają ulistnienie skrętoległe, przy czym liście są pojedyncze i osadzone na ogonkach, które mogą być krótkie – 1-2 mm (*S. thunbergii*) – lub dłuższe – do 10 mm (*S. cantoniensis*, *S. uratensis*), nagie (*S. uratensis*) lub pokryte włoskami (*S. rosthornii*) (LU i CRINAN 2003). Większość taksonów ma ogonki liściowe dłuższe od pąków (*S. nipponica*, *S. wilsonii*) (REHDER 1949), choć są również takie, u których to pąki są dłuższe (*S. gemmata*) (SOKOLOV 1954).

Kształt blaszek liściowych przedstawicieli *Spiraea* jest rozmaity: podługowaty (*S. trichocarpa*), lancetowaty (*S. rosthornii*), odwrotnie lancetowaty (*S. alba*), eliptyczny (*S. canescens*), jajowaty (*S. hayatana*) lub odwrotnie jajowaty (*S. alba* var. *latifolia*) (LU i CRINAN 2003, BROUILLET 2014). Występują także liście o kształtach pośrednich np. rombowno-jajowaty (*S. chinensis*) lub też dany gatunek może cechować się większą zmiennością tej cechy i mieć liście o dwóch lub trzech różnych kształtach (LU i CRINAN 2003). Liście całobrzegie, czasami z drobnymi ząbkami w okolicy wierzchołka (*S. nipponica*) lub też piłkowany (*S. chamaedryfolia*), w tym także drobnopiłkowany (*S. salicifolia*) i grubopiłkowany (*S. blumei*) oraz podwójnie piłkowany (*S. formosana*) lub karbowany (*S. splendens*) (POYARKOVA 1939, OHASHI i HSIEH 1993, IKEDA 2001, BROUILLET 2014). Niektóre tawuły mogą mieć mniej lub bardziej wykształcone klapy na liściach (*S. trilobata*, *S. pubescens*) (SOKOLOV 1954). W większości przypadków nerwacja blaszek tawuły jest pierzasta, choć zdarzają się także liście z unerwieniem dłoniastym – *S. trilobata* (KOROPACHINSKIY i VSTOVSKAYA 2002). Wyjątkowo wśród tawuły występuje cecha trzech równolegle biegnących przez całą blaszkę nerwów, co można zaobserwować u *S. crenata* (KRÜSSMANN 1986). Nasada blaszek najczęściej jest klinowata (*S. henryi*), bądź wąsko klinowata (*S. thunbergii*) lub szeroko

klinowata (*S. fritschiana*), choć u niektórych tawuł może być mniej lub bardziej zaokrąglona (*S. chamaedryfolia*), a czasem także lekko sercowata (*S. dasyantha*) czy też ucięta (*S. anomala*) (LU i CRINAN 2003).

W przypadku wierzchołków blaszek dominującym typem u tawuł jest ostry (*S. formosana*) i tępy (*S. canescens*), choć pośród przedstawicieli *Spiraea* występują także wierzchołki zaostrome (*S. longigemmis*), w tym z długim (*S. thunbergii*), krótkim (*S. mollifolia*) oraz z bardzo krótkim, drobnym ostrzem (*S. veitchii*).

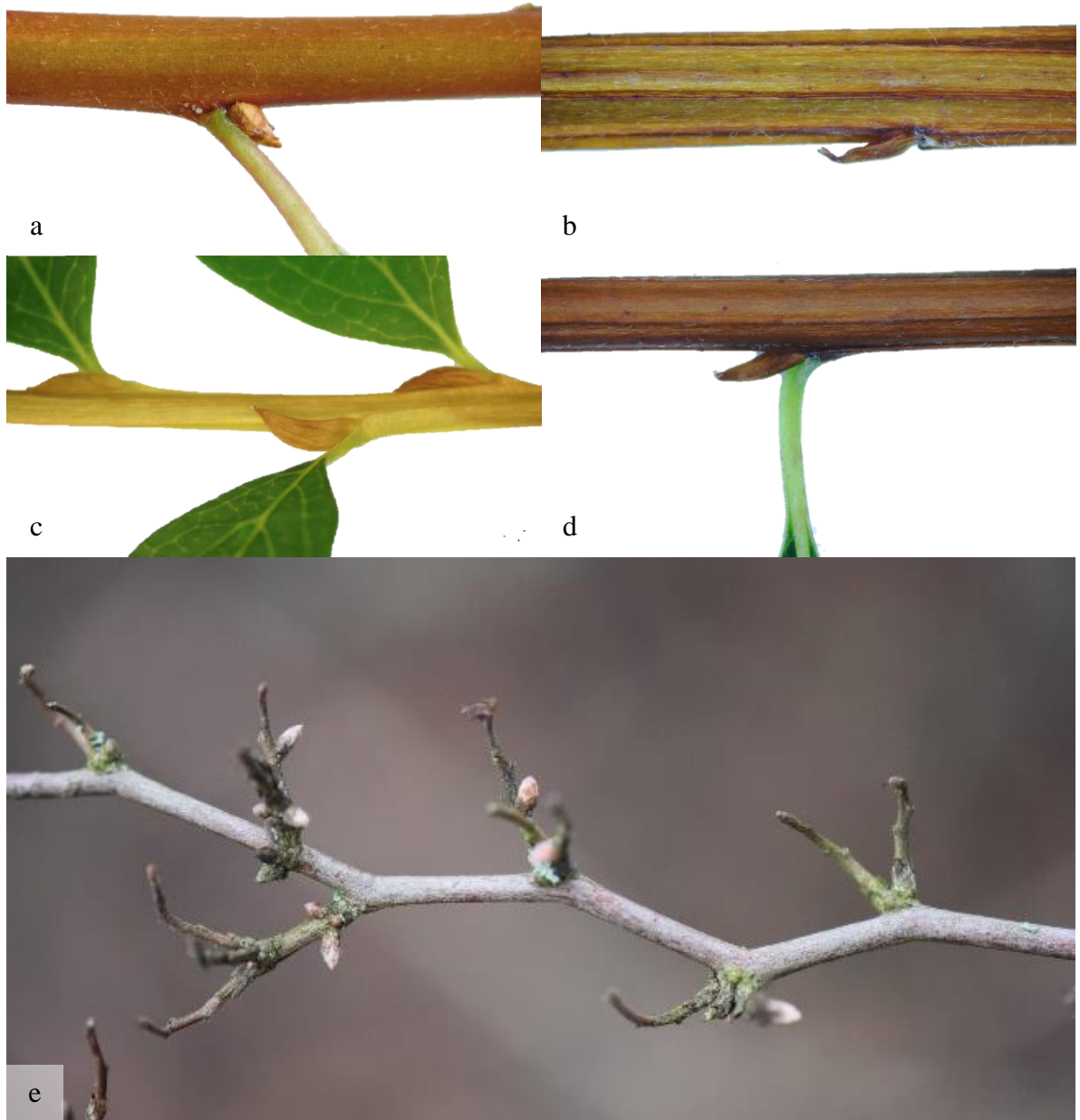
Powierzchnia blaszek może być na stronie odosiowej naga (*S. trilobata*) lub pokryta włoskami (*S. veitchii*), które nieraz są długie i połyskujące (*S. media* var. *sericea*), bądź w formie kutneru (*S. douglasii*). Czasami włoski są tylko na młodych liściach (*S. crenata*), podczas gdy starsze są ich pozbawione, a niekiedy występują jedynie na nerwach oraz w ich kątach (*S. ussuriensis*) (SOKOLOV 1954, KOROPACHINSKIY i VSTOVSKAYA 2002). Strona doosiowa liści najczęściej jest naga (*S. trichocarpa*) lub z krótkimi, rzadkimi włoskami (*S. rosthornii*) (REHDER 1949, KRÜSSMANN 1986).

Kwiaty tawuł w zdecydowanej większości są obupłciowe, choć wyjątkowo, jak to jest w przypadku *S. bella*, mogą być jedнопłciowe (REHDER 1949). W zależności od gatunku, są one zebrane w baldachy, baldachogrona, wiechy baldachokształtne oraz wiechy. U niektórych tawuł osie kwiatostanów oraz szypułki są nagie (*S. nipponica*), u innych natomiast są pokryte włoskami (*S. japonica*) w tym także kutnerem (*S. humilis*) (SOKOLOV 1954, IKEDA 2001).

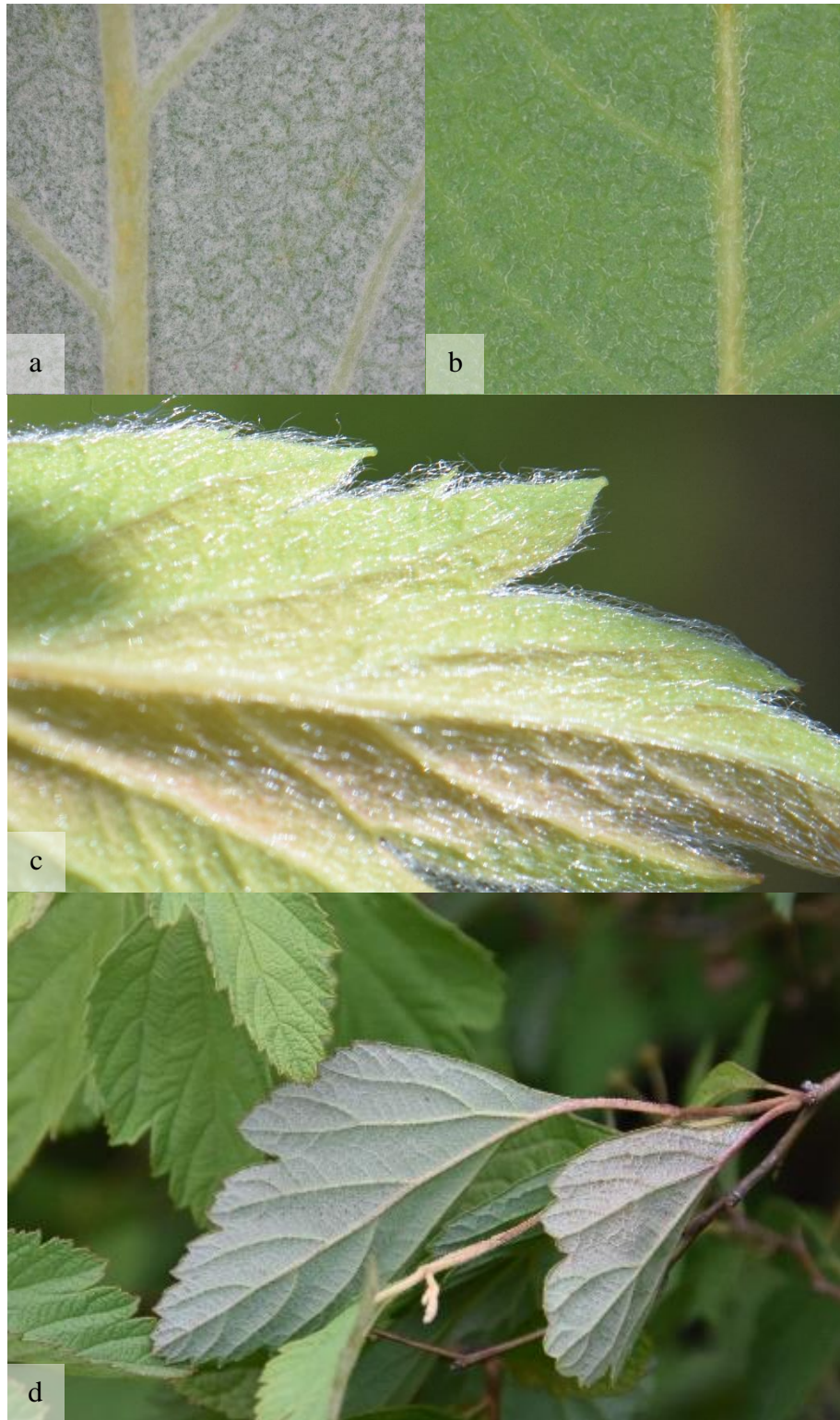
Kwiaty są 5-krotne, kołozalążniowe z dzwonkowatym lub kubkowatym hypancjum, a ich średnica nie przekracza 15 mm (BROUILLET 2014). Między pręcikowiem, mogącym liczyć od 15 do 60 pręcików, a słupkowie, składającym się z 3 do 8 wolnych słupków, znajduje się dysk miodnikowy w kształcie pierścienia (LU i CRINAN 2003). Pręciki mogą być równe długością płatkom (*S. pubescens*) lub też krótsze od nich (*S. trilobata*), a także dłuższe (*S. betulifolia*) (SOKOLOV 1954). Same zaś płatki mogą być białe (*S. henryi*), jasnoróżowe (*S. humilis*), różowe (*S. salicifolia*) lub ciemnoróżowe (*S. douglasii*) (POYARKOVA 1939, REHDER 1949). Z kolei pręciki i szyjki słupków przybierają barwę białą (*S. longigemmis*), zielonkawożółtą (*S. media*) lub różową (*S. japonica*). Dysk miodnikowy najczęściej jest wyraźnie żółty. Działki kielicha w głównej mierze są krótsze od hypancjum, a w fazie owocowania są wzniesione (*S. chinensis*) lub odgięte w stronę ziemi (*S. fritschiana*) (LU i CRINAN 2003).

W każdym słupku jest od 2 do kilku zalążków, stąd owoce, którymi są sztywne w fazie dojrzałości mieszki, zawierają do kilku nasion (REHDER 1949, LU i CRINAN 2003). Mieszki

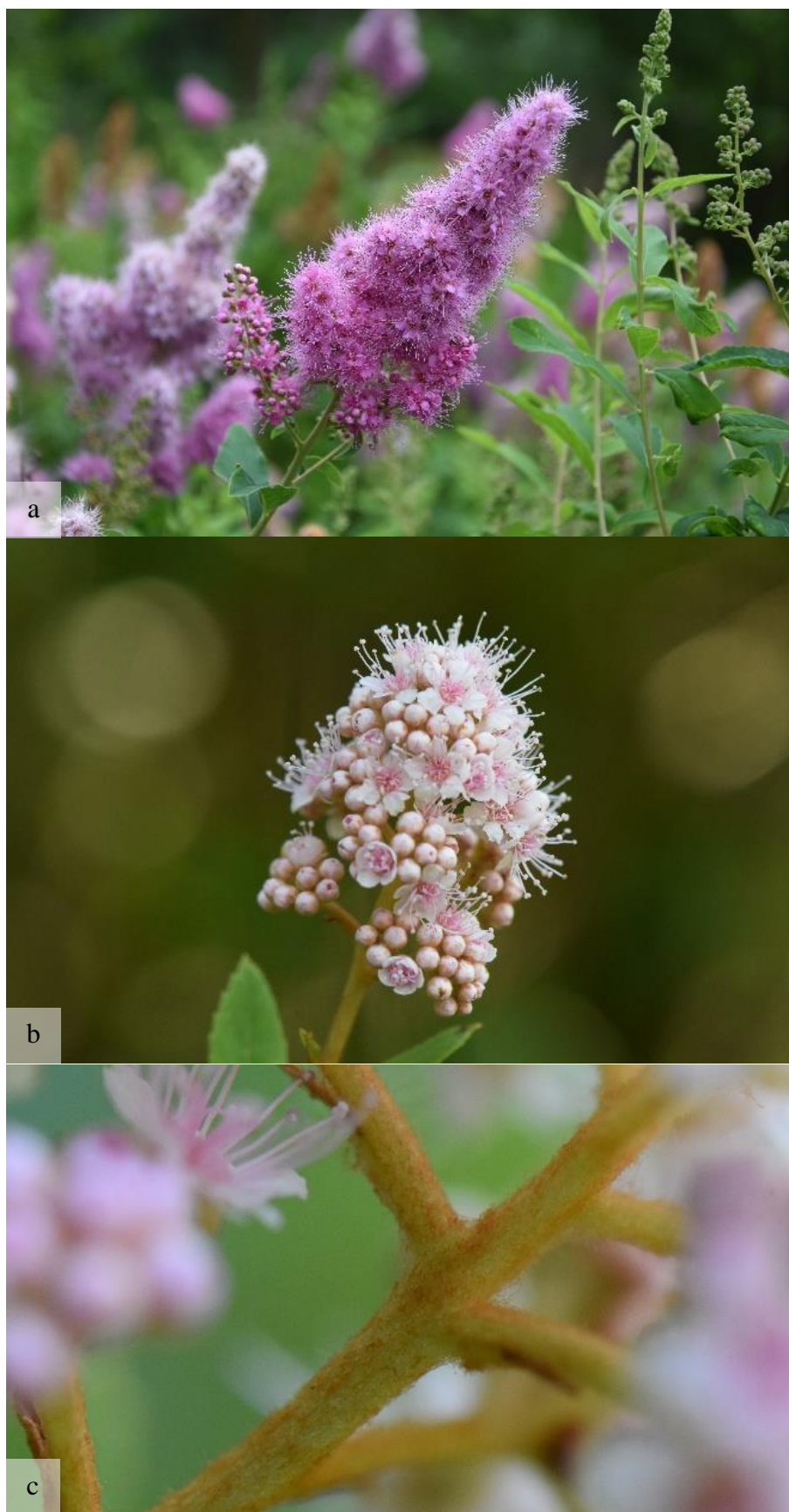
mogą być w różnym stopniu pokryte włoskami (*S. trichocarpa*), bądź też nagie (*S. vitchii*) (KRÜSSMANN 1986). Wybrane cechy budowy tawuł przedstawiono na rycinach 5-9.



Ryc. 5. Wybrane cechy budowy tawuł: łodyga obła – *S. veitchii* (a), łodyga kanciasta – *S. mollifolia* (b), pąki dłuższe od ogonków liściowych – *S. gemmata* (c), pąki krótsze od ogonków liściowych – *S. nipponica* (d), łodyga zygzakowata – *S. dasyantha* (e)



Ryc. 6. Wybrane cechy budowy tawuł: kutner na stronie odosiowej blaszki liściowej *S. douglasii* (a), rzadkie włoski na stronie odosiowej blaszki liściowej *S. douglasii* var. *menziesii*, połyskujące proste włoski na stronie odosiowej blaszki liściowej *S. media* var. *sericea* (c), wydatna nerwacja od strony odosiowej blaszki liściowej *S. chinensis* (d)



Ryc. 7. Wybrane cechy budowy tawułów: stożkowata wiecha *S. douglasii* var. *menziesii* (a) oraz jajowata *S. humilis* (b), rudy kutner na osiach kwiatostanowych i szypułkach kwiatowych *S. humilis* (c)



Ryc. 8. Wybrane cechy budowy tawuł: pręciki krótsze od płatków – *S. cantoniensis* (a), pręciki \pm równe długością płatków – *S. wilsonii* (b), pręciki dłuższe od płatków – *S. longigemmis* (c)

2.3. Klucz do oznaczania tawuł uprawianych w Polsce

W literaturze światowej można znaleźć rozmaite klucze do oznaczania tawuł. Zdecydowana większość z nich to opracowania botaniczne skupiające się wyłącznie na identyfikacji i charakterystyce roślin z wybranej części świata, której dedykowana jest praca. Przykładem mogą być dzieła dedykowane roślinom Japonii (OHWI 1965, IKEDA 2001), Chin (LU i CRINAN 2003), Związku Radzieckiemu (SOKOLOV 1954), a także azjatyckiej części Rosji (KOROPACHINSKIY I VSTOVSKAYA 2002) oraz Ameryce Północnej (BROUILLET 2014) i Europie (TUTIN i IN. 1968).

W niniejszej pracy scharakteryzowano 41 gatunków tawuł, 9 odmian botanicznych, 2 podgatunki i 1 formę. W polskiej literaturze dendrologicznej nie odnajdziemy klucza do ich identyfikacji, gdyż w ogóle nie praktykuje się tworzenia takowych dla opisywanych roślin (BIAŁOBOK i HELLWIG 1955, BUGAŁA 2000, SENETA i DOLATOWSKI 2012, SENETA i IN. 2022). Nie oznacza to jednak, że nie powstał do tej pory klucz do oznaczania tawuł w ojczystym języku. Z pomocą klucza RUTKOWSKIEGO (2018) można oznaczyć 10 taksonów tawuł: *S. alba*, *S. chamaedryfolia*, *S. douglasii*, *S. hypericifolia*, *S. japonica*, *S. menziesii* (= *S. douglasi* var. *menziesii*), *S. salicifolia*, *S. tomentosa*, *S. ×arguta*, *S. ×vanhouttei*. Klucz ten jest jednak niewystarczający, by oznaczyć pozostałe tawuły spotykane na terenach zieleni i te rosnące w kolekcjach.

Bardzo obszernym kluczem pod względem ogólnej liczby przedstawicieli *Spiraea* jest opracowanie REHDERA (1949). Autor ujął w nim 49 taksonów pochodzących zarówno z Ameryki Północnej, Europy jak i Azji. Warto nadmienić, że klucz ten zapożyczył do swojego dzieła KRÜSSMANN (1986). Spośród taksonów scharakteryzowanych w niniejszej rozprawie, 32 można odnaleźć w kluczu REHDERA (1949), a także 2 odmiany i 1 formę. Należy jednak zwrócić uwagę, że klucz wykorzystuje podział tawuł na 3 sekcje, podczas gdy w najnowszym piśmiennictwie, np. DRÁBKOVÁ i IN. (2017) tawuły pogrupowano w 4 sekcje. W kluczu REHDERA (1949) znajdują się również pytania o cechy trudne lub wręcz niemożliwe do identyfikacji w Polsce (być może także w innych krajach europejskich, np. o cechy owoców, których większość obcych gatunków uprawianych w Polsce nie zawiązuje. Dodatkowo pojawiają się także pytania, czy działki kielicha w fazie owocowania są odgięte i czy pąki okryte są dwiema czy też kilkoma łuskami. Większość gatunków tawuł ma drobne pąki – około 2 mm długości, a moment, w którym można zaobserwować liczbę łusek ogranicza się na ogół do kilku (maksymalnie kilkunastu) dni. Przy czym warto mieć na uwadze, że w kluczu bardzo istotne są także cechy kwiatów i kwiatostanów, a te pojawiają się dopiero u tawuł po dwóch

lub trzech miesiącach od momentu rozchylenia się pąków. Stąd też odwołania się do ich budowy wydają się niepraktyczne.

Warto również zwrócić uwagę na klucz z cyklu *Fitschen Gehölzflora*, który sporządzili SCHMIDT i IN. (2017), a który jest kontynuacją opracowań tworzonych przez niemieckiego botanika Josta Fitschena. Znajduje się w nim parędziesiąt taksonów tawułów, w tym aż 19 mieszańców międzygatunkowych, z których wiele to hybrydy wyhodowane przez Hermanna Zabela. Publikacja ta pokrywa zapotrzebowanie na oznaczanie 26 gatunków tawułów opisanych w niniejszej pracy oraz na 4 odmiany, 2 podgatunki i 1 formę. Jest zatem niewystarczająca na rodzime potrzeby, jednak stanowi bardzo wartościowy klucz do oznaczania mieszańców międzygatunkowych.

W Chinach występuje najwięcej tawułów – dziko rośnie tam aż 70 gatunków, w tym 47 endemitów, znakiem tego obszerny klucz do ich identyfikacji odnajdziemy we *Flora of China* (LU i CRINAN 2003). Tam też, tak jak w przypadku pracy REHDERA (1949), znajdują się odwołania do owoców i pąków. Z tych względów zdecydowano się na opracowanie nowego klucza do oznaczania tawułów, który objąłby taksony zgromadzone w krajowych kolekcjach, a przy tym umożliwił ich identyfikację w okresie kwitnienia.

W kluczu postanowiono zamieścić *S. tomentosa* oraz sporządzić jej charakterystykę w rozdziale 2.4. Tawuła ta jest inwazyjna w Polsce (TOKARSKA-GUZIŁ i IN. 2012) z tego względu nie objęto jej badaniami w niniejszej pracy. Popularyzacja gatunku inwazyjnego stoi w sprzeczności z KODEKSEM DOBRYCH PRAKTYK OGRODNICTWO WOBEC ROŚLIN INWAZYJNYCH OBCEGO POCHODZENIA wydanym przez Generalną Dyрекcję Ochrony Środowiska. Dostrzeżono jednak problem z jej właściwą identyfikacją przez producentów roślin ozdobnych oraz pracowników instytucji państwowych. Jest ona często mylona z *S. douglasii* ze względu na zbliżone cechy budowy jak występowanie kutneru na liściach oraz odznaczanie się różowymi kwiatami zebranymi w wiechy.

Identyfikacja przynależności tawuł do sekcji:

- 1 Kwiatostany zebrane w baldachy (siedzące bądź na krótkopędach) lub baldachogrona na krótkopędach bocznych 3
- 1* Kwiatostany inne 2
- 2 Kwiatostany zebrane w wiechy na szczycie tegorocznych długopędów IV. Sekcja *Spiraria* Ser.
- 2* Kwiatostany zebrane w wiechy baldachokształtne na szczycie tegorocznych długopędów lub na ulistnionych krótkopędach I. Sekcja *Calospira* K. Koch
- 3 Kwiatostany zebrane w baldachy lub baldachogrona na szczycie ulistnionych krótkopędów II. Sekcja *Chamaedryon* Ser.
- 3* Kwiatostany zebrane w niewielkie baldachy wyrastające wzdłuż zeszłorocznych długopędów bezpośrednio z łodyg (siedzące) III. Sekcja *Sciadantha* K. Koch

I. Sekcja *Calospira* K. Koch

- 1 Kwiatostany na ulistnionych krótkopędach 2
- 1* Kwiatostany na szczycie tegorocznych długopędów 8
- 2 Liście większe – do 7 cm długości 3
- 2* Liście mniejsze – do 3 cm długości 5
- 3 Strona odosiowa blaszek naga, łodygi kanciaste *S. trichocarpa*
- 3* Strona odosiowa blaszek pokryta włoskami, łodygi obłe 4
- 4 Liście ciemnozielone, do 2,5 cm szerokości, średnica kwiatostanów od 4 do 7 cm *S. henryi*
- 4* Liście matowozielone (zgaszona zieleń) do 1 cm szerokości, średnica kwiatostanów od 3 do 4,5 cm *S. wilsonii*
- 5 Łodygi wyraźnie kanciaste, niektóre zygzakowate *S. canescens*
- 5* Łodygi obłe lub nieznacznie kanciaste 6
- 6 Kwiatostany nagie, ogonki liściowe do 10 mm długości *S. uratensis*
- 6* Kwiatostany pokryte włoskami, ogonki liściowe do 3 mm długości 7
- 7 Łodygi wzniesione – rozpostarte na boki, średnica kwiatostanów od 2,5 do 4 cm ... *S. sargentiana*
- 7* Łodygi łukowato wygięte – przewieszają się, średnica kwiatostanów od 4,5 do 7 cm *S. veitchii*
- 8 Pręciki równe długością płątkom (strona odosiowa blaszek pokryta szarym kutnerem) *S. decumbens* (subsp. *tomentosa*)
- 8* Pręciki dwukrotnie dłuższe od płątków 9
- 9 Brzeg blaszki karbowano piłkowany 10
- 9* Brzeg blaszki podwójnie piłkowany 11

10	Średnica kwiatostanów od 1,5 do 4 cm, średnica kwiatów od 2 do 4 mm, długość szypulek od 2 do 5 mm	<i>S. splendens</i>
10*	Średnica kwiatostanów od 2,5 do 9 cm, średnica kwiatów od 7-9 mm, długość szypulek od 5-8 mm	<i>S. betulifolia</i>
11	Kwiaty rozdzielнопłciowe	<i>S. bella</i>
11*	Kwiaty obupłciowe	12
12	Łodygi wyraźnie kanciaste, kwiatostany nagie	<i>S. fritschiana</i>
12*	Łodygi obłe do nieznacznie graniastych, kwiatostany pokryte włoskami	13
13	Młode łodygi żółtobrązowe do brązowych	14
13*	Młode łodygi czerwono-brązowe do purpurowobrązowych	16
14	Pręciki i słupki jasnoróżowe lub różowe	<i>S. formosana</i>
14*	Pręciki i słupki białe	15
15	Młode łodygi brązowe i nagie, strona odosiowa blaszek naga lub z delikatnymi włoskami na nerwach	<i>S. longigemmis</i>
15*	Młode łodygi żółtobrązowe i pokryte włoskami, strona odosiowa blaszek pokryta włoskami	<i>S. rosthornii</i>
16	Płatki białe, pręciki i słupki białe lub żółte	17
16*	Płatki, pręciki i słupki zaróżowione do ciemnoróżowych	18
17	Kwiaty w kwiatostanach ułożone ± w jednej płaszczyźnie	<i>S. miyabei</i>
17*	Kwiaty w kwiatostanach ułożone na różnej wysokości	<i>S. japonica f. albiflora</i>
18	Liście do 3,5 cm długości, średnica kwiatostanów do 5,5 cm	<i>S. hayatana</i>
18*	Liście do 8 cm długości, średnica kwiatostanów do 14 (20) cm	<i>S. japonica</i>

II. Sekcja *Chamaedryon* Ser.

1	Pręciki dłuższe od płatków	2
1*	Pręciki krótsze lub równe płatkom	8
2	Liście mniejsze – do 3 cm długości	3
2*	Liście większe – do 6 cm długości	4
3	Liście z 3 wyraźnymi równoległe biegnącymi nerwami (od nasady do wierzchołka), brzeg blaszek najczęściej karbowany od połowy długości, kwiatostany pokryte włoskami	<i>S. crenata</i>
3*	Nerwacja pierzasta, brzeg blaszek najczęściej całobrzegi (niekiedy 3 ząbki w okolicy wierzchołka), kwiatostany nagie	<i>S. lasiocarpa</i>
4	Brzeg blaszek całobrzegi lub z kilkoma ząbkami w okolicy wierzchołka	5
4*	Brzeg blaszek piłkowany lub podwójnie piłkowany (na całej długości lub ± od połowy)	7

5	Płatki bladożółte o drobno postrzępionym brzegu	<i>S. media</i> subsp. <i>polonica</i>
5*	Płatki białe całobrzegie	6
6	Strona odosiowa blaszek naga lub z włoskami w kątach nerwów	<i>S. media</i>
6*	Strona odosiowa blaszek z prostymi, przylegającymi i połyskującymi włoskami	<i>S. media</i> var. <i>sericea</i>
7	Do 20 kwiatów w kwiatostanie, te na krótkopędach do 14 cm długości	<i>S. chamaedryfolia</i>
7*	Do 12 kwiatów w kwiatostanie, te na krótkopędach do 5 cm długości	<i>S. ussuriensis</i>
8	Brzeg blaszek cały lub z kilkoma ząbkami w okolicy wierzchołka, liście nie klapowane	9
8*	Brzeg karbowany lub piłkowany, liście niekiedy klapowane	12
9	Strona odosiowa blaszek naga	10
9*	Strona odosiowa blaszek pokryta włoskami lub kutnerem	11
10	Kilka do kilkunastu kwiatów w kwiatostanie	<i>S. gemmata</i>
10*	Do 40 kwiatów w kwiatostanie	<i>S. nipponica</i>
11	Łodygi obłe, strona doosiowa liści z szarymi włoskami, odosiowa z szarym kutnerem	<i>S. cana</i>
11*	Łodygi wyraźnie kanciaste, strona doosiowa liści naga lub z rzadkimi włoskami, strona odosiowa pokryta rzadkimi, prostymi, przylegającymi włoskami	<i>S. mollifolia</i>
12	Błaszki liściowe nagie z obydwu stron	13
12*	Błaszki liściowe pokryte włoskami lub kutnerem na stronie doosiowej i włoskami (czasem tylko na młodych liściach) na stronie doosiowej	15
13	Nasada blaszek wąsko klinowata lub klinowata, blaszki \pm dwukrotnie dłuższe niż szersze – bez kłap	<i>S. cantoniensis</i>
13*	Nasada blaszek szeroko klinowata, zaokrąglona lub ucięta, blaszki niemal tak długie jak szerokie, często trójklapowe	14
14	Łodygi zazwyczaj wyraźnie zygzakowate, brzeg blaszek karbowany	<i>S. trilobata</i>
14*	Łodygi proste lub tylko nieznacznie, brzeg grubo piłkowany z głębokimi nieregularnymi wcięciami	<i>S. blumei</i>
15	Ogonki liściowe do 10 mm długości, nerwacja głęboko wciśnięta od strony doosiowej – bardzo wydatna od strony odosiowej	<i>S. chinensis</i>
15*	Ogonki liściowe do 5 mm długości, nerwacja nie wciśnięta od strony doosiowej	16
16	Do 25 kwiatów w jednym kwiatostanie, brzeg tępo piłkowany od 2/3 długości blaszki po wierzchołek lub lub blaszki klapowane	<i>S. dasyantha</i>
16*	Do 40 kwiatów w jednym kwiatostanie, brzeg blaszek piłkowany z dużymi, nierównej wielkości ząbkami od połowy długości (czasami blaszki niemal trójklapowe)	<i>S. pubescens</i>

III. Sekcja *Sciadantha* K. Koch

- 1 Pręciki niemal równe długością płatkom *S. hypericifolia*
- 1* Pręciki sięgające do 1/3 długości płatków lub kwiaty pełne 2
- 2 Szypułki kwiatowe 6-10 mm długości, płatki dłuższe niż szersze *S. thunbergii*
- 2* Szypułki kwiatowe 10-24 mm długości, płatki szersze niż dłuższe, kwiaty pełne (pojedyncze) *S. prunifolia* (var. *simpliciflora*)

IV. Sekcja *Spiraria* Ser.

- 1 Płatki białe 2
- 1* Płatki różowe 3
- 2 Liście podługowate lub wąsko odwrotnie lancetowate, brzeg drobno piłkowany *S. alba*
- 2* Liście szeroko eliptyczne lub odwrotnie jajowate, brzeg grubo piłkowany *S. alba* var. *latifolia*
- 3 Liście pokryte kutnerem 4
- 3* Liście nagie lub z rzadkimi włoskami 5
- 4 Liście jajowate (do 6 cm długości), brzeg blaszek piłkowany do karbowanego od 3/4 długości blaszki po wierzchołek, 15-20 pręcików w kwiecie *S. tomentosa*
- 4* Liście podługowate, eliptyczne lub odwrotnie jajowate (do 10 cm długości), brzeg blaszek piłkowany od połowy długości blaszki po wierzchołek, 25-35 pręcików w kwiecie *S. douglasii*
- 5 Wiechy szeroko jajowate, krzew półkarłowy do około 0,5 m wysokości *S. humilis*
- 5* Wiechy wąsko stożkowate lub stożkowate, krzewy do około 2 m wysokości 6
- 6 Płatki jasnoróżowe, brzeg blaszek piłkowany do podwójnie piłkowanego na całej długości *S. salicifolia*
- 6* Płatki różowe do ciemnoróżowych, brzeg blaszek grubo i nierówno piłkowany od 1/2 długości blaszki po wierzchołek *S. douglasii* var. *menziesii*

2.4. Charakterystyka tawuł uprawianych w Polsce

W pracy scharakteryzowano tawuły uprawiane w polskich kolekcjach dendrologicznych wraz z inwazyjną *S. tomentosa*, wyłączając mieszańce międzygatunkowe oraz odmiany ozdobne. Niektóre gatunki, jak np. *S. blumei*, mają kilka odmian na stanowiskach naturalnych w Chinach. Nie są one jednak reprezentowane w polskich ogrodach botanicznych i arboretach, dlatego też w niniejszej pracy nie zamieszczono ich opisu.

LU i CRINAN (2003) w swojej pracy wyróżniają lokalne odmiany tawuł jak chociażby *S. canescens* var. *glaucophylla*. Autorzy przyjęli przy tym zasadę, przejętą przez BROUILLETA (2014), że tworzenie w takich sytuacjach zapisu *S. canescens* var. *canescens*, oznacza odmianę nominatywną, inaczej typową *S. canescens*. W niniejszej pracy w takich wypadkach zastosowano krótszy zapis ograniczający się tylko do nazwy gatunku – *S. canescens*, niemniej jest on tożsamy z *S. canescens* var. *canescens*.

Na rycinach 9-12 przedstawiono liście wybranych tawuł uprawianych w krajowych kolekcjach dendrologicznych.

2.4.1. Sekcja *Calospira* K. Koch

- *S. bella* Sims

Gatunek opisał i wprowadził do świata nauki angielski lekarz i botanik John SIMS (1823). Dokonał tego na podstawie materiału uzyskanego z nasion, które Robert Henry Jenkinson zebrał z Nepalu, a następnie przekazał do szkółek w Fulham (SIMS 1823). Choć autor gatunek powiązał z Nepalem, to już kilka dekad później HOOKER (1879) informował, że tawuła występuje także w Indiach i Bhutanie. LU i CRINAN (2003) różnicują tawułę na odmianę nominatywną var. *bella* – o włoskach tylko na wewnętrznej stronie mieszków – oraz na var. *pubicarpa* T.T. Yu & L.T. Lu – o owocach w całości pokrytych włoskami. W niniejszej pracy nie przyjęto ww. podziału ze względu na jego nadmierną drobiazgowość i fakt, że nie występują te odmiany w różnych regionach – var. *pubicarpa* wg. ww. autorów występuje tylko na południu Tybetu, gdzie rośnie również odmiana typowa var. *bella*. Jest kwestią dyskusyjną, czy zmienność na tym poziomie zasługuje na wyodrębnienie jej do oddzielnego taksonu w randze odmiany.

Stanowiska naturalne *S. bella* zlokalizowane są w Bhutanie, Indiach (w tym w Sikkimie) i Nepalu. Tawuła dziko rośnie także w Chinach – w południowo-zachodnim Syczuanie, południowym Tybecie i północno-zachodnim Junnannie. Takson porasta zbocza terenów leśnych na wysokości od 2300 do 3600 m n.p.m. (LU i CRINAN 2003). W Bhutanie gatunek jest komponentem różnej wielkości skupień krzewów i występuje na wysokości od 2200 do 3800

m n.p.m., przy czym często rośnie wzdłuż strumieni (GRIERSON i LONG 1987). Charakterystykę morfologiczną gatunku przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Charakterystyka *S. bella* na podstawie REHDER (1949), KRÜSSMANN (1986), CULLEN i IN. (1995), LU i CRINAN (2003)

Lp.	Cecha	Opis
1	wysokość i pokrój	1-2 m, pędy rozpostarte na boki
2	łodygi	żółtobrązowe do czerwobrązowych, od prawie nagich do gęsto pokrytych włoskami
3	pąki	małe, nagie, okryte kilkoma łuskami, czerwobrązowe do brązowych
4	kształt i wymiary blaszek	eliptyczny lub jajowaty, 20-40 mm dł. × 10-20 mm szer., ogonek długości 2-5 mm
5	nasada blaszki	szerokoklinowata do zaokrąglonej
6	brzeg blaszki	piłkowany, od nieco poniżej połowy długości blaszki po wierzchołek brzeg podwójnie piłkowany
7	wierzchołek blaszki	ostry
8	powierzchnia liści	doosiowa – naga, jasnozielona, odosiowa – nerwy od niemal nagich do pokrytych gęstymi włoskami, szarozielona
9	typ kwiatostanu i pokrycie włoskami	podbaldachy na szczycie tegorocznych długopędów, osie kwiatostanów i szypułki kwiatowe pokryte włoskami
10	wymiary kwiatów i kwiatostanów	szypułka – długość 5-8 mm, kwiat – \varnothing 5-7 mm, kwiatostan – \varnothing 20-40 mm
11	działki	trójkątno-jajowate, ostre, długości 1,5-2,5 mm, w fazie owocowania odgięte
12	płatki	różowawe, rzadko białe, niemal koliste
13	słupki	kwiaty w większości jednopłciowe, słupki pokryte włoskami
14	pręciki	około 20 w jednym kwiecie, dłuższe od płatków
15	mieszki	pokryte włoskami, czasem tylko na strony szwu

- *S. betulifolia* Pall.

Gatunek wprowadził do świata nauki pruski naukowiec Peter Simon PALLAS (1784) w swoim dziele opisującym florę Imperium Rosyjskiego. Tawuła występuje na wschodzie Syberii w Jakucji oraz na Rosyjskim Dalekim Wschodzie na Kamczatce, wybrzeżu Morza Ochockiego, Obwodzie Amurskim i Kraju Nadmorskim (SOKOLOV 1954). Ponadto takson rośnie dziko również na Sachalinie i Kurylach oraz w Japonii na wyspach Hokkaido i Honsiu, gdzie rośnie wysoko w górach (OHWI 1965, IKEDA 2001). POYARKOVA (1939) podaje, że *S. betulifolia* rośnie na suchych, słabo zalesionych zboczach górskich, ale także przy skalnych potokach. Można ją znaleźć zarówno w lasach liściastych jak i syberyjskich borach. Charakterystykę morfologiczną gatunku przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4. Charakterystyka *S. betulifolia* na podstawie POYARKOVA (1939), REHDER (1949), SOKOLOV (1954), OHWI (1965), IKEDA (2001)

Lp.	Cecha	Opis
1	wysokość	50-60 cm
2	łodygi	czerwonobrązowe, nagie lub pokryte rzadkimi włoskami
3	pąki	jajowate, ostre
4	kształt i wymiary blaszek	od eliptycznych do szerokojajowatych, 15-50 mm dł. × 10-40 mm szer., ogonek długości 1-3 mm
5	nasada blaszki	szerokoklinowata do zaokrąglonej
6	brzeg blaszki	karbowano-piłkowany (najczęściej od niemal samej nasady po wierzchołek)
7	wierzchołek blaszki	zaokrąglony lub tępy
8	powierzchnia liści	doosiowa – naga, odosiowa – naga lub z włoskami na nerwach, bladozielona,
9	typ kwiatostanu i pokrycie włoskami	podbaldachy na szczycie tegorocznych długopędów, osie kwiatostanów i szypułki kwiatowe nagie, niekiedy młode pokryte delikatnymi włoskami
10	wymiary kwiatów i kwiatostanów	szypułka – 5-8 mm kwiat – 7-9 mm ø kwiatostan – 25-90 mm ø (najczęściej 50-60 mm)
11	działki	trójkątne, w fazie owocowania odgięte
12	płatki	białe do zaróżowionych, jajowato-okrągławe długości 1,5-3 mm
14	pręciki	około 20 w jednym kwiecie, dwa razy dłuższe od płatków
15	mieszki	od nagich do pokrytych włoskami

- *S. canescens* D. Don

Autorem tawuły jest szkocki botanik David DON (1825), który w jej opisie wskazał na miasto Śrinagar w Dolinie Kaszmirskiej jako miejsce jej pochodzenia. Stanowiska naturalne *S. canescens* mieszczą się w Chinach w prowincjach Gansu, zachodnim Syczuanie, północno-zachodnim Junnanie oraz wschodnim i południowym Tybecie. Tawuła występuje także w Bhutanie, Nepalu i północnych Indiach w stanie Himachal Pradesh. Tawuła występuje na wysokości od 2300 do 4000 m n.p.m. Współtworzy z innymi krzewami zarośla porastające zarówno brzegi rzek i strumieni jak i suche, kamieniste miejsca (LU i CRINAN 2003, JAIN i IN 2018). Można ją również spotkać dziko rosnącą w dolinie Naltar (obszar Kaszmiru kontrolowany przez Pakistan), będącej częścią łańcucha górskiego Karakorum (ABBAS i IN. 2013). Charakterystykę morfologiczną gatunku przedstawiono w tabeli 5.

Tabela 5. Charakterystyka *S. canescens* na podstawie REHDER (1949), KRÜSSMANN (1986), CULLEN i IN. (1995), LU i CRINAN (2003)

Lp.	Cecha	Opis
1	wysokość i pokrój	2 m (4 m), pokrój półkulisty, pędy łukowato wygięte
2	łodygi	brązowe do szarobrązowych, kanciaste, czasami zygzakowate, młode pokryte włoskami, starsze nagie
3	pąki	jajowate, okryte dwiema łuskami, brązowe
4	kształt i wymiary blaszek	od eliptycznych do odwrotnie jajowatych, 10-20 mm dł. × 8-12 mm szer., ogonek długości 2-4 mm
5	nasada blaszki	klinowata
6	brzeg blaszki	całobrzegi, czasem z 3-5 ząbkami na odcinku od połowy długości blaszki po wierzchołek
7	wierzchołek blaszki	tępy
8	powierzchnia liści	doosiowa – najczęściej naga, odosiowa – od pokrytej włoskami do prawie nagiej
9	typ kwiatostanu i pokrycie włoskami	podbaldachy na szczycie krótkich, ulistnionych pędów bocznych, osie kwiatostanów i szypułki kwiatowe pokryte włoskami
10	wymiary kwiatów i kwiatostanów	szypułka – długość 4-8 mm, kwiat – ø 5-6 mm, kwiatostan – ø 30-50 mm
11	działki	trójkątne, ostre, długości 2-2,5 mm, w fazie owocowania wzniesione lub rozpostarte na boki
12	płatki	białe, rzadko różowawe, okrągławe, wierzchołek cały lub wcięty
13	słupki i dno kwiatowe	niewielko pokryte włoskami, krótsze od pręcików, strona odosiowa dna pokryta włoskami
14	pręciki	około 20 w jednym kwiecie, długością prawie równe płatkom lub nieco dłuższe
15	mieszki	nieznacznie pokryte włoskami

▪ *var. glaucophylla* Franch.

W literaturze (LU i CRINAN 2003) można znaleźć odmianę *S. canescens* o liściach wybarwionych na stronie odosiowej na sinawy kolor. Jej autorem jest francuski botanik Adrien René Franchet, który opisał ów takson na podstawie materiałów otrzymanych od misjonarza Père Jean-Marie Delavay'a. Zebrane okazy pochodziły z gór Cangshan, zlokalizowanych w chińskiej prowincji Junnan (FRANCHET i DELAVAY 1889). Mniej więcej w tym samym okresie ZABEL (1893) zaklasyfikował ją jako *var. myrtifolia* Zabel, przy czym odnotował, że przysłano ją do Leśnego Ogrodu Botanicznego w Münden, gdzie pracował, jako *S. nepalensis*. Z kolei KRÜSSMANN (1986) zamieszcza w swojej pracy ten sam takson stosując zapis 'Myrtifoli'.

Według LU i CRINAN (2003), tawuła występuje tylko w Chinach od prowincji Gansu przez zachodni Syczuan, wschodni Tybet, aż po północno-zachodni Junnan. Rośnie

na wysokości od 2300 do 3000 m n.p.m. Cechy szczególne var. *glaucophylla* przedstawiono w tabeli 6.

Tabela 6. Cechy szczególne *S. canescens* var. *glaucophylla* na podstawie ZABEL (1893) KRÜSSMANN (1986), LU i CRINAN (2003)

Lp.	Cecha	Opis
4	kształt i wymiary blaszek	podługowaty do odwrotniejąowego, 12-15 mm dł. × 4-6 mm szer.,
6	brzeg blaszki	całobrzegi, czasem z 3 ząbkami w okolicy wierzchołka
8	powierzchnia blaszek	odosiowa – sinawa, naga
15	mieszki	nagie, czasem z rzadkimi, delikatnymi włoskami

- *S. decumbens* Koch

Gatunek odkrył na stanowiskach naturalnych, w piętrze subalpejskim, w regionie Friuli (północno-wschodnie Włochy) niemiecki naukowiec Christian Julius Wilhelm Schiede. Przywiózł on żywy materiał roślinny do Monachium, gdzie następnie na podstawie okazów potomnych takson scharakteryzował i wprowadził do świata nauki niemiecki botanik Johann Friedrich Wilhelm Koch (RÖHLINGS 1831).

S. decumbens subsp. *decumbens* w stanie dzikim rośnie we Włoszech w regionie Friuli-Wenecja Julijska i w Słowenii w Alpach Julijskich (HEGI 1995). Porasta skały wapienne, w tym zbocza i piargi na wysokości od 460 do 800 m n.p.m. (TUTIN i IN. 1968). Charakterystykę morfologiczną gatunku przedstawiono w tabeli 7.

Tabela 7. Charakterystyka *S. decumbens* subsp. *decumbens* na podstawie TUTIN i IN. (1968), KRÜSSMANN (1986), CULLEN i IN. (1995), HEGI (1995)

Lp.	Cecha	Opis
1	wysokość i pokrój	25 cm, karłowy, pędy płozące (nie ukorzeniają się) lub wzniesione
2	łodygi	cienkie, nagie
3	pąki	tępe, pokryte kilkoma łuskami
4	kształt i wymiary blaszek	od podługowatych do odwrotniejąowych, 13-38 mm dł. × 6-13 mm szer., ogonek długości około 3 mm
5	nasada blaszki	klinowata
6	brzeg blaszki	piłkowany do podwójnie piłkowanego
7	wierzchołek blaszki	ostry
8	powierzchnia liści	doosiowa – naga, odosiowa – naga
9	typ kwiatostanu i pokrycie włoskami	podbaldachy na szczycie pędu

10	wymiary kwiatów i kwiatostanów	kwiat – \varnothing około 6 mm, kwiatostan – \varnothing 30-50 mm
11	działki	rozpostarte na boki lub odgięte
12	płatki	białe
13	słupki	kwiaty w dużej mierze jednopłciowe
14	pręciki	długością równe płatkom
15	mieszki	nagie

- subsp. *tomentosa* (Poech) Dostál

Jest to tawuła, której rangę podgatunku *S. decumbens* przypisał czeski botanik Josef Dostál. Autor przedstawił takson we fragmencie tekstu pt. *Short Notulae, Rosaceae* w pracy, której autorem był HEYWOOD (1968). Warto nadmienić, że funkcjonuje kilka nazw synonimicznych tej tawuły, m. in. *S. lancifolia* Hoffmanns., którą stosuje KRÜSSMANN (1986). W starszych opracowaniach (KOCH 1869, SCHNEIDER 1906, SOKOLOV 1954) można znaleźć także nazwę *S. hacquetii* Frenzl & Koch, którą wprowadzili austriacki botanik Eduard Fenzl oraz J. F. W. Koch. Botanicy ci informują, że jest to nowy gatunek z Alp Tyrolskich, który odkrył austriacki uczone Baltazar Hacquet de la Motte (KOCH 1854), stąd jego upamiętnienie w zapisie taksonu, który przedstawili.

HEGI (1995) podaje, że jest to włoski endemit, który występuje w Alpach w autonomicznym regionie administracyjnym Friuli-Wenecja Julijska. Dodaje przy tym, że tawuła rośnie na wapieniach w rozmaitych szczelinach i na rumowiskach skalnych na wysokości od 600 do 1600 m n.p.m. CULLEN i IN. (1995) wskazują ponadto, że takson obejmuje swym zasięgiem także region geograficzny Tyrol (Austria i Włochy). Cechy szczególne *S. decumbens* subsp. *tomentosa* przedstawiono w tabeli 8.

Tabela 8. Cechy szczególne *S. decumbens* subsp. *tomentosa* na podstawie TUTIN i IN. (1968), KRÜSSMANN (1986), CULLEN i IN. (1995), HEGI (1995)

Lp.	Cecha	Opis
2	łodygi	pokryte szarymi włoskami
4	kształt i wymiary blaszek	eliptyczne, długości 15-25 mm
6	brzeg blaszki	całobrzegie z kilkoma ząbkami w okolicy wierzchołka
8	powierzchnia liści	odosiowa – pokryta gęstym, szarym kutnerem
9	typ kwiatostanu i pokrycie włoskami	podbaldachy na szczycie pędu – często nie wyniesione powyżej poziomu szczytowych liści, osie kwiatostanów i szypułki kwiatowe pokryte szarym kutnerem
10	wymiary kwiatów i kwiatostanów	kwiatostan – \varnothing 25-35 mm
15	mieszki	pokryte włoskami

- *S. formosana* Hayata

Gatunek opisał i wprowadził do świata nauki japoński botanik Bunzō HAYATA (1911). Doknał tego na podstawie materiału, który zebrali jego rodacy na Tajwanie – Takiga Kawakami i Ushinosuke Mori. Gatunek jest endemitem dla Tajwanu, gdzie występuje na wysokości od 2100 do 3000 m n.p.m (LU i CRINAN 2003). Tawuła dziko rośnie głównie w centralnej części Tajwanu w górskich lasach (LI 1963, OHASHI i HSIEH 1993). Charakterystykę morfologiczną tawuły przedstawiono w tabeli 9.

Tabela 9. Charakterystyka *S. formosana* na podstawie HAYATA (1911), LI (1963), OHASHI i HSIEH (1993), LU i CRINAN (2003)

Lp.	Cecha	Opis
2	łodygi	żółtobrązowe do ciemnobrązowych, obłe, młode pokryte gęstymi włoskami, starsze nagie
3	pąki	jajowate, ostre, około 5 mm długości, okryte kilkoma łuskami
4	kształt i wymiary blaszek	od podługowatych do jajowatych, 40-60 mm dł. × 20-25 mm szer., ogonek długości 2-3 mm
5	nasada blaszki	szerokoklinowata
6	brzeg blaszki	podwójnie piłkowany
7	wierzchołek blaszki	ostry
8	powierzchnia liści	doosiowa – naga odosiowa – pokryta włoskami, czasem tylko na nerwach, bladezielona, ogonki – pokryte włoskami
9	typ kwiatostanu i pokrycie włoskami	podbaldachy na szczycie tegorocznych długopędów, osie kwiatostanów i szypułki kwiatowe pokryte włoskami
10	wymiary kwiatów i kwiatostanów	szypułka – długość 5-7 mm, kwiat – \varnothing 7-9 mm, kwiatostan – \varnothing około 80 mm
11	działki	trójkątne, długości 1,5-2 mm, w fazie owocowania odgięte
12	płatki	białe do różowionych*, okrągławe, ok. 2-3 mm \varnothing , wierzchołek tępy lub delikatnie wcięty
13	słupki i dno kwiatowe	pokryte włoskami, strona odosiowa dna pokryta włoskami
14	pręciki	około 20 w jednym kwiecie, dłuższe od płatków
15	mieszki	nieczo rozpostarte na boki, nagie lub pokryte włoskami od strony szwu

*W przytaczanej literaturze brakuje informacji o barwie płatków. Dane w tabeli uzupełniono w oparciu o zdjęcia gatunku pochodzące ze stanowiska naturalnego na Tajwanie (INATURALIST 1).

- *S. fritschiana* C.K. Schneid.

Gatunek scharakteryzował niemiecki botanik Camillo Karl SCHNEIDER (1905), który dokonał tego na podstawie materiałów, które zebrał czesko-austriacki botanik Heinrich Wawra von Fernsee w okolicy miasta Yantai w chińskiej prowincji Szantung. Nazwa naukowa upamiętnia austriackiego botanika Karla Fritscha. LU i CRINAN (2003) wydzielają odmianę typową var. *fritschiana* oraz var. *angulata* (Fritsch ex C.K. Schneid.) Rehder i var. *parvifolia* T.N. Liou.

Odmiana nominatywna występuje na wysokości od 100 do 2000 m n.p.m. Jej stanowiska naturalne zlokalizowane są na zboczach i w lasach położonych w górskich dolinach. Jest to chiński endemit, którego zasięg obejmuje prowincje Gansu, Syczuan, Shaanxi, Shanxi, Hebei, Henan, Hubei, Szantung, Jiangsu i Zhejiang (LU i CRINAN 2003). Charakterystykę morfologiczną *S. fritschiana* przedstawiono w tabeli 10.

Tabela 10. Charakterystyka *S. fritschiana* na podstawie KRÜSSMANN (1986), LU i CRINAN (2003)

Lp.	Cecha	Opis
1	wysokość	1-2 m
2	łodygi	purpurowobrązowe do brązowych, lśniące, kanciaste, młode pokryte drobnymi włoskami, starsze nagie
3	pąki	jajowate ostre lub zaokrąglone, około 5 mm długości, pokryte kilkoma brązowymi łuskami, młode niekiedy pokryte rzadkimi włoskami
4	kształt i wymiary blaszek	jajowate, eliptyczne lub odwrotnie jajowate, 30-80 mm dł. × 15-35 mm szer., ogonek długości 2-5 mm
5	nasada blaszki	szerokoklinowata
6	brzeg blaszki	piłkowany do podwójnie piłkowanego
7	wierzchołek blaszki	ostry lub zaokrąglony
8	powierzchnia liści	doosiowa – od nagiej do pokrytej włoskami, ciemnozielona odosiowa – pokryta włoskami, czasami tylko na nerwach, bladezielona
9	typ kwiatostanu i pokrycie włoskami	podbaldachy na szczycie tegorocznych długopędów, osie kwiatostanów i szypułki kwiatowe nagie
10	wymiary kwiatów i kwiatostanów	szypułka – długość 4-7 mm, kwiat – ø 5-6 mm, kwiatostan – ø 60-70 mm
11	działki	trójkątne, ostre, długości 1,5-2 mm, w fazie owocowania odgięte
12	płatki	białe, w pąku zaróżowione, jajowate z tępym wierzchołkiem, długości 2-4 mm
13	słupki i dno kwiatowe	pokryte włoskami, strona odosiowa dna naga
14	pręciki	od 25 do 30 w jednym kwiecie, dłuższe od płatków

15	mieszki	nieczo wzniesione i rozpostarte na boki, nagie lub pokryte włoskami od strony szwu
----	---------	--

- *S. hayatana* H.L. Li

Gatunek jest endemitem dla Tajwanu, gdzie dziko rośnie w regionach górskich centralnej części wyspy na wysokości od 3000 do 3500 m n.p.m. (LI 1963, LU i CRINAN 2003). LI (1963) informuje, że jest to gatunek blisko spokrewniony z *S. formosana* Hayata, której autor – Bunzō Hayata, został upamiętniony nazwie naukowej tawuły. Charakterystykę morfologiczną *S. hayatana* przedstawiono w tabeli 11.

Tabela 11. Charakterystyka *S. hayatana* na podstawie LI (1963), OHASHI i HSIEH (1993), LU i CRINAN (2003)

Lp.	Cecha	Opis
1	wysokość	do 1,5 m
2	łodygi	czerwonobrązowe, długie i cienkie, obłe, pokryte drobnymi włoskami
4	kształt i wymiary blaszek	od podługowatego do jajowatego, 20-35 mm dł. × 10-18 mm szer., ogonek długości 1-2 mm
5	nasada blaszki	klinowata
6	brzeg blaszki	podwójnie piłkowany
7	wierzchołek blaszki	ostry lub zaokrąglony
8	powierzchnia liści	odosiowa – naga, nerwacja lekko zapadnięta, odosiowa – naga, nerwacja wyraźnie wypukła, ogonek – pokryty włoskami
9	typ kwiatostanu i pokrycie włoskami	podbaldachy na szczycie tegorocznych długopędów, osie kwiatostanów i szypułki kwiatowe pokryte drobnymi, rzadkimi włoskami
10	wymiary kwiatów i kwiatostanów	szypułka – długość 3-4 mm, kwiat – ø 4-5 mm, kwiatostan – ø około 55 mm
11	działki	trójkątne i niemal ostre, długości 0,5-1 mm, w fazie owocowania odgięte
12	płatki	białe do żółtawych*, odwrotnie jajowate, tępe lub delikatnie wcięte, długości 2-3 mm
13	dno kwiatowe	strona odosiowa dna pokryta włoskami
14	pręciki	około 20 w jednym kwiecie, ± dwa razy dłuższe od płatków
15	mieszki	wzniesione, nagie

*W przytaczanej literaturze brakuje informacji o barwie płatków. Dane w tabeli uzupełniono w oparciu o zdjęcia gatunku pochodzące ze stanowiska naturalnego na Tajwanie (INATURALIST 2 i 3).

- *S. henryi* Hemsl.

Tawułę na stanowisku naturalnym zebrał i wysłał do Kew Garden w Londynie brytyjski botanik Augustine Henry. To właśnie jego postać została upamiętniona w nazwie naukowej gatunku. Materiał roślinny, który posłużył do scharakteryzowania gatunku, pochodził z okolicy miasta Patung i Yichang w chińskiej prowincji Hubei. Takson opisał i wprowadził do świata nauki Brytyjczyk William Botting Hemsley (FORBES i HEMSLEY 1886-1888, VEITCH 1906).

Stanowiska naturalne *S. henryi* znajdują się w Chinach, gdzie gatunek występuje w prowincjach Gansu, Shaanxi, Syczuan, Hubei, Kuejczou i Junnan. Rośnie w lasach i zaroślach, a także na zboczach gór na wysokości od 1300 do 3000 m n.p.m. (LU i CRINAN 2003). Charakterystykę morfologiczną *S. henryi* przedstawiono w tabeli 12.

Tabela 12. Charakterystyka *S. henryi* na podstawie REHDER (1949), KRÜSSMANN (1986), CULLEN i IN. (1995), LU i CRINAN (2003)

Lp.	Cecha	Opis
1	wysokość	2-3 m
2	łodygi	brązowe, czerwono-brązowe lub szarobrązowe, obłe, młode pokryte włoskami, starsze nagie
3	pąki	jajowate, tępe lub ostre, okryte kilkoma łuskami, młode pokryte włoskami i wybarwione na brązowo
4	kształt i wymiary blaszek	podługowate, odwrotnielancetowate lub odwrotniejąkowate, 20-70 mm dł. × 8-23 mm szer., ogonek długości 2-5 mm
5	nasada blaszki	klinowata
6	brzeg blaszki	całobrzegi, czasem z kilkoma grubymi ząbkami w okolicy wierzchołka
7	wierzchołek blaszki	ostry do niemal tępego
8	powierzchnia liści	doosiowa – naga lub pokryta rzadkimi, delikatnymi włoskami, ciemnozielona, odosiowa – pokryta gęstymi, cienkimi i długimi włoskami (szczególnie na nerwach)
9	typ kwiatostanu i pokrycie włoskami	podbaldachy na szczycie krótkich, ulistnionych pędów bocznych, osie kwiatostanów i szypułki kwiatowe nagie lub pokryte rzadkimi, delikatnymi włoskami
10	wymiary kwiatów i kwiatostanów	szypułka – długość 5-8 mm, kwiat – \varnothing 5-6 mm, kwiatostan – \varnothing około 50 mm
11	działki	trójkątno-jajowate, ostre, długości 1-1,5 mm, w fazie owocowania wzniesione
12	płatki	białe, okrągławe, ok. 2 mm \varnothing , wierzchołek często wcięty, rzadko tępy
13	dno kwiatowe	strona odosiowa dna pokryta rzadkimi, długimi, miękkimi włoskami
14	pręciki	około 20 w jednym kwiecie, od krótszych od płatków do niemal równych

- *S. japonica* L. f.

Gatunek do świata nauki wprowadził syn Karola Linneusza – Karol Linneusz Młodszy – w dziele, które było kontynuacją pracy jego ojca (LINNÉ 1781). Zapis autora gatunku „L. f.” oznacza „Linneusz syn” (*Linnaeus filius*). Materiał roślinny, na podstawie którego dokonał charakterystyki taksonu, otrzymał od ucznia swego ojca, botanika Carla Petera Thunberga, który przebywał w Japonii będąc w służbie Holenderskiej Kompanii Wschodnioindyjskiej. Trzy lata później ukazała się praca THUNBERGA (1784) o nazwie *Flora Japonica*, w której autor opisywał japońskie rośliny. Zamieścił w niej także opis omawianej tawuły, lecz pod nazwą *S. callosa* Thunb.

S. japonica jest taksonem bardzo zmiennym. IKEDA (2001) wyróżnia dla terytorium Japonii, poza odmianą nominatywną, jedną formę – f. *albiflora* (Miq.) Kitam. – oraz dwie odmiany geograficzne – var. *hypoglauca* Koidz. i var. *ripensis* Kitam. Tymczasem LU i CRINAN (2003) wyróżniają dla Chin poza odmianą typową aż 7 odmian geograficznych: var. *acuta* T.T. Yu, var. *acuminata* Franch., var. *incisa* T.T. Yu, var. *pinnatifida* T.T. Yu & L.T. Lu, var. *ovalifolia* Franch., var. *fortunei* (Planch.) Rehder, var. *glabra* (Regel) Koidz. W kolekcjach dendrologicznych w Polsce znajduje się odmiana nominatywna (niemal w każdym ogrodzie botanicznym i arboretum), dwie odmiany geograficzne – var. *acuminata* Franch. oraz var. *fortunei* (Planch.) Rehder, które rosną w Arboretum SGGW w Rogowie oraz forma *albiflora* (Miq.) Kitam. – Ogród Botaniczny UAM w Poznaniu. Z tego względu w pracy zdecydowano się na przedstawienie tylko tych trzech odmian oraz formy białokwiatowej.

LU i CRINAN (2003) informują, że *S. japonica* var. *japonica* jest powszechnie uprawiana w Chinach, ale jej pochodzenie związane jest z Japonią i Półwyspem Koreańskim. W przypadku Japonii, IKEDA (2001) odmianę nominatywną przyporządkowuje do Honsiu, Sikoku i Kiusiu. Dodaje przy tym, że jest to takson często występujący w górach. Charakterystykę morfologiczną *S. japonica* var. *japonica* przedstawiono w tabeli 13.

Tabela 13. Charakterystyka *S. japonica* var. *japonica* na podstawie OHWI (1965), HEGI (1995), IKEDA (2001), LU i CRINAN (2003)

Lp.	Cecha	Opis
1	wysokość i pokrój	do 1,5 m, pędy wzniesione
2	łodygi	brązowe do purpurowobrązowych, obłe lub delikatnie kanciaste, młode pokryte włoskami, starsze nagie
3	pąki	jajowate, ostre, długości 3-5 mm, okryte kilkoma łuskami
4	kształt i wymiary blaszek	od jajowatych do eliptyczno-jajowatych, 20-80 mm dł. × 10-40 mm szer., ogonek długości 1-3 mm
5	nasada blaszki	klinowata
6	brzeg blaszki	podwójnie piłkowany, rzadko piłkowany
7	wierzchołek blaszki	tępy, ostry lub zaokrąglony
8	powierzchnia liści	doosiowa – od nagiej do pokrytej rzadkimi włoskami na nerwach, odosiowa – zazwyczaj pokryta włoskami na nerwach, bladozielona lub sinozielona,
9	typ kwiatostanu i pokrycie włoskami	podbaldachy na szczycie tegorocznych długopędów, osie kwiatostanów i szypułki kwiatowe pokryte gęstymi włoskami
10	wymiary kwiatów i kwiatostanów	szypułka – długość 4-6 mm, kwiat – ø 4-7 mm, kwiatostan – ø 60-200 mm
11	działki	trójkątne, ostre, długości 1,5-2 mm, w fazie owocowania wzniesione
12	płatki	od jasnoróżowych do ciemnoróżowych, jajowate do kolistych, długości 2,5-3,5 mm, wierzchołek tępy
13	dno kwiatowe	strona odosiowa dna pokryta rzadkimi włoskami
14	pręciki	25-30 w jednym kwiecie, znacznie dłuższe od płatków
15	mieszki	nagie lub pokryte włoskami od strony szwu

▪ var. *acuminata* Franch.

Odmianę po raz pierwszy scharakteryzował francuski botanik Adrien René FRANCHET (1885), który sporządził charakterystykę roślin zebranych w Tybecie przez misjonarza Armanda Davida. Takson został zebrany w górach na terytorium zamieszkiwanym przez mniejszość etniczną Monpa (FRANCHET 1885).

Tawuła występuje wyłącznie na terytorium Chin, gdzie dziko rośnie w prowincjach Gansu, Shaanxi, Henan, Jiangu, Anhui, Hubei, Zhejiang, Fujian, Jiangxi, Guangdong, Hunan, Kuejczou, Syczuan, Junnan oraz w Regionie Autonomicznym Kuangsi-Czuang, a także w Tybecie. Występuje na wysokości od 900 do 4000 m n.p.m., gdzie porasta brzegi strumieni oraz tworzy warstwę krzewów w mieszanych lasach (LU i CRINAN 2003). Cechy szczególne *S. japonica* var. *acuminata* Franch. przedstawiono w tabeli 14.

Tabela 14. Cechy szczególne *S. japonica* var. *acuminata* na podstawie FRANCHET (1885), LU i CRINAN (2003)

Lp.	Cecha	Opis
4	kształt blaszek	lancetowate
5	nasada blaszki	szeroko klinowata
6	brzeg blaszki	podwójnie piłkowany
7	wierzchołek blaszki	zaostrzony
8	powierzchnia liści	odosiowa – zielona, pokryta włoskami, czasem tylko na nerwach
10	wymiary kwiatostanów	kwiatostan – \varnothing 100-140 mm
12	płatki	różowe

▪ var. *fortunei* (Planch.) Rehder

Takson po raz pierwszy został wprowadzony do świata nauki jako *S. fortunei* Planch. Scharakteryzował go francuski botanik Jules Émile PLANCHON (1853-1854), który nadmienił, że tawułę introdukował z Chin angielski naukowiec John Reeves. Niespełna pięćdziesiąt lat później Alfred REHDER (1902) zaklasyfikował ją jako zmienność *S. japonica*. Zasięg jej występowania w znacznej mierze pokrywa się z odmianą var. *acuminata* Franch. Tawuła występuje w prowincjach Gansu, Shaanxi, Henan, Szantung Jiangsu, Anhui, Hubei, Zhejiang, Fujian, Jiangxi, Guangdong, Hunan, Kuejczou, Syczuan, Junnan oraz w Regionie Autonomicznym Kuangsi-Czuang. Porasta otwarte przestrzenie oraz zbocza terenu na wysokości od 700 do 3000 m. n.p.m. (LU i CRINAN 2003). Cechy szczególne *S. japonica* var. *fortunei* (Planch.) Rehder przedstawiono w tabeli 15.

Tabela 15. Cechy szczególne *S. japonica* var. *fortunei* na podstawie REHDER (1949), LU i CRINAN (2003)

Lp.	Cecha	Opis
2	łodygi	oble, młode pokryte włoskami
4	kształt i wymiary blaszek	podługowato-lancetowate, długości 50-100 mm
6	brzeg blaszki	podwójnie piłkowany z wierzchołkami ząbków zagiętymi do wewnątrz blaszki
7	wierzchołek blaszki	zaostrzony
8	powierzchnia liści	doosiowa – pofałdowana (pomarszczona), odosiowa – sinawa, naga
9	pokrycie kwiatostanu włoskami	osie kwiatostanów i szypułki kwiatowe pokryte gęstymi, krótkimi włoskami
10	wymiary kwiatostanów	kwiatostan – \varnothing 40-100 mm
12	płatki	różowe

- f. *albiflora* (Miq.) Kitam.

Po raz pierwszy takson scharakteryzował holenderski botanik Friedrich Anton Wilhelm MIQUEL (1867), nadając mu rangę gatunku o nazwie *S. albiflora* Miq. Przez kolejne lata funkcjonował on w niezmiennym zapisie w pracach traktujących o tawułach (ZABEL 1893, SCHNEIDER 1905). Warto tu nadmienić, że obydwaj ww. autorzy zamieścili w swoich dziełach informację, że jest to gatunek z Japonii, ale znany tylko z uprawy. Kolejnym badaczem, który opisał tę tawułę, był japoński botanik Gen-ichi KOIDZUMI (1909), który scharakteryzował ją jako odmianę – var. *albiflora* (Miq.) Koidz. W opisie nadmienił, że jej habitat związany jest z uprawą ogrodową. W pracach REHDERA (1949), SOKOLOVA (1954), KRÜSSMANNA (1986) i HEGIEGO (1995) widnieje jako *S. albiflora* (Miq.) Zab., który odnosi się do pracy ZABELA (1893). Trudno wyjaśnić, dlaczego niemiecki dendrolog Hermann Zabel został zamieszczony w nich jako drugi autor, skoro w swojej pracy używał nazwy (podając opis gatunku) *S. albiflora* Miq. bez wprowadzania jakiegokolwiek zmiany.

Kolejnym japońskim badaczem po KOIDZUMI (1909), który opisał omawiany takson był KITAMURA (1952). Tawuła została przez niego przedstawiona jako forma *albiflora* (Miq.) Kitam. Autor nie zamieścił jednak żadnych informacji odnośnie jej występowania. Zapis ten jednak przetrwał do najnowszej pracy o nazwie *Flora of Japan* (IKEDA 2001), w której również brak wiadomości na temat stanowisk naturalnych, czy też uprawy ogrodowej tej tawuły. Tymczasem pod koniec dwudziestego wieku CULLEN i IN. (1995) przedstawili kultywar ‘Albiflora’, dodając przy tym, że nazwa ta jest tożsama z *S. albiflora* (Miq.) Zabel. Trudno jednak ustalić, czy ktoś już wcześniej stosował zapis wskazujący, że jest to kultywar. Być może jego początków należy upatrywać w branży szkółkarskiej i związanej z nią handlem.

Tymczasem w polskiej literaturze dendrologicznej BIAŁOBOK i HELLWIG (1955) opisywali takson *S. albiflora* Zabel, który ma błędnie przypisanego autora. Kilkadziesiąt lat później BUGAŁA (2000) stosował już zapis *S. japonica* ‘Albiflora’, tłumacząc w nawiasie, że jest to *S. albiflora* Zab. Zapis ten (*S. japonica* ‘Albiflora’) stosują również SENETA i DOLATOWSKI (2012), jednakże bez podawania synonimów. Tawuła jako odmiana ‘Albiflora’ funkcjonuje również w Polsce w handlu. W takiej postaci figuruje chociażby w KATALOGU ROŚLIN ZWIĄZKU SZKÓLKARZY POLSKICH. W najnowszym wydaniu *Dendrologii* SENETY i IN. (2021), ze zmniejszoną liczbą odmian uprawnych w stosunku do poprzednich wydań, ‘Albiflora’ nie została zamieszczona. Za to do nazwy gatunkowej *S. japonica* zostały dopisane synonimy, wśród których pierwszym jest *S. albiflora* (Miq.) Zabel.

Warto zwrócić uwagę, że nieustannie w literaturze światowej i krajowej pokutuje dopisywanie Hermanna Zabela (w formie Zab. lub Zabel), jako rzekomo drugiego autora

S. albiflora (Miq.). Nie zmienia to oczywiście faktu, że jest to takson o trudnej do ustalenia randze. W niniejszej pracy zdecydowano się na zapis bazujący na japońskich opracowaniach botanicznych – *S. japonica* f. *albiflora* (Miq.) Kitam. Cechy szczególne formy białokwiatowej przedstawiono w tabeli 16.

Tabela 16. Cechy szczególne *S. japonica* f. *albiflora* na podstawie (REHDER 1902), REHDER (1949), KRÜSSMANN (1986)

Lp.	Cecha	Opis
1	wysokość	około 50 cm
2	łodygi	kanciaste, pokryte żłobieniami
4	kształt i wymiary blaszek	lancetowate, 60-70 mm dł. × 10-20 mm szer.
5	nasada blaszki	klinowata
6	brzeg blaszki	piłkowany, rzadko podwójnie piłkowany
7	wierzchołek blaszki	zaostrzony
8	powierzchnia liści	doosiowa – naga, jasnozielona, odosiowa – naga, niebieskozielona
9	typ kwiatostanu i pokrycie włoskami	podbaldachy na szczycie tegorocznych długopędów – jeden duży i wiele mniejszych poniżej na różnej wysokości (mogą tworzyć pozorną wiechę), osie kwiatostanów i szypułki kwiatowe pokryte włoskami
11	działki	w fazie owocowania odgięte
12	płatki	białe
15	mieszki	nagie

- *S. longigemmis* Maxim.

Gatunek wprowadził do świata nauki rosyjski botanik Karl Ivanowicz MAXIMOWICZ (1879). W swojej pracy namienił, że tawuła pochodzi z wyprawy Nikołaja Michajłowicza Przewalskiego do Chin i został zebrany w prowincji Gansu, w górskim lesie rozciągającym się na południe od rzeki Tetung. *S. longigemmis* dziko rośnie w Chinach prowincjach Zhejiang, Shanxi, Shaanxi, Hubei, Gansu, Syczuan, Junnan oraz w Tybecie, gdzie porasta suche i kamieniste zbocza terenu oraz przydroża (LU i CRINAN 2003). Tawuła występuje na wysokości od 2500 do 3400 m n.p.m. (LU i CRINAN 2003). Charakterystykę morfologiczną *S. longigemmis* przedstawiono w tabeli 17.

Tabela 17. Charakterystyka *S. longigemmis* na podstawie REHDER (1949), SOKOLOV (1954), KRÜSSMANN (1986), LU i CRINAN (2003)

Lp.	Cecha	Opis
1	wysokość i pokrój	do 1,5 m, pędy rozpostarte na boki
2	łodygi	brązowe do szarobrązowych, lekko zygzakowate, cienkie, nagie
3	pąki	jajowate, zaostrome, do 10 mm długości (dłuższe niż ogonki liściowe), okryte dwiema łuskami
4	kształt i wymiary blaszek	eliptyczno-jajowaty do jajowatego, 30-70 mm dł. × 10-30 mm szer., ogonek długości 2-5 mm
5	nasada blaszki	klinowata
6	brzeg blaszki	piłkowany do podwójnie piłkowanego
7	wierzchołek blaszki	zaostromy
8	powierzchnia liści	doosiowa – naga, odosiowa – naga lub pokryta delikatnymi włoskami na nerwach, jasnozielona,
9	typ kwiatostanu i pokrycie włoskami	podbaldachy na szczycie ulistnionych pędów bocznych, osie kwiatostanów i szypułki kwiatowe pokryte włoskami
10	wymiary kwiatów i kwiatostanów	szypułka – długość 4-6 mm, kwiat – \varnothing 5-8 mm, kwiatostan – \varnothing 50-80 mm
11	działki	trójkątne, długości 1-1,5 mm, w fazie owocowania wzniesione lub odgięte
12	płatki	białe, okrągławe, \varnothing 2-2,5 mm
13	słupki i dno kwiatowe	pokryte włoskami, strona odosiowa dna pokryta włoskami
14	pręciki	15-20 w jednym kwiecie, dłuższe od płatków
15	mieszki	niemal nagie, delikatnie rozpostarte na boki

- *S. miyabei* Koidz.

Gatunek wprowadził do świata nauki japoński botanik Gen-ichi KOIDZUMI (1909). Opisana przez niego tawuła pochodziła z Hokkaido. Niedługo potem takson opisał również jego rodak Takenoshin NAKAI (1915). Zajmował się on m. in. badaniem roślin Półwyspu Koreańskiego i to właśnie tam znalazł tę tawułę, która jak sam wskazał, rosła w gęstym lesie przy wąwozach góry Waigalbon (obecnie terytorium Korei Północnej). Uznając ją za koreański endemit, nadał jej nazwę *S. silvestris* Nakai (NAKAI 1915).

OHWI (1965) jak i IKEDA (2001) podają, że *S. miyabei* w Japonii rośnie w północnej części wyspy Honsiu i na Hokkaido, ale należy ona do rzadkości pośród rodzimych roślin. IKEDA (2001) nadmienił dodatkowo, że gatunek występuje również w Korei i Chinach. Tymczasem LU i CRINAN (2003) informują, że typowa *S. miyabei* (= *S. miyabei* var. *miyabei*) rośnie w Japonii, a w Chinach można znaleźć jedynie jej trzy różne odmiany geograficzne: var. *glabrata* Rehder, var. *pilosula* Rehder, var. *tenuifolia* Rehder. W nazwie naukowej gatunku

został upamiętniony japoński botanik Kingo Miyabe. Charakterystykę morfologiczną *S. miyabei* przedstawiono w tabeli 18.

Tabela 18. Charakterystyka *S. miyabei* na podstawie REHDER (1949), OHWI (1965), KRÜSSMANN (1986), IKEDA (2001), LU i CRINAN (2003)

Lp.	Cecha	Opis
1	wysokość	1-1,5 m
2	łodygi	delikatnie kanciaste, młode pokryte rzadkimi włoskami
3	pąki	jajowate, długości 1-2 mm, okryte kilkoma łuskami
4	kształt i wymiary blaszek	jajowate do jajowato-podługowatych, 30-80 mm dł. × 10-30 mm szer., ogonek długości 2-6 mm
5	nasada blaszki	zaokrąglona do szerokoklinowatej
6	brzeg blaszki	podwójnie piłkowany
7	wierzchołek blaszki	ostry lub zaostzony
8	powierzchnia liści	doosiowa – naga, odosiowa – naga, zielona, młode pokryte rzadkimi włoskami (również na brzegu blaszki)
9	typ kwiatostanu i pokrycie włoskami	podbaldachy na szczycie tegorocznych długopędów, osie kwiatostanów i szypułki kwiatowe pokryte włoskami
10	wymiary kwiatów i kwiatostanów	szypułka – długość 3-10 mm, kwiat – \varnothing około 8 mm, kwiatostan – \varnothing 30-60 mm
11	działki	trójkątne, ostre, do 1 mm długości, w fazie owocowania wzniesione lub odgięte
12	płatki	białe, okrągławe, długości 2-3 mm
13	słupki i dno kwiatowe	pokryte włoskami, strona odosiowa dna pokryta naga
14	pręciki	20-25 w jednym kwiecie, 2 do 3 razy dłuższe od płatków
15	mieszki	pokryte krótkimi włoskami, rozpostarte na boki

- *S. rosthornii* E. Pritz.

Tawułę po raz pierwszy scharakteryzował niemiecki botanik Ernst Georg Pritzel. Jej opis został opublikowany w pracy, którą sporządził jego rodak DIELS (1900). Materiał roślinny, który do tego posłużył pochodził z Nanchuan, które znajduje się na terenie wydzielonego miasta Chongqing w Chinach (DIELS 1900). LU i CRINAN (2003) wskazują, że tawuła porasta zbocza i brzegi strumieni w prowincjach Hebei, Henan, Anhui, Shaanxi, Gansu, Qinghai, Syczuan, Junnan na wysokości od 1000 do 3500 m n.p.m.

Nazwa łacińska prawdopodobnie honoruje kolekcjonera roślin A. von Rosthorna, który zbierał rośliny na terytorium Chin pod koniec XIX wieku (HARVARD UNIVERSITY HERBARIA & LIBRARIES). Trudno jednak stwierdzić, czy jest nim Arthur von Rosthorn – austriacki sinolog

i dyplomata, który również żył w tamtym okresie i pełnił swoje obowiązki m. in. w Chinach. Charakterystykę morfologiczną *S. rosthornii* przedstawiono w tabeli 19.

Tabela 19. Charakterystyka *S. rosthornii* na podstawie REHDER (1949), SOKOLOV (1954), KRÜSSMANN (1986), LU i CRINAN (2003)

Lp.	Cecha	Opis
1	wysokość i pokrój	do 2 m, pędy rozpostarte na boki
2	łodygi	żółtobrązowe do szarobrązowych, młode pokryte włoskami, starsze nagie
3	pąki	podługowato-jajowate, ± tej samej długości co ogonek, zaostrome, okryte dwiema łuskami, nagie
4	kształt i wymiary blaszek	lancetowate do podługowato-jajowatych, 25-50 mm dł. × 10-20 mm szer., ogonek długości 5-7 mm
5	nasada blaszki	klinowata, rzadko zaokrąglona
6	brzeg blaszki	podwójnie piłkowany, z głębokimi wcięciami
7	wierzchołek blaszki	zaostromy
8	powierzchnia liści	doosiowa – jasnozielona, pokryta rzadkimi, krótkimi włoskami, odosiowa – szarzielona, pokryta włoskami, szczególnie na nerwach, ogonek – pokryty włoskami
9	typ kwiatostanu i pokrycie włoskami	podbaldachy na szczycie ulistnionych pędów bocznych, osie kwiatostanów i szypułki kwiatowe pokryte włoskami
10	wymiary kwiatów i kwiatostanów	szypułka – długość 5-7 mm, kwiat – ø 5-7 mm, kwiatostan – ø 50-80 mm
11	działki	trójkątne, ostre, długości 1-2 mm, w fazie owocowania odgięte
12	płatki	białe, jajowate do niemal okrągławych, długości 2-3,5 mm
13	dno kwiatowe	strona odosiowa dna mniej lub bardziej pokryta włoskami
14	pręciki	około 20 w jednym kwiecie, dłuższe od płatków
15	mieszki	pokryte włoskami, rozpostarte na boki

- *S. sargentiana* Rehder

Gatunek zebrał na suchych stanowiskach w zachodniej części chińskiej prowincji Syczuan, brytyjski ogrodnik, botanik i zawodowy łowca roślin Ernest Henry Wilson. Za sporządzenie opisu taksonu i wprowadzenie go do świata nauki odpowiada Alfred REHDER (1913). *S. sargentiana* pochodzi z Chin, a jej stanowiska naturalne mieszczą się w prowincjach Henan, Hubei, Syczuan i Junnan na wysokości od 1000 do 2400 m n.p.m. Rośnie często wśród rozmaitych zarośli na zboczach, ale również w przydrożnych pasach zieleni (LU i CRINAN 2003). Nazwa naukowa gatunku upamiętnia amerykańskiego botanika Charles'a Sprague Sargent'a. Charakterystykę morfologiczną *S. sargentiana* przedstawiono w tabeli 20.

Tabela 20. Charakterystyka *S. sargentiana* na podstawie REHDER (1949), SOKOLOV (1954), KRÜSSMANN (1986), CULLEN i IN. (1995), LU i CRINAN (2003)

Lp.	Cecha	Opis
1	wysokość i pokrój	do 2 m, pędy rozpostarte na boki
2	łodygi	czerwonobrązowe do szarobrązowych, cienkie, obłe, czasem lekko kanciaste, młode pokryte włoskami, starsze nagie
3	pąki	jajowate, niemal tępe lub ostre, małe, brązowe, okryte kilkoma łuskami, młode pokryte włoskami
4	kształt i wymiary blaszek	wąsko eliptyczne do odwrotnie jajowatych, 10-30 mm dł. × 7-12 mm szer., ogonek długości 1-3 mm
5	nasada blaszki	klinowata
6	brzeg blaszki	całobrzegi z kilkoma ząbkami w okolicy wierzchołka
7	wierzchołek blaszki	ostry
8	powierzchnia liści	doosiowa – pokryta drobnymi włoskami, odosiowa – porośnięta gęstymi, długimi włoskami, ogonek – pokryty długimi włoskami
9	typ kwiatostanu i pokrycie włoskami	podbaldachy na szczycie ulistnionych pędów bocznych, osie kwiatostanów i szypułki kwiatowe pokryte rzadkimi włoskami
10	wymiary kwiatów i kwiatostanów	szypułka – długość 2-5 mm, kwiat – \varnothing 5-6 mm, kwiatostan – \varnothing 25-40 mm
11	działki	trójkątne, ostre, długości 1,5-2 mm, w fazie owocowania wzniesione lub odgięte
12	płatki	kremowobiałe, okrągławe, 2-3 mm długości, wierzchołek wcięty
13	słupki i dno kwiatowe	pokryte włoskami u podstawy, strona odosiowa dna pokryta rzadkimi, długimi, miękkimi włoskami
14	pręciki	około 20 w jednym kwiecie, \pm równe długością płątkom
15	mieszki	rozpostarte na boki, pokryte włoskami od strony szwu

- *S. splendens* É. N. Baumann ex K. Koch

Charakterystyka *S. splendens* została po raz pierwszy przedstawiona w pracy niemieckiego botanika Ludwiga WITTMACKA (1875). Autor dodał jednak, że to nie on sporządził jej opis, po czym przedstawił po krótko historię związaną z jego powstaniem. Początkowo tawułę uprawiał w Bollwiller francuski ogrodnik Émile Napoléon Baumann, który wszedł w posiadanie nasion zebranych w Kalifornii. Gdy krzewy zakwitły, Baumann nadał im tymczasową wówczas nazwę *S. splendens*, gdyż sądził, że gatunek jeszcze nie został nigdzie opisany. Następnie wysłał kwitnący pęd do botanika Karla Kocha, który sporządził naukową charakterystykę gatunku pozostawiając zaproponowaną przez Baumanna nazwę (WITTMACK 1875).

Należy tutaj podkreślić, że takson jest dość kłopotliwy pod względem nazewnictwa. Wynika to z faktu, że wyróżnia się zarówno *S. splendens* i *S. densiflora*, jako dwa odrębne

gatunki lub też jako jeden gatunek, gdzie drugi jest jego podgatunkiem – kombinacja ta zachodzi w obydwie strony (ABRAMS 1944, BROUILLET 2014). Ponadto *S. densiflora* zapisywana jest w literaturze z wieloma różnymi autorami: *S. densiflora* Nutt., *S. densiflora* Nutt. ex Torr. & A. Gray, *S. densiflora* Nutt. ex Rydb., *S. densiflora* Nutt. ex Greenm. Zawilości te mają swój początek w pracy TORREYA i GRAYA (1838-1840). Botanicy informowali w niej o znalezieniu na północno-zachodnim wybrzeżu Stanów Zjednoczonych taksonu odpowiadającego opisowi *S. betulifolia* Pall. Nadmienili również, że jest podobny do różowo kwitnącej tawuły opisanej w manuskrypcie Thomasa Nuttalla – *S. densiflora* Nutt. Następnym ukazaniem się ich publikacji było rozpowszechnienie się nazwy *S. densiflora*, która zaczęła być stosowana w wielu opracowaniach botanicznych z różnymi autorami. Bywa, że niektóre zapisy wynikają z błędnego cytowania, a następnie powielania tego błędu przez kolejnych botaników. Np. *S. densiflora* Nutt. ex Rydb. ma rzekomo odnosić się do pracy, którą sporządził RYDBERG (1908). Jednakże nie wprowadził on w swym dziele żadnych zmian w opisie czy randze taksonu (uznawał *S. densiflora* i *S. splendens*, jako dwa oddzielne gatunki), a przedstawił wyłącznie opis tawuły o nazwie *S. densiflora* Nutt. Powołał się przy tym na publikację autorstwa TORREY i GRAY (1838-1840). Taką omyłkową nazwę (*S. densiflora* Nutt. ex Rydb.) stosuje m. in. KRÜSSMANN (1986), a w formie *S. densiflora* Rydb. także CULLEN i IN. (1995). Z kolei GREENMAN (1898) podaje, że najbardziej poprawna nazwa dla tego taksonu to *S. densiflora* Nutt. Taką też nadal stosował w swojej późniejszej pracy RYDBERG (1917), a wraz z nim ABRAMS (1944) i REHDER (1949).

Problematykę właściwego nazewnictwa przedstawili także KARTESZ i GANDHI (1989), którzy uznali obydwa taksony za jeden gatunek z wewnętrzną zmiennością – *S. splendens* É. N. Baumann ex K. Koch z odmianą var. *rosea* (A. Gray) Kartesz & Gandhi. Nazwa utworzonej odmiany odnosi się do *S. betulifolia* Pall. var. *rosea* A. Gray, która jest dokładnie tą samą rośliną co *S. densiflora* Nutt. (GRAY 1873, GREENMAN 1898). Trudno zrozumieć, dlaczego Asa Gray wprowadził takson ponownie do nauki pod nową nazwą, skoro w tym czasie funkcjonowała już nazwa *S. densiflora*, pochodząca notabene z jego wspólnej pracy z Johnem Torrey'em (TORREY i GRAY 1838-1840). Niemniej pogląd, który wyraził KARTESZ i GANDHI (1989) przyjęto również we *Flora of North America* (BROUILLET 2014), podtrzymując priorytetowość *S. splendens* É. N. Baumann ex K. Koch. nad *S. densiflora*. W niniejszej pracy również zastosowano taki podział, dzieląc *S. splendens* na odmianę nominatywną – var. *splendens* oraz var. *rosea* (= *S. densiflora* Nutt.). Trzeba tu jednak nadmienić, że w handlu

na terenie Polski funkcjonuje tylko jeden takson odnoszący się do powyższych – *S. densiflora* (KATALOG ZWIĄZKU SZKÓŁKARZY POLSKICH).

Stanowiska naturalne *S. splendens* var. *splendens* zlokalizowane są w zachodniej części USA, w stanach Kalifornia, Oregon, Waszyngton, Idaho, Wyoming i Montana. Tawuła rośnie na wysokości od 500 do 3500 m n.p.m., porastając brzegi strumieni oraz jezior, leśne polany i skraje lasów, a także zbocza terenu (BROUILLET 2014). Charakterystykę morfologiczną *S. splendens* var. *splendens* przedstawiono w tabeli 21.

Tabela 21. Charakterystyka *S. splendens* var. *splendens* na podstawie ABRAMS (1944), REHDER (1949), BROUILLET (2014)

Lp.	Cecha	Opis
1	wysokość i pokrój	od 20 do 100 cm, pędy rozpostarte na boki lub wzniesione
2	łodygi	czerwonobrązowe o ciemnym odcieniu, obłe, młode pokryte włoskami
4	kształt i wymiary blaszek	jajowate lub eliptyczne, 10-40 mm dł. × 10-20 mm szer., ogonek długości 1-4 mm
5	nasada blaszki	zaokrąglona, rzadko klinowata
6	brzeg blaszki	karbowany lub piłkowany od połowy długości blaszki po wierzchołek
7	wierzchołek blaszki	tępy, czasem ostry
8	powierzchnia liści	doosiowa – naga, odosiowa – naga lub niemal naga, szarzielona
9	typ kwiatostanu i pokrycie włoskami	podbaldachy na szczycie tegorocznych długopędów, osie kwiatostanów i szypułki kwiatowe nagie lub niemal nagie
10	wymiary kwiatów i kwiatostanów	szypułka – długość 2-5 mm, kwiat – \varnothing 2-4 mm, kwiatostan – \varnothing 15-40 mm
11	działki	trójkątne, długości 0,8-1 mm
12	płatki	od jasnoróżowych do ciemnoróżowych, jajowate do odwrotnie jajowatych, długości 1-2,5 mm
13	dno kwiatowe	strona odosiowa dna naga lub niemal naga
14	pręciki	35-40 w jednym kwiecie, dwa razy dłuższe od płatków
15	mieszki	nagie

- var. *rosea* (A. Gray) Kartesz & Gandhi.

Odmiana rośnie niemal w tych samych stanach USA, w których występuje var. *splendens* – poza stanem Wyoming. Ponadto dziko rośnie także w kanadyjskiej prowincji Alberta. Charakter stanowisk naturalnych również pokrywa się niemal identycznie ze stanowiskami odmiany nominatywnej (BROUILLET 2014). Cechy szczególne *S. splendens* var. *rosea* przedstawiono w tabeli 22.

Tabela 22. Cechy szczególne *S. splendens* var. *rosea* na podstawie ABRAMS (1944), REHDER (1949), BROUILLET (2014)

Lp.	Cecha	Opis
2	łodygi	pokryte krótkimi włoskami
8	powierzchnia liści	odosiowa – pokryta krótkimi włoskami (zwłaszcza na nerwach) ogonek liściowy – pokryty krótkimi włoskami
13	dno kwiatowe	strona odosiowa dna pokryta krótkimi włoskami

- *S. trichocarpa* Nakai

Gatunek po raz pierwszy opisał japoński botanik Takenoshin NAKAI (1909), który sądził wówczas, że jest to koreański endemit. Materiały, które posłużyły do sporządzenia opisu pochodziły z Gór Diamentowych (obecnie terytorium Korei Północnej). Poza Półwyspem Koreańskim, zasięg występowania *S. trichocarpa* obejmuje także terytorium Chin, gdzie tawuła rośnie w prowincjach Shanxi, Jilin, Liaoning oraz Regionie Autonomicznym Mongolii Wewnętrznej. Tawuła porasta brzegi strumieni w mieszanych lasach. (LU i CRINAN 2003). Charakterystykę morfologiczną *S. trichocarpa* przedstawiono w tabeli 23.

Tabela 23. Charakterystyka *S. trichocarpa* na podstawie SOKOLOV (1954), KRÜSSMANN (1986), CULLEN i IN. (1995), LU i CRINAN (2003)

Lp.	Cecha	Opis
1	wysokość	do 2 m
2	łodygi	brązowe lub żółtobrązowe do szarobrązowych, kanciaste, kwitnące – pokryte włoskami, płożne – nagie
3	pąki	jajowate lub cylindryczne, ostre lub tępe, ± równe długościom ogonkom liściowym, okryte dwiema łuskami, młode pokryte krótkimi włoskami, starsze nagie
4	kształt i wymiary blaszek	podługowate do lancetowatych, 25-50 mm dł. × 15-20 mm szer., ogonek długości 2-6 mm
5	nasada blaszki	klinowata
6	brzeg blaszki	całobrzegie z kilkoma ząbkami w okolicy wierzchołka
7	wierzchołek blaszki	od ostrego do niemal tępego
8	powierzchnia liści	odosiowa – naga odosiowa – naga, ogonki – młode pokryte rzadkimi włoskami, starsze nagie
9	typ kwiatostanu i pokrycie włoskami	podbaldachy na szczycie ulistnionych pędów bocznych, osie kwiatostanów i szypułki kwiatowe – pokryte włoskami
10	wymiary kwiatów i kwiatostanów	szypułka – długość 5-9 mm, kwiat – \varnothing 5-7 mm, kwiatostan – \varnothing 25-50 mm
11	działki	trójkątne, ostre, długości 1,5-2 mm, w fazie owocowania wzniesione
12	płatki	białe, jajowate do kolistych, wcięte lub tępe, długości 2-3,5 mm,

13	dno kwiatowe	strona odosiowa dna pokryta włoskami
14	pręciki	około 18-20 w jednym kwiecie, ± równe długością płatkom
15	mieszki	pokryte gęstymi włoskami, wzniesione

- *S. uratensis* Franch.

Gatunek wprowadził do świata nauki francuski botanik Adrien René FRANCHET (1883), który opisywał rośliny zebrane w Azji przez francuskiego misjonarza Armanda Davida. Autor zaznaczył, że okaz został zebrany w górach Ourato w Mongolii (do nich odnosi się nazwa naukowa taksonu). Brak jednak wzmianek we współczesnej literaturze na temat tejże lokalizacji. BLANCHARD (1871) podaje, że Armand David bardzo chciał zobaczyć ww. obszar, który była oddalony o około 320 km na północny zachód od Pekinu. Wynika z tego, że materiał roślinny został zebrany w Regionie Autonomicznym Mongolii Wewnętrznej i najpewniej chodzi tutaj o chorągiew (odpowiednik powiatu) Urad, przy czym istnieje Przednia Chorągiew Urad, Środkowa Chorągiew Urad i Tylna Chorągiew Urad.

Stanowiska naturalne *S. uratensis* znajdują się także poza Regionem Autonomicznym Mongolii Wewnętrznej, w prowincjach Gansu, Shanxi, Shaanxi i Henan. Tawuła porasta wąwozy, urwiska i zbocza na wysokości od 1000 do 2400 m n.p.m. (LU i CRINAN 2003). Charakterystykę morfologiczną *S. uratensis* przedstawiono w tabeli 24.

Tabela 24. Charakterystyka *S. uratensis* na podstawie LU i CRINAN (2003)

Lp.	Cecha	Opis
1	wysokość	do 1,5 m
2	łodygi	czerwonobrązowe do szarobrązowych, obłe lub delikatnie kanciaste
3	pąki	podłużnie jajowate, zaostrome, pokryte dwiema łuskami
4	kształt i wymiary blaszek	podługowato-jajowate, podługowato-lancetowate lub podługowato-odwrotnielancetowate, 10-30 mm dł. × 7-15 mm szer., ogonek długości 2-10 mm dł.
5	nasada blaszki	klinowata
6	brzeg blaszki	całobrzegi
7	wierzchołek blaszki	tępy
8	powierzchnia liści	odosiowa – naga, odosiowa – naga ogonek – nagi
9	typ kwiatostanu i pokrycie włoskami	podbaldachy na szczycie ulistnionych pędów bocznych, osie kwiatostanów i szypułki kwiatowe nagie
10	wymiary kwiatów i kwiatostanów	szypułka – długość 4-7 mm, kwiat – ø 4-6 mm, kwiatostan – ø 40-50 mm
11	działki	trójkątne, ostre, długości 1-2 mm, w fazie owocowania wzniesione

12	płatki	białe, koliste, długości 1,5-2 mm
13	słupki i dno kwiatowe	pokryte włoskami, strona odosiowa dna naga
14	pręciki	około 20 w jednym kwiecie, dłuższe od płatków
15	mieszki	pokryte krótkimi włoskami, wzniesione i rozpostarte na boki

- *S. veitchii* Hemsl.

Pierwszą naukową charakterystykę *S. veitchii* sporządził angielski botanik William Botting HEMSLEY (1903). Dokonał tego na podstawie roślin uzyskanych z nasion, które zebrał na stanowiskach naturalnych w centralnych Chinach Ernest Henry Wilson (HEMSLEY 1903). Trudnił się on w latach 1899-1905 pozyskiwaniem nowych gatunków roślin dla angielskiej szkółki Messr. James Veitch & Sons (VEITCH 1906), której właściciele zostali upamiętnieni w nazwie naukowej gatunku.

Zasięg występowania *S. veitchii* obejmuje wyłącznie terytorium Chin, gdzie tawuła rośnie w prowincjach Gansu, Shaanxi, Syczuan, Hubei, Henan, Kuejczou i Junnan. Jest komponentem rozmaitych zarośli na wysokości od 2000 do 3600 m n.p.m. (LU i CRINAN 2003). Charakterystykę morfologiczną *S. veitchii* przedstawiono w tabeli 25.

Tabela 25. Charakterystyka *S. veitchii* na podstawie REHDER (1949), SOKOLOV (1954), KRÜSSMANN (1986), CULLEN i IN. (1995), LU i CRINAN (2003)

Lp.	Cecha	Opis
1	wysokość i pokrój	do 4 m, pędy długie, łukowato wygięte
2	łodygi	czerwonobrazowe do szarobrazowych, cienkie, obłe lub delikatnie kanciaste, młode pokryte włoskami, starsze nagie
3	pąki	jajowate, małe, ostre lub tępe, okryte kilkoma łuskami, pokryte włoskami
4	kształt i wymiary blaszek	podługowate lub eliptyczne, rzadko odwrotnie jajowate, długości 20-40 mm, ogonek długości 2-3 mm dł.,
5	nasada blaszki	klinowata
6	brzeg blaszki	całobrzegi
7	wierzchołek blaszki	tępy lub z nasadzonym kończykiem
8	powierzchnia liści	odosiowa – naga, zielona, odosiowa – pokryta rzadkimi włoskami, szarozielona lub sinawa, ogonek – pokryty rzadkimi włoskami
9	typ kwiatostanu i pokrycie włoskami	podbaldachy na szczycie ulistnionych pędów bocznych, osie kwiatostanów i szypułki kwiatowe pokryte włoskami
10	wymiary kwiatów i kwiatostanów	szypułka – długość 3-4 mm, kwiat – \varnothing 4-5 mm, kwiatostan – \varnothing 30-60 mm
11	działki	trójkątne, ostre, długości 1-1,5 mm, w fazie owocowania wzniesione

12	płatki	białe, jajowate lub koliste, tępe, długości 1,5-2 mm
13	słupki i dno kwiatowe	niemal nagie, strona odosiowa dna pokryta krótkimi włoskami
14	pręciki	około 20 w jednym kwiecie, nieco dłuższe od płatków
15	mieszki	nagie, rozpostarte na boki

- *S. wilsonii* Duthie

Tawułę wprowadził do świata nauki angielski botanik John Firminger Duthie z adnotacją, że pochodzi z gór w zachodniej części chińskiej prowincji Hubei (VEITCH 1906). Jej nasiona zebrał na stanowisku naturalnym Ernest Henry Wilson, który sprowadził do Anglii nasion *S. sargentiana* i *S. veitchii*. Stąd upamiętnienie jego osoby w nazwie naukowej gatunku. Tawuła występuje w Chinach w prowincjach Gansu, Shaanxi, Henan, Hubei, Syczuan, Kuejczou i Junnan. Rośnie w lasach porastających górskie doliny, ale również na skalistych zboczach i przydrożach na wysokości od 1000 do 3200 m n.p.m. (LU i CRINAN 2003). Charakterystykę morfologiczną *S. veitchii* przedstawiono w tabeli 26.

Tabela 26. Charakterystyka *S. wilsonii* na podstawie REHDER (1949), SOKOLOV (1954), KRÜSSMANN (1986), CULLEN i IN. (1995), LU i CRINAN (2003)

Lp.	Cecha	Opis
1	wysokość i pokrój	1,5-2,5 m, pędy rozpostarte na boki, łukowato wygięte
2	łodygi	purpurowe do purpurowobrązowych, najstarsze szarobrązowe, obłe, młode pokryte włoskami
3	pąki	jajowate, tępe, okryte kilkoma łuskami, pokryte włoskami
4	kształt i wymiary blaszek	podługowate lub odwrotnie jajowate (rzadko), długości 20-55 mm, ogonek długości 2-5 mm
5	nasada blaszki	klinowata
6	brzeg blaszki	całobrzegi lub z kilkoma ząbkami w okolicy wierzchołka
7	wierzchołek blaszki	ostry, rzadko tępy
8	powierzchnia liści	doosiowa – pokryta rzadkimi włoskami, matowo zielona, odosiowa – pokryta włoskami (największe zagęszczenie na nerwach), szarozielona, ogonek – pokryty długimi, miękkimi włoskami
9	typ kwiatostanu i pokrycie włoskami	podbaldachy na szczycie ulistnionych pędów bocznych, osie kwiatostanów i szypułki kwiatowe pokryte włoskami
10	wymiary kwiatów i kwiatostanów	szypułka – długość 4-6 mm, kwiat – \varnothing 6-7 mm, kwiatostan – \varnothing 30-50 mm
11	działki	trójkątne, ostre, długości 1-2 mm, w fazie owocowania wzniesione
12	płatki	białe, koliste, \varnothing 2-3 mm dł., wcięte lub niemal tępe
13	dno kwiatowe	strona odosiowa dna pokryta długimi, miękkimi włoskami
14	pręciki	około 20 w jednym kwiecie, \pm równe długością płatkom
15	mieszki	pokryte włoskami, rozpostarte na boki

2.4.2. Sekcja *Chamaedryon* Ser.

- *S. blumei* G. Don

Autorem gatunku jest szkocki botanik George DON (1832) – brat Davida Dona, który scharakteryzował *S. canescens*. Botanik opisując tawułę nadmienił, że występuje ona na Jawie i w Japonii. Odwołał się przy tym do pracy Carla Ludwiga BLUME'GO (1825-1826), który błędnie zidentyfikował tę tawułę jako *S. chamaedryfolia* L. Materiał roślinny na podstawie którego gatunek został scharakteryzowany przez obydwu badaczy, zebrał Blume podczas swojej pracy w holenderskich koloniach w Azji. Jako iż głównie zajmował się on badaniem roślin Jawy, stąd zapewne DON (1832) włączył w zasięg występowania również tę indonezyjską wyspę. W nazwie naukowej tawuły upamiętnił on swojego poprzednika.

Gatunek jest bardzo zmienny. IKEDA (2001) wyróżnia dla Japonii odmianę typową – var. *blumei* (którą dodatkowo dzieli na dwie formy – f. *blumei* i f. *amabilis* (Koidz.) Sugim.) – oraz var. *hayatae* (Koidz.) Ohwi, var. *obtusata* (Nakai) Sugim. i var. *pubescens* (Koidz.) Ohwi. Z kolei LU i CRINAN (2003) wyróżniają dla Chin również odmianę nominatywną, a ponadto (poza odmianami wyróżnionymi przez Ikeda) var. *latipetala* Hemsl., var. *microphylla* Rehder i var. *pubicarpa* Cheng.

Typowa *S. blumei* dziko rośnie w górach na japońskich wyspach Honsiu, Sikoku i Kiusiu (OHWI 1965), a ponadto również na Półwyspie Koreańskim (IKEDA 2001). W Chinach odmiana typowa porasta nasłonecznione zbocza, przydroża i mieszane lasy na wysokości od 500 do 2000 m n.p.m. w wielu prowincjach i regionach: Liaoning, Hebei, Region Autonomiczny Mongolii Wewnętrznej, Gansu, Shanxi, Shaanxi, Szantung, Jiangsu, Henan, Anhui, Zhejiang, Hubei, Hunan, Jiangxi, Fujian, Guangdong, Region Autonomiczny Kuangsi-Czuang, Syczuan (LU i CRINAN 2003). Charakterystykę morfologiczną *S. blumei* (= var. *blumei*) przedstawiono w tabeli 27.

Tabela 27. Charakterystyka *S. blumei* na podstawie REHDER (1949), IKEDA (2001), LU i CRINAN (2003)

Lp.	Cecha	Opis
1	wysokość i pokrój	1-1,5 m, pędy rozpostarte na boki, górne często łukowato wygięte
2	łodygi	czerwonobrązowe z ciemnym odcieniem lub szarobrązowe z ciemnym odcieniem, smukłe, nagie
3	pąki	małe, jajowate, pokryte kilkoma łuskami, wierzchołek – ostry lub tępy
4	kształt i wymiary blaszek	rombowato-jajowaty lub odwrotnie jajowaty, 20-35 mm dł. × 10-30 mm szer., ogonek długości 2-4 mm
5	nasada blaszki	szeroko klinowata do uciętej

6	brzeg blaszki	karbowany z głębokimi wcięciami, czasami z 3-5 klapami
7	wierzchołek blaszki	tępy lub krótko zaokrąglony
8	powierzchnia liści	doosiowa – naga, odległe trzy równoległe nerwy lub nerwacja dłoniasta, odosiowa – naga, sinawa, ogonek – nagi
9	typ kwiatostanu i pokrycie włoskami	baldachy na szczycie krótkich, ulistnionych pędów bocznych, około 10-25 kwiatów w jednym kwiatostanie, osie kwiatostanów i szypułki kwiatowe nagie lub pokryte rzadkimi włoskami
10	wymiary kwiatów	szypułka – długość 6-10 mm, kwiat – ø 5-8 mm
11	działki	trójkątne do jajowato-trójkątnych, ostre lub krótko zaokrąglone, długości 1,5-2,5 mm, w fazie owocowania wzniesione
12	płatki	białe, szeroko odwrotniejącowate, wcięte, długości 2-3,5 mm
13	słupki i dno kwiatowe	nagie, strona odosiowa dna naga lub pokryta rzadkimi włoskami
14	pręciki	18-20 w jednym kwiecie, krótsze od płatków
15	mieszki	nagie, wzniesione

- *S. cana* Waldst. & Kit.

Tawułę do świata nauki wprowadził austriacko-węgierski duet badaczy – Austriak Franz de Paula Adam von Waldstein oraz Węgier Pál Kitaibel (WALDSTEIN i KITABEL 1812). Materiał roślinny, na podstawie którego scharakteryzowali gatunek, pochodził z górzystego terenu Jezior Plitwickich w Chorwacji. Tawuła porasta słoneczne, skaliste wapienne zbocza południowo-wschodnich Alp, a także obrzeża lasów. Występuje w północno-wschodnich Włoszech, Chorwacji, Bośni i Hercegowinie oraz Serbii (TUTIN i IN. 1968, HEGI 1995). Charakterystykę morfologiczną *S. cana* przedstawiono w tabeli 28.

Tabela 28. Charakterystyka *S. cana* na podstawie ZABEL (1893), TUTIN i IN. (1968), KRÜSSMANN (1986), CULLEN i IN. (1995), HEGI (1995)

Lp.	Cecha	Opis
1	wysokość i pokrój	30-100 cm, wierzchołki pędów przewieszające się
2	łodygi	smukłe, obłe, młode pokryte miękkimi włoskami
3	pąki	małe, stożkowate
4	kształt i wymiary blaszek	eliptyczne do szeroko lancetowatych, 8-35 mm dł. × 5-15 mm szer., ogonek długości do 2 mm
5	nasada blaszki	klinowata
6	brzeg blaszki	całobrzegi, rzadko z 2-3 ząbkami w okolicy wierzchołka
7	wierzchołek blaszki	ostry lub krótko zaokrąglony
8	powierzchnia liści	doosiowa – bladozielona, pokryta szarym kutnerem, odosiowa – szarzielona, pokryta szarymi włoskami,

9	typ kwiatostanu i pokrycie włoskami	baldachy na szczycie krótkich, ulistnionych pędów bocznych, od 10 do ponad 30 kwiatów w jednym kwiatostanie, osie kwiatostanów i szypułki kwiatowe pokryte włoskami
10	wymiary kwiatów	szypułka – długości do około 10 mm, kwiat – \varnothing około 6 mm,
11	działki	odgięte
12	płatki	białe lub szarobiałe, koliste, długości około 2 mm
13	dno kwiatowe	strona odosiowa dna pokryta włoskami
14	pręciki	równe długością płątkom
15	mieszki	pokryte włoskami

- *S. cantoniensis* Lour.

Gatunek scharakteryzował i wprowadził do świata nauki portugalski misjonarz i przyrodnik João de LOUREIRO (1790). Opis tawuły sporządził na podstawie materiału roślinnego, który zebrał w okolicy miasta Kanton w południowo-wschodnich Chinach. LU i CRINAN (2003) dzielą *S. cantoniensis* na odmianę typową – var. *cantoniensis* oraz var. *pilosa* T.T. Yu i var. *jiangxiensis* (Z.X. Yu) L.T. Lu. Wskazują ponadto, że var. *cantoniensis* jest tylko powszechnie uprawiana w Chinach, a jej stanowiska naturalne znajdują się w Japonii. Z kolei IKEDA (2001) we *Flora of Japan* twierdzi, że jest wprost przeciwnie i tawuła jest chińskim krzewem uprawianym na Wyspach Japońskich. Warto również nadmienić, że gatunek jest jednym z komponentów rodzicielskich, wraz z *S. trilobata* L., bardzo popularnej w Polsce *S. ×vanhouttei* (Briot) Carrière. Charakterystykę morfologiczną *S. cantoniensis* (= var. *cantoniensis*) przedstawiono w tabeli 29.

Tabela 29. Charakterystyka *S. cantoniensis* na podstawie REHDER (1949), KRÜSSMANN (1986), OHWI (1965), IKEDA (2001), LU i CRINAN (2003)

Lp.	Cecha	Opis
1	wysokość	do 1,5 m
2	łodygi	ciemnoczerwonobrazowe, z wiekiem szarobrazowe, obłe, nagie
3	pąki	jajowate, małe, pokryte kilkoma łuskami, nagie lub pokryte krótkimi włoskami na wierzchołku lub brzegu łusek
4	kształt i wymiary blaszek	rombowato-lancetowate lub rombowato-podługowate, 30-50 mm dł. × 15-20 mm szer., ogonek długości 2-10 mm
5	nasada blaszki	klinowata
6	brzeg blaszki	piłkowany z głębokimi wcięciami od połowy długości blaszki po wierzchołek
7	wierzchołek blaszki	ostry
8	powierzchnia liści	doosiowa – naga, ciemnozielona, nerwy lekko zagłębione, odosiowa – naga, sinawa, nerwy lekko wyniesione, ogonek – nagi

9	typ kwiatostanu i pokrycie włoskami	baldachogrona na szczycie krótkich, ulistnionych pędów bocznych, około 20 kwiatów w jednym kwiatostanie, osie kwiatostanów i szypułki kwiatowe nagie
10	wymiary kwiatów	szypułka – długość 8-14 mm, kwiat – \varnothing 7-10 mm,
11	działki	trójkątne, ostre lub krótko zaostrzone, długości do 1,5 mm, w fazie owocowania wzniesione
12	płatki	białe, niemal koliste do odwrotniejąkowatych, 3-5 mm dł. \times 3-5 mm szer., wcięte lub tępe
13	słupki i dno kwiatowe	nagie, strona odosiowa dna naga
14	pręciki	20-28 w jednym kwiecie, od krótszych do niemal równych długością płatkom
15	mieszki	niecو rozpostarte na boki, nagie

- *S. chamaedryfolia* L.

Gatunek do świata nauki wprowadził Karol Linneusz, przypisując mu stanowiska naturalne występujące na Syberii (LINNAEI 1753). Opis tawuły sporządził na podstawie materiału roślinnego zebranego przez ekspedycję naukową badającą Syberię, którą kierował Johann Georg Gmelin. GMELIN (1747) w swojej pracy nie przedstawił opisu tej tawuły, a tylko odnotował, że takową zebrał. Do jego dzieła z kolei odnosi się Linneusz w stworzonym przez siebie opisie krzewu (LINNAEI 1753).

S. chamaedryfolia w stanie dzikim występuje na rozległym obszarze Eurazji. W Europie w Czechach, Austrii (południowa Karyntia), Słowenii, Chorwacji, Bośni i Hercegowinie, Rumunii i Bułgarii (TUTIN i IN. 1968, HEGI 1995). Na kontynencie azjatyckim tawuła rośnie we wschodniej i zachodniej Syberii na terenie między rzeką Ob i Jenisejem (POYARKOVA 1939). Ponadto w Azji Środkowej we wschodnim Kazachstanie oraz w górach Tienszan (SOKOLOV 1954, TZVELEV 2001). Porasta polany śródleśne, obrzeża lasów, brzegi mniejszych rzek, cieniste zbocza, w tym także kamieniste, a czasami łąki subalpejskie (POYARKOVA 1939). W górach Ałtaju rośnie do wysokości 1800 m n.p.m., a w Sajanych do 1400 m n.p.m. (KOROPACHINSKIY i VSTOVSKAYA 2002).

LU i CRINAN (2003) podają także Mongolię i Chiny jako naturalny zasięg występowania gatunku, do którego na terytorium Chin zaliczają prowincje Heilongjiang, Jilin, Liaoning, Hebei, Shanxi, Henan i Sinciang. Warto jednak nadmienić, że LU i CRINAN (2003) traktują *S. ussuriensis* Pojark., jako synonim *S. chamaedryfolia*, stąd niektóre przytoczone stanowiska mogą należeć do niej, a nie do charakteryzowanego taksonu, którego charakterystykę morfologiczną przedstawiono w tabeli 30.

Tabela 30. Charakterystyka *S. chamaedryfolia* na podstawie POYARKOVA (1939), SOKOLOV (1954), TUTIN i IN. (1968), KOROPACHINSKIY i VSTOVSKAYA (2002)

Lp.	Cecha	Opis
1	wysokość i pokrój	1-1,5 m
2	łodygi	smukłe, lekko zygzakowate, delikatnie kanciaste, nagie, młode brązowawe do czerwobrązowych, starsze szarobrązowe, kwitnące krótkopędy długości od 3 do 14 cm
3	pąki	podłużnie jajowate, zaostrome, okryte dwiema łuskami, nagie lub pokryte rzadkimi włoskami na brzegu łusek
4	kształt i wymiary blaszek	jajowate do podługowato-eliptycznych, 15-60 mm dł. × 10-40 mm szer., ogonek długości 4-7 mm
5	nasada blaszki	najczęściej klinowata
6	brzeg blaszki	ostro piłkowany lub podwójnie piłkowany (drugie ząbki mniejsze) od nasady po wierzchołek lub tylko w okolicy wierzchołka, liście na pędach wegetatywnych z głębokimi wcięciami
7	wierzchołek blaszki	ostry
8	powierzchnia liści	odosiowa – naga, odosiowa – naga lub z kępkami włosków na nerwach, ogonek – nagi lub pokryty rzadkimi, krótkimi włoskami
9	typ kwiatostanu i pokrycie włoskami	baldachogrona na szczycie krótkich, ulistnionych pędów bocznych, około 6-20 kwiatów w jednym kwiatostanie, osie kwiatostanów i szypułki kwiatowe nagie
10	wymiary kwiatów	szypułka – długość 13-20 mm, kwiat – ø 10-15 mm
11	działki	jajowato-trójkątne, ostre, długości 1,5-2,5 mm, w fazie owocowania odgięte
12	płatki	białe, kolisty, długości 2,5-3,5 mm
13	słupki i dno kwiatowe	pokryte delikatnymi, krótkimi włoskami, strona odosiowa dna naga
14	pręciki	dwa razy dłuższe od płatków
15	mieszki	wzniesione, nagie lub pokryte włoskami

- *S. chinensis* Maxim.

Gatunek po raz pierwszy scharakteryzował rosyjski botanik Karl Iwanowicz MAXIMOWICZ (1879). Materiał roślinny, który posłużył mu do opisanego taksonu pochodził z okolicy dwóch portowych miast w chińskiej prowincji Zhejiang – Zhoushan i Ningbo. LU i CRINAN (2003) dzielą gatunek na odmianę nominatywną var. *chinensis* Maxim. i odmianę var. *grandiflora* T.T. Yu oraz var. *erecticarpa* Y.Q. Zhu & X.W. Li.

Tawuła występuje w Chinach, gdzie jej stanowiska zlokalizowane są w wielu prowincjach i regionach: Region Autonomiczny Mongolii Wewnętrznej, Hebei, Shanxi, Shaanxi, Gansu, Syczuan, Hubei, Henan, Jiangsu, Anhui, Zhejiang, Jiangxi, Fujian, Guangdong, Hunan, Region Autonomiczny Kuangsi-Czuang, Kuejczou, Junnan. Rośnie na otwartych przestrzeniach, przydrożach oraz zboczach na wysokości od 500 do 2000 m n.p.m

(LU i CRINAN 2003). Charakterystykę morfologiczną *S. chinensis* (= var. *chinensis*) przedstawiono w tabeli 31.

Tabela 31. Charakterystyka *S. chinensis* na podstawie REHDER (1949), SOKOLOV (1954), KRÜSSMANN (1986), LU i CRINAN (2003)

Lp.	Cecha	Opis
1	wysokość i pokrój	do 1,5 m, pędy łukowato wygięte
2	łodygi	młode czerwonobrazowe, pokryte żółtym kutnerem, starsze ciemnobrazowe, nagie
3	pąki	jajowate, ostre lub tępe, długości 3-5 mm, okryte kilkoma łuskami, pokryte włoskami
4	kształt i wymiary blaszek	rombowato-jajowaty lub odwrotniejajowaty, czasem delikatnie trójklapowe, 25-60 mm dł. × 15-30 mm szer., ogonek długości 4-10 mm
5	nasada blaszki	szerokoklinowata lub zaokrąglona
6	brzeg blaszki	piłkowany z głębokimi wcięciami
7	wierzchołek blaszki	tępy lub ostry
8	powierzchnia liści	odosiowa – pokryta gęstymi włoskami, ciemnozielona, nerwy zagłębione, odosiowa – pokryta żółtym kutnerem, nerwy wyniesione, ogonek – pokryty krótkim kutnerem
9	typ kwiatostanu i pokrycie włoskami	baldachy na szczycie krótkich, ulistnionych pędów bocznych, 16-25 kwiatów w jednym kwiatostanie, osie kwiatostanów i szypułki kwiatowe pokryte pokryte kutnerem
10	wymiary kwiatów	szypułka – długość 5-9 mm, kwiat – ø 3-6 mm
11	działki	jajowato-lancetowate, krótko zastrzone, długości 2-3 mm, wniesione, w fazie owocowania rzadko odgięte,
12	płatki	białe, koliste, tępe lub wcięte, 2-3,5 mm ø
13	słupki i dno kwiatowe	szyjka odchylona od pionu, strona odosiowa dna pokryta włoskami
14	pręciki	20-25 w jednym kwiecie, krótsze od płatków lub niemal równe
15	mieszki	rozpostarte na boki, całkowicie pokryte włoskami

- *S. crenata* L.

Gatunek pod nazwą *S. crenata* wprowadził do świata nauki Karol Linneusz (LINNAEI 1753). Odwołał się on w swojej pracy do nazwy *S. hispanica* Barr., którą nadał roślinie francuski dominikanin i botanik Jacques BARRELIER (1714) w swoim opracowaniu roślin południowej Europy. Autor ten wspominał, że znalazł tawułę przy drodze wiodącej ze Spoleto do Fuligno w regionie Umbria (Włochy). Trudno wyjaśnić dlaczego nadał roślinie epitet gatunkowy *hispanica*. Być może ze względu na podobieństwo do *S. hypericifolia*, która wówczas nie była jeszcze opisana w literaturze, ale autor mógł ją widzieć na stanowiskach

naturalnych w Hiszpanii podczas swoich podróży. We współczesnym piśmiennictwie brak jednak informacji na temat występowania *S. crenata* we Włoszech.

Tawuła występuje w Europie w Hiszpanii, Grecji, Bułgarii, Mołdawii, Ukrainie i Rosji (TUTIN i IN. 1968). W Turcji gatunek dziko rośnie w północnej i wschodniej Anatolii (DAVIS 2001). Pod koniec XX wieku gatunek został uznany na Węgrzech za wymarły, a niedługo potem odnaleziono niewielką populację, która zachowała się w obrębie starych, nieczynnych cmentarzy (MOLNÁR i IN. 2017). Ponadto takson występuje również na Kaukazie, Syberii Zachodniej i w Azji Środkowej – Ałtaj oraz rejon jeziora Bałchasz w Kazachstanie (POYARKOVA 1939). *S. crenata* porasta półpustynne tereny Przedkaukazia, skraje lasów w strefie lasostepu, tworzy zarośla na stepie, a także występuje na terenach górskich, najczęściej na południowych skłonach (POYARKOVA 1939, SOKOLOV 1954).

GARMENDIA i NAVARRO (1998) wyróżniają w górach Montsec w Katalonii (północno-wschodnia Hiszpania) podgatunek *parvifolia* (Pau) Romo. Nie odbiega on jednak znacząco od typowej *S. crenata*. Według GARMENDIA i NAVARRO (1998) średnica kwiatów dla wyróżnionego przez nich podgatunku wynosi od 5 do 7 mm, co w porównaniu z cechami gatunku (5-8 mm \varnothing (KOROPACHINSKIY i VSTOVSKAYA 2002)) nie stwarza jasnego podziału. W związku z tym zdecydowano się nie wyodrębnić go w niniejszej pracy. Charakterystykę morfologiczną *S. crenata* przedstawiono w tabeli 32.

Tabela 32. Charakterystyka *S. crenata* na podstawie POYARKOVA (1939), TUTIN i IN. (1968), KRÜSSMANN (1986), KOROPACHINSKIY i VSTOVSKAYA (2002)

Lp.	Cecha	Opis
1	wysokość i pokrój	do 1 m, pędy wzniesione
2	łodygi	czerwonobrzązowe, brązowe lub szarobrzązowy, smukłe, walcowate, młode pokryte włoskami
4	kształt i wymiary blaszek	pędy wegetatywne – podługowato-odwrotniejącowate do odwrotniejącowatych, 15-30 mm dł. \times 3-15 mm szer., pędy generatywne – podługowato-odwrotniejącowate lub lancetowate, 6-20 mm dł. \times 3-15 mm szer., ogonek długości 1-5 mm
5	nasada blaszki	klinowata
6	brzeg blaszki	pędy wegetatywne – całobrzegi lub karbowano-piłkowany od połowy długości blaszki po wierzchołek (rzadziej od nasady), pędy generatywne – całobrzegi
7	wierzchołek blaszki	ostry lub tępy
8	powierzchnia liści	odosiowa i doosiowa – szarozielona, młode pokryte rzadkimi włoskami, pędy wegetatywne – 3 wyraźne równoległe nerwy główne biegnące od nasady po wierzchołek, pędy generatywne – 1 nerw główny

9	typ kwiatostanu i pokrycie włoskami	baldachy na szczycie krótkich, ulistnionych pędów bocznych, 10-20 kwiatów w jednym kwiatostanie, osie kwiatostanów i szypułki kwiatowe pokryte włoskami, najniższe kwiaty w kwiatostanie zazwyczaj z podkwiatkami
10	wymiary kwiatów	szypułka – długość 5-8 mm, kwiat – ø 5-8 mm
11	działki	podługowate, w fazie owocowania wzniesione
12	płatki	białe, rzadko kremowe, koliste
13	dno kwiatowe	strona odosiowa dna naga
14	pręciki	dłuższe od płatków
15	mieszki	pokryte włoskami lub niemal nagie

- *S. dasyantha* Bunge

Tawułę po raz pierwszy opisał Alexander Georg von BUNGE (1833), który był botanikiem wywodzącym się z kręgu Niemców bałtyckich. Opisał ją na podstawie materiału, który zebrał podczas swojej botanicznej ekspedycji wiodącej przez Syberię i Mongolię do Chin. Nie wskazał on jednak lokalizacji, z której pozyskał materiał, opatrując opis wspólnym komentarzem dla *S. dasyantha* Bunge i *S. trilobata* L., mówiącym, że nie są one rzadkością w regionach górskich („*Hab. non rara in montosis.*”) (BUNGE 1833). LU i CRINAN (2003) przytaczają w swojej pracy nazwę *S. nervosa* Franch. & Sav. jako synonimiczną dla *S. dasyantha* Bunge. Jednakże jak podaje BUSINSKÝ (2011), jest ona przytoczona błędnie, a obydwa taksony nie są tożsame.

Tawuła występuje w Chinach w prowincjach Gansu, Liaoning, Hebei, Shanxi, Hubei, Jiangsu, Jiangxi, Zhejiang, a także w Regionie Autonomicznym Mongolii Wewnętrznej. Rośnie w lasach, na przydrożach, a także na suchych zboczach na wysokości od 400 do 1200 m n.p.m. (LU i CRINAN 2003). Charakterystykę morfologiczną *S. dasyantha* przedstawiono w tabeli 33.

Tabela 33. Charakterystyka *S. dasyantha* na podstawie LU i CRINAN (2003), BUSINSKÝ (2011)

Lp.	Cecha	Opis
1	wysokość	2-3 m
2	łodygi	czerwonobrązowe do brązowych, smukłe, zygzakowate, młode pokryte kutnerem, starsze nagie
3	pąki	małe, ostre, okryte kilkoma brązowymi łuskami, młode pokryte włoskami, starsze nagie
4	kształt i wymiary blaszek	rombowato-jajowaty lub klapowane, 20-45 mm dł. × 15-30 mm szer., ogonek długości 2-5 mm
5	nasada blaszki	szeroko klinowata lub zaokrąglona do nieznacznie sercowatej
6	brzeg blaszki	tępo piłkowany powyżej nasady blaszki po wierzchołek
7	wierzchołek blaszki	tępy lub ostry
8	powierzchnia liści	odosiowa – naga, ciemnozielona, poźłobiona, odosiowa – pokryta białym kutnerem,

		ogonek – pokryty kutnerem
9	typ kwiatostanu i pokrycie włoskami	baldachy na szczycie krótkich, ulistnionych pędów bocznych, 10-25 kwiatów w jednym kwiatostanie, osie kwiatostanów i szypułki kwiatowe pokryte szarym kutnerem
10	wymiary kwiatów	szypułka – długość 6-10 mm, kwiat – \varnothing 4-8 mm
11	działki	trójkątne lub jajowato-trójkątne, długości 1-1,5 mm, w fazie owocowania wzniesione, rzadko odgięte
12	płatki	białe, szeroko odwrotniejajowate do kolistych, wcięte lub tępe, długości 2-3 mm
13	dno kwiatowe	strona odosiowa dna pokryta szarym kutnerem
14	pręciki	20-22 w jednym kwiecie, do około połowy długości płatków
15	mieszki	pokryte białym kutnerem, rozpostarte na boki

- *S. gemmata* Zabel

Gatunek pod nazwą *S. gemmata* przedstawił w swojej pracy niemiecki dendrolog Hermann ZABEL (1893), który scharakteryzował go na podstawie krzewów uzyskanych z nasion zebranych w Mongolii. W tym samym roku jego rodak Bernhard Adalbert Emil KOEHNE (1893), opublikował opis tej samej tawuły pod nazwą *S. mongolica* Koehne, dodając na końcu opisu informację, że jest to *S. crenifolia* var. *mongolica* Maxim. Warto zaznaczyć, że jest to powiązanie dwóch odmiennych morfologicznie taksonów. Przypis ten odnosi się do tawuły, którą MAXIMOWICZ (1879) opisał w swojej pracy jako *S. crenifolia* var. *mongolica* Maxim., a w kolejnej swojej publikacji (MAXIMOWICZ 1881) przekształcił w odrębny gatunek – *Spiraea mongolica* Maxim. Tawuła ta ma szczególną cechę charakterystyczną, której brak u *S. gemmata* – trzy równoległe nerwy, które biegną niemal przez całą długość blaszki od jej nasady.

Kilka dekad później SOKOLOV (1954) uporządkował wiadomości o tych krzewach. Autor przedstawił opisy *S. mongolica* Maxim. oraz *S. gemmata* Zabel z dopiskiem „*S. mongolica* Koehne, non Maxim.”. Jednakże we *Flora of China* LU i CRINAN (2003) podają charakterystykę gatunku *S. mongolica* Maxim., która w ogóle nie odpowiada cechom morfologicznym, które przyporządkował gatunkowi MAXIMOWICZ (1881). Cechy te są natomiast odpowiednie dla *S. gemmata* Zabel. Tymczasem BUSINSKÝ (2011) sugeruje, że *S. gemmata* Zabel może być w rzeczywistości tożsama z *S. lasiocarpa* Kar. & Kir. Warto jednak zwrócić uwagę, że obydwie tawuły różnią się od siebie budową, stąd też w niniejszej pracy nie przyjęto tego poglądu.

SOKOLOV (1954) informuje, że *S. gemmata* dziko rośnie w Chinach. Przyjmując, że w pracy, którą wykonali LU i CRINAN (2003), pod nazwą *S. mongolica* Maxim. jest w rzeczywistości opisana *S. gemmata* Zabel, to występuje ona także w Regionach:

Autonomicznych Mongolii Wewnętrznej, Ningxia Hui, Sinciang-Ujgur oraz Tybecie, a także w prowincjach Qinghai, Gansu, Shaanxi, Shanxi i Syczuanie. Tawuła porasta słoneczne, skaliste zbocza, górskie doliny, brzegi rzek, a także rośnie w rozmaitych lasach i zaroślach na wysokości od 1500 do 4700 m n.p.m. (LU i CRINAN 2003). Charakterystykę morfologiczną *S. gemmata* przedstawiono w tabeli 34.

Tabela 34. Charakterystyka *S. gemmata* na podstawie ZABEL (1893), SOKOLOV (1954)

Lp.	Cecha	Opis
1	wysokość i pokrój	do 3 m, pędy łukowato wygięte
2	łodygi	smukłe, kanciaste, czerwonobrazowe, nage lub niemal nage
3	pąki	sztydłaste, spłaszczone, nage, długości 4-5 mm, ponad dwukrotnie dłuższe od ogonka liściowego
4	kształt i wymiary blaszek	wąsko eliptyczne lub podługowato-lancetowate, do 25 mm długości i 10 mm szerokości (na pędach generatywnych o połowę mniejsze)
5	nasada blaszki	klinowata
6	brzeg blaszki	całobrzegi, delikatnie orzęsiony, rzadko z kilkoma ząbkami w okolicy wierzchołka,
7	wierzchołek blaszki	ostry, tępy lub z nasadzonym kończykiem
8	powierzchnia liści	doosiowa – zielona, 4-6 bocznych nerwów, wyraźnie siatkowata, naga odosiowa – jasnozielona, siatkowata, naga
9	typ kwiatostanu i pokrycie włoskami	baldachogrona na szczycie krótkich, ulistnionych pędów bocznych, krótkopędy rozwijające się w górnej części długopędów mają od 3 do 6 kwiatów w jednym kwiatostanie (baldaszki niemal siedzące), krótkopędy w dolnej części długopędów mają od 20 do 25 kwiatów w jednym kwiatostanie, osie kwiatostanów i szypułki kwiatowe nage
10	wymiary kwiatów	szypułka – długość 5-9 mm, kwiat – \varnothing 8-9 mm
11	działki	szeroko trójkątne, rozpostarte na boki, rzadko wzniesione
12	płatki	białe, koliste
14	pręciki	niewiele krótsze od płatków
15	mieszki	niewiele rozpostarte na boki

- *S. lasiocarpa* Kar. & Kir.

Gatunek do świata nauki wprowadził duet rosyjskich badaczy – Grigorij Silicz Karelin i Iwan Petrowicz Kirilow (KARELIN i KIRILOW 1842). Materiał roślinny na podstawie którego scharakteryzowali takson, zebrali osobiście w paśmie górskim Ałatau Dżungarski w okolicy miasta Sarkan w Kazachstanie (KARELIN i KIRILOW 1842). W ostatnim dziesięcioleciu BUSINSKÝ (2011) przedstawił nową dla nauki odmianę – var. *villosa* Businský, która występuje w południowych Chinach.

Stanowiska naturalne typowej *S. lasiocarpa* znajdują się w górskich regionach Azji Środkowej, w tym w górach Tienszan, Pamiro-Ałaj i Tarbagataj (Kazachstan, Uzbekistan, Kirgistan, Tadżykistan, Chiny – Sinciang) (SOKOLOV 1954). Tawuła rośnie w górskich lasach, a także występuje aż do piętra łąk subalpejskich (POYARKOVA 1939). Charakterystykę morfologiczną *S. lasiocarpa* przedstawiono w tabeli 35.

Tabela 35. Charakterystyka *S. lasiocarpa* na podstawie POYARKOVA (1939), SOKOLOV (1954), BUSINSKÝ (2011)

Lp.	Cecha	Opis
1	wysokość i pokrój	1-1,5 m
2	łodygi	jasnobrązowe z łuszczącą się korowiną, nagie lub pokryte żółtym kutnerem, lekko kanciaste
3	pąki	najczęściej nagie, rzadko pokryte włoskami
4	kształt i wymiary blaszek	podługowate, odwrotniejącowate lub eliptyczne, blaszki na pędach wegetatywnych 10-22 mm dł. × 2,5-6 mm szer., blaszki na pędach generatywnych 5-12 mm dł. × 2-6 mm szer.; ogonek długości 1,5-3 mm
5	nasada blaszki	klinowata
6	brzeg blaszki	pędy wegetatywne – całobrzegi, niekiedy z 3 ząbkami w okolicy wierzchołka, pędy generatywne – całobrzegi
8	powierzchnia liści	odosiowa i doosiowa – naga lub nieznacznie pokryta włoskami na brzegach w części nasadowej
9	typ kwiatostanu i pokrycie włoskami	baldachogrona na szczycie krótkich, ulistnionych pędów bocznych, osie kwiatostanów i szypułki kwiatowe nagie
10	wymiary kwiatów	szypułka – długość 2-5 mm, kwiat – ø 7-10 mm,
11	działki	podłużnie-trójkątne, w fazie owocowania wzniesione
12	płatki	białe, koliste lub kolisto-owalne, długości 2-4 mm
13	dno kwiatowe	strona odosiowa dna naga
14	pręciki	dłuższe od płatków

- *S. media* Schmidt

Gatunek do świata nauki wprowadził austriacki botanik Franz SCHMIDT (1792), który w opisie tawuły nadmienił, że materiał roślinny zebrał Johann Georg Gmelin na Syberii nad rzeką Irtysz (SCHMIDT 1792). W literaturze botanicznej można znaleźć informacje o jednym podgatunku – subsp. *polonica* (Błocki) Pawł. (TUTIN i IN. 1968, HEGI 1995) oraz jednej odmianie – var. *sericea* (Turcz.) Maxim. (CHARKEVICZ 1996, IKEDA 2001).

Typowa *S. media* występuje w Europie w Austrii, Słowenii, Chorwacji, Bośni i Hercegowinie, Rumunii, Węgrzech, Słowacji, Polsce, Ukrainie i Rosji (TUTIN i IN. 1968, HEGI 1995). Jak informuje ZARZYCKI (1981) w Polsce gatunek występuje tylko w Centralnych

Pieninach, przy czym tawuła ta jest tam rzadko spotykana. Porasta wapienne szczyty i skały o dość dobrym dostępie światła. Z kolei na kontynencie azjatyckim takson dziko rośnie w południowych rejonach zachodniej i wschodniej Syberii oraz na Rosyjskim Dalekim Wschodzie – Kraj Chabarowski, Kraj Nadmorski, Kraj Kamczacki (POYARKOVA 1939, SOKOLOV 1954). Ponadto rośnie w Mongolii i Korei, a także w Chinach w Heilongjiang, Jilin, Liaoning, Regionie Autonomicznym Mongolii Wewnętrznej, Hebei, Henan i Tybecie (LU i CRINAN 2003). *S. media* porasta zbocza i skraje lasów, a także górzyse tereny, gdzie jej stanowiska mieszczą się w dolinach i na skalistych skłonach (POYARKOVA 1939, LU i CRINAN 2003). Charakterystykę morfologiczną typowej *S. media* przedstawiono w tabeli 36.

Tabela 36. Charakterystyka *S. media* na podstawie SOKOLOV (1954), TUTIN i IN. (1968), KOROPACHINSKIY i VSTOVSKAYA (2002), LU i CRINAN (2003)

Lp.	Cecha	Opis
1	wysokość i pokrój	1-2 m, pędy wzniesione
2	łodygi	od czerwobrazowych i szarobrazowych do ciemnobrazowych, smukłe, niemal obłe, młode pokryte włoskami, starsze nagie
3	pąki	jajowate, ostre, długości 1-3 mm, okryte kilkoma łuskami, brązowe, nagie
4	kształt i wymiary blaszek	jajowate, eliptyczne lub lancetowate, 30-55 mm dł. × 10-20 mm szer., ogonek długości 1-2 mm
5	nasada blaszki	klinowata
6	brzeg blaszki	pędy generatywne – całobrzegie, pędy wegetatywne – 6-8 ząbków w okolicy wierzchołka
7	wierzchołek blaszki	ostry, rzadko tępy
8	powierzchnia liści	odosiowa – naga, odosiowa – naga lub pokryta włoskami w kątach nerwów, ogonek – nagi
9	typ kwiatostanu i pokrycie włoskami	baldachogrona na szczycie krótkich, ulistnionych pędów bocznych, 9-15 kwiatów w jednym kwiatostanie, osie kwiatostanów i szypułki kwiatowe nagie
10	wymiary kwiatów	kwiat – \varnothing 7-10 mm, kwiatostan – \varnothing 7-22 mm
11	działki	jajowatotrójkątne, tępe lub ostre, długości 1,5-2,5 mm, nagie lub pokryte krótkimi włoskami, w fazie owocowania odgięte
12	płatki	białe, niemal koliste, długości 3-4,5 mm, tępe lub wcięte
13	dno kwiatowe	strona odosiowa dna naga
14	pręciki	około 45 w jednym kwiecie, dłuższe od płatków
15	mieszki	pokryte włoskami, rozpostarte na boki

- subsp. *polonica* (Błocki) Pawł.

Po raz pierwszy tawułę scharakteryzował polski botanik Bronisław Błocki w randze gatunku – *S. polonica* Błocki. Materiał roślinny autor zebrał we wsi Żeżawa w powiecie zaleszczyckim, w ówczesnym Królestwie Galicji i Lodomerii (obecnie Zeleń Haj w obwodzie tarnopolskim na Ukrainie), gdzie krzewy porastały ściany jarów Dniestru (BŁOCKI 1892). Do sporządzenia opisu taksonu posłużył również materiał roślinny zebrany przez Aleksandra Jana Śledzińskiego nad brzegami Seretu w okolicy wsi Lesieczniki (BŁOCKI 1892, SZAFER i PAWŁOWSKI 1955). Kilka dekad później Bronisław Pawłowski zaklasyfikował takson jako podgatunek *S. media* (SZAFER i PAWŁOWSKI 1955). Podział taki podtrzymali HEYWOOD (1968), TUTIN i IN. (1968), KRÜSSMANN (1986), CULLEN i IN. (1995) i HEGI (1995). Cechy szczególne *S. media* subsp. *polonica* przedstawiono w tabeli 37.

Tabela 37. Cechy szczególne *S. media* subsp. *polonica* na podstawie SZAFER i PAWŁOWSKI (1955), HEYWOOD (1968), TUTIN i IN. (1968), HEGI (1995)

Lp.	Cecha	Opis
1	pokrój	cała roślina o lekko żółtawozielonym zabarwieniu
2	łodygi	młode pokryte gęstymi, miękkimi włoskami
8	powierzchnia liści	odosiowa – pokryta gęstymi, miękkimi włoskami
9	pokrycie kwiatostanów włoskami	osie kwiatostanów i szypułki kwiatowe pokryte gęstymi miękkimi włoskami
12	płatki	bladożółte o drobno postrzępionym brzegu

- var. *sericea* (Turcz.) Maxim.

Takson po raz pierwszy, w randze gatunku (*S. sericea* Turcz.), scharakteryzował rosyjski botanik Nikołaj Stiepanowicz TURCZANINOW (1843). Opis sporządził na podstawie materiału roślinnego zebranego w pobliżu ujścia rzeki Szyłka do rzeki Arguń (Kraj Zabajkalski), gdzie jak podaje autor, krzewy rosły na skalistym brzegu (TURCZANINOW 1843). Niespełna cztery dekady później, MAXIMOWICZ (1879) zaklasyfikował gatunek jako odmianę *S. media*. Mimo to tawuła ukazywała się w wielu późniejszych pracach jako odrębny gatunek (POYARKOVA 1939, SOKOLOV 1954, MALYSHEV i PESCHKOVA 1979, POLOZHII i MALYSHEV 1988, LU i CRINAN 2003). W ostatnich dekadach w opracowaniach botanicznych (CHARKEVICZ 1996, IKEDA 2001, KOROPACHINSKIY i VSTOVSKAYA 2002, BARKALOV 2009) zaczął przeważać zapis, który zaproponował MAXIMOWICZ (1879). Rangę tawuły poruszył w swojej pracy również BUSINSKÝ (2011), który także przychylił się do wyodrębniania odmiany *sericea*.

Odmiana występuje na Syberii – Altaj i Dauria (Kraj Zabajkalski) – oraz na Rosyjskim Dalekim Wschodzie i w północnej Mongolii (POYARKOVA 1939, SOKOLOV 1954). Ponadto jej stanowiska naturalne zlokalizowane są również w Chinach w Heilongjiang, Jilin, Liaoning, Regionie Autonomicznym Mongolii Wewnętrznej, Shanxi, Henan, Shaanxi, Gansu, Syczuanie i Junnanie (LU i CRINAN 2003). IKEDA (2001) informuje, że tawuła występuje także w Japonii na wyspie Kiusiu w prefekturze Kumamoto, a także na Honsiu na północ od regionu Chūbu oraz na Hokkaido.

POYARKOVA (1939) informuje, że w regionach, w których występuje zarówno typowa *S. media* oraz *S. media* var. *sericea*, to odmiana dominuje na otwartych, suchych terenach. Autorka za przykład takiego stanu rzeczy przytacza Ussurię (Kraj Nadmorski). Charakterystykę morfologiczną *S. media* var. *sericea* przedstawiono w tabeli 38.

Tabela 38. Cechy szczególne *S. media* var. *sericea* na podstawie POYARKOVA (1939), SOKOLOV (1954), POLOZHII i MALYSHEV (1988), IKEDA (2001), LU i CRINAN (2003)

Lp.	Cecha	Opis
2	łodygi	młode pokryte długimi, połyskującymi i przylegającymi włoskami, starsze nagie
4	kształt blaszek	jajowato-eliptyczne lub eliptyczne
8	powierzchnia liści	doosiowa – ciemnozielona, pokryta cienkimi, rzadkimi włoskami, odosiowa – szarozielona, pokryta połyskującymi, prostymi, przylegającymi włoskami, ogonek – pokryty połyskującymi, prostymi, przylegającymi włoskami
9	typ kwiatostanu i pokrycie włoskami	baldachogrona na szczycie krótkich, ulistnionych pędów bocznych, 15-30 kwiatów w jednym kwiatostanie, osie kwiatostanów i szypułki kwiatowe nagie lub pokryte krótkimi, cienkimi, rzadkimi włoskami
10	wymiary kwiatów	szypułka – długość 6-10 mm, kwiat – \varnothing 4-5 mm
14	pręciki	15-20 w jednym kwiecie, nierównej długości, około dwa razy dłuższe od płatków

- *S. mollifolia* Rehder

Tawułę po raz pierwszy scharakteryzował Alfred REHDER (1913) na podstawie materiału roślinnego, który zebrał Ernest Henry Wilson we wschodnim Syczuanie w okolicy miasta Kangding. LU i CRINAN (2003) dzielą gatunek na odmianę typową – var. *mollifolia* Rehder oraz var. *glabrata* T.T. Yu & L.T. Lu.

Odmiana nominatywna występuje w prowincji Gansu, Shaanxi, Syczuan, Kuejczou, Junnan oraz Tybecie, gdzie rośnie w górskich dolinach oraz na zboczach terenu na wysokości od 2600 do 4200 m n.p.m. (LU i CRINAN 2003). Charakterystykę morfologiczną *S. mollifolia* (= var. *mollifolia*) przedstawiono w tabeli 39.

Tabela 39. Charakterystyka *S. mollifolia* na podstawie REHDER (1949), LU i CRINAN (2003)

Lp.	Cecha	Opis
1	wysokość i pokrój	do 2 m, pędy łukowato wygięte
2	łodygi	brązowe do czerwobrązowych, wyraźnie kanciaste, młode pokryte włoskami, starsze nagie
3	pąki	jajowato-lancetowate, zaostrome, długości 5-7 mm, okryte dwiema czerwobrązowymi łuskami, młode pokryte włoskami
4	kształt i wymiary blaszek	podługowate, eliptyczne lub odwrotnie jajowate, 10-20 mm dł. × 4-8 mm szer., ogonek długości 2-6 mm
5	nasada blaszki	klinowata
6	brzeg blaszki	całobrzegi lub z kilkoma tępyimi ząbkami w okolicy wierzchołka
7	wierzchołek blaszki	tępy do ostrego
8	powierzchnia liści	doosiowa – od nagiej do pokrytej rzadkimi włoskami, odosiowa – pokryta długimi, rzadkimi, prostymi i miękkimi włoskami, ogonek – pokryty włoskami
9	typ kwiatostanu i pokrycie włoskami	baldachogrona na szczycie krótkich, ulistnionych pędów bocznych, 10-18 kwiatów w kwiatostanie, osie kwiatostanów i szypułki kwiatowe pokryte długimi, miękkimi włoskami
10	wymiary kwiatów	szypułka – długość 4-8 mm, kwiat – ø 5-7 mm
11	działki	trójkątne, ostre, długości 1,5-2,5 mm, w fazie owocowania wzniesione
12	płatki	białe, koliste, 2-3 mm ø, tępe
13	dno kwiatowe	strona odosiowa dna pokryta długimi, miękkimi włoskami
14	pręciki	około 20 w jednym kwiecie, niemal równe długością płatkom
15	mieszki	pokryte włoskami, rozpostarte na boki

- *S. nipponica* Maxim.

Gatunek do świata nauki wprowadził Karl Iwanowicz MAXIMOWICZ (1886), przypisując mu kilka lokalizacji na wyspie Honsiu, w tym m. in. okolice góry Fuji oraz okolice miast Nikkō i Chichibu. Autor nadmienił przy tym, że do europejskich ogrodów tawułę wprowadził Philipp Franz Balthasar von Siebold, a także Nicholson (prawdopodobnie szkółkarz James Nicholson). Zarówno OHWI (1965) jak i IKEDA (2001) dzielą takson na odmianę typową – var. *nipponica* oraz var. *tosaensis* (Yatabe) Makino. Ponadto OHWI (1965)

wyróżnił dwie formy *S. nipponica* – f. *rotundifolia* (G.Nicholson) Makino i f. *oblanceolata* (Nakai) Ohwi. Z kolei IKEDA (2001) potraktował obydwie formy jako synonimy var. *nipponica*, nie wydzielając ich zmienności. W niniejszej pracy również przyjęto taki pogląd.

Tawuła jest japońskim endemitem. Stanowiska naturalne odmiany typowej mieszczą się w górach na wyspie Honsiu na wschód od regionu Kinki (OHWI 1965, IKEDA 2001). Charakterystykę morfologiczną *S. nipponica* var. *nipponica* przedstawiono w tabeli 40.

Tabela 40. Charakterystyka *S. nipponica* var. *nipponica* na podstawie REHDER (1949), KRÜSSMANN (1986), OHWI (1965), IKEDA (2001)

Lp.	Cecha	Opis
1	wysokość i pokrój	1-2,5 m, pędy wzniesione, łukowato wygięte w części szczytowej
2	łodygi	kanciaste, nagie, młode jasnobrązowe do czerwobrązowych
3	pąki	krótkie, okryte dwiema łuskami
4	kształt i wymiary blaszek	odwrotniejącowate do eliptycznych, 10-30 mm dł. × 5-18 mm szer., ogonek długości 1,5-9 mm
5	nasada blaszki	zaokrąglona lub szeroko klinowata
6	brzeg blaszki	całobrzegi, czasem z kilkoma tępyimi ząbkami w okolicy wierzchołka
7	wierzchołek blaszki	zaokrąglony lub tępy
8	powierzchnia liści	doosiowa – naga, ciemnozielona, odosiowa – naga, niebieskozielona, ogonek – nagi
9	typ kwiatostanu i pokrycie włoskami	baldachogrona na szczycie krótkich, ulistnionych pędów bocznych, 8-40 kwiatów w jednym kwiatostanie, osie kwiatostanów i szypułki kwiatowe nagie, najniższe kwiaty w kwiatostanie zazwyczaj z podkwiatkami
10	wymiary kwiatów	szypułka – długość 5-15 mm, kwiat – ø 6-10 mm
11	działki	trójkątno-jajowate, ostre, długości 1-1,5 mm, wzniesione
12	płatki	białe, szeroko odwrotniejącowate lub koliste, długości 3-4 mm, wcięte lub tępe
13	słupki i dno kwiatowe	pokryte włoskami lub nagie, strona odosiowa dna naga
14	pręciki	około 20 w jednym kwiecie, krótsze od płatków
15	mieszki	wzniesione, pokryte włoskami do niemal nagich

▪ var. *tosaensis* (Yatabe) Makino

Tawułę po raz pierwszy scharakteryzował japoński botanik Ryōkichi YATABE (1892) w randze gatunku – *S. tosaensis* Yatabe. Autor nadmienił, że materiał roślinny zebrał jego rodak Kanō Watanabe nad brzegiem rzeki Watari-gawa w prefekturze Kōchi (YATABE 1892). Tawułę, jako zmienność *S. nipponica* zaklasyfikował Tomitaro MAKINO (1906), dodając przy tym,

że w 1905 roku znaleziono ją także w prefekturze Tokushima. W obydwu ww. regionach tawuła porasta kamieniste brzegi rzek (IKEDA 2001). Cechy szczególne *S. nipponica* var. *tosaensis* przedstawiono w tabeli 41.

Tabela 41. Cechy szczególne *S. nipponica* var. *tosaensis* na podstawie MAKINO (1906), IKEDA (2001)

Lp.	Cecha	Opis
4	kształt i wymiary blaszek	od wąsko do szeroko odwrotnielancetowatych, 15-30 mm dł. × 3-8 mm szer.
6	brzeg blaszki	całobrzegi lub z 2-3 tępyimi ząbkami w okolicy wierzchołka

- *S. pubescens* Turcz.

Tawułę po raz pierwszy opisał rosyjski botanik Nikołaj Stiepanowicz TURCZANINOW (1832). Materiał roślinny, który posłużył mu do scharakteryzowania gatunku pochodził z kamienistego terenu przy wschodniej bramie chińskiego miasta Zhangjiakou (Kałgan) w prowincji Hebei (TURCZANINOW 1832). LU i CRINAN (2003) wyróżniają odmianę nominatywną – var. *pubescens* oraz var. *lasiocarpa* Nakai, która ma mieszki całkowicie pokryte włoskami w porównaniu do odmiany typowej. Stanowiska naturalne odmiany typowej znajdują się na Rosyjskim Dalekim Wschodzie w Kraju Nadmorskim, gdzie takson porasta brzegi rzeki Razdolnaja (Suífēn Hé) (POYARKOVA 1939, SOKOLOV 1954). Ponadto tawuła występuje także w Mongolii oraz w Chinach w następujących prowincjach i regionach: Heilongjiang, Jilin, Liaoning, Region Autonomiczny Mongolii Wewnętrznej, Hebei, Szantung, Shanxi, Shaanxi, Gansu, Syczuan, Hubei, Henan, Anhui. Krzew porasta suche, kamieniste zbocza, w tym stanowiska półcieniste na wysokości od 200 do 2500 m n.p.m. (LU i CRINAN 2003). Charakterystykę morfologiczną typowej *S. pubescens* przedstawiono w tabeli 42.

Tabela 42. Charakterystyka *S. pubescens* na podstawie REHDER (1949), POYARKOVA (1939), SOKOLOV (1954), KOROPACHINSKIY i VSTOVSKAYA (2002), LU i CRINAN (2003), BUSINSKÝ (2011)

Lp.	Cecha	Opis
1	wysokość i pokrój	1-2 m, pędy rozpostarte na boki, nieco łukowato wygięte
2	łodygi	brązowe do szarobrązowych, młode pokryte włoskami, starsze nagie
3	pąki	jajowate lub niemal koliste, ostre lub tępe, pokryte kilkoma łuskami
4	kształt i wymiary blaszek	rombowato-jajowate do eliptycznych, pędy generatywne – 7-20 mm dł. × 6-12 mm szer., pędy wegetatywne – 20-45 mm dł. × 13-25 mm szer., ogonek długości 2-4 mm
5	nasada blaszki	szerokoklinowata

6	brzeg blaszki	piłkowany z dużymi, nierównej wielkości ząbkami od połowy długości blaszki po wierzchołek, czasami niemal trójklapowe
7	wierzchołek blaszki	ostry
8	powierzchnia liści	doosiowa – ciemnozielona, pokryta krótkimi, rzadkimi włoskami na młodych blaszkach, odosiowa – szarzielona, pokryta włoskami, ogonek – pokryty włoskami
9	typ kwiatostanu i pokrycie włoskami	baldachy na szczycie krótkich, ulistnionych pędów bocznych, 15-40 kwiatów w jednym kwiatostanie, osie kwiatostanów i szypułki kwiatowe nagie lub niemal nagie
10	wymiary kwiatów	szypułka – długość 7-12 mm, kwiat – \varnothing 5-8 mm
11	działki	trójkątnojajowate lub trójkątne, ostre, długości 1,5-2 mm, w fazie owocowania wzniesione
12	płatki	białe, jajowate, szeroko odwrotniejącowate lub koliste, długości 2-3,5 mm, tępe lub wcięte
13	słupki i dno kwiatowe	nagi lub pokryty włoskami u nasady, strona odosiowa dna naga
14	pręciki	25-30 pręcików w jednym kwiecie, równe długością płatkom
15	mieszki	orzężone od strony szwu

- *S. trilobata* L.

Gatunek po raz pierwszy opisał Karol Linneusz przypisując mu stanowiska naturalne na Syberii. Materiał zielnikowy na podstawie którego scharakteryzował gatunek zebrał badacz i eksplorator Syberii – Erik Laxmann (LINNÉ 1771). LU i CRINAN (2003) wyróżniają odmianę nominatywną – var. *trilobata* oraz var. *pubescens*. Odmiana typowa występuje w zachodniej Syberii w górach Ałtaju i Sajanu Zachodniego, a także we wschodnim Kazachstanie (SOKOLOV 1954). Ponadto jej stanowiska naturalne zlokalizowane są również w środkowej części Półwyspu Koreańskiego (NAKAI 1916) i w Chinach w Heilongjiang, Liaoning, Rejonie Autonomicznym Mongolii Wewnętrznej, Hebei, Szantung, Jiangsu, Anhui, Henan, Shanxi, Shaanxi, Gansu i Tybecie (LU i CRINAN 2003). Tawuła porasta trawiaste zbocza, ale również skaliste, górskie stoki (POYARKOVA 1939). Rośnie w postaci pojedynczych okazów lub niewielkich grup. W górach Ałtaju występuje do wysokości 1600 m n.p.m., a w Sajanie Zachodnim do 1200 m n.p.m. (KOROPACHINSKIY i VSTOVSKAYA 2002). W Chinach stanowiska naturalne odmiany typowej znajdują się na wysokości od 400 do 2400 m n.p.m. (LU i CRINAN 2003). Charakterystykę morfologiczną *S. trilobata* (= var. *trilobata*) przedstawiono w tabeli 43.

Tabela 43. Charakterystyka *S. trilobata* na podstawie REHDER (1949), POYARKOVA (1939), SOKOLOV (1954), KOROPACHINSKIY i VSTOVSKAYA (2002), LU i CRINAN (2003)

Lp.	Cecha	Opis
1	wysokość i pokrój	1-2 m, pędy rozpostarte na boki
2	łodygi	purpurowobrązowe do szarobrązowych, smukłe, zygzakowate, okrągławe, nagie
3	pąki	szerokojajowate, małe, tępe, okryte kilkoma łuskami, nagie
4	kształt i wymiary blaszek	okrągławe, zazwyczaj trójklapowe z dłoniastą nerwacją, 17-30 mm dł. × 15-30 mm szer., ogonek długości 3-5 mm
5	nasada blaszki	zaokrąglona, szeroko klinowata lub niemal sercowata
6	brzeg blaszki	delikatnie karbowany na odcinku od połowy długości blaszki po wierzchołek
7	wierzchołek blaszki	tępy
8	powierzchnia liści	doosiowa – naga, odosiowa – naga, jasno niebieskozielona, ogonek – nagi
9	typ kwiatostanu i pokrycie włoskami	baldachogrona na szczycie krótkich, ulistnionych pędów bocznych, 15-30 kwiatów w jednym kwiatostanie, osie kwiatostanów i szypułki kwiatowe nagie
10	wymiary kwiatów	szypułka – długość 8-13 mm, kwiat – ø 6-8 mm
11	dziąłki	trójkątne, ostre, długości 1,5-2 mm, w fazie owocowania wzniesione
12	płatki	białe, szeroko odwrotniejącowate, długości 2,5-4 mm, wcięte
13	słupki i dno kwiatowe	pokryty włoskami, strona odosiowa dna naga
14	pręciki	18-20 w jednym kwiecie, krótsze od płatków
15	mieszki	nagie lub pokryte włoskami wzdłuż szwu, rozpostarte na boki

• *S. ussuriensis* Pojark.

Gatunek wprowadziła do świata nauki Antonina Iwanowna POYARKOVA (1939). Materiał roślinny na podstawie którego gatunek został scharakteryzowany pochodził z pasma górskiego Hehcir, mieszczącego się na południu Kraju Chabarowskiego.

Tawuła występuje na Rosyjskim Dalekim Wschodzie w Kraju Chabarowskim i Kraju Nadmorskim, a ponadto w chińskich prowincjach Heilongjiang, Jilin i Liaoning, a także w Korei Północnej (SOKOLOV 1954, KOROPACHINSKIY i VSTOVSKAYA 2002). POYARKOVA (1939) i CHARKEVICZ (1996) zaliczają do zasięgu występowania *S. ussuriensis* także Daurię (południe Zabajkala), Mongolię i Japonię. Stanowiskami naturalnymi tawuły są otwarte przestrzenie, kamieniste zbocza oraz lasy (POYARKOVA 1939, KOROPACHINSKIY i VSTOVSKAYA 2002). IKEDA (2001) stwierdza, że synonimem *S. ussuriensis* jest *S. chamaedryfolia* var. *pilosa* (Nakai) H.Hara., która występuje w Japonii na wyspach Hokkaido, Honsiu i Kiusiu. Charakterystykę morfologiczną *S. ussuriensis* przedstawiono w tabeli 44.

Tabela 44. Charakterystyka *S. ussuriensis* na podstawie POYARKOVA (1939), SOKOLOV (1954), HARKEVIČZ (1996), KOROPACHINSKIY i VSTOVSKAYA (2002)

Lp.	Cecha	Opis
1	wysokość i pokrój	do 1-1,5 m
2	łodygi	smukłe, często lekko zygzakowate, młode brązowe, starsze szarobrązowe do szarych, kwitnące krótkopędy długości od 2 do 5 cm
4	kształt i wymiary blaszek	szeroko jajowate do odwrotnie jajowatych, 15-60 mm dł. × 10-35 mm szer.
5	nasada blaszki	zaokrąglona lub szeroko klinowata
6	brzeg blaszki	podwójnie piłkowany (drugie ząbki równe wielkością pierwszym)
7	wierzchołek blaszki	ostry lub tępy
8	powierzchnia liści	doosiowa – naga, odosiowa – naga lub pokryta włoskami na nerwie głównym i kępkami włosków w kątach nerwów
9	typ kwiatostanu i pokrycie włoskami	baldachogrona na szczycie krótkich, ulistnionych pędów bocznych, około 4-12 kwiatów w jednym kwiatostanie, osie kwiatostanów i szypułki kwiatowe nagie lub pokryte włoskami
10	wymiary kwiatów	szypułka – długość 7-15 mm, kwiat – ø 9-15 mm,
11	działki	w fazie owocowania odgięte
12	płatki	białe
13	dno kwiatowe	strona odosiowa dna naga
14	pręciki	dłuższe od płatków
15	mieszki	pokryte włoskami w części szczytowej

2.4.3. Sekcja *Sciadantha* K. Koch

- *S. hypericifolia* L.

Gatunek wprowadził do świata nauki Karol Linneusz wraz z kilkoma innymi tawułami w swoim dziele *Species Plantarum* (LINNAEI 1753). Jest to tawuła o rozległym, dysjunktywnym zasięgu występowania. Jej stanowiska naturalne zlokalizowane są w Europie w Portugalii, Hiszpanii, Francji i Bułgarii (TUTIN i IN. 1968). Gatunek dziko rośnie także w dorzeczu Donu, Dniepru, Kamy i Wołgi, a także na Krymie i na Kaukazie (POYARKOVA 1939, SOKOLOV 1954, TZVELEV 2001). Występuje także na terytorium Turcji we wschodniej Anatolii (DAVIS 2001). Znaczan część zasięgu występowania *S. hypericifolia* przypada na kontynent azjatycki, w tym na południowo-zachodnią Syberię, Kazachstan, Uzbekistan, Kirgistan i Mongolię (POYARKOVA 1939, POLOZHII i MALYSHEV 1988, KOROPACHINSKIY i VSTOVSKAYA 2002). Gatunek ten ma również swoje stanowiska w Chinach, gdzie rośnie w prowincji Sinciang, Gansu, Shaanxi, Shanxi, Henan, Heilongjiang oraz w Regionie Autonomicznym Mongolii Wewnętrznej (LU i CRINAN 2003).

S. hypericifolia w Azji rośnie w strefie lasostepu (w widnych lasach) ora na stepie, gdzie wraz z innymi krzewami tworzy zarośla (SOKOLOV 1954. LU i CRINAN 2003). Ponadto porasta suche i słoneczne zbocza terenu, kamieniste grunty, wąwozy, brzegi rzek. Występuje również w regionach górzystych, w których rośnie aż do piętra alpejskiego, często w formie skarłowaciałej (POYARKOVA 1939, LU i CRINAN 2003).

TUTIN i IN. (1968) w swojej pracy *Flora Europaea* dzielą gatunek na podgatunek typowy subsp. *hypericifolia*, któremu przypisują wschodni obszar występowania (od Bułgarii i Ukrainy do Chin) oraz subsp. *obovata* z zachodnią częścią zasięgu (półwysep Iberyjski i Francja). Jednakże cechy szczególne jakie wymieniają dla subsp. *obovata* inni autorzy zaliczają do cech gatunku bez wyszczególniania ich w formie taksonu niższego rzędu (KOROPACHINSKIY i VSTOVSKAYA 2002, LU i CRINAN 2003). Również w niniejszej pracy zdecydowano się nie wydzielać z gatunku, którego charakterystykę morfologiczną przedstawiono w tabeli 45, jego zmienności.

Tabela 45. Charakterystyka *S. hypericifolia* na podstawie POYARKOVA (1939), SOKOLOV (1954), TUTIN i IN. (1968), KOROPACHINSKIY i VSTOVSKAYA (2002), LU i CRINAN (2003)

Lp.	Cecha	Opis
1	wysokość i pokrój	50-150 cm, pędy wegetatywne wzniesione, generatywne łukowato wygięte
2	łodygi	brązowawe do szarobrązowych, smukłe, obłe lub lekko kanciaste, nagie, młode czasem pokryte włoskami
3	pąki	małe, jajowate, ostre, okryte kilkoma łuskami, nagie lub niemal nagie
4	kształt i wymiary blaszek	wąskoeliptyczne, podługowato-odwrotniejąowate, odwrotniejąowate, 15-20 mm dł. × 5-7 mm szer., ogonek długości 1-4 mm
5	nasada blaszki	klinowata
6	brzeg blaszki	całobrzegi na pędach generatywnych, kilka tępych ząbków w okolicy wierzchołka na pędach wegetatywnych
7	wierzchołek blaszki	ostry lub tępy
8	powierzchnia liści	3-5 podłużnych nerwów biegnących od nasady blaszki po wierzchołek, doosiowa – naga, szarzielona, młode niekiedy pokryte włoskami odosiowa – naga, jasnosina, młode niekiedy pokryte włoskami ogonek – nagi
9	typ kwiatostanu i pokrycie włoskami	siedzące baldachy rozwijające się wzdłuż zeszlórocznych długopędów, liczne i gęsto rozmieszczone, 4-10 kwiatów w jednym kwiatostanie, bezlistne lub z rozetą drobnych liści u nasady kwiatostanu, szypułki kwiatowe nagie lub nieznacznie pokryte włoskami

10	wymiary kwiatów i kwiatostanów	szypułka – długość 5-15 mm, kwiat – \varnothing 5-7 mm, kwiatostan – \varnothing 10-15 mm
11	działki	trójkątne, ostre, długości 1,5-2 mm, w fazie owocowania wzniesione
12	płatki	białe, koliste lub jajowate, długości około 3 mm, tępe
13	słupki i dno kwiatowe	pokryty włoskami lub niemal nagi, strona odosiowa dna naga
14	pręciki	około 20 w jednym kwiecie, nieco krótsze lub równe długością płatkom
15	mieszki	nagie, rozpostarte na boki

- *S. prunifolia* Siebold & Zucc.

Ten gatunek o pełnych kwiatach wprowadził do świata nauki duet niemieckich botaników – Philipp Franz Balthasar von Siebold i Joseph Gerhard Zuccarini (SIEBOLD & ZUCCARINI 1835), którzy we *Flora Japonica* nadmienili, że roślinę wymienił w swojej pracy także THUNBERG (1784), który upatrywał w niej odmianę *S. crenata* („*variet. foliis ovatis et latioribus floribusque plenis*”). Dzieło, również nosi zatytułowane *Flora Japonica*, zawierało transkrypcję japońskiej nazwy krzewu, która brzmiała „*Niwa Sakura*”. Autor zaznaczył jednak, że ów takson przedstawił wcześniej pod tą nazwą Engelbert Kämpfer w swoim spisie japońskich roślin. Tawuła pojawiła się w nim z krótkim opisem „*Niwa Sákira. Cerasus pumila, flore albo pleno*” (KAEMPFERO 1712). W nowszych opracowaniach traktujących o florze Japonii, OHWI (1965) oraz IKEDA (2001) informują, że nie jest to rodzima roślina Wysp Japońskich, a jest jedynie uprawiana w japońskich ogrodach. LU i CRINAN (2003) z kolei twierdzą, że odmiana o pełnych kwiatach jest uprawiana w Chinach, ale jej pochodzenie związane jest z Japonią i Koreą. Można zatem przypuszczać, że nie występuje ona nigdzie w stanie dzikim, a jest jedynie utrwaloną odmianą ogrodową.

LU i CRINAN (2003) dzielą gatunek na 4 odmiany, przy czym tę o pełnych kwiatach (*var. prunifolia*) traktują jako typową na podstawie której gatunek został scharakteryzowany. To właśnie kolejność wprowadzenia do świata nauki zadecydowała o tym, że typ nomenklatoryczny stanowi tawuła o pełnych kwiatach, a nie opisana znacznie później odmiana o kwiatach pojedynczych. Warto również nadmienić, że *S. prunifolia var. prunifolia* (odm. o pełnych kwiatach) jest często spotykana w handlu pod nazwą, którą wprowadził SCHNEIDER (1906) – *var. plena* C.K. Schneid, która dodatkowo jest czasem modyfikowana do odmiany uprawnej ‘Plena’. Charakterystykę morfologiczną *S. prunifolia var. prunifolia* przedstawiono w tabeli 46.

Tabela 46. Charakterystyka *S. prunifolia* var. *prunifolia* na podstawie OHWI (1965), IKEDA (2001), LU i CRINAN (2003)

Lp.	Cecha	Opis
1	wysokość i pokrój	1-2 m, pędy łukowato wygięte
2	łodygi	cienkie, delikatnie kanciaste, młode czerwonobrazowe, delikatnie pokryte włoskami, starsze szarobrazowe, nagie
3	pąki	jajowate, małe, niemal ostre, okryte kilkoma łuskami, nagie
4	kształt i wymiary blaszek	jajowate lub eliptyczne, 20-35 mm dł. × 15-20 mm szer., ogonek długości 2-4 mm, pokryty włoskami
5	nasada blaszki	ucięta lub klinowata
6	brzeg blaszki	drobnopiłkowany
7	wierzchołek blaszki	tępy do ostrego
8	powierzchnia liści	doosiowa i odosiowa – pokryta włoskami na młodych blaszkach lub naga, ogonek – pokryty włoskami
9	typ kwiatostanu i pokrycie włoskami	siedzące baldachy rozwijające się wzdłuż zeszlorocznych długopędów, 3-7 kwiatów w jednym kwiatostanie, z rozetą drobnych liści u nasady kwiatostanu, szypułki kwiatowe pokryte włoskami
10	wymiary kwiatów	szypułka – długość 10-24 mm, kwiat – ø 10-12 mm
11	działki	trójkątne lub jajowate, długości 1,5-2 mm, rozpostarte na boki
12	płatki	białe, podwójne: zewnętrzne nerkowate, wewnętrzne odwrotnie jajowate, około 3 mm dł. × 3,5-4 mm szer.
13	słupki i dno kwiatowe	przekształcony w płatki, strona odosiowa dna pokryta włoskami
14	pręciki	przekształcone w płatki

▪ var. *simpliciflora* (Nakai) Nakai

Pierwszym badaczem, który nadmienił w swojej pracy o *S. prunifolia* jako krzewie o pojedynczych kwiatach, był rosyjski botanik Iwan Władymirowicz PALIBIN (1898). Zamieścił on jednak bardzo skromny opis, według którego tawuła ta rośnie w Chinach i Japonii oraz może mieć kwiaty pojedyncze lub pełne, z czego okaz o pojedynczych kwiatach zebrał na terenie dzisiejszej Korei Południowej. MATSUMOTO i HAYATA (1906) z kolei informują, że Yasusada Tashiro przesłał im materiał zebrany na Tajwanie, który za radą Tomitaro Makino uznali za *S. prunifolia*. Autorzy zaznaczyli jednak, że jest to okaz o pojedynczych płatkach, co dotąd było nieznanie zarówno dla flory Tajwanu jak i Japonii. Nie nadali mu jednak nazwy ani nie utworzyli z niego taksonu niższego rzędu. Niedługo potem tawułę scharakteryzował NAKAI (1909), który we *Flora Koreana*, nadał jej rangę formy – f. *simpliciflora* Nakai. Ponadto przypisał jej kilka stanowisk na Półwyspie Koreańskim, twierdząc jednocześnie, że występuje także na Tajwanie. W jednej ze swoich następnych publikacji NAKAI (1916) rozszerzył obszar występowania krzewu do środkowej i południowej Korei oraz Chin, a ponadto przekształcił

formę na odmianę – var. *simpliciflora* (Nakai) Nakai. We *Flora of Taiwan* (OHASHI i HSIEH 1993) brak jakiegokolwiek informacji na temat tego taksonu. Autorzy przedstawili wyłącznie odmianę var. *pseudoprunifolia* (Hayata ex Nakai) H. L. Li, która również ma pojedyncze kwiaty. Cechę taką ma także lokalna odmiana występująca w chińskich prowincjach Hubei i Shaanxi – var. *hupehensis* (Rehder) Rehder.

S. prunifolia var. *simpliciflora* dziko rośnie we wschodnich Chinach, w prowincjach Jiangsu, Zhejiang, Anhui, Henan, Hubei, Hunan, Jiangxi i Fujian. Porasta zbocza oraz skały na wysokości od 500 do 1000 m n.p.m. (LU i CRINAN 2003). Cechy szczególne *S. prunifolia* var. *simpliciflora* przedstawiono w tabeli 47.

Tabela 47. Cechy szczególne *S. prunifolia* var. *simpliciflora* na podstawie NAKAI (1916), LU i CRINAN (2003)

Lp.	Cecha	Opis
6	brzeg blaszki	bardzo drobno piłkowany – niemal od nasady lub od połowy długości blaszki po wierzchołek
8	powierzchnia liści	odosiowa – pokryta rzadkimi, delikatnymi włoskami na młodych blaszkach, starsze – nagie
10	wymiary kwiatów	kwiaty poniżej 1 cm \varnothing
13	dno kwiatowe	strona odosiowa dna pokryta włoskami
15	mieszki	pokryte włoskami od strony szwu

- *S. thunbergii* Siebold ex Blume

Gatunek po raz pierwszy scharakteryzował niemiecki uczoney Philipp Franz von Siebold w dziele, które stworzył jego rodak Carl Ludwig BLUME (1826). Autorzy wskazują na synonimiczną nazwę *S. crenata* Thunb. z *Flora Japonica*, którą sporządził THUNBERG (1784) po powrocie z pobytu w Japonii. Botanik założył w niej, że tawuła, którą znalazł na Wyspach Japońskich, to *S. crenata* L. i tak też ją opisał. W rzeczywistości był to nieznaną wówczas nauce takson, który Siebold i Blume ponownie scharakteryzowali upamiętniając Thunberga w nazwie naukowej gatunku.

LU i CRINAN (2003) podają, że *S. thunbergii* jest rodzima dla wschodnich Chin, z kolei IKEDA (2001), że tawuła występuje również w Japonii na wyspie Honsiu, Sikoku i Kiusiu, gdzie najczęściej porasta brzegi rzek. Charakterystykę morfologiczną *S. thunbergii* przedstawiono w tabeli 48.

Tabela 48. Charakterystyka *S. thunbergii* na podstawie OHWI (1965), IKEDA (2001), LU i CRINAN (2003)

Lp.	Cecha	Opis
1	wysokość i pokrój	do 1,5 m, pędy rozpostarte na boki, łukowato wygięte
2	łodygi	brązowe do czerwobrązowych, lekko kanciaste, smukłe, młode pokryte włoskami, starsze nagie
3	pąki	jajowate, drobne, pokryte kilkoma łuskami, od nagich do pokrytych włoskami
4	kształt i wymiary blaszek	równowąsko-lancetowate, 25-40 mm dł. × 3-7 mm szer., ogonek długości 1-2 mm
5	nasada blaszki	wąskoklinowata
6	brzeg blaszki	ostropiłkowany od połowy długości blaszki po wierzchołek
7	wierzchołek blaszki	długozastrzony lub ostry
8	powierzchnia liści	doosiowa – naga, odosiowa – młode pokryte włoskami na nerwie głównym, ogonek – na młodych liściach pokryty gęstymi włoskami
9	typ kwiatostanu i pokrycie włoskami	siedzące baldachy rozwijające się wzdłuż zeszłorocznych długopędów, 3-7 kwiatów w jednym kwiatostanie, bezlistne lub z rozetą drobnych liści u nasady kwiatostanu, szypułki kwiatowe nagie
10	wymiary kwiatów	szypułka – długość 6-10 mm, kwiat – ø 6-8 mm
11	działki	od trójkątnych do jajowato-trójkątnych, ostre, długości 1,5-2 mm, w fazie owocowania wzniesione lub odgięte
12	płatki	białe, odwrotnie jajowate do kolistych, wcięte lub tępe, długości 2-4 mm
13	słupki i dno kwiatowe	nagi lub pokryty włoskami, strona odosiowa dna naga
14	pręciki	18-20 w jednym kwiecie, krótsze od płatków, sięgające do 1/3 ich długości
15	mieszki	nagie, rozpostarte na boki

2.4.4. Sekcja *Spiraria* Ser.

- *S. alba* Du Roi

Gatunek do świata nauki wprowadził niemiecki botanik Johann Philipp DU ROI (1772), który nadmienił w swojej pracy, że pierwsze wzmianki o tej tawule pojawiły się w jednym z licznych wydań słownika ogrodniczego autorstwa Phillipa Millera. W najnowszym opracowaniu północnoamerykańskiej flory, BROUILLET (2014) dzieli gatunek na odmianę nominatywną – var. *alba* oraz var. *latifolia*. W niniejszej pracy również przyjęto taki podział.

Stanowiska naturalne obydwu odmian znajdują się w Ameryce Północnej. Odmiana typowa obejmuje swym zasięgiem południową część kanadyjskich prowincji: Alberta, Saskatchewan, Manitoba, Ontario i Quebec. Występuje również w północno-wschodniej części Stanów Zjednoczonych, gdzie dziko rośnie w stanie Dakota Północna, Dakota Południowa,

Minnesota, Iowa, Michigan, Wisconsin, Illinois, Missouri, Indiana, Ohio, Kentucky, Tennessee, Karolina Północna, Wirginia, Wirginia Zachodnia, Pensylwania, Nowy Jork, Massachusetts i Vermont. Takson występuje do wysokości 300 m n.p.m. i porasta głównie wilgotne stanowiska, w tym mokradła i brzegi rzek (BROUILLET 2014). Charakterystykę morfologiczną *S. alba* var. *alba* przedstawiono w tabeli 49.

Tabela 49. Charakterystyka *S. alba* var. *alba* na podstawie REHDER (1949), GLEASON i CORONQUIST (1991), BROUILLET (2014)

Lp.	Cecha	Opis
1	wysokość i pokrój	1-2 m, pędy wzniesione
2	łodygi	czerwonobrazowe, kanciaste, młode pokryte włoskami
4	kształt i wymiary blaszek	podługowate, wąsko odwrotnielancetowate, 20-90 mm dł. × 5-25 mm szer. (długość. do 4 razy większa od szerokości), ogonek długości 2-8 mm
5	nasada blaszki	klinowata
6	brzeg blaszki	drobno piłkowany lub piłkowany
7	wierzchołek blaszki	ostry
8	powierzchnia liści	doosiowa – naga, odosiowa – pokryta włoskami na nerwach lub niemal naga, ogonek pokryty krótkimi włoskami
9	typ kwiatostanu i pokrycie włoskami	wiecha na szczycie tegorocznych długopędów, wąskostożkowata, osie kwiatostanów i szypułki kwiatowe pokryte włoskami
10	wymiary kwiatów i kwiatostanów	szypułka – długość 1-2 mm, kwiat – ø 5-8 mm, kwiatostan – ø 30-60 mm, długość 50-150 mm
11	działki	długości 0,8-1 mm, wzniesione
12	płatki	białe, długości 1,7-2 mm
13	dno kwiatowe	strona odosiowa dna zazwyczaj pokryta włoskami (bywa, że przylegają one do powierzchni), rzadko naga lub niemal naga
14	pręciki	40-50 w jednym kwiecie, równe długością płatkom
15	mieszki	nagie

▪ var. *latifolia* (Aiton) Dippel

Takson do świata nauki wprowadził szkocki botanik William AITON (1789) pod nazwą *S. salicifolia* var. *latifolia* Aiton. Nie podał on jednak żadnych szczegółowych informacji na temat pochodzenia materiału roślinnego, który posłużył mu do stworzenia opisu, poza wskazaniem Ameryki Północnej jako ojczyzny krzewu. Następnie niemiecki uczoney Moritz Balthasar BORKHAUSEN (1803), podniósł go do rangi gatunku – *S. latifolia* (Aiton) Borkh., twierdząc, że nie jest to odmiana *S. salicifolia*, jak uważał Aiton. W takiej postaci takson figuruje w licznych opracowaniach botanicznych (KOCH 1869, RYDBERG 1917, REHDER 1949, SOKOLOV 1954, KRÜSSMANN 1986, CULLEN i IN. 1995). Pod koniec XIX wieku DIPPEL (1893)

zaklasyfikował znów tę tawułę jako odmianę *S. alba*. Takie nazewnictwo stosował SCHNEIDER (1906), a po nim także GLEASON i CORONQUIST (1991), HAINES (2011) oraz BROUILLET (2014).

Stanowiska naturalne odmiany szerokolistnej zlokalizowane są we Wspólnocie Saint-Pierre i Miquelon oraz w kanadyjskich prowincjach Nowa Fundlandia i Labrador, Wyspa Księcia Edwarda, Nowa Szkocja, Nowy Brunzwik, Quebec i Ontario. Ponadto takson występuje również w Stanach Zjednoczonych w Maine, New Hampshire, Massachusetts, Vermont, Rhode Island, Connecticut, New Jersey, Nowy Jork, Pensylwania, Michigan, Delaware, Maryland, Wirginia, Wirginia Zachodnia i Karolina Północna (BROUILLET 2014). Tawuła najczęściej porasta wilgotne, otwarte tereny, ale rośnie także na suchych stanowiskach, zwłaszcza na obrzeżach lasów, pól i łąk (GLEASON i CORONQUIST 1991).

Warto także nadmienić, że na stanowiskach naturalnych dochodzi do spontanicznej hybrydyzacji pomiędzy odmianą nominatywną i szerokolistną, zwłaszcza w rejonie Wielkich Jezior (BROUILLET 2014). Cechy szczególne *S. alba* var. *latifolia* przedstawiono w tabeli 50.

Tabela 50. Cechy szczególne *S. alba* var. *latifolia* na podstawie REHDER (1949), GLEASON i CORONQUIST (1991), BROUILLET (2014)

Lp.	Cecha	Opis
4	kształt i wymiary blaszek	szerokoeliptyczne do odwrotniejąkowatych, 20-80 mm dł. × 10-30 mm szer. (długość do 3 razy większa od szerokości), ogonek długości 2-4 mm, pokryty rzadkimi włoskami
5	nasada blaszki	klinowata do zaokrąglonej
6	brzeg blaszki	grubo piłkowany
7	wierzchołek blaszki	ostry do tępego
8	powierzchnia liści	odosiowa – delikatnie niebieskawozielona, ogonek – pokryty rzadkimi włoskami
9	typ kwiatostanu	wiecha na szczycie tegorocznych długopędów, stożkowata, luźna
10	wymiary kwiatów i kwiatostanów	szypułka – długość 2-3 mm, kwiat – ø 3-5 mm, kwiatostan – ø 30-100 mm, długość 50-200 mm
11	działki	długości 0,8-1,5 mm
12	płatki	białe lub delikatnie zaróżowione, długości 1,3-1,5 mm
13	dno kwiatowe	strona odosiowa dna naga lub niemal naga, dysk miodnikowy zazwyczaj różowawy
14	pręciki	30-35 w jednym kwiecie, dwa razy dłuższe od płatków

- *S. douglasii* Hook.

Po raz pierwszy gatunek opisał angielski botanik Sir William Jackson HOOKER (1840). Dokonał tego na podstawie materiałów roślinnych zebranych przez szkockiego botanika Davda Douglasa, który brał udział w licznych ekspedycjach do Ameryki Północnej (NISBET

2010). Stąd upamiętnienie szkockiego uczonego w nazwie naukowej gatunku. W opracowaniu flory Ameryki Północnej BROUILLET (2014) wyróżnia trzy odmiany: typową – var. *douglasii* oraz var. *menziesii* (Hooker) C. Presl i var. *roseata* (Rydb.) C.L. Hitchc. Podział ten przyjęto również w niniejszej pracy, choć przedstawiono tylko charakterystykę dwóch odmian, które znajdują się w krajowych kolekcjach.

Odmiana nominatywna występuje na zachodnim wybrzeżu Ameryki Północnej. Rośnie dziko w pasie, który obejmuje Kolumbię Brytyjską w Kanadzie oraz stany Waszyngton, Oregon i Kalifornię w Stanach Zjednoczonych (ABRAMS 1944, REHDER 1949). VIERECK i LITTLE (1986) informują, że stanowiska naturalne *S. douglasii* znajdują się także w południowo-wschodniej Alasce. Potwierdzają to POJAR i MACKINNON (2004), którzy podają, że gatunek rośnie na obszarze leżącym pomiędzy kanałem Lynna, a zatoką Księcia Williama. Tawuła porasta brzegi strumieni, skraje lasów oraz bagna i mokradła. Występuje do wysokości 2500 m n.p.m. (BROUILLET 2014). Charakterystykę morfologiczną *S. douglasii* var. *douglasii* przedstawiono w tabeli 51.

Tabela 51. Charakterystyka *S. douglasii* var. *douglasii* na podstawie ABRAMS (1944), REHDER (1949), BROUILLET (2014)

Lp.	Cecha	Opis
1	wysokość i pokrój	1-2,5 m, pędy wzniesione lub rozpostarte na boki
2	łodygi	czerwonobrzęzowe
4	kształt i wymiary blaszek	wąsko eliptyczne lub odwrotniejącowate, 30-100 mm dł. × 5-40 mm szer., ogonek długości 3-5 mm
5	nasada blaszki	klinowata
6	brzeg blaszki	nierówno, grubo piłkowany od połowy długości blaszki po wierzchołek
7	wierzchołek blaszki	ostry lub tępy
8	powierzchnia liści	doosiowa – ciemnozielona, blaszki wyraźnie dwubarwne odosiowa – pokryta białawym lub szarawym kutnerem,
9	typ kwiatostanu i pokrycie włoskami	wiecha na szczycie tegorocznych długopędów, wąsko stożkowata do stożkowatej, osie kwiatostanów i szypułki kwiatowe pokryte kutnerem
10	wymiary kwiatów i kwiatostanów	szypułka – długość 1-3 mm, kwiat – ø 2-4 mm, kwiatostan – ø 30-60 mm, długość 80-150 mm
11	działki	jajowate, do 1 mm długości, pokryte kutnerem
12	płatki	różowe do ciemnoróżowych, jajowate do odwrotniejącowatych
13	dno kwiatowe	strona odosiowa dna pokryta kutnerem
14	pręciki	25-35 w jednym kwiecie, 2-3 razy dłuższe od płatków
15	mieszki	nagie, lśniące

- var. *menziesii* (Hook.) C. Presl

Tawułę tę po raz pierwszy przedstawił HOOKER (1840) jako *S. menziesii* Hook. Autor scharakteryzował ją na podstawie materiału roślinnego, który pochodził z podróży dookoła świata jaką odbył Archibald Menzies, będąc w służbie na okręcie HMS *Discovery*. Został on upamiętniony w naukowej nazwie gatunku. Nieco ponad dekadę po publikacji Hooker'a, czeski botanik Karel Bořivoj PRESL (1851), przekształcił gatunek na odmianę *S. douglasii*. Następstwem tego nie było jednak rozpowszechnienie się nowego nazewnictwa. W kolejnych opracowaniach botanicznych nadal dominowała rana gatunku *S. menziesii*, podczas gdy wariant odmiany przytaczano niekiedy jako synonim. Jest tak w pracach DIPPLA (1893), SCHNEIDERA (1906), RYDBERGA (1917), ABRAMSA (1944), REHDERA (1949), SOKOLOVA 1954, KRÜSSMANNA (1986) oraz CULLENA i IN. (1995). Niemniej we *Flora of North America* BROUILLET (2014) powrócił do zapisu, który zaproponował PRESL (1851), uznając takson za odmianę *S. douglasii*.

Stanowiska naturalne odmiany zlokalizowane są w następujących stanach USA: na Alasce oraz w Waszyngtonie, Montanie, Idaho, Oregonie, Kalifornii i Kolorado. Tawuła porasta tereny podmokłe, w tym skraje lasów, wilgotne łąki oraz brzegi strumieni (RYDBERG 1917, REHDER 1949, BROUILLET 2014). Cechy szczególne *S. douglasii* var. *menziesii* przedstawiono w tabeli 52.

Tabela 52. Cechy szczególne *S. douglasii* var. *menziesii* na podstawie ABRAMS (1944), REHDER (1949), BROUILLET (2014)

Lp.	Cecha	Opis
2	łodygi	młode pokryte krótkimi włoskami, brązowe; starsze ciemnopurpurowe
4	wymiary blaszek	długość 30-70 mm.
8	powierzchnia liści	doosiowa – ciemnozielona, odosiowa – naga lub pokryta włoskami na nerwach
9	pokrycie kwiatostanu włoskami	osie kwiatostanów i szypułki kwiatowe pokryte włoskami do nieco kutnerowatych
11	działki	pokryte rzadkimi włoskami, czasem nieco kutnerowate
13	dno kwiatowe	strona odosiowa dna pokryta rzadkimi włoskami, czasem nieco kutnerowata

- *S. humilis* Pojark.

Gatunek scharakteryzowała Antonina Iwanowna POYARKOVA (1939) na podstawie materiału roślinnego zebranego nad rzeką Amguń (lewostronny dopływ Amuru), na terenie Kraju Chabarowskiego. Niekiedy *S. humilis* traktowana jest jako synonim *S. salicifolia* L. (IKEDA 2001). Jednakże w literaturze poświęconej roślinom Związku Radzieckiego, Syberii, a także azjatyckiej części Rosji, jest to zawsze odrębny gatunek (POYARKOVA 1939, SOKOLOV 1954 POLOZHII i MALYSCHEV 1988, CHARKEVICZ 1996, KOROPACHINSKIY i VSTOVSKAYA 2002). Również w artykułach naukowych obejmujących tematykę tawuła, *S. humilis* traktowana jest jako samodzielny takson w randze gatunku (OGINUMAI i IN 2004, POLYAKOVA i GATAULINA 2008, KARPOVA i LAPTEVA 2014, DRÁBKOVÁ i IN. 2017, KOSTIKOVA i SHALDAEVA 2017).

Zagadnienie rangi *S. humilis* poruszył także JAKUBOW (2018), stwierdzając, że tawuła ta jest w rzeczywistości mieszańcem *S. salicifolia* L. i *S. betulifolia* Pall. Jego zdaniem cechy morfologiczne taksonu na stanowiskach naturalnych są mniej lub bardziej zbliżone do obydwu rzekomych komponentów rodzicielskich. Dodatkowo JAKUBOW (2018) wyjaśnia, że *S. humilis* nie występuje w starych i dobrze zachowanych lasach, a także na ich obrzeżach i polanach śródleśnych. Rośnie natomiast tam, gdzie lasy były wycinane lub wypalane i gdzie prowadzone było wydobywanie złota oraz osadnictwo. Ponadto jak informuje autor, jest to obszar występowania zarówno *S. salicifolia* i *S. betulifolia*. Ponadto JAKUBOW (2018) wskazuje na cechę *S. humilis*, która jest nieobecna u *S. salicifolia* i *S. betulifolia* – rudawy kutner na łodygach i kwiatostanach. Niemniej autor przychyliła się do tezy o pochodzeniu mieszańcowym omawianego krzewu.

Stanowiska naturalne tawuły zlokalizowane są we wschodniej Syberii w Republice Sacha (POYARKOVA 1939), gdzie gatunek został ujęty w tamtejszej Czerwonej Księdze jako takson rzadko spotykany (DANILOVA 2017). Ponadto tawuła występuje na Rosyjskim Dalekim Wschodzie w Kraju Nadmorskim, Kraju Chabarowskim oraz na Sachalinie (SOKOLOV 1954). Krzewy rosną w rzadkich, bagnistych lasach, na obrzeżach mokradeł i w dolinach rzecznych (POLOZHII i MALYSCHEV 1988, CHARKEVICZ 1996). W niniejszej pracy zdecydowano się na klasyczne ujęcie *S. humilis*, a jej charakterystykę morfologiczną przedstawiono w tabeli 53.

Tabela 53. Charakterystyka *S. humilis* na podstawie POYARKOVA (1939), SOKOLOV (1954), POLOZHII i MALYSHEV (1988), CHARKEVICZ (1996), KOROPACHINSKIY i VSTOVSKAYA (2002)

Lp.	Cecha	Opis
1	wysokość	25-50 cm
2	łodygi	oblę, młode pokryte gęstymi, rudawym kutnerem, starsze niemal nagie
4	kształt i wymiary blaszek	eliptyczne, rzadko jajowate, 25-65 mm dł. × 10-33 mm szer., ogonek długości 2-4 mm
5	nasada blaszki	klinowata, rzadko zaokrąglona
6	brzeg blaszki	piłkowany najczęściej od połowy długości blaszki po wierzchołek, czasami piłkowanie tylko przy wierzchołku lub na niemal całej długości blaszki (niekiedy liście niższego odcinka łodygi całobrzegie)
7	wierzchołek blaszki	ostry
8	powierzchnia liści	doosiowa – naga, odosiowa – rzadkie, delikatne włoski na nerwach głównych, ogonek – pokryty rudawym kutnerem
9	typ kwiatostanu i pokrycie włoskami	wiecha na szczycie tegorocznych długopędów, szeroko jajowata lub stożkowato-jajowata, osie kwiatostanów i szypułki kwiatowe pokryte rudawym kutnerem
10	wymiary kwiatów i kwiatostanów	szypułka – długość 1,5-3 mm, kwiat – ø 5-10 mm, kwiatostan – ø 20-65 mm, długość 25-100 mm
11	działki	trójkątne, ostre, w fazie owocowania odgięte
12	płatki	jasnoróżowe, koliste
14	pręciki	dwa razy dłuższe od płatków
15	mieszki	nagie

- *S. salicifolia* L.

Rys historyczny związany z wprowadzeniem *S. salicifolia* do świata nauki przedstawiono w podrozdziale 2.1. Gatunek ten ma bardzo rozległy, dysjunktywny zasięg występowania, który obejmuje środkową i wschodnią Europę oraz olbrzymi obszar kontynentu azjatyckiego. Stanowiska naturalne na terenie Europy znajdują się w Austrii, Czechach, Polsce, Rumunii, Bułgarii oraz na Węgrzech (TUTIN i IN. 1968, HEGI 1995). W naszej ojczyźnie jest to południowa Lubelszczyzna, Puszcza Sandomierska, a także odosobnione stanowisko w Beskidzie Niskim (WITKOWSKA-ŻUK 2013, SENETA i IN. 2021). Tymczasem w Rosji tawuła dziko rośnie na terenie rozciągającym się od wschodnich stoków gór Ural i przebiegającym przez Syberię, aż po Zabajkale, Rosyjski Daleki Wschód i Sachalin kończąc (POYARKOVA 1939). Ponadto gatunek występuje również w Mongolii oraz w Chinach w Regionie Autonomicznym Mongolii Wewnętrznej, a także w prowincjach Heilongjiang, Jilin, Liaoning, Hebei i Shanxi (LU i CRINAN 2003). Tawuła ma także stanowiska naturalne w Korei Północnej (SOKOLOV 1954) oraz w Japonii na wyspie Hokkaido i w centralnej części Honsiu (IKEDA

2001). Krzew porasta brzegi rzek, wilgotne łąki, polany i bagniska, tworząc przy tym bardzo często zarośla (POYARKOVA 1939, LU i CRINAN 2003). W regionach górskich także preferuje miejsca zasobne w wilgoć (IKEDA 2001).

POYARKOVA (1939) nadmieniła w swojej pracy stanowiskach naturalnych *S. salicifolia* na Alasce i na wyspie Sitka, choć informację tę przytoczyła ze znakiem zapytania. HEGI (1995) także poruszył ten temat twierdząc, że stanowiska w północno-zachodniej części Ameryki Północnej są błędnie przypisane *S. salicifolia* i prawdopodobnie opierają się na pomyłkach związanych z występowaniem innych gatunków tawułów w tym regionie. BROUILLET (2014) we *Flora of North America* nie wymienia *S. salicifolia* jako gatunku naturalnie występującego w Ameryce Północnej.

W literaturze (SCHNEIDER 1906, POYARKOVA 1939, SOKOLOV 1954) znaleźć można bardzo skąpe informacje na temat dwóch form *S. salicifolia*. Pierwsza – f. *alpestris* Pall. – rośnie, jak podają ww. autorzy, w północno-wschodniej części zasięgu występowania i odznacza się karłowatością. Druga – f. *grandiflora* Koch – cechuje się niemalże dwukrotnie większymi kwiatami od typowej *S. salicifolia* i pochodzi z nasion zebranych na Kameczatce (LODDIGES 1833). W późniejszych pracach opisujących florę Syberii lub Rosyjskiego Dalekiego Wschodu, informacje na ich temat są bardzo szczątkowe lub zupełnie ich brak (MALYSHEV i PESCHKOVA 1979, POLOZHII i MALYSHEV 1988, CHARKEVICZ 1996, KOROPACHINSKIY i VSTOVSKAYA 2002). Tymczasem dla terytorium Chin LU i CRINAN (2003) wyróżniają dwie odmiany ze stanowiskami w Regionie Autonomicznym Mongolii Wewnętrznej oraz w prowincjach Heilongjiang i Jilin – var. *grosseserrata* Liou oraz var. *oligodonta* T. T. Yu. Charakterystykę *S. salicifolia* przedstawiono w tabeli 54.

Tabela 54. Charakterystyka *S. salicifolia* na podstawie SOKOLOV (1954), HEGI (1995), IKEDA (2001), KOROPACHINSKIY i VSTOVSKAYA (2002), LU i CRINAN (2003)

Lp.	Cecha	Opis
1	wysokość i pokrój	1-2 m, pędy wzniesione
2	łodygi	żółtobrązowe, delikatnie kanciaste, młode pokryte włoskami, starsze nagie
3	pąki	jajowate, ostre, długości 3-5 mm, okryte kilkoma brązowymi łuskami
4	kształt i wymiary blaszek	podługowato-lancetowate, lancetowate lub podługowato-eliptyczne, 40-80 mm dł. × 15-25 mm szer., ogonek długości 1-4 mm
5	nasada blaszki	klinowata
6	brzeg blaszki	ostro piłkowany do podwójnie piłkowanego
7	wierzchołek blaszki	ostry lub zaokrąglony

8	powierzchnia liści	odosiowa – naga, sporadycznie rzadkie włoski na brzegu blaszki, odosiowa – naga, czasem delikatne włoski na nerwie głównym
9	typ kwiatostanu i pokrycie włoskami	wiecha na szczycie tegorocznych długopędów, stożkowata lub cylindryczna, smukła, rozgałęzienia wzniesione, osie kwiatostanów i szypułki kwiatowe pokryte żółtawymi włoskami
10	wymiary kwiatów i kwiatostanów	szypułka – długość 4-7 mm, kwiat – \varnothing 5-8 mm, kwiatostan – \varnothing 15-40 mm, długość 50-120 mm
11	działki	trójkątne, długości, 1-1,5 mm, w fazie owocowania wzniesione
12	płatki	różowe, jajowate, tępe, długości 2-3,5 mm
13	słupki i dno kwiatowe	pokryte rzadkimi włoskami, strona odosiowa dna pokryta włoskami
14	pręciki	około 30 w jednym kwiecie, niemal dwa razy dłuższe od płatków
15	mieszki	nagie lub pokryte włoskami od strony szwu

- *S. tomentosa* L.

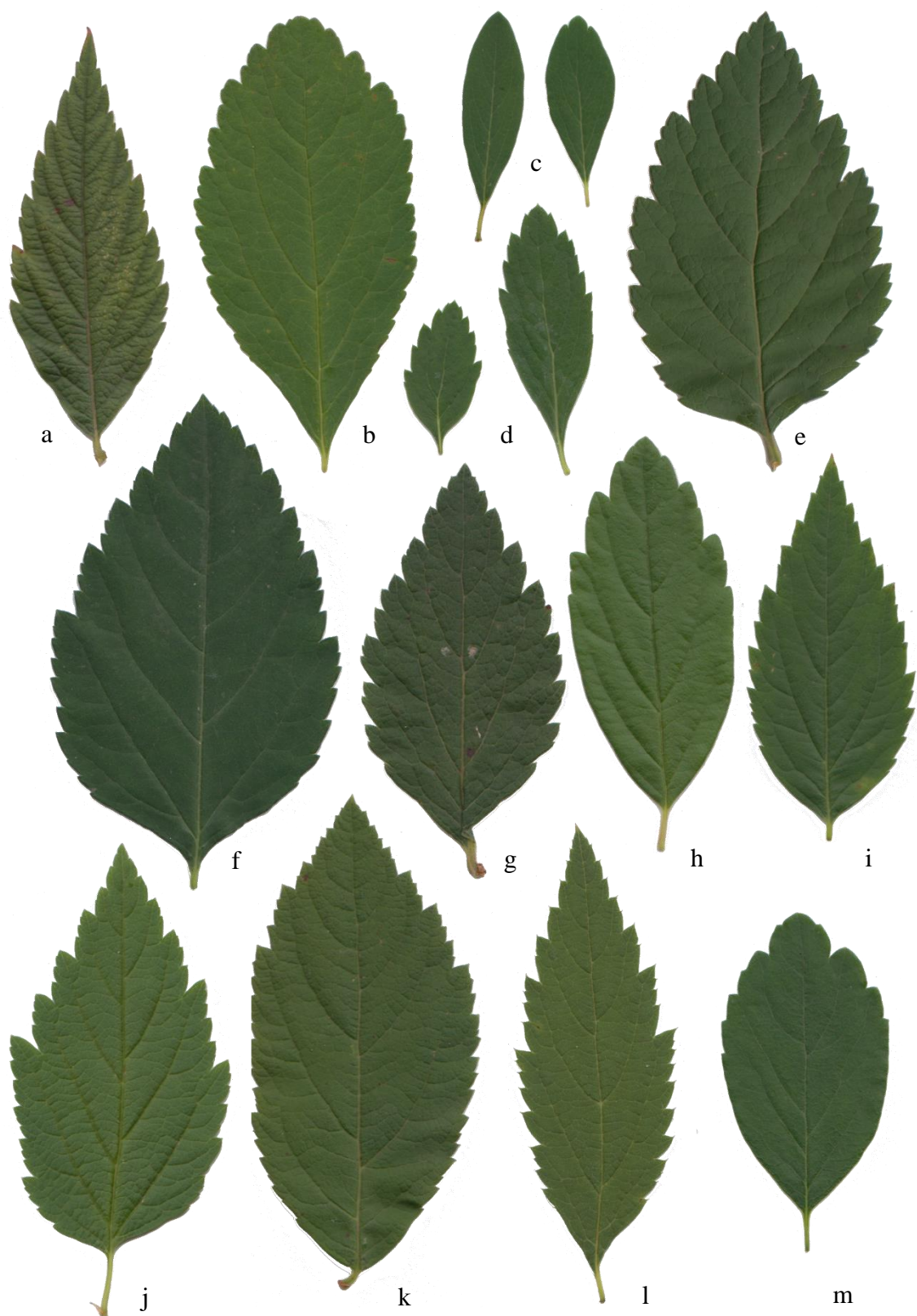
Gatunek po raz pierwszy scharakteryzował Karol Linneusz, który stworzył jego opis na podstawie materiału roślinnego, który w Filadelfii zebrał jego uczeń – fiński botanik Pehr Kalm (LINNAEI 1753). BROUILLET (2014) w swojej pracy dzieli gatunek na odmianę nominatywną – var. *tomentosa* oraz var. *rosea* (Raf.) Fernald.

Gatunek występuje w Ameryce Północnej w rejonie Wielkich Jezior oraz na wschodnim wybrzeżu kontynentu. Stanowiska naturalne odmiany typowej zlokalizowane są w kanadyjskich prowincjach: Ontario, Quebec, Nowy Brunszwik, Wyspa Księcia Edwarda, Nowa Szkocja, a także w stanach USA: Maine, New Hampshire, Vermont, Massachusetts, Rhode Island, Nowy Jork, Connecticut, Pensylwania, New Jersey, Delaware, Maryland, Wirginia Zachodnia oraz Wirginia (HAINES 2011, BROUILLET 2014). Tawuła porasta bagna, mokradła oraz skraje lasów, preferując przy tym kwaśny odczyn gleby (GLEASON i CORONQUIST 1991, BROUILLET 2014). Charakterystykę morfologiczną *S. tomentosa* przedstawiono w tabeli 55.

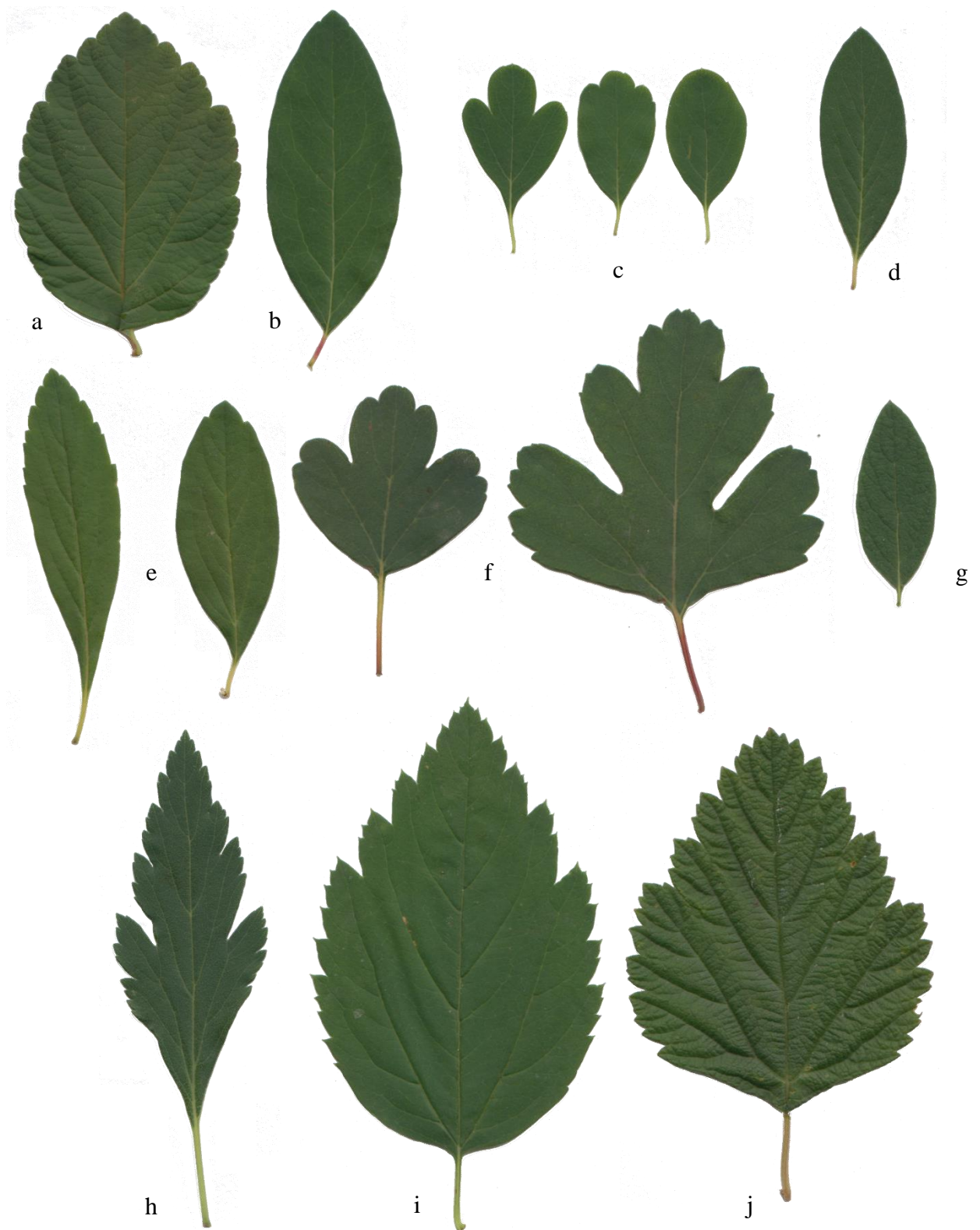
Tabela 55. Charakterystyka *S. tomentosa* na podstawie REHDER (1949), GLEASON i CORONQUIST (1991), HAINES (2011), BROUILLET (2014)

Lp.	Cecha	Opis
1	wysokość i pokrój	30-150 cm, pędy wzniesione
2	łodygi	brązowawe, pokryte kutnerem, kanciaste
4	kształt i wymiary blaszek	jajowate do jajowato-lancetowatych, 30-60 mm dł. \times 10-25 mm szer., ogonek długości 2-3 mm
5	nasada blaszki	klinowata

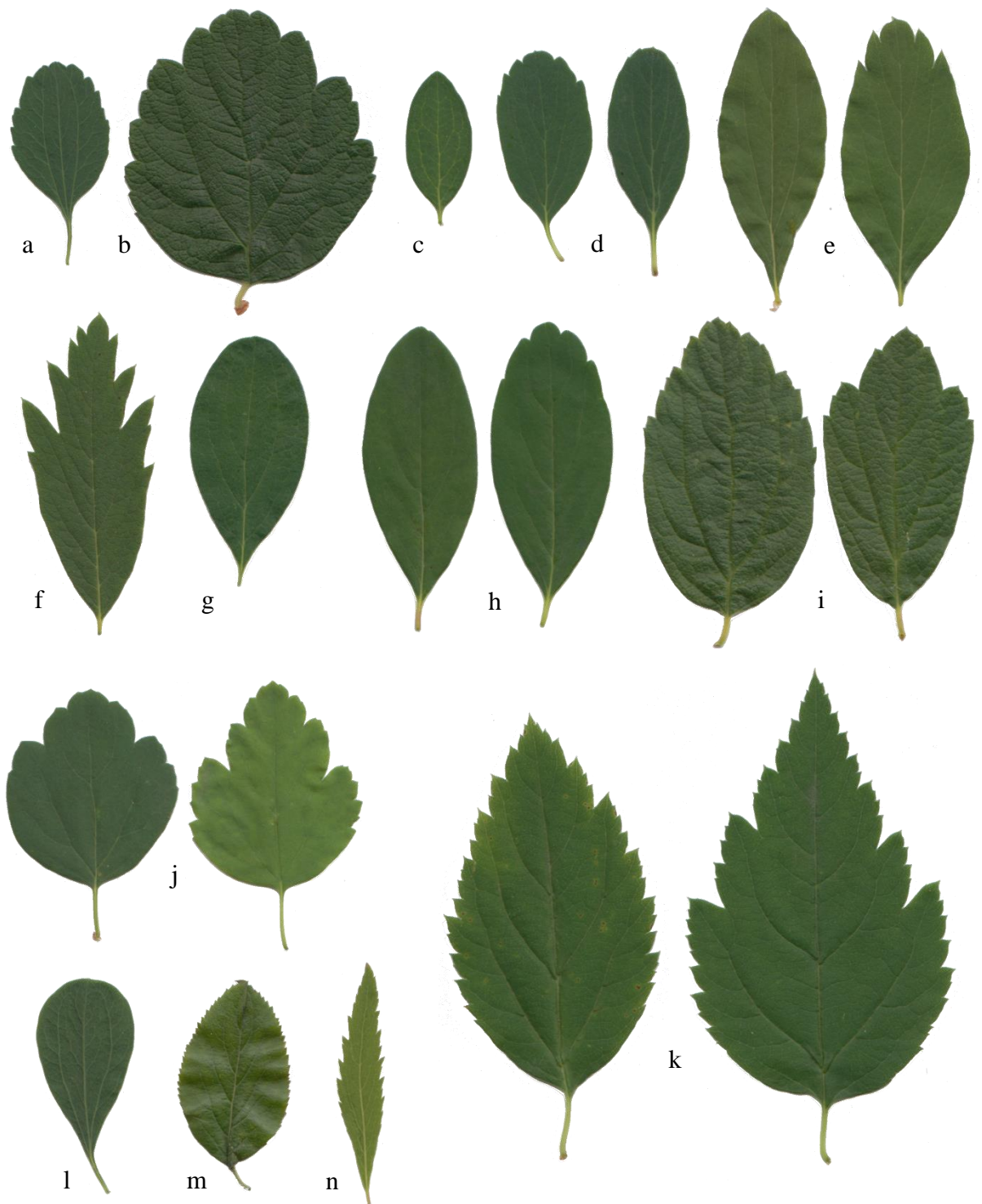
6	brzeg blaszki	piłkowany do karbowanego od $\frac{3}{4}$ długości blaszki po wierzchołek
7	wierzchołek blaszki	ostry lub tępy
8	powierzchnia liści	odosiowa – naga lub pokryta bardzo drobnymi włoskami odosiowa – pokryta białym, szarawym lub rdzawym kutnerem,
9	typ kwiatostanu i pokrycie włoskami	wiecha na szczycie tegorocznych długopędów, wąsko stożkowata, osie kwiatostanów i szypułki kwiatowe pokryte kutnerem
10	wymiary kwiatów i kwiatostanów	szypułka – długość 0,1-1,5 mm, kwiat – \varnothing 4-6 mm, kwiatostan – długość 80-200 mm
11	działki	trójkątne, długości 0,7-1,1 mm, w fazie owocowania odgięte
12	płatki	od jasnoróżowych do ciemnoróżowych, jajowate do kolistych
13	dno kwiatowe	strona odosiowa dna pokryta kutnerem
14	pręciki	15-20 w jednym kwiecie, dłuższe od płatków
15	mieszki	pokryte włoskami



Ryc. 9. Liście tawuł (w skali 1:1) z sekcji *Calospira* K. Koch: *S. bella* (a), *S. betulifolia* (b), *S. canescens* (c), *S. decumbens* (d), *S. formosana* (e), *S. fritschiana* (f), *S. hayatana* (g), *S. henryi* (h), *S. japonica* (i), *S. longigemmis* (j), *S. miyabei* (k), *S. rosthornii* (l), *S. sargentiana* (m)



Ryc. 10. Liście tawuła (w skali 1:1) z sekcji *Calospira* K. Koch: *S. splendens* (a), *S. trichocarpa* (b), *S. uratensis* (c), *S. veitchii* (d), *S. wilsonii* (e) oraz z sekcji *Chamaedryon* Ser.: *S. blumei* (f), *S. cana* (g), *S. cantoniensis* (h), *S. chamaedryfolia* (i), *S. chinensis* (j)



Ryc. 11. Liście tawuł (w skali 1:1) z sekcji *Calospira* K. Koch: *S. crenata* (a), *S. dasyantha* (b), *S. gemmata* (c), *S. lasiocarpa* (d), *S. media* (e), *S. media* var. *sericea* (f), *S. mollifolia* (g), *S. nipponica* (h), *S. pubescens* (i), *S. trilobata* (j), *S. ussuriensis* (k) oraz z sekcji *Sciadhantha* K. Koch: *S. hypericifolia* (l), *S. prunifolia* (m), *S. thunbergii* (n)



Ryc. 12. Liście tawuł (w skali 1:1) z sekcji *Spiraria* Ser.: *alba* (a), *S. alba* var. *latifolia* (b), *S. douglasi* (c), *S. douglasi* var. *menziesii* (d), *S. humilis* (e), *S. salicifolia* (f), *S. tomentosa** (g)

*okaz zielnikowy zdeponowany w HERBARIUM OGRODU BOTANICZNEGO W NOWYM JORKU

2.5. Polskie nazwy tawuł

Wiele gatunków tawuł nigdy dotąd nie zostało opisanych w rodzimym języku. Co za tym idzie, nie mają one nadanej polskiej nazwy. Celem popularyzacji nowych taksonów w branży ogrodniczej, a więc i handlu roślinami, są one potrzebne. Zaproponowanie odpowiedniego nazewnictwa pozwoli uniknąć rozmaitych nieścisłości, w tym funkcjonowaniu kilku nazw jednocześnie.

BIAŁOBOK i HELLWIG (1955) opisali w swojej pracy wiele tawuł, dla których przytoczyli polskie nazwy. Są to: *S. betulifolia* – t. brzoźolistna, *S. cana* – t. krocka, *S. chamaedryfolia* – t. ożankolistna, *S. chinensis* – t. chińska, *S. decumbens* – t. położona, *S. douglasii* – t. Douglasa, *S. douglasii* var. *menziesii* – t. Douglasa odm. Menziesia, *S. hypericifolia* – t. dziurawcolistna, *S. japonica* – t. japońska, *S. japonica* f. *albiflora* (*S. albiflora*) – t. japońska f. białokwiatowa, *S. nipponica* – t. nippońska, *S. prunifolia* – t. śliwolistna, *S. salicifolia* – t. wierzbolistna, *S. thunbergii* – t. Thunberga, *S. trichocarpa* – t. koreańska, *S. trilobata* – t. trójłatkowa, *S. veitchii* – t. Veitcha. Listę tę można uzupełnić o tawuły przedstawione w *Dendrologii* (SENETA i IN. 2022): *S. alba* – t. biała, *S. media* – t. syberyjska, *S. media* subsp. *polonica* – t. podolska, *S. splendens* – t. gęstokwiatowa, *S. tomentosa* – t. kutnerowata.

Dla taksonów, które scharakteryzowano w rozdziale 2, a dla których w rodzimym piśmiennictwie nie odnotowano do tej pory polskiej nazwy, zasugerowano odpowiednie epitety. Spośród nich najbardziej oczywiste są gatunki upamiętniające podróżników i botaników w nazwie naukowej, wówczas polski odpowiednik jest skonstruowany analogicznie: *S. blumei* – t. Blumego, *S. fritschiana* – t. Fritscha, *S. hayatana* – t. Hayaty, *S. henryi* – t. Henrygo, *S. japonica* var. *fortunei* – t. japońska odm. Fortunego, *S. miyabei* – t. Miyabego, *S. rosthornii* – t. Rosthorna, *S. sargentiana* – t. Sargenta, *S. wilsonii* – t. Wilsona.

Nieco mniej liczną grupę stanowią taksony, które odnoszą się w swojej nazwie naukowej do lokalizacji stanowisk naturalnych poszczególnych tawuł lub miejsca ich odkrycia dla świata nauki. Są to: *S. cantoniensis* – t. kantońska, *S. formosana* – t. tajwańska (Formosa – historyczna nazwa Tajwanu), *S. nipponica* var. *tosaensis* – tawuła nippońska odm. kochijska (Tosa – historyczna nazwa prefektury Kōchi), *S. uratensis* – t. uradyjska (Urad – chorągiew Regionu Autonomicznego Mongolii Wewnętrznej, chorągiew – jednostka administracyjna), *S. ussuriensis* – t. amurska (Ussuria – obecnie Kraj Nadmorski Federacji Rosyjskiej; nazwa tawuła nadmorska sugerowałaby, że jej stanowiska mieszczą się wzdłuż linii brzegowej, podczas gdy są one zlokalizowane głównie wokół rzeki Amur i jej dorzeczy). W przypadku niewydziałania *S. ussuriensis* do rangi gatunku, a przedstawianiu jej jako zmienności

S. chamaedryfolia var. *pilosa*, wówczas proponuje się stosować polską nazwę t. ożankolistna odm. amurska.

Dodatkowo zdecydowano się, by dla niektórych tawułów w polskiej nazwie również pojawiło się nawiązanie do ich stanowisk naturalnych, nawet jeśli nie występuje ono w nazwie łacińskiej. Jest tak w przypadku *S. canescens*, dla której sugeruje się nazwę t. himalajska. Zdecydowano się na takie rozwiązanie dlatego, że *S. ×cinerea* funkcjonuje w Polsce pod nazwą tawuła szara (SENETA i IN. 2022). Zatem dosłowne tłumaczenie *S. canescens* na tawułę siwą miałyby zbyt synonimiczny wydźwięk. Kolejnym argumentem jest fakt występowania zmienności gatunku – var. *glaucophylla*, której propozycja polskiego odpowiednika – odm. sina – komponuje się lepiej z t. himalajską, a aniżeli siwą.

W przypadku *S. lasiocarpa* również nawiązano do ojczyzny jej pochodzenia, proponując nazwę tawuła dzungarska. Odnosi się ona do miejsca odkrycia gatunku, którym jest pasmo górskie Ałatau Dżungarski, niedaleko którego znajduje się przełęcz Brama Dżungarska, prowadząca do Dżungarii (obecnie chińska prowincja Sinciang), gdzie tawuła również ma swoje stanowiska naturalne. Nawiązywanie do owoców pokrytych włoskami, jak to jest w nazwie naukowej, wydaje się trudne do uchwycenia w ojczystym języku. Również *Abies lasiocarpa* ma polską nazwę nie nawiązującą do epitetu łacińskiego – jodła górską (BIAŁOBOK i HELLWIG 1955). Wynika to zapewne z faktu, że krajowe nazewnictwo ma sprawić, że łatwiej nowym gatunkom przeniknąć do naszej kultury i języka potocznego, stąd stosowanie skomplikowanych tworów językowych mogłyby przynieść odwrotny efekt.

Dobierając polskie nazwy do scharakteryzowanych w niniejszej pracy tawułów, bazowano również na tłumaczeniu ich łacińskich odpowiedników, stąd: *S. alba* var. *latifolia* – t. biała odm. szerokolistna, *S. bella* – t. powabna, *S. crenata* – t. karbowana, *S. dasyantha* – t. wełnistokwiatowa, *S. decumbens* subsp. *tomentosa* – t. położona podgat. kutnerowaty, *S. humilis* – t. niska, *S. japonica* var. *acuminata* – t. japońska odm. ostrolistna, *S. media* var. *sericea* – t. syberyjska odm. jedwabna, *S. mollifolia* – t. miękcolistna, *S. prunifolia* var. *simpliciflora* – t. śliwolistna odm. pojedynczokwiatowa, *S. pubescens* – t. omszona, *S. splendens* var. *rosea* – t. gęstokwiatowa odm. różowa. W przypadku dwóch gatunków, których nazwa naukowa odnosi się do pąków – *S. gemmata* i *S. longigemmis* – proponuje się odpowiednio t. szydlastopąkowa i t. długopąkowa. Pierwsza nazwa odnosi się do kształtu pąków, druga natomiast do ich długości.

Przedstawione powyżej polskie nazwy tawułów są jedynie propozycjami, z tego też względu nie stosowano ich w pracy, posługując się wyłącznie nazwami naukowymi.

3. Materiał i metody badań

3.1. Obserwacje fenologiczne tawuł

Do obserwacji fenologicznych wybrano 34 taksony tawuł z kolekcji Ogrodu Botanicznego UAM w Poznaniu (OBUAM): *S. alba*, *S. alba* var. *latifolia*, *S. betulifolia*, *S. cana*, *S. canescens*, *S. cantoniensis*, *S. chamaedryfolia*, *S. chinensis*, *S. crenata*, *S. dasyantha*, *S. douglasii*, *S. douglasii* var. *menziesii*, *S. fritschiana*, *S. gemmata*, *S. henryi*, *S. humilis*, *S. japonica*, *S. japonica* f. *albiflora*, *S. longigemmis*, *S. media*, *S. media* var. *sericea*, *S. mollifolia*, *S. nipponica*, *S. prunifolia*, *S. pubescens*, *S. salicifolia*, *S. splendens*, *S. thunbergii*, *S. trichocarpa*, *S. trilobata*, *S. uratensis*, *S. ussuriensis*, *S. veitchii* i *S. wilsonii*. Rosną one w rozproszeniu na obszarze około 22 ha na stanowiskach słonecznych i częściowo zacienionych. Taksony wybrane do badań są reprezentowane w kolekcji przez pojedyncze okazy lub grupy składające się z kilku osobników. W przypadku tawuł rosnących w grupach, każdy wynik stanowi wartość średnią uzyskaną z analizy całego skupiska krzewów.

Metody badań przyjęto za ŁUKASIEWICZEM (1984), ograniczając notowanie dat pojawów do faz rozwoju liści i kwiatów. Zdecydowano się pominąć aspekt dojrzewania owoców i rozsiewania nasion, gdyż większość tawuł z kolekcji OBUAM ich nie zawiązuje, a ponadto nie stanowią one wartości ozdobnej, na którą położono nacisk w niniejszym badaniu. Pomiarów dokonywano z częstotliwością od trzech do czterech razy na tydzień w sezonach wegetacyjnych lat 2019-2021. W badaniach uwzględniono następujące fenofazy:

A. Fazy rozwoju liści

1. początek otwierania się pąków liściowych – łuski okrywające rozchylają się lub rozsuwają, ukazując jaśniej zabarwiony wierzchołek,
2. początek rozchylania się blaszek liściowych – pierwsze liście rozprostowują swoje blaszki ukazując ich stronę doosiową,
3. początek jesiennego przebarwiania się liści – pojawienie się wyraźnej zmiany barwy u około 10% liści,
4. początek pełni jesiennego przebarwiania – około 50% liści przebarwionych,
5. koniec pełni jesiennego przebarwiania – przebarwionych około 90% liści,
6. początek opadania liści – opadanie pierwszych liści w okresie jesieni,
7. koniec opadania liści – wszystkie liście opadły, względnie pozostały tylko pojedyncze.

B. Fazy rozwoju kwiatów

8. pojawienie się pierwszych pąków kwiatostanowych,
9. pojawienie się pierwszych kwiatów – rozwinięcie się kilku pierwszych całkowicie otwartych kwiatów,

10. początek pełni kwitnienia – około 25% kwiatów kwitnących,
11. pierwsze kwiaty przekwitłe,
12. koniec pełni kwitnienia – około 75% kwiatów przekwitłych,
13. koniec kwitnienia – około 100% kwiatów przekwitłych.

Celem przedstawienia okresu kwitnienia badanych tawuł na tle fenologicznych pór roku w Poznaniu, dokonano wyznaczenia tych pór w latach 2019-2021 na podstawie roślin z kolekcji OBUAM. Pojawy sygnalizujące rozpoczęcie się kolejnych pór roku przyjęto za KROTOSKĄ (1958) i HARMATĄ (1995), a przedstawiają się one następująco: przedwiośnie – kwitnienie *Galanthus nivalis* L., pierwiosnie – kwitnienie *Taraxacum officinale* F.H. Wigg., wiosna – kwitnienie *Sorbus aucuparia* L., wczesne lato – kwitnienie *Sambucus nigra* L., lato – kwitnienie *Tilia cordata* Mill., wczesna jesień – dojrzewanie owoców *Ligustrum vulgare* L., jesień – przebarwianie się liści *Acer platanoides* L. Fenologiczną zimę przyjęto za ŁUKASIEWICZEM (1975) – jej początek wyznaczają trzy kolejno następujące po sobie dni z maksymalną temperaturą poniżej 0 °C.

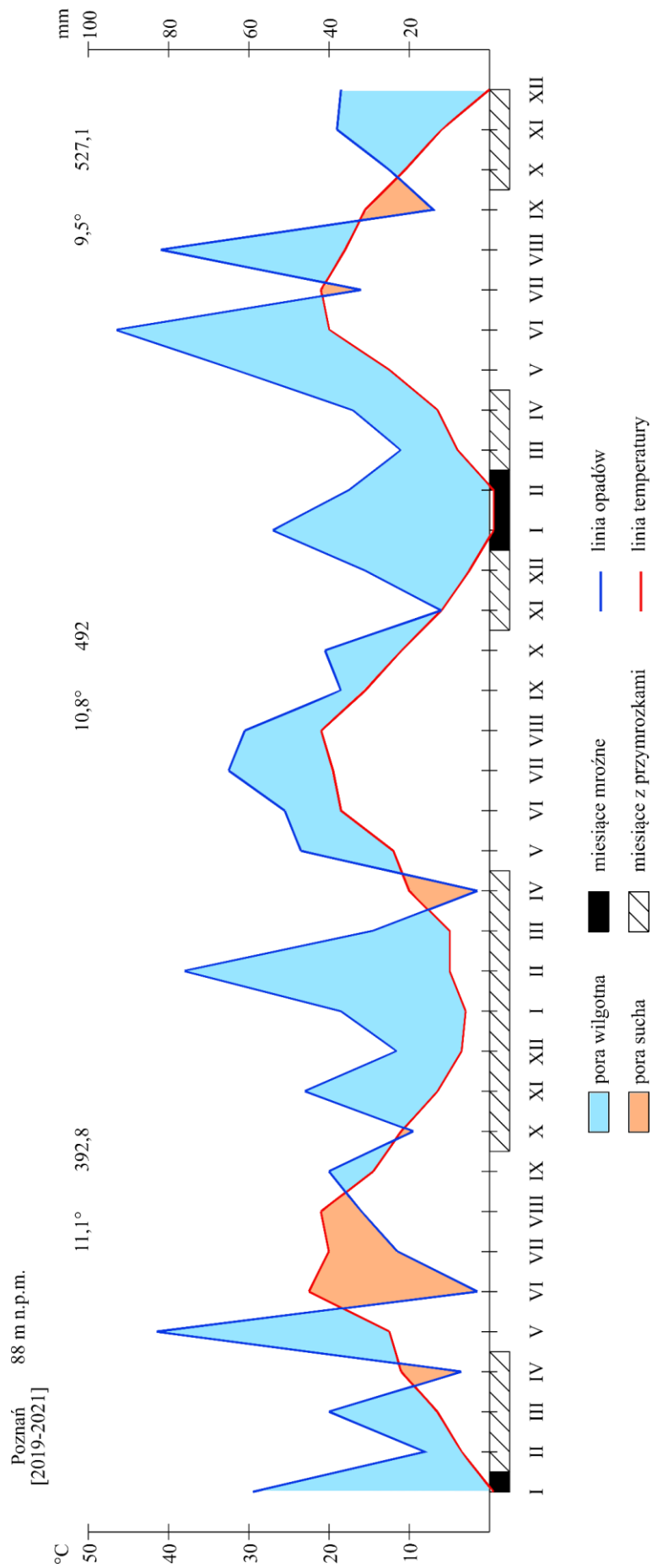
Dane klimatyczne stanowiące tło dla przeprowadzonych obserwacji (tabela 56) przytoczono z Roczników Meteorologicznych Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej Państwowego Instytutu Badawczego (SZOKALSKA 2020, 2021, 2022). Dane zebrała Stacja Meteorologiczna Poznań-Ławica, oddalona od Ogrodu o około 3 km w linii prostej. Za KORNASIEM i MEDWECKIĄ-KORNAŚ (2002), w oparciu o pozyskane dane meteorologiczne, sporządzono diagram pluwiotermiczny Gaussena-Waltera (ryc. 13). Dla zachowania perspektywy ciągłości badań wprowadzono modyfikację polegającą na zestawieniu danych z okresu trzech lat na jednym wykresie.

W trakcie trwania okresu niedoboru wody, który wystąpił w 2019 roku (roczna suma opadów wyniosła 392,8 mm przy średniej dla lat 1971-2000 równej 507 mm (SZOKALSKA 2020)), przeprowadzono obserwację odporności tawuł na suszę na podstawie metodyki ŁUKASIEWICZA (1989). Przyjęto następującą skalę:

1. fragmentaryczne zasychanie liści – nekroza brzegów blaszek, plamy nekrotyczne,
2. całkowite zaschnięcie części liści na krzewie [%],
3. całkowite zaschnięcie wszystkich liści,
4. wyrastanie nowego pokolenia liści w danym roku,
5. zamieranie wierzchołków lub całych pojedynczych, cienkich łodyg [%],
6. całkowite zaschnięcie części pędów szkieletowych [%],
7. całkowite zaschnięcie części nadziemnej krzewu,
8. całkowite zaschnięcie roślin.

Tabela 56. Sumy opadów, średnie oraz skrajne, minimalne i maksymalne temperatury w Poznaniu w latach 2019-2021

Miesiąc	Suma opadów [mm]	Średnia temperatura [°C]	Absolutna minimalna temperatura [°C]	Średnia temperatura minimalna [°C]	Absolutna maksymalna temperatura [°C]	Średnia temperatura maksymalna [°C]
2019						
I	58,7	-0,2	-9,6	2,4	7,2	2,0
II	15,9	3,4	-8,0	0,0	14,1	7,7
III	39,8	6,4	-4,8	3,0	19,4	10,6
IV	7,2	10,9	-3,9	4,6	27,6	17,1
V	83,5	12,4	0,0	7,4	24,4	17,4
VI	3,4	23,2	9,8	16,6	38,0	29,9
VII	22,8	19,7	9,3	14,3	35,7	25,4
VIII	32,4	21,2	7,7	15,6	32,2	27,2
IX	40,1	14,6	4,1	10,5	32,5	19,5
X	19,2	10,9	-4,5	7,0	23,6	15,8
XI	46,2	6,6	-4,9	4,3	13,9	9,2
XII	23,6	3,7	-3,3	1,4	13,2	6,1
Średnia	32,7	11,1	0,7	7,3	23,5	15,7
Suma	392,8	-	-	-	-	-
2020						
I	37,4	3,3	-3,1	1,1	11,0	5,9
II	76,3	5,0	-3,4	2,3	13,3	8,1
III	29,0	5,2	-6,7	1,0	17,6	10,1
IV	2,6	9,8	-3,9	2,7	24,7	16,7
V	47,5	12,0	0,2	6,6	24,1	17,6
VI	51,3	18,5	6,0	13,8	31,9	23,8
VII	65,3	19,3	9,2	14,0	32,4	25,2
VIII	60,9	21,0	10,2	15,7	33,1	26,8
IX	37,4	15,6	3,6	10,2	29,9	21,5
X	41,0	11,0	2,8	8,3	23,9	14,4
XI	11,8	6,2	-4,5	4,0	15,5	8,6
XII	31,5	2,4	-3,9	0,3	11,3	4,9
Średnia	41,0	10,8	-0,5	6,7	22,4	15,3
Suma	492,0	-	-	-	-	-
2021						
I	53,5	-0,5	-15,9	-2,2	12,0	1,4
II	35,0	-0,4	-17,0	-4,1	18,1	3,7
III	22,1	4,1	-8,0	-0,2	21,9	8,9
IV	33,7	6,6	-4,2	2,2	19,2	11,9
V	62,6	12,6	2,2	7,9	29,9	17,7
VI	92,8	20,7	8,2	14,4	34,3	26,6
VII	32,3	21,2	12,6	16,4	30,3	26,3
VIII	81,7	17,9	7,2	13,4	29,9	23,0
IX	13,8	15,5	5,7	11,2	27,8	20,2
X	25,0	10,3	-1,3	6,1	25,2	15,2
XI	38,1	5,7	-1,4	3,8	15,5	7,8
XII	36,5	0,0	-15,8	-2,5	12,3	2,2
Średnia	43,9	9,5	-2,3	5,5	23,0	13,7
Suma	527,1	-	-	-	-	-



Ryc. 13. Zmodyfikowany diagram klimatyczny Gausseua-Waltera dla Poznania (2019-2021)

3.2. Charakterystyka epidermy tawuł

Wyznaczono dwa zadania badawcze: 1/ charakterystykę strony doosiowej i odosiowej blaszek liściowych przy wykorzystaniu metod mikroskopii skaningowej, 2/ charakterystykę aparatów szparkowych przy wykorzystaniu mikroskopii świetlnej. Materiał roślinny wykorzystany w badaniach pozyskano z trzech największych kolekcji tawuł w Polsce: z Ogrodu Botanicznego Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Ogrodu Botanicznego Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie oraz Arboretum Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Rogowie. Badania z użyciem skaningowej mikroskopii elektronowej wykonano w Instytucie Ochrony Roślin – Państwowym Instytucie Badawczym (na mikroskopie Hitachi S3000N) oraz na Wydziale Biologii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu (mikroskop Jeol 7001TTLS). W tym celu sporządzono materiał zielnikowy z 42 taksonów tawuł, z którego wykonano preparaty poddane napyleniu warstwą złota z palladem. Pędy pobierano w trzech kolejnych sezonach wegetacyjnych (2019, 2020, 2021). Do realizacji zadania wybrano nieuszkodzone oraz w pełni wykształcone liście ze środkowej części pędu. W przypadku taksonów wykształcających zarówno długopędy, jak i krótkopędy, blaszki pobierano tylko z długopędów. Łącznie dla strony doosiowej i odosiowej blaszek wykonano 278 zdjęć epidermy. Zastosowano 400- i 1500-krotne powiększenia, a w przypadku niektórych roślin także 3000- i 9000-krotne. Ocenę wizualną uzyskanego obrazu powierzchni liści przyjęto za pracami MITCHELLA i IN. (2010) oraz ZHANGA i IN. (2017). Zastosowano formę opisową wyników ujętą w samodzielnie opracowanej skali, która umożliwiła porównanie taksonów względem siebie. Im cecha jest bardziej korzystna z punktu widzenia retencji cząstek pyłów, tym wyższa wartość punktowa. Poniżej przedstawiono zastosowane skale oceny pokrycia blaszek liściowych włoskami, woskami i ukształtowania powierzchni blaszek liściowych.

Stopnie pokrycia blaszek liściowych włoskami:

0 – brak lub tylko pojedyncze włoski, np. na nerwach (ryc. 14 a, b),

1 – rzadkie pokrycie włoskami całej powierzchni lub liczne włoski na nerwach bądź w kątach nerwów (ryc. 14 c, d),

2 – włoski liczne lub kutner na całej powierzchni (ryc. 14 e, f).

Obecność woskowych struktur krystalicznych na powierzchni epidermy:

0 – brak lub niewielkie ilości struktur woskowych (ryc. 15 a, b),

1 – powierzchnia umiarkowanie pokryta strukturami woskowymi, z widocznymi miejscami wolnymi (ryc. 15 c, d),

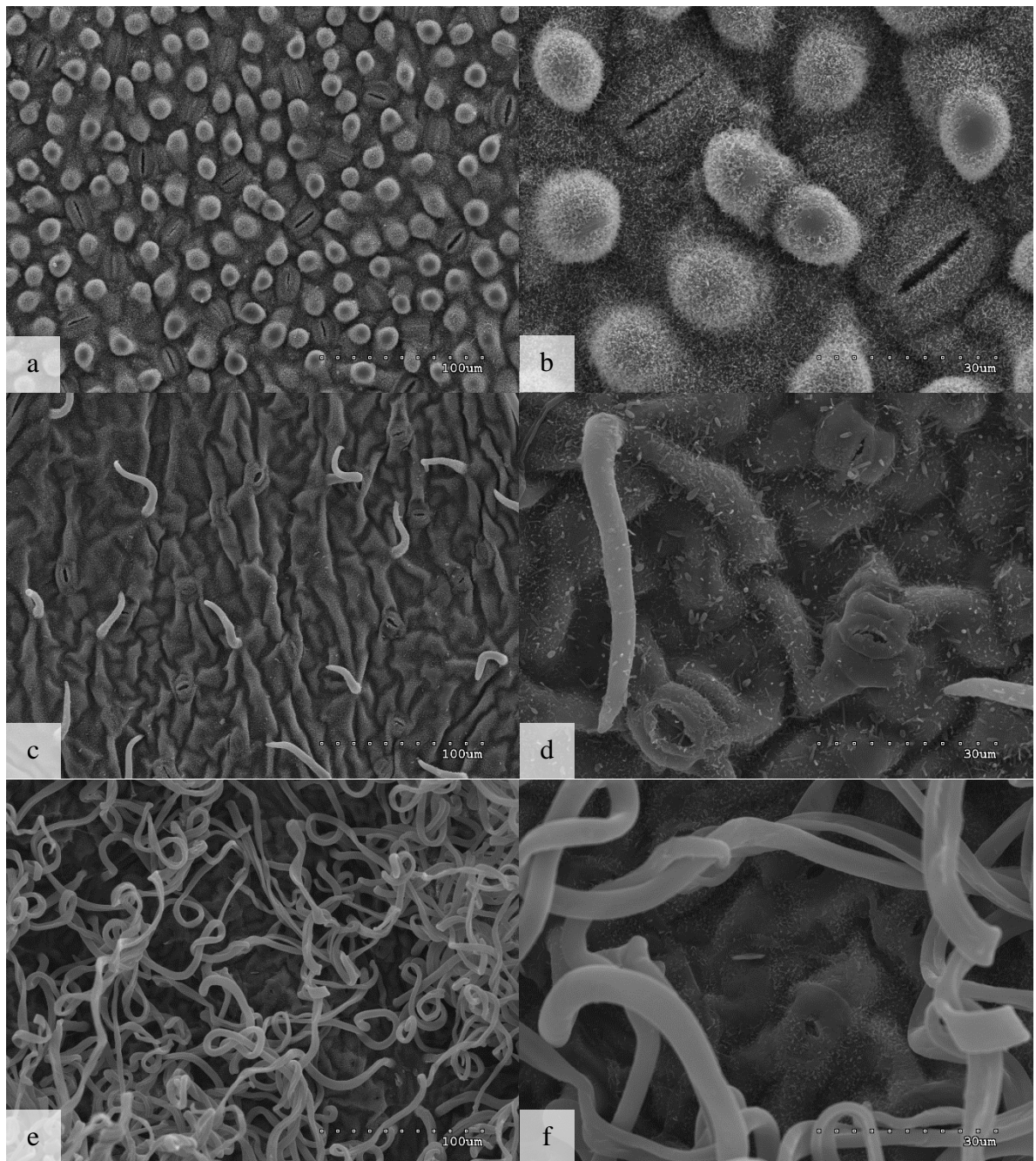
2 – cała lub niemal cała powierzchnia pokryta woskiem (ryc. 15 e, f).

Pofaldowanie epidermy blaszki liściowej:

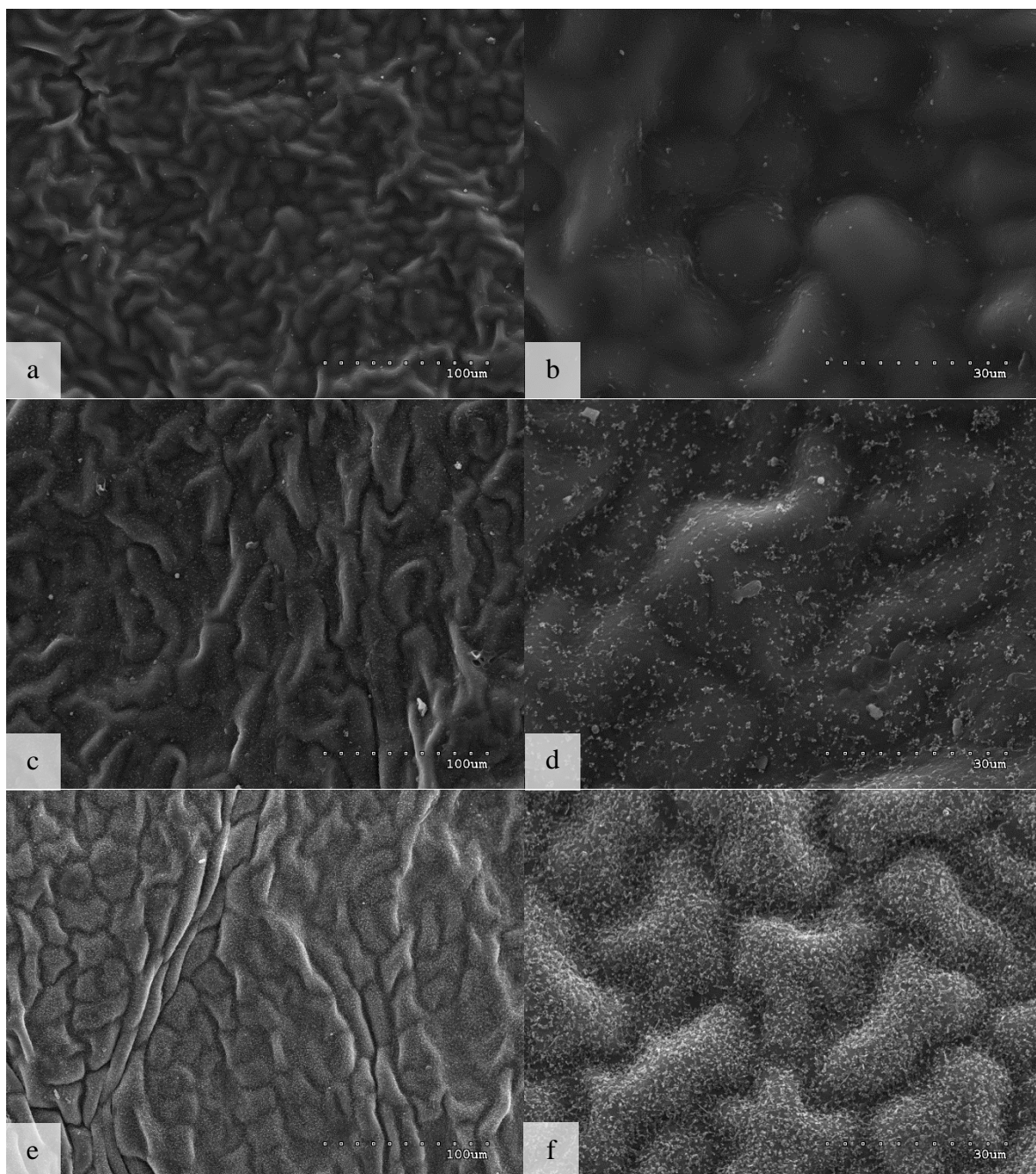
0 – gładka lub niemal gładka powierzchnia (ryc. 16 a, b),

1 – płytkie zagłębienia, głównie na miejscach łączenia komórek epidermy (ryc. 16 c, d),

2 – obecność papilli, brodawek epidermy (ryc. 16 e, f).

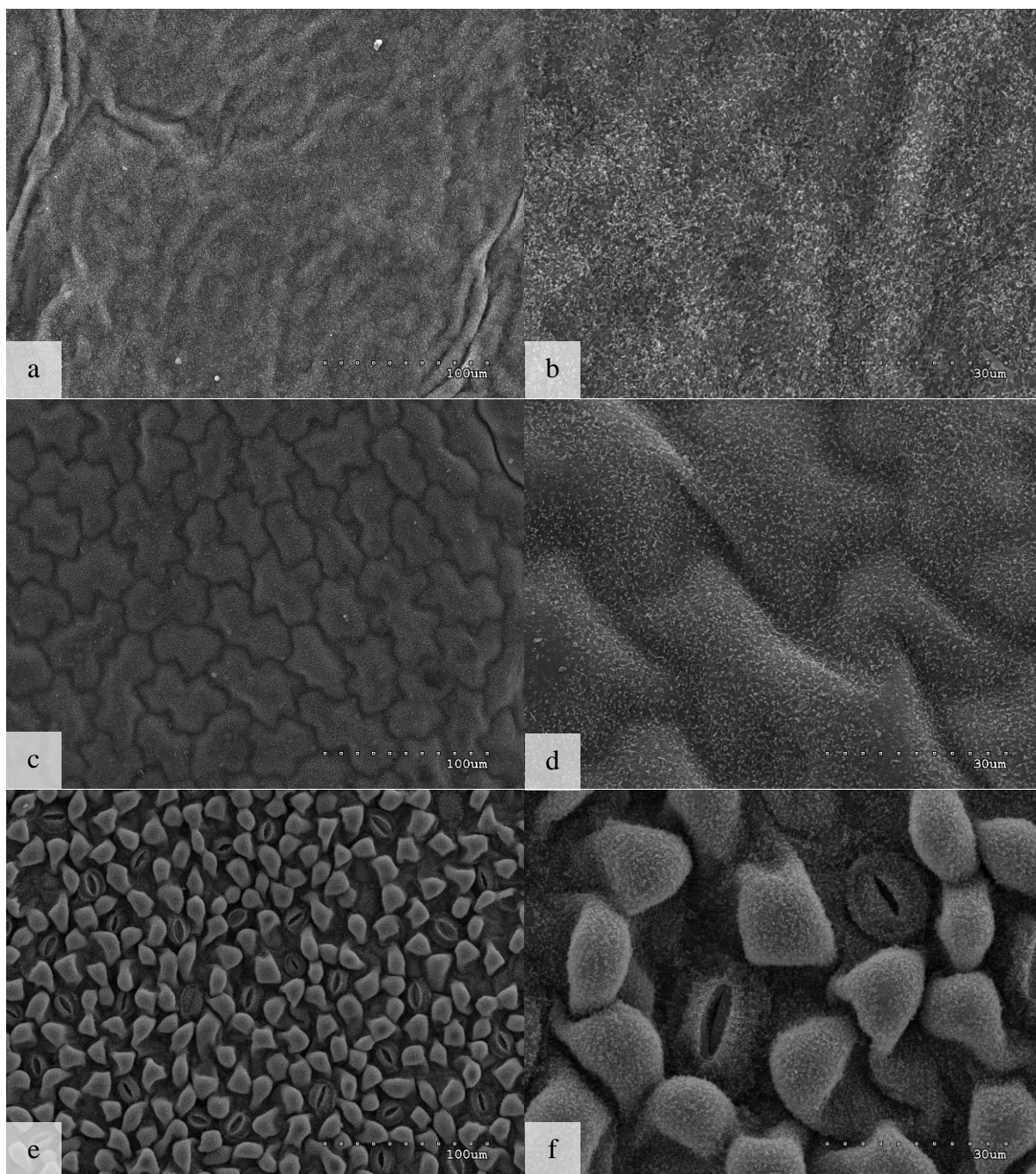


Ryc. 14. Stopnie pokrycia blaszek liściowych włoskami na przykładzie odosiowej strony blaszek *S. uratensis* (a, b) – 0, *S. crenata* (c, d) – 1, *S. douglasii* (e, f) – 2



Ryc. 15. Obecność woskowych struktur krystalicznych na powierzchni epidermy na przykładzie doosiowej strony blaszek *S. prunifolia* (a, b) – 0, *S. japonica* (c, d) – 1, *S. splendens* (e, f) – 2

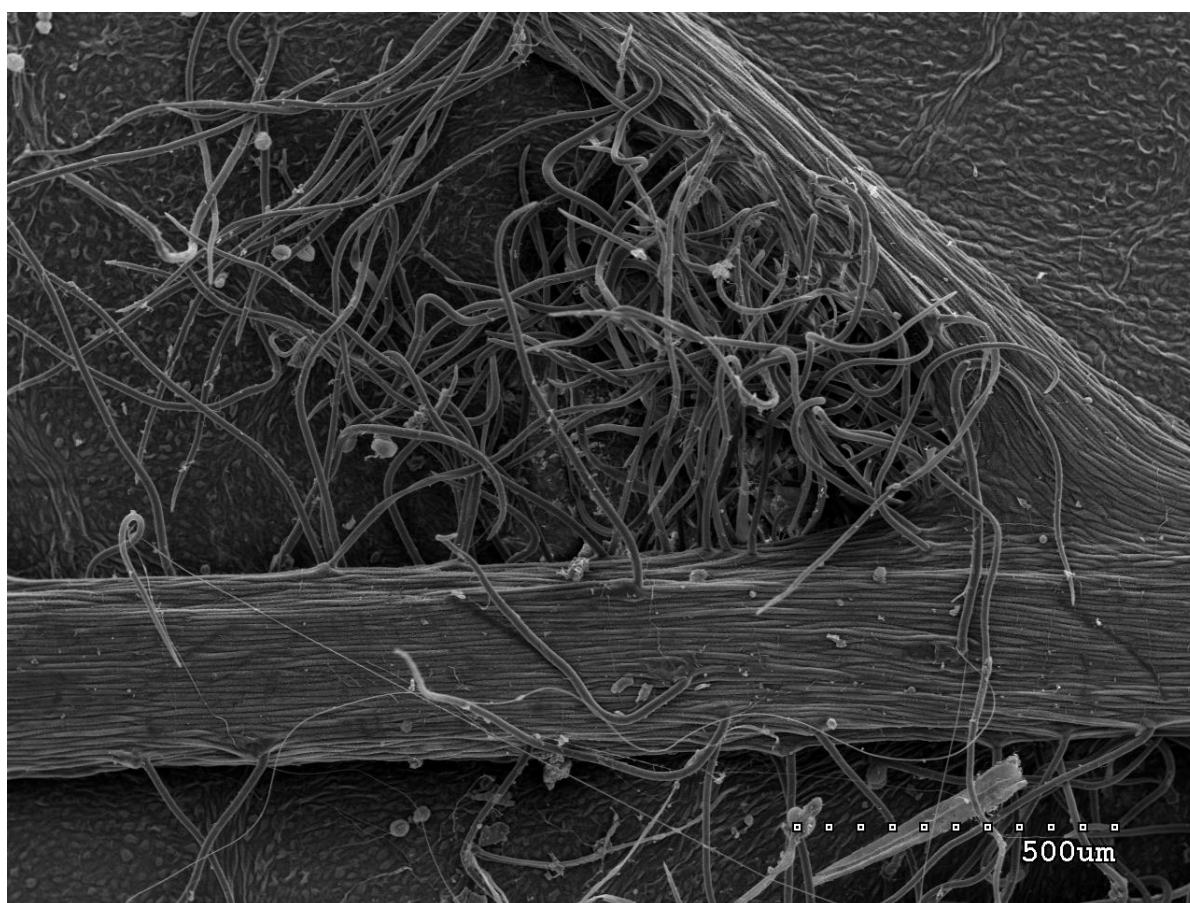
W przypadku wosku mowa jest o widocznych utworach woskowych, będących epikutykularnym woskiem w postaci semikrystalicznej i krystalicznej (TOMASZEWSKI 2007). Wosk epikutykularny w postaci amorficznego filmu nie jest w niniejszej pracy brany pod uwagę. Wynika to z faktu, że jest on słabo widoczny na obrazie widzianym w SEM i wymaga wykorzystania mikroskopu sił atomowych o wysokiej rozdzielczości (KOCH i BARTHLOTT 2006).



Ryc. 16. Pofałdowanie epidermy blaszki liściowej na przykładzie strony doosiowej *S. cantoniensis* (a, b) – 0, *S. humilis* (c, d) – 1, strony odosiowej *S. nipponica* (e, f) – 2

O pofałdowaniu epidermy stanowi zarys ściany antyklinalnej i peryklinalnej komórek epidermy. Im bardziej zapadnięte ściany antyklinalne lub bardziej wypukłe ściany peryklinalne, np. zaokrąglone, kopulaste, stożkowate czy brodawkowate (BARTHLOTT i EHLER 1977), tym tworzy się więcej nierówności potencjalnie unieruchamiających cząstki pyłów. W przypadku włosków ocenę stopnia pokrycia nimi epidermy dokonano na podstawie oględzin materiału

zielnikowego w mikroskopie stereoskopowym. Przeprowadzone obserwacje włosków uzupełniono zdjęciami wykonanymi mikroskopem skaningowym (ryc. 17).

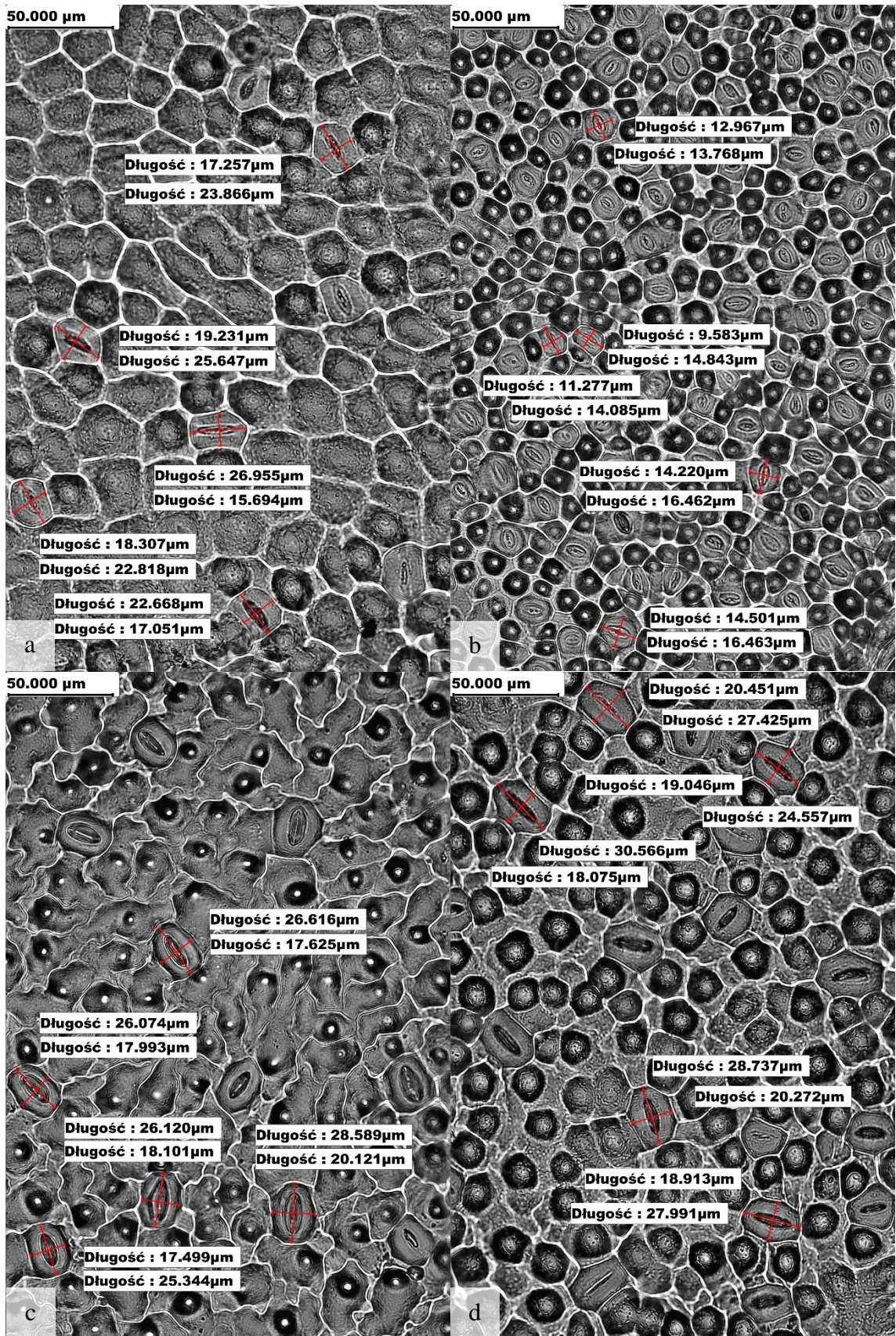


Ryc. 17. Włoski w kątach nerwów i na nerwach po stronie odosiowej liścia *S. ussuriensis*

Pomiary aparatów szparkowych przeprowadzono dla 39 taksonów tawułów. W tym celu sporządzono odciski lakierowe. Dla *S. cana*, *S. chinensis* i *S. media* var. *sericea* nie udało się ich wykonać, gdyż blaszki wchłaniały lakier, uniemożliwiając późniejsze jego oddzielenie od epidermy w celu wykonania preparatów (zdjęcie epidermy celem wykonania preparatów nie było możliwe). W badaniu zastosowano zmodyfikowane metody CAMARGO i MARENCO (2011) polegające na zastosowaniu świeżych liści (zamiast suchych) z pędów, które po ścięciu umieszczono w pojemniku z wodą, by liście uzyskały odpowiednią jędrność przed nałożeniem warstwy bezbarwnego lakieru do paznokci. Do wykonania preparatów wybrano blaszki wolne od uszkodzeń, w pełni wykształcone, pochodzące ze środkowej części długopędu. Zdecydowano się również na zwiększenie liczby okazów, z których pobierano próbki. W pracy CAMARGO i MARENCO (2011) wszystkie liście pochodziły z jednej rośliny, w niniejszej zaś pracy – z nielicznymi wyjątkami – z różnych. Dla każdego z badanych taksonów wybrano pięć

liści, a następnie wykonano pomiary długości i szerokości 20 wylosowanych aparatów szparkowych dla każdego. Ponadto na każdej blaszce wyznaczono cztery oddzielne pola o powierzchniach $0,06 \text{ mm}^2$ ($200 \times 300 \text{ }\mu\text{m}$) i policzono znajdujące się na nich aparaty szparkowe. W tym celu zastosowano mikroskop świetlny OPTA-TECH MB200 z kamerą OPTA-TECH MI6 oraz powiększenie 400-krotne. Przykładowe obrazy odcisków lakierowych epidermy blaszek liściowych przedstawiono na rycinie 18. Zmierzone także powierzchnię 25 blaszek liściowych każdego taksonu, wykorzystując w tym celu program ImageJ. Liście skanowano urządzeniem Canon LiDE 220. Uzyskane wyniki pozwoliły na określenie zależności między powierzchniami blaszek a parametrami aparatów szparkowych i ich zagęszczeniem.

Celem wyłonienia taksonów o najkorzystniejszym układzie cech budowy epidermy pod kątem fitoremediacji powietrza, wprowadzono system sumowania punktów, które oddzielnie przyznawano dla strony odosiowej i doosiowej liści. Poza włoskami, strukturami woskowymi i pofałdowaniem epidermy, ocenie poddano także długość aparatów szparkowych i ich zagęszczenie. Jeśli długość mieściła się w przedziale od 25 do $192 \text{ }\mu\text{m}$, to przyznawano 1 punkt dla danej strony blaszki. W przypadku gdy poza ww. parametrem liczba aparatów szparkowych znajdowała się w przedziale od 237 do 757 mm^{-2} , to wartość tę podnoszono do 2 punktów.



Ryc. 18. Odciski lakierowe epidermy strony doosiowej blaszki liściowej *S. lasiocarpa* (a) oraz strony odosiowej *S. alba* (b), *S. gemmata* (c) i *S. uratensis* (d)

3.3. Fitoremediacja metali ciężkich z gleby

Do badań wybrano 4 taksony z rodzaju *Spiraea*: *S. ×cinerea* 'Grefsheim', *S. ×vanhouttei*, *S. densiflora* (= *S. splendens*) oraz *S. nipponica* 'Snowmound' rosnące minimum 5 lat na 3 stanowiskach znajdujących się bezpośrednio przy dużych ciągach komunikacyjnych. W większości przypadków są to założenia co najmniej kilkunastoletnie. Informacje o miejscu i wieku uprawy uzyskano od Zarządu Dróg Miejskich w Poznaniu, który sprawuje nadzór nad zielenią przyuliczną. Z każdej lokalizacji pobrano 25 pojedynczych próbek gleby, z których przygotowano 2 próby średnie. Gleby pobrano łaską Egnera z głębokości 0-20 cm. Z każdego stanowiska zebrano próbki świeżych liści z 15 wylosowanych krzewów. Liście oraz glebę pobrano w dwóch terminach 2021 roku – wiosennym (druga połowa maja) i jesiennym (druga połowa września).

Stanowiska uprawy tawułów w Lublinie oraz w Gdańsku wytypowano na podstawie informacji uzyskanych z Biura Miejskiego Architekta Zieleni Urzędu Miasta Lublin oraz Działu Zieleni Gdańskiego Zarządu Dróg i Zieleni. Kryterium doboru stanowisk oraz metody pobierania prób przyjęto takie same jak dla Poznania, z tym, że przygotowano tylko 1 próbę zmieszaną z każdej lokalizacji, którą pobrano w terminie letnim (Lublin – lipiec, Gdańsk – sierpień).

Wszystkie próby gleby zostały wysuszone oraz przesiane i oczyszczone z zanieczyszczeń mechanicznych. Następnie wykonano analizę odczynu gleby (pH w H₂O) metodą potencjometryczną oraz analizę przewodności elektrolitycznej właściwej (EC, mS cm⁻¹) metodą konduktometryczną. Obydwa badania przeprowadzono na bazie wyciągu wodnego o stosunku objętościowym suchej masy gleby do ilości wody wynoszącym 1:2 (v/v). Dostępne metale ciężkie, w tym mikrośladowki (Cu, Fe, Mn, Ni, Zn) oraz toksyczne metale ciężkie (Cd, Cr, Pb) ekstrahowano z suchej masy gleby za pomocą zmodyfikowanego roztworu Lindsaya (LINDSAY i NORVELL 1978), w którym zastąpiono kwas pentetynowy (DTPA) kwasem wersenowym (EDTA). Skład roztworu – 5 g EDTA, 9 cm³ 25% roztworu NH₄OH, 4 g kwasu cytrynowego i 2 g Ca(CH₃COO)₂ 2H₂O w 1 dm³ – przyjęto za BOSIACKIM i IN. (2021). Zawartość mikrośladowek i metali ciężkich oznaczono metodą FAAS przy użyciu aparatu AAS 5 Zeiss.

Liście wysuszone w suszarce z wyciągiem, w temperaturze 105 °C, przez 48 godzin zmineralizowano w mieszaninie kwasów HNO₃ i HClO₄ (3:1 v/v). Zawartość Pb, Cd, Cr, Ni, Zn, Fe, Mn i Cu oznaczono metodą FAAS przy użyciu aparatu AAS 5 Zeiss.

Badane tawuły przeanalizowano pod kątem zdolności do pobierania biodostępnych form metali ciężkich z gleby. W tym celu wyznaczono współczynnik biokoncentracji BCF. Celem

interpretacji uzyskanych wyników przyjęto za LUGWISHA i OTHMAN (2016), SIYAR i IN. (2022), że BCF powyżej 1 wskazuje na silne pobieranie danego metalu z gleby i jego koncentrację w badanych organach. Z kolei wynik poniżej 1 oznacza słabe lub w przypadku wartości zbliżonej do 0, znikome pobieranie i koncentrację. Współczynnik obliczono na podstawie średnich wartości.

4. Wyniki

4.1. Specyfika rozwojowa tawuł na podstawie obserwacji fenologicznych

Na przestrzeni trzech lat obserwacji przebieg fenologicznych pór roku przedstawiał się stabilnie, choć 2021 rok odznaczał się krótszą wiosną i dłuższym wczesnym latem, aniżeli miało to miejsce w 2019 i 2020 roku (ryc. 19). Największą zmienną charakteryzował się jednak okres zimy. W sezonie zimowym poprzedzającym badania tj. 2018/2019, fenologiczna zima rozpoczęła 21 stycznia 2019 roku. Z kolei w następnym sezonie, według przyjętej metodyki, zima w ogóle nie wystąpiła. Pomiędzy jesienią, a przedwiośniem nie odnotowano trzech następujących po sobie dni z maksymalną temperaturą poniżej 0 °C. Dopiero sezon zimowy 2020-2021 przyniósł taki spadek temperatury (-3 °, -12 ° i -6 °C), który odnotowano w dniach od 16 do 18 stycznia. Tymczasem fenologiczną zimę w sezonie 2021-2022 zwiastowały trzy dni pomiędzy 7 a 9 grudnia, z maksymalnymi temperaturami wynoszącymi odpowiednio -2°, -3° i -1 °C.

Średnią długość trwania poszczególnych okresów życiowych badanych tawuł w latach 2019-2021 zestawiono w tabeli 57. Wyniki jednostkowe zebrano w aneksie (tabele 66 i 67). Taksonami, które odznaczyły się najdłuższym okresem wegetacji są: *S. cantoniensis* (339 dni), *S. chinensis* (314), *S. thunbergii* (293), *S. douglasii* (288), *S. japonica* f. *albiflora* (283). Najkrótszym z kolei *S. betulifolia* (192), *S. prunifolia* (211), *S. mollifolia* (213), *S. media* (222) i *S. salicifolia* (225). Najszybciej wegetację rozpoczyna *S. thunbergii* (średnio 18 lutego) i *S. ussuriensis* (średnio 19 lutego), a najpóźniej *S. mollifolia* (średnio 9 kwietnia) (aneks – tabela 66). Warto także nadmienić, że *S. cantoniensis* w sezonie zimowym 2019/2020 nie weszła w ogóle w stan spoczynku. Ostatnie liście opadły 10 lutego (nie wybarwiając się wcześniej), czyli 7 dni po tym jak zaczęły się już rozwijać pąki w kolejnym sezonie wegetacyjnym.

Tawułami charakteryzującymi się najdłuższym okresem kwitnienia są: *S. japonica* f. *albiflora* (132), *S. douglasii* var. *menziesii* (125), *S. alba* var. *latifolia* (106), *S. douglasii* (93 dni), *S. alba* (70), *S. salicifolia* (51). Najkrócej kwitną *S. fritschiana* (17), *S. splendens* (18), *S. humilis* (18), *S. media* (20) i *S. ussuriensis* (20). Najdłuższą pełnią kwitnienia cechują się: *S. douglasii* var. *menziesii* (24), *S. alba* var. *latifolia* (23), *S. prunifolia* (23), *S. japonica* f. *albiflora* (22), *S. chinensis* (21), *S. salicifolia* (21), *S. wilsonii* (21). Krzewami o najkrótszej pełni kwitnienia są: *S. humilis* (7), *S. veitchii* (10), *S. fritschiana* (10), *S. media* (12) i *S. media* var. *sericea* (12) i *S. splendens* (12) (tabela 57). Warto zaznaczyć, że wszystkie taksony, wliczając w to tawuły cechujące się najdłużej trwającym kwitnieniem, po zakończeniu pełni nie kwitną już drugi raz tak obficie w tym samym sezonie wegetacyjnym. W przypadku tawuł

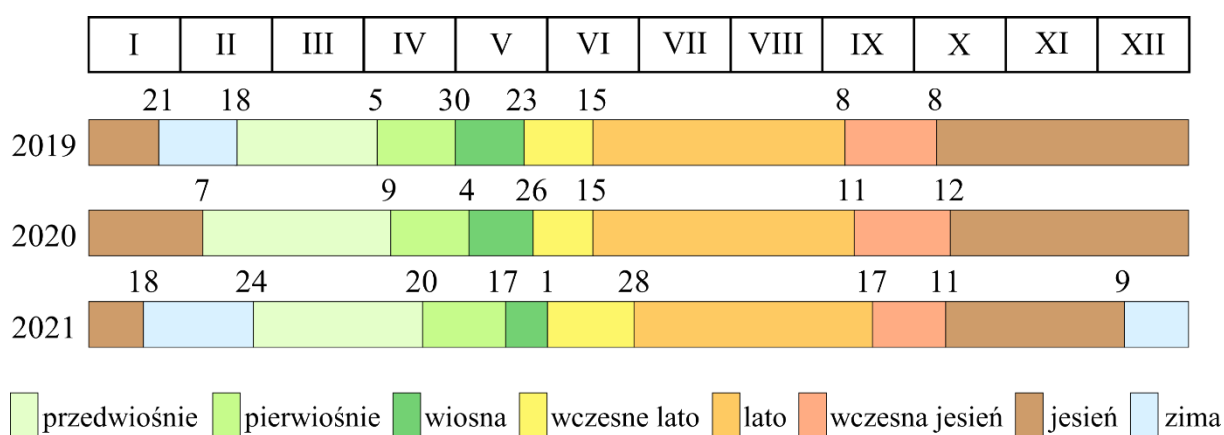
o najdłuższym kwitnieniu, okres powtórnego kwitnienia odznacza się u nich rozwojem 2 lub 3 kwiatostanów jednocześnie, przy czym zjawisko to powtarza się aż do jesieni (ryc. 20 a, b). Z kolei większość kwiatostanów *S. japonica* f. *albiflora*, które rozwijają się od około połowy sierpnia do początku listopada, jest niewielkich rozmiarów w porównaniu do tych z okresu pełni. Ich średnica jest ponad trzykrotnie mniejsza, przy czym nie rozwijają się one na szczycie tegorocznych przyrostów (ryc. 20 c) tylko poniżej wierzchołka pędu (ryc. 20 d). Na podstawie zebranych danych, sporządzono kalendarz kwitnienia analizowanych tawuł na tle fenologicznych pór roku (ryc. 21). Pełnię kwitnienia wybranych tawuł zilustrowano na rycinie 22.

Jedną z obserwowanych fenofaz rozwoju liści jest ich jesienne przebarwienie się. Najdłuższym okresem, liczonym od momentu zmiany barwy 10% liści, aż do chwili, gdy wybarwiło się 90% blaszek, cechuje się *S. thunbergii* (55), *S. douglasii* var. *menziesii* (47), *S. douglasii* (46), *S. chinensis* (44), *S. canescens* (43), *S. japonica* f. *albiflora* (41) (tab. 57). Większość analizowanych taksonów nie utrzymuje jednak długo barwnych liści na łodygach, zwłaszcza *S. chamaedryfolia*, *S. longigemmis* i *S. ussuriensis* (aneks – tabela 66). Dla około połowy z przebadanych tawuł, liście opadają masowo tuż przed lub nieznacznie po wybarwieniu się 50% listowia. Spośród tej grupy szczególnie atrakcyjną kolorystyką blaszek odznaczają się: *S. canescens*, *S. fritschiana*, *S. japonica*, *S. japonica* f. *albiflora*, *S. nipponica*, *S. salicifolia*, *S. trichocarpa*. Z kolei dużą wartością dekoracyjną, na którą składają się efektowna barwa oraz utrzymywanie się większej części wybarwionych liści przez dłuższy czas, wykazują się: *S. alba* var. *latifolia*, *S. media* (okaz podlewany), *S. mollifolia* i *S. pubescens*. Przykłady tawuł o efektownym jesiennym wybarwieniu przedstawiono na rycinie 23, zaś na rycinie 24 pokazano liście *S. dasyantha*, które dość szybko brązowieją, stając się nieatrakcyjnymi. Podobnie brązowiały liście *S. splendens*.

Susza, która wystąpiła w Poznaniu w 2019 roku, wpłynęła na kondycję obserwowanych roślin. Dziesięć taksonów doznało mniejszych lub większych uszkodzeń części nadziemnych (tab. 58). Żaden krzew nie zasechł całkowicie, choć u trzech (*S. betulifolia*, *S. humilis*, *S. media* var. *sericea*,) obumarła około połowa pędów szkieletowych. Objawy niedoboru wody były wyraźnie widoczne u niektórych tawuł już w lipcu, a *S. media* var. *sericea* i *S. prunifolia* straciły wówczas większą część swych liści (ryc. 25). Niektóre taksony (*S. betulifolia*, *S. humilis*, *S. media*, *S. media* var. *sericea*, *S. prunifolia*) w okresie letnim lub późnoletnim 2020 i 2021 roku również zasuszały większą część swych liści, choć nie zaschły im całe pędy. Uniemożliwiło to jednak zebranie danych na temat długości fazy jesiennego przebarwiania się liści.

W przypadku dwóch rodzimych gatunków – *S. media*, *S. salicifolia* – tawułą, która wykazała się dobrą odpornością na niedobór wody jest *S. salicifolia*, u której tylko pojedyncze blaszki zaschły lub miały drobne nekrotyczne plamy (ryc. 26). Tymczasem *S. media* odznaczyła się znaczną wrażliwością na suszę, co objawiło się utratą 60% liści i 15% pędów szkieletowych (ryc. 27 a). Okaz tego gatunku, który był regularnie podlewany, nie doznał żadnych uszkodzeń (ryc. 27 b). Odznaczył się on także dłuższą wegetacją średnio o 28 dni, kwitnieniem o 5 dni, a pełnią kwitnienia o 3 dni od okazu niepodlewanego.

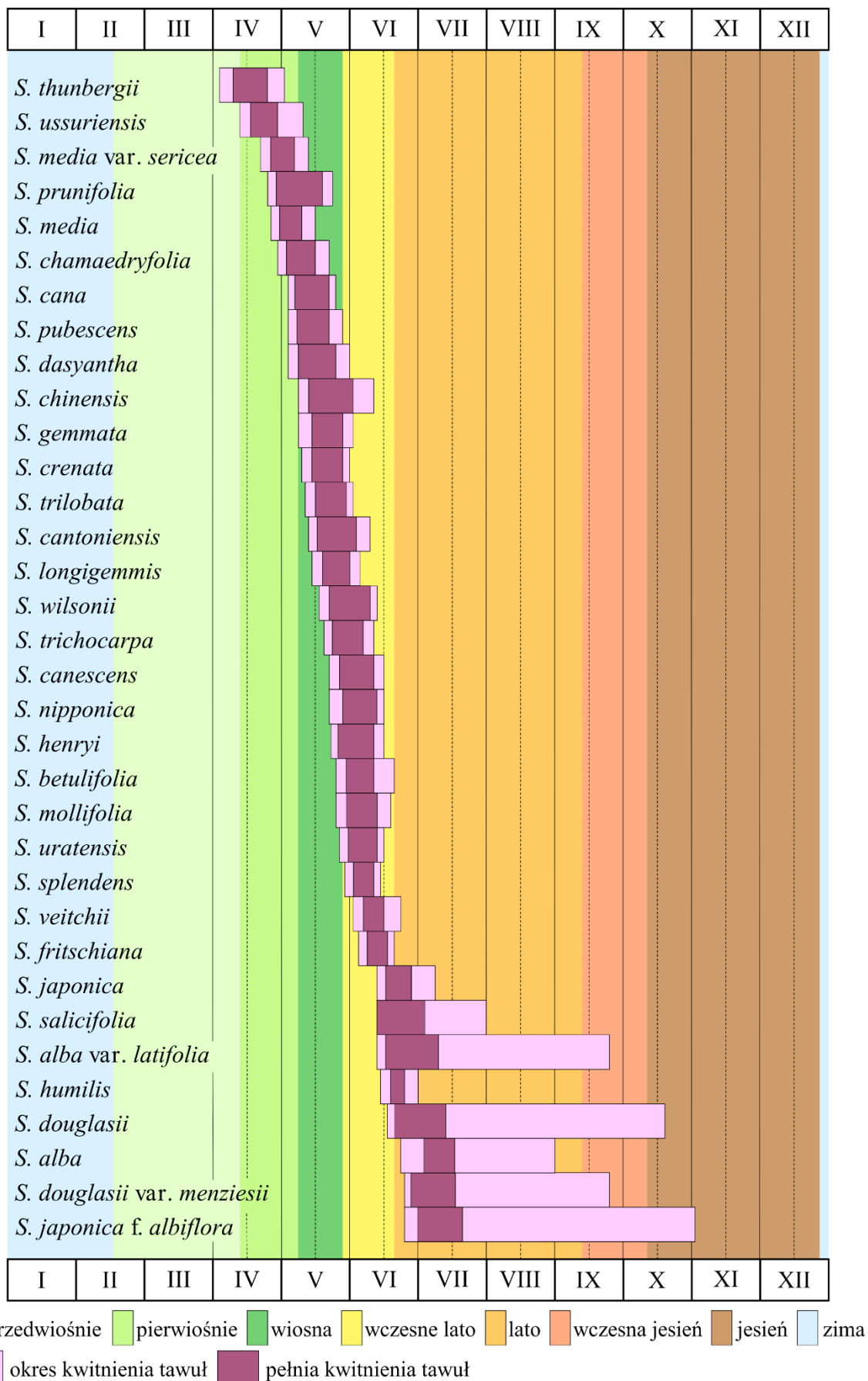
Na podstawie zebranych wyników sporządzono tabelę 59 przedstawiającą najcenniejsze informacje o możliwości zastosowania tawułą na terenach zieleni.



Ryc. 19. Przebieg fenologicznych pór roku w latach 2019-2021 w Poznaniu



Ryc. 20. Pełnia kwitnienia oraz ostatnie kwiatostany *S. douglasii* var. *menziesii* (a – 21.06.19 r., b – 23.09.19 r.) i *S. japonica* f. *albiflora* (c – 02.07.19 r., d – 24.10.19 r.)



Ryc. 21. Kalendarz kwitnienia tawuł na tle fenologicznych pór roku na podstawie średnich wyników obserwacji z lat 2019-2021



Ryc. 22. Pełnia kwitnienia *S. cana* (a), *S. cantoniensis* (b) i *S. longigemmis* (c)

Tabela 57. Długość trwania poszczególnych faz rozwoju tawuła – średnie dla lat 2019-2021

Takson	Wegetacja (fenofazy 1-7)	Kwitnienie (fenofazy 9-13)	Pełnia kwitnienia (fenofazy 10-12)	Jesienne przeb. liści (fenofazy 3-5)
<i>S. alba</i>	250 ± 10	70 ± 6	15 ± 3	28 ± 7
<i>S. alba</i> var. <i>latifolia</i>	248 ± 14	106 ± 37	23 ± 6	18 ± 4
<i>S. betulifolia</i>	192 ± 35	21 ± 3	14 ± 1	30 ± 6*
<i>S. cana</i>	244 ± 9	22 ± 4	15 ± 4	19 ± 4
<i>S. canescens</i>	261 ± 15	26 ± 3	17 ± 3	43 ± 11
<i>S. cantoniensis</i>	339 ± 44	29 ± 4	20 ± 4	-
<i>S. chamaedryfolia</i>	232 ± 18	23 ± 5	14 ± 3	33 ± 10
<i>S. chinensis</i>	314 ± 31	35 ± 7	21 ± 4	44 ± 3
<i>S. crenata</i>	241 ± 17	21 ± 3	15 ± 2	21 ± 5
<i>S. dasyantha</i>	245 ± 23	29 ± 7	19 ± 5	15 ± 3
<i>S. douglasii</i>	288 ± 13	93 ± 16	20 ± 3	46 ± 12
<i>S. douglasii</i> var. <i>menziesii</i>	271 ± 11	125 ± 12	24 ± 3	47 ± 9
<i>S. fritschiana</i>	246 ± 14	17 ± 2	10 ± 3	24 ± 4
<i>S. gemmata</i>	233 ± 15	25 ± 4	15 ± 1	26 ± 7
<i>S. henryi</i>	264 ± 4	24 ± 4	18 ± 3	28 ± 8
<i>S. humilis</i>	234 ± 14	18 ± 3	7 ± 1	35 ± 4*
<i>S. japonica</i>	253 ± 16	25 ± 5	13 ± 1	27 ± 6
<i>S. japonica</i> f. <i>albiflora</i>	283 ± 21	132 ± 11	22 ± 2	41 ± 2
<i>S. longigemmis</i>	273 ± 11	23 ± 4	15 ± 3	31 ± 5
<i>S. media</i>	222 ± 12	20 ± 5	12 ± 2	-
<i>S. media</i> ^N	250 ± 8	25 ± 2	15 ± 3	33 ± 3
<i>S. media</i> var. <i>sericea</i>	232 ± 3	23 ± 5	12 ± 2	-
<i>S. mollifolia</i>	213 ± 4	27 ± 5	15 ± 3	27 ± 6
<i>S. nipponica</i>	249 ± 21	26 ± 2	17 ± 2	25 ± 8
<i>S. prunifolia</i>	211 ± 17	30 ± 7	23 ± 6	-
<i>S. pubescens</i>	235 ± 17	25 ± 2	16 ± 0	25 ± 5
<i>S. salicifolia</i>	225 ± 17	51 ± 1	21 ± 2	25 ± 8
<i>S. splendens</i>	228 ± 9	18 ± 2	12 ± 2	23 ± 6
<i>S. thunbergii</i>	293 ± 19	30 ± 8	16 ± 1	55 ± 12
<i>S. trichocarpa</i>	245 ± 19	24 ± 6	15 ± 6	26 ± 7
<i>S. trilobata</i>	239 ± 17	23 ± 2	15 ± 3	35 ± 7
<i>S. uratensis</i>	253 ± 9	21 ± 3	15 ± 4	35 ± 8
<i>S. ussuriensis</i>	242 ± 10	20 ± 6	14 ± 5	20 ± 2
<i>S. veitchii</i>	252 ± 10	24 ± 3	10 ± 0	34 ± 9
<i>S. wilsonii</i>	254 ± 17	29 ± 6	21 ± 5	32 ± 8

* Wynik na podstawie obserwacji z 2 lat

^N Okaz rosnący na poletku z systemem nawadniającym glebę- brak wyniku z powodu nie wybarwienia się liści (*S. cantoniensis*) lub ich wcześniejszego zasychania (pozostałe)





Ryc. 23. Przykłady tawułów atrakcyjnych jesienną kolorystyką liści: *S. pubescens* (a, b), *S. japonica* (c, d), *S. fritschiana* (e, f), *S. nipponica* (g, h), *S. trichocarpa* (i, j)



Ryc. 24. Tawuła o liściach nieatrakcyjnych jesienią – *S. dasyantha* (a, b)

Tabela. 58. Wpływ suszy 2019 r. na tawuły

Takson	Podatność roślin na suszę							
	Fragmentaryczne zasychanie liści	Całkowite zaschnięcie części liści [%]	Całkowite zaschnięcie wszystkich liści	Wyrastanie nowego pokolenia liści	Zamieranie wierzchołków lub całych pojedynczych, cienkich łodyg [%]	Całkowite zaschnięcie części pędów szkieletowych [%]	Całkowite zaschnięcie części nadziemnej krzewu	Całkowite zaschnięcie roślin
<i>S. alba</i>	+	5	-	-	-	-	-	-
<i>S. alba</i> var. <i>latifolia</i>	-	20	-	-	15	-	-	-
<i>S. betulifolia</i>	-	90	-	-	-	50	-	-
<i>S. humilis</i>	-	90	-	-	-	50	-	-
<i>S. japonica</i>	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>S. media</i>	-	60	-	-	-	15	-	-
<i>S. media</i> var. <i>sericea</i>	-	90	-	+	-	50	-	-
<i>S. prunifolia</i>	-	95	-	-	20	-	-	-
<i>S. salicifolia</i>	+	5	-	-	-	-	-	-
<i>S. splendens</i>	+	15	-	-	20	10	-	-



Ryc. 25. Przykłady uszkodzeń tawuł spowodowanych suszą w 2019 r.: (a) *S. humilis* (08.07.2019), (b) *S. alba* var. *latifolia* (19.07.2019), (c-d) *S. media* var. *sericea* (09.07.2019)



Ryc. 26. Brak widocznych uszkodzeń u *S. salicifolia* w trakcie okresu niedoboru wody w okresie suszy w 2019 r. (09.07.2019)



Ryc. 27. Kondycja *S. media* w trakcie suszy w 2019 r.: (a) okaz niepodlewany (15.09.2019), (b) okaz nawadniany (30.09.2019)

Tabela 59. Wartość ozdobna i podatność na suszę tawuł

Takson	Pełnia kwitnienia ≥ 21 dni	Pełnia kwitnienia 14-21 dni	Długi okres listnienia ≥ 250 dni	Atrakcyjne jesienią	Umiarkowanie podatne na suszę	Odporne na suszę
<i>S. alba</i>		•	•	•	•	
<i>S. alba</i> var. <i>latifolia</i>	•			•	•	
<i>S. betulifolia</i>		•				
<i>S. cana</i>		•				•
<i>S. canescens</i>		•	•	•		•
<i>S. cantoniensis</i>		•				•
<i>S. chamaedryfolia</i>		•				•
<i>S. chinensis</i>	•		•			•
<i>S. crenata</i>		•				•
<i>S. dasyantha</i>		•				•
<i>S. douglasii</i>		•	•			•
<i>S. douglasii</i> var. <i>menziesii</i>	•		•			•
<i>S. fritschiana</i>				•		•
<i>S. gemmata</i>		•				•
<i>S. henryi</i>		•	•			•
<i>S. humilis</i>						
<i>S. japonica</i>			•	•	•	
<i>S. japonica</i> f. <i>albiflora</i>	•		•	•		•
<i>S. longigemmis</i>		•	•			•
<i>S. media</i>						
<i>S. media</i> var. <i>sericea</i>						
<i>S. mollifolia</i>		•		•		•
<i>S. nipponica</i>		•		•		•
<i>S. prunifolia</i>	•					
<i>S. pubescens</i>		•		•		•
<i>S. salicifolia</i>	•			•	•	
<i>S. splendens</i>					•	
<i>S. thunbergii</i>		•	•			•
<i>S. trichocarpa</i>		•		•		•
<i>S. trilobata</i>		•				•
<i>S. uratensis</i>		•	•			•
<i>S. ussuriensis</i>		•				•
<i>S. veitchii</i>			•			•
<i>S. wilsonii</i>	•		•			•

4.2. Charakterystyka powierzchni liści tawułów w aspekcie fitoremediacji powietrza

Zestawienie wyników oceny budowy epidermy liści tawułów pod kątem ich przydatności do retencji i absorpcji przedstawiono w tabeli 60. Średnią oraz odchylenie standardowe dla rozmiarów aparatów szparkowych, ich zagęszczenia, powierzchni blaszek liściowych oraz stosunek długości do szerokości aparatów szparkowych zamieszczono w tabeli 61.

Stwierdzono również, że *S. crenata*, *S. hypericifolia* oraz *S. lasiocarpa* (ryc. 28) wykształcają liście amfistomatyczne. Najdłuższymi aparatami szparkowymi cechuje się *S. gemmata* (26,5 μm) i *S. uratensis* (26,1 μm), najszerszymi *S. uratensis* (19,3 μm) i *S. trichocarpa* (19,1 μm), najmniejszymi odpowiednio *S. prunifolia* (14,8 μm), *S. longigemmis* (14,9 μm), *S. cantoniensis* (11,0 μm) i *S. thunbergii* (11,4 μm). W grupie taksonów o najwyższym zagęszczeniu aparatów szparkowych znalazły się: *S. prunifolia*, *S. thunbergii*, *S. longigemmis*, *S. alba* i *S. formosana* (1009–1469 aparatów / mm^2). Najmniejszą liczbę aparatów w wyznaczonym polu obserwacji na stronie odosiowej liścia ma *S. betulifolia* (162 aparatów / 1 mm^2).

Dla zebranych danych przeprowadzono analizę korelacji. W celu sprawdzenia założenia normalności rozkładu zastosowano test Shapiro-Wilka. Na poziomie istotności $\alpha = 0,05$ długość i szerokość aparatów szparkowych spełniają warunek rozkładu ($p = 0,437603$, $p = 0,615140$), podczas gdy ich zagęszczenie oraz powierzchnia blaszek liściowych wprost przeciwnie ($p = 0,000002$, $p = 0,004144$). W związku z tym współczynnik korelacji obliczono metodą rang Spearmana. Otrzymane współczynniki wskazują (tab. 62), że długość i szerokość aparatów szparkowych jest ze sobą ściśle dodatnio skorelowana. Z kolei im są one większe, tym mniej aparatów szparkowych znajduje się w polu widzenia, tj. $0,06 \text{ mm}^2$ (ryc. 29). Wielkość blaszki liściowej nie jest skorelowana z ich wymiarami, aczkolwiek wykazuje słabą zależność w stosunku do zagęszczenia aparatów szparkowych.

Tabela 60. Charakterystyka powierzchni blaszek liściowych tawuł

Takson	Strona odosiowa					Strona doosiowa					Łączna ocena
	włoski	woskowe struktury krystaliczne	połądowanie epidermy	aparaty szparkwe	włoski	woskowe struktury krystaliczne	połądowanie epidermy	aparaty szparkwe			
<i>S. alba</i>	1	2	2	0	0	2	1	-	8		
<i>S. alba</i> var. <i>latifolia</i>	0	2	1	0	0	2	1	-	6		
<i>S. bella</i>	1	2	2	0	0	1	1	-	7		
<i>S. betulifolia</i>	0	2	2	0	0	2	1	-	7		
<i>S. blumei</i>	0	2	2	0	0	1	1	-	6		
<i>S. cana</i>	2	2	1	-	2	2	1	-	10		
<i>S. canescens</i>	0	2	2	0	0	1	1	-	6		
<i>S. cantoniensis</i>	0	2	0	0	0	2	0	-	4		
<i>S. chamaedryfolia</i>	0	2	1	0	0	2	1	-	6		
<i>S. chinensis</i>	2	2	1	-	0	2	1	-	8		
<i>S. crenata</i>	1	2	2	0	1	2	2	0	10		
<i>S. dasyantha</i>	1	2	1	0	0	1	1	-	6		
<i>S. decumbens</i>	0	2	2	0	0	1	1	-	6		
<i>S. douglasii</i> var. <i>menziesii</i>	2	2	1	0	1	2	1	-	9		
<i>S. formosana</i>	1	2	2	0	0	1	1	-	7		
<i>S. fritschiana</i>	1	2	2	0	0	2	1	-	8		
<i>S. gemmata</i>	0	2	2	1	0	2	1	-	8		
<i>S. hayatana</i>	0	2	2	0	0	0	1	-	5		
<i>S. henryi</i>	2	2	2	0	1	2	1	-	10		
<i>S. humilis</i>	0	2	1	0	0	2	1	-	6		
<i>S. hypericifolia</i>	1	2	1	0	1	2	1	0	8		
<i>S. japonica</i>	0	2	2	0	0	2	1	-	7		
<i>S. lasiocarpa</i>	0	2	1	0	0	2	1	0	6		
<i>S. longigemmis</i>	0	2	2	0	0	2	2	-	8		
<i>S. media</i>	0	2	2	0	0	2	1	-	7		
<i>S. media</i> var. <i>sericea</i>	2	2	2	-	0	2	1	-	9		
<i>S. miyabei</i>	0	2	2	0	0	2	2	-	8		
<i>S. mollifolia</i>	1	2	2	0	0	2	1	-	8		
<i>S. nipponica</i>	0	2	2	0	0	1	1	-	6		
<i>S. prunifolia</i>	0	0	2	0	0	0	1	-	3		
<i>S. pubescens</i>	2	2	1	0	0	2	1	-	8		
<i>S. rosthornii</i>	1	2	2	0	0	0	2	-	7		
<i>S. salicifolia</i>	0	2	1	0	0	1	1	-	5		
<i>S. sargentiana</i>	1	2	2	0	0	2	1	-	8		
<i>S. splendens</i>	0	2	2	0	0	2	1	-	7		
<i>S. thunbergii</i>	0	1	2	0	0	2	1	-	6		
<i>S. trichocarpa</i>	0	2	2	0	0	1	1	-	6		
<i>S. trilobata</i>	0	2	2	0	0	2	2	-	8		
<i>S. uratensis</i>	0	2	2	2	0	2	1	-	9		
<i>S. ussuriensis</i>	1	2	1	0	0	2	1	-	7		
<i>S. veitchii</i>	2	2	2	0	0	2	1	-	9		
<i>S. wilsonii</i>	1	2	2	0	0	1	1	-	7		

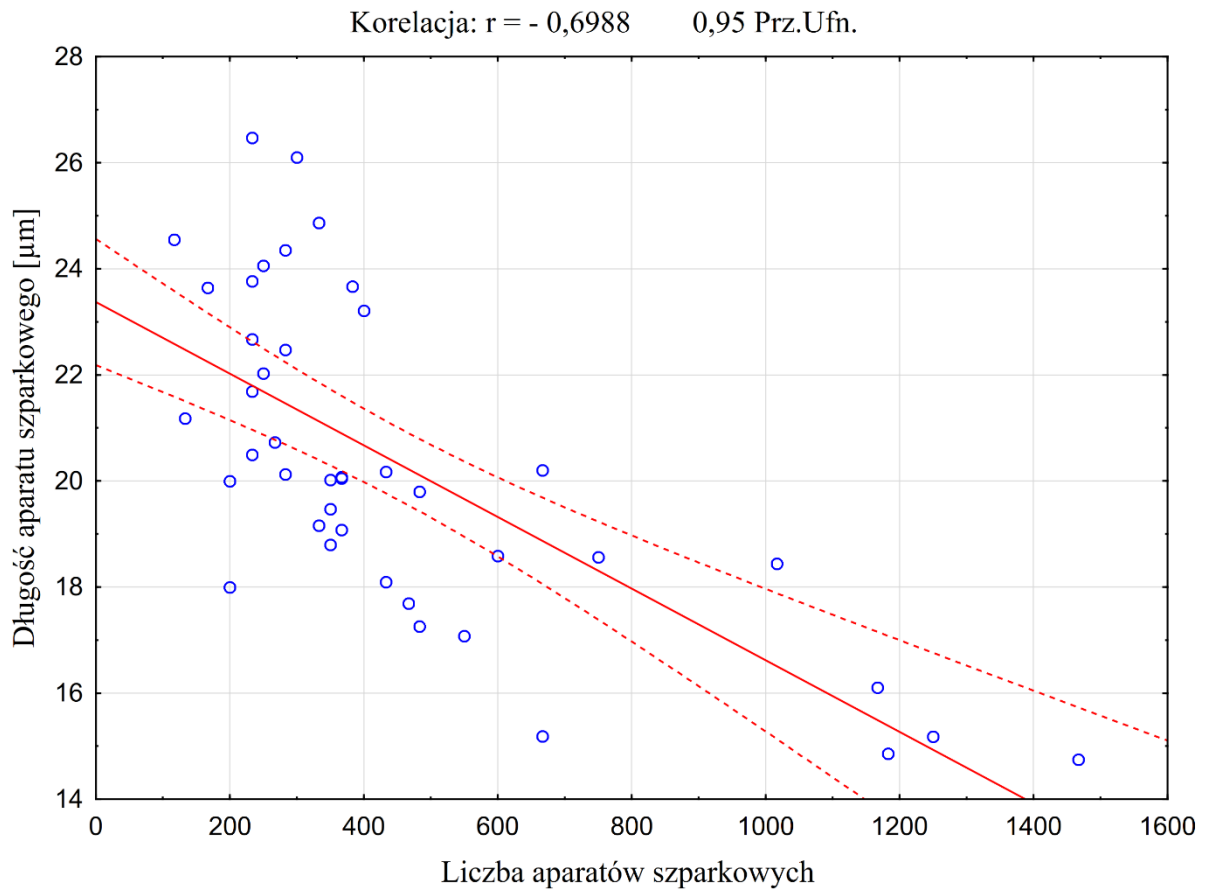
Tabela 61. Parametry aparatów szparkowych, ich zagęszczenie oraz powierzchnie blaszek liściowych u badanych taksonów *Spiraea*

Takson	Długość aparatu szparkowego [μm]	Szerokość aparatu szparkowego [μm]	Długość : szerokość	Liczba aparatów szparkowych na 1 mm^2 powierzchni	Powierzchnia blaszki liściowej [mm^2]
<i>S. alba</i>	16,10 \pm 1,06	13,29 \pm 1,21	1,22	1173 \pm 100	494 \pm 93
<i>S. alba</i> var. <i>latifolia</i>	20,20 \pm 1,86	17,36 \pm 1,43	1,17	659 \pm 143	797 \pm 75
<i>S. bella</i>	18,56 \pm 1,91	14,11 \pm 1,50	1,32	755 \pm 100	1165 \pm 170
<i>S. betulifolia</i>	23,64 \pm 2,31	16,16 \pm 2,51	1,48	162 \pm 38	1717 \pm 423
<i>S. blumei</i>	20,05 \pm 1,91	13,83 \pm 1,48	1,46	358 \pm 56	1226 \pm 237
<i>S. canescens</i>	19,08 \pm 1,96	14,46 \pm 1,68	1,33	373 \pm 61	249 \pm 59
<i>S. cantoniensis</i>	17,26 \pm 1,63	11,02 \pm 1,24	1,58	485 \pm 79	850 \pm 98
<i>S. chamaedryfolia</i>	20,73 \pm 2,14	15,35 \pm 1,94	1,36	264 \pm 37	2544 \pm 401
<i>S. crenata</i> *	17,99 \pm 1,51	13,22 \pm 1,36	1,36	200 \pm 41	326 \pm 97
<i>S. crenata</i>	20,12 \pm 2,03	15,25 \pm 2,25	1,33	278 \pm 80	326 \pm 97
<i>S. dasyantha</i>	17,69 \pm 1,44	13,57 \pm 1,16	1,31	470 \pm 54	1263 \pm 191
<i>S. decumbens</i>	24,86 \pm 2,11	17,81 \pm 1,26	1,40	332 \pm 41	327 \pm 72
<i>S. douglasii</i> var. <i>menziesii</i>	19,80 \pm 1,30	15,62 \pm 1,07	1,27	490 \pm 48	1466 \pm 306
<i>S. formosana</i>	18,44 \pm 1,95	13,83 \pm 1,28	1,34	1009 \pm 113	1238 \pm 103
<i>S. fritschiana</i>	22,47 \pm 1,75	16,67 \pm 1,69	1,36	278 \pm 35	1914 \pm 324
<i>S. gemmata</i>	26,47 \pm 1,67	18,63 \pm 1,66	1,43	228 \pm 33	191 \pm 39
<i>S. hayatana</i>	23,21 \pm 2,00	17,07 \pm 1,67	1,37	405 \pm 56	1358 \pm 255
<i>S. henryi</i>	21,69 \pm 1,68	15,63 \pm 1,38	1,40	227 \pm 42	1345 \pm 245
<i>S. humilis</i>	20,02 \pm 1,62	15,43 \pm 1,42	1,30	348 \pm 29	1026 \pm 250
<i>S. hypericifolia</i> *	21,18 \pm 2,25	15,26 \pm 2,01	1,40	141 \pm 21	290 \pm 50
<i>S. hypericifolia</i>	22,67 \pm 2,57	17,08 \pm 2,83	1,35	238 \pm 55	290 \pm 50
<i>S. japonica</i>	18,10 \pm 1,55	14,37 \pm 1,16	1,26	432 \pm 77	1467 \pm 314
<i>S. lasiocarpa</i> *	24,55 \pm 2,02	17,19 \pm 2,27	1,45	114 \pm 18	172 \pm 75
<i>S. lasiocarpa</i>	23,76 \pm 2,09	18,12 \pm 1,90	1,32	232 \pm 36	172 \pm 75
<i>S. longigemmis</i>	14,86 \pm 1,11	12,66 \pm 1,01	1,18	1180 \pm 192	1834 \pm 336
<i>S. media</i>	20,07 \pm 2,07	15,55 \pm 1,77	1,30	363 \pm 47	606 \pm 66
<i>S. miyabei</i>	18,58 \pm 1,86	14,03 \pm 1,38	1,33	593 \pm 136	2566 \pm 315
<i>S. mollifolia</i>	19,16 \pm 1,14	16,46 \pm 1,46	1,17	338 \pm 52	446 \pm 76
<i>S. nipponica</i>	19,47 \pm 1,73	15,83 \pm 1,92	1,24	347 \pm 58	585 \pm 95
<i>S. prunifolia</i>	14,75 \pm 1,30	11,27 \pm 1,04	1,32	1469 \pm 231	397 \pm 52
<i>S. pubescens</i>	17,08 \pm 1,64	13,40 \pm 1,45	1,28	545 \pm 105	922 \pm 133
<i>S. rosthornii</i>	15,19 \pm 1,53	11,80 \pm 1,32	1,29	660 \pm 91	1186 \pm 200
<i>S. salicifolia</i>	23,66 \pm 2,02	17,70 \pm 1,94	1,35	391 \pm 61	1375 \pm 192
<i>S. sargentiana</i>	22,03 \pm 1,69	17,17 \pm 1,55	1,29	243 \pm 29	1162 \pm 195
<i>S. splendens</i>	18,80 \pm 1,82	13,32 \pm 1,58	1,42	348 \pm 46	1237 \pm 183
<i>S. thunbergii</i>	15,18 \pm 1,31	11,41 \pm 1,15	1,34	1244 \pm 118	175 \pm 19
<i>S. trichocarpa</i>	24,06 \pm 2,20	19,14 \pm 2,05	1,27	248 \pm 48	929 \pm 102
<i>S. trilobata</i>	19,99 \pm 2,00	15,92 \pm 1,64	1,26	204 \pm 52	584 \pm 123
<i>S. uratensis</i>	26,10 \pm 2,25	19,28 \pm 1,84	1,36	306 \pm 36	241 \pm 36
<i>S. ussuriensis</i>	20,17 \pm 1,57	15,14 \pm 1,63	1,34	439 \pm 34	2009 \pm 451
<i>S. veitchii</i>	20,49 \pm 1,63	15,15 \pm 1,59	1,37	241 \pm 58	326 \pm 35
<i>S. wilsonii</i>	24,35 \pm 1,78	17,36 \pm 1,47	1,41	278 \pm 44	654 \pm 139

*strona doosiowa

Tabela 62. Współczynnik korelacji rang Spearmana dla wybranych zmiennych (N = 42, $p < 0,05$)

Zmienna	Szerokość aparatu szparkowego [μm]	Liczba aparatów szparkowych	Powierzchnia blaszki liściowej [mm^2]
Długość aparatu szparkowego [μm]	0,92	-0,70	-0,18
Szerokość aparatu szparkowego [μm]		-0,58	-0,20
Liczba aparatów szparkowych			0,32



Ryc. 28. Wykres korelacji rang Spearmana dla wybranych zmiennych

4.3. Potencjał wybranych tawuł uprawianych na terenach zieleni miejskiej w Poznaniu do fitoremediacji metali ciężkich z gleby

Wyniki analizy gleby i liści pod kątem zawartości metali ciężkich przedstawiono w tabelach 68 i 69 (dla terminu wiosennego) oraz 70 i 71 (dla terminu jesiennego) w aneksie. Wyniki jednostkowe poddano analizie statystycznej w celu wyznaczenia wartości minimalnej, maksymalnej, średniej, odchylenia standardowego i współczynnika zmienności (tabela 63). Największą średnią zawartością ołowiu w liściach stwierdzono u *S. densiflora* (3,97 mg kg⁻¹), podczas gdy najzasobniejsze w ten pierwiastek okazały się gleby stanowiska *S. ×vanhouttei* (6,94 mg kg⁻¹). Z kolei kadmu było najwięcej w liściach *S. densiflora* i *S. nipponica* 'Snowmound' (1,35 mg kg⁻¹) oraz w glebach stanowisk *S. nipponica* 'Snowmound' (0,23 mg kg⁻¹). Tymczasem chromu było najwięcej zarówno w liściach *S. nipponica* 'Snowmound' (12,95 mg kg⁻¹) jak i w glebie pochodzącej z jej stanowiska uprawy (1,26 mg kg⁻¹). W przypadku niklu, największą jego wartość odnotowano w liściach *S. ×cinerea* 'Grefsheim' (1,64 mg kg⁻¹) oraz w glebie stanowiska *S. ×vanhouttei* (0,19 mg kg⁻¹). Z kolei największą zawartość cynku w liściach stwierdzono dla *S. ×cinerea* 'Grefsheim' (55,93 mg kg⁻¹), a w glebie dla stanowiska *S. ×vanhouttei* (15,09 mg kg⁻¹). Przeprowadzona analiza wykazała także największą średnią zawartość żelaza w liściach *S. ×cinerea* 'Grefsheim' (405,51 mg kg⁻¹) oraz w glebie pochodzącej z jej stanowiska uprawy (65,57 mg kg⁻¹). Za to manganu najwięcej odnotowano w liściach *S. ×vanhouttei* (78,50 mg kg⁻¹), której także gleba stanowiska uprawy była najzasobniejsza w ten pierwiastek (7,50 mg kg⁻¹). Badanie wykazało również, że największa zawartość miedzi jest w liściach *S. ×cinerea* 'Grefsheim' (8,90 mg kg⁻¹) i w glebie stanowiska *S. ×vanhouttei* (4,28 mg kg⁻¹).

Największe wartości odchylenia standardowego dla wszystkich czterech tawuł odnotowano w przypadku żelaza, gdzie w liściach był to zakres od 60,42 do 98,39, a w glebie od 8,57 do 23,68. Z kolei współczynnik zmienności przyjmuje największe wartości dla zawartości miedzi w liściach (*S. ×vanhouttei* – 39,78%, *S. densiflora* – 44,18%) i chromu (*S. ×cinerea* 'Grefsheim' – 36,69%, *S. nipponica* 'Snowmound' – 35,06%). Tymczasem dla gleby współczynnik ten jest największy dla chromu (*S. nipponica* 'Snowmound' – 92,86%, *S. densiflora* – 65,33%) oraz dla kadmu (*S. ×vanhouttei* – 95,24%) i ołowiu (*S. ×cinerea* 'Grefsheim' – 62,54%).

Wartości współczynników biokoncentracji dla mikrośladników oraz toksycznych metali ciężkich przedstawiono na rycinie 29. Tylko *S. ×cinerea* 'Grefsheim' i *S. ×vanhouttei* mają *BCF* dla ołowiu wynoszący poniżej 1. Pozostałe tawuły charakteryzują się silną

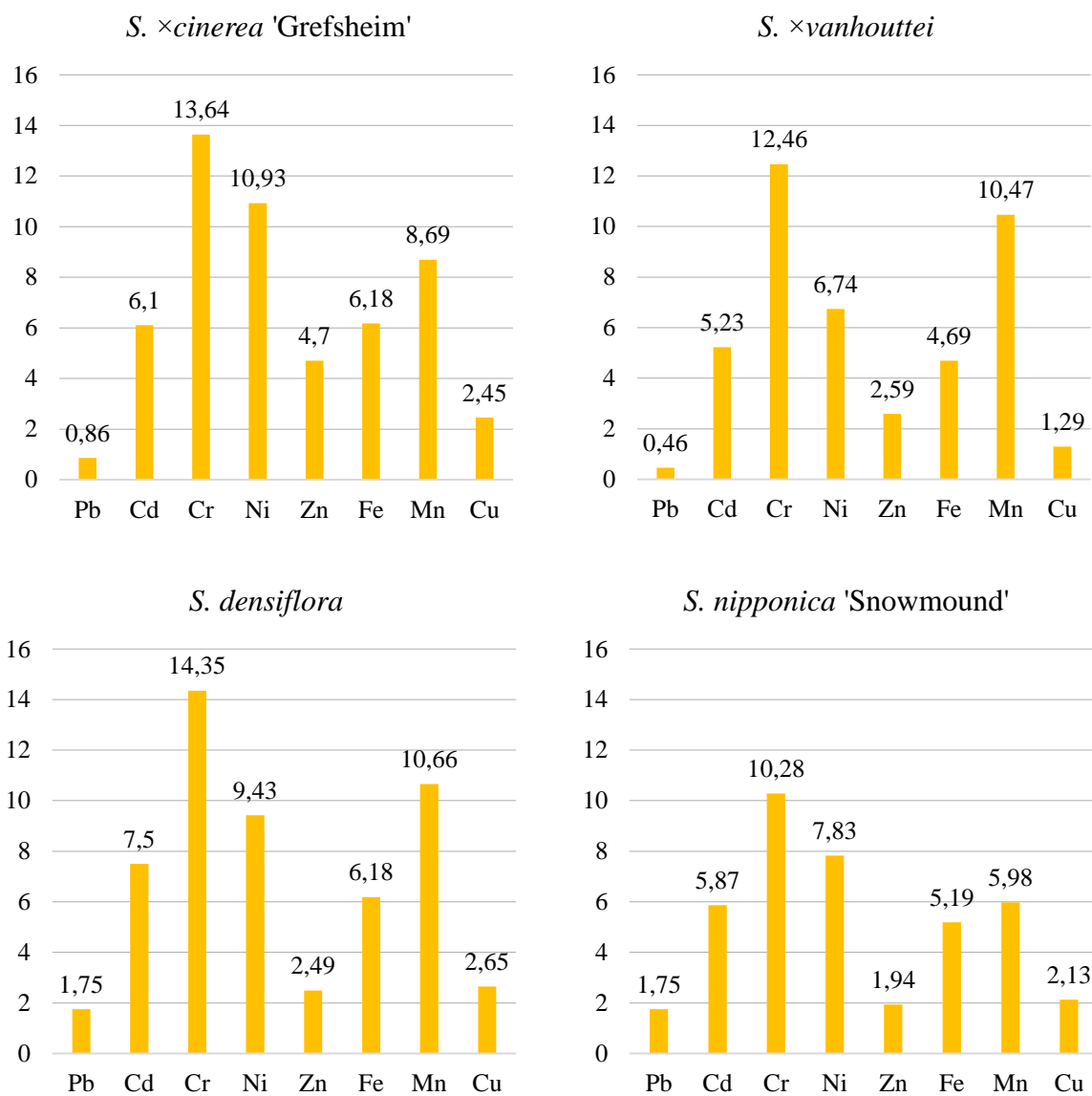
koncentracją wszystkich analizowanych pierwiastków. Szczególnie wysoki współczynnik biokoncentracji, powyżej 10, odnotowano dla chromu.

Wyniki odczynu gleby i przewodności elektrolitycznej właściwej dla Poznania zebrano w tabeli 64, podczas gdy wartości uzyskane dla Lublina i Gdańska przedstawiono w tabeli 65. Zarówno najniższym jak i najwyższym pH gleby w Poznaniu odznaczają się stanowiska *S. ×vanhouttei* (pH 6,96 i 8,51). Wartości te odnotowano w glebie pobieranej w terminie jesiennym. Z kolei dla Lublina jest to odpowiednio – lokalizacja *S. betulifolia* (7,36) i stanowisko *S. japonica* (8,09). W przypadku Gdańska najniższe pH stwierdzono dla miejsca uprawy *S. ×vanhouttei* (7,28), a najwyższe dla *S. japonica* (8,15).

Najwyższe odnotowane zasolenie dla przebadanych stanowisk uprawy tawułów w Poznaniu wyniosło $0,401 \text{ mS cm}^{-1}$, a najniższe $0,163 \text{ mS cm}^{-1}$. Tymczasem dla lokalizacji w Lublinie najwyższa wartość EC to $0,530 \text{ mS cm}^{-1}$, a najniższa $0,190 \text{ mS cm}^{-1}$. Dla Gdańska jest to odpowiednio $0,471 \text{ mS cm}^{-1}$ i $0,124 \text{ mS cm}^{-1}$.

Tabela 63. Zawartość metali ciężkich w liściach *S. ×cinerea* 'Grefsheim', *S. ×vanhouttei*, *S. densiflora*, *S. nipponica* 'Snowmound' oraz w glebie z ich stanowisk uprawy

	Pb	Cd	Cr	Ni	Zn	Fe	Mn	Cu	
<i>S. ×cinerea</i> 'Grefsheim'	liście (mg kg ⁻¹ s.m.)								
	Min.	2,60	0,83	7,02	1,18	33,70	284,07	31,00	4,67
	Max.	4,73	1,98	19,61	2,13	92,04	541,13	98,64	14,42
	Średnia	3,88	1,28	12,41	1,64	55,93	405,51	56,29	8,90
	Odch. st.	0,83	0,37	4,38	0,33	19,52	90,55	21,95	3,54
	Wsp. zm.	21,39	28,91	35,29	20,12	34,90	22,33	38,99	39,78
	gleba (mg kg ⁻¹ s.m.)								
	Min.	1,25	0,07	0,15	0,09	4,78	39,26	3,46	1,82
	Max.	9,45	0,80	1,96	0,28	18,23	79,10	9,32	6,21
	Średnia	4,53	0,21	0,91	0,15	11,89	65,57	6,48	3,63
Odch. st.	3,24	0,20	0,62	0,06	4,12	14,04	2,17	1,68	
Wsp. zm.	71,52	95,24	68,13	40,00	34,65	21,41	33,49	46,28	
<i>S. ×vanhouttei</i>	liście (mg kg ⁻¹ s.m.)								
	Min.	2,69	0,75	4,29	0,94	31,29	195,99	47,48	3,34
	Max.	3,83	1,61	12,79	1,58	50,10	398,18	111,00	7,93
	Średnia	3,16	1,15	7,85	1,28	39,11	279,88	78,50	5,53
	Odch. st.	0,36	0,28	2,88	0,21	6,39	63,73	21,47	1,63
	Wsp. zm.	11,39	24,35	36,69	16,41	16,34	22,77	27,35	29,48
	gleba (mg kg ⁻¹ s.m.)								
	Min.	0,67	0,10	0,28	0,07	8,13	38,70	2,78	2,54
	Max.	12,85	0,34	0,97	0,33	23,45	90,10	12,43	6,08
	Średnia	6,94	0,22	0,63	0,19	15,09	59,67	7,50	4,28
Odch. st.	4,34	0,08	0,26	0,09	5,05	18,42	4,25	1,02	
Wsp. zm.	62,54	36,36	41,27	47,37	33,47	30,87	56,67	23,83	
<i>S. densiflora</i>	liście (mg kg ⁻¹ s.m.)								
	Min.	2,71	0,83	5,80	0,74	19,63	218,27	35,90	3,04
	Max.	4,86	1,82	16,70	1,92	30,11	507,75	109,32	11,45
	Średnia	3,97	1,35	10,76	1,32	25,67	354,32	61,39	7,04
	Odch. st.	0,74	0,37	4,06	0,41	3,43	98,39	23,54	3,11
	Wsp. zm.	18,64	27,41	37,73	31,06	13,36	27,77	38,35	44,18
	gleba (mg kg ⁻¹ s.m.)								
	Min.	1,11	0,11	0,18	0,03	7,10	25,45	2,97	0,63
	Max.	4,57	0,30	1,64	0,24	16,02	88,51	11,11	5,53
	Średnia	2,27	0,18	0,75	0,14	10,30	57,33	5,76	2,66
Odch. st.	1,19	0,07	0,49	0,07	3,16	23,68	2,83	1,52	
Wsp. zm.	52,42	38,89	65,33	50,00	30,68	41,30	49,13	57,14	
<i>S. nipponica</i> 'Snowmound'	liście (mg kg ⁻¹ s.m.)								
	Min.	3,00	0,94	6,43	0,64	16,46	194,36	31,43	3,95
	Max.	4,90	1,75	18,81	1,15	19,56	378,46	48,61	7,04
	Średnia	3,90	1,35	12,95	0,94	17,93	279,55	39,84	5,10
	Odch. st.	0,60	0,32	4,54	0,18	0,96	60,42	5,59	1,10
	Wsp. zm.	15,38	23,70	35,06	19,15	5,35	21,61	14,03	21,57
	gleba (mg kg ⁻¹ s.m.)								
	Min.	1,03	0,16	0,00	0,00	3,56	43,40	3,83	0,56
	Max.	3,90	0,32	2,67	0,21	13,65	70,11	7,85	4,43
	Średnia	2,23	0,23	1,26	0,12	9,24	53,89	6,66	2,39
Odch. st.	0,94	0,05	1,17	0,08	3,11	8,57	1,32	1,50	
Wsp. zm.	42,15	21,74	92,86	66,67	33,66	15,90	19,82	62,76	



Ryc. 29. Współczynnik biokoncentracji wybranych metali ciężkich w liściach tawuł

Tabela 64. Wyniki analizy odczynu i zasolenia gleby z wybranych stanowisk uprawy tawułów w Poznaniu

Takson / stanowisko	Nr próby	Termin wiosenny		Termin jesienny		
		pH (H ₂ O)	EC (mS cm ⁻¹)	pH (H ₂ O)	EC (mS cm ⁻¹)	
<i>S. ×vanhouttei</i>	ul. Słowiańska	1A-1	7,36	0,185	6,96	0,171
		1A-2	7,28	0,210	6,98	0,168
	ul. Serbska	1B-1	7,55	0,284	7,37	0,180
		1B-2	7,51	0,278	7,30	0,182
	ul. Lechicka	1C-1	7,66	0,246	8,51	0,227
1C-2		7,56	0,256	8,48	0,229	
<i>S. ×cinerea</i> 'Grefsheim'	ul. Karola Libelta	2A-1	7,38	0,233	7,93	0,260
		2A-2	7,4	0,245	7,89	0,256
	ul. Polska	2B-1	7,32	0,167	7,85	0,169
		2B-2	7,35	0,178	7,85	0,163
	ul. Żeromskiego	2C-1	7,88	0,378	7,77	0,249
2C-2		7,77	0,401	7,8	0,241	
<i>S. densiflora</i>	Rondo Śródka	3A-1	7,59	0,287	7,67	0,255
		3A-2	7,61	0,293	7,63	0,254
	ul. Garbary	3B-1	7,81	0,352	7,74	0,230
		3B-2	7,89	0,347	7,71	0,228
	ul. Strzeszyńska	3C-1	8,11	0,269	7,50	0,250
3C-2		8,06	0,297	7,49	0,251	
<i>S. nipponica</i> 'Snowmound'	ul. Winogrody	4A-1	7,84	0,209	7,72	0,260
		4A-2	7,91	0,197	7,70	0,263
	ul. Lechicka	4B-1	7,76	0,263	7,95	0,235
		4B-2	7,89	0,267	7,89	0,230
	ul. Polska	4C-1	7,79	0,282	7,70	0,222
4C-2		7,84	0,291	7,72	0,227	

Tabela. 65. Wyniki analizy odczynu i zasolenia gleby z wybranych stanowisk uprawy tawułów w Lublinie i Gdańsku (termin letni)

Lp.	Takson	Lokalizacja	pH (H ₂ O)	EC (mS cm ⁻¹)
Lublin				
1	<i>S. betulifolia</i> cv.	ul. Fryderyka Chopina (przy skrzyżowaniu z ul. Lipową)	7,36	0,530
2	<i>S. ×vanhouttei</i>	ul. Wyżynna	7,69	0,216
3	<i>S. ×vanhouttei</i>	ul. Piękna	7,67	0,190
4	<i>S. ×cinerea</i> 'Grefsheim'	Aleja Wincentego Witosa	7,85	0,258
5	<i>S. densiflora</i>	ul. Nadbystrycka	7,90	0,220
6	<i>S. japonica</i> cv.	Rondo Zrzeszenia Wolność i Niezawisłość	7,96	0,201
7	<i>S. japonica</i> cv.	Plac Zygmunta Balickiego	7,59	0,250
8	<i>S. japonica</i> cv.	Aleja Solidarności (skrzyżowanie z ul. 3 Maja)	8,09	0,193
Gdańsk				
9	<i>S. ×vanhouttei</i>	ul. Wały Jagiellońskie (odcinek przy Dworcu Głównym)	7,28	0,471
10	<i>S. ×vanhouttei</i>	Aleja Rzeczypospolitej	8,19	0,178
11	<i>S. ×cinerea</i> 'Grefsheim'	Aleja Grunwaldzka (okolice skrzyżowania z ul. Jaškowa Dolina)	7,89	0,258
12	<i>S. japonica</i> cv.	Rondo Ofiar Katynia	8,40	0,403
13	<i>S. japonica</i> cv.	skrzyżowanie ul. Opackiej z Aleją Grunwaldzką	8,07	0,124
14	<i>S. japonica</i> cv.	rondo na skrzyżowaniu ul. Subisława z ul. Pomorską	7,93	0,172
15	<i>S. japonica</i> cv.	rondo na skrzyżowaniu ul. Chłopskiej z ul. Obrońców Wybrzeża	7,80	0,135
16	<i>S. splendens</i>	Aleja Rzeczypospolitej	8,15	0,148

5. Dyskusja

Analizując zebrane wyniki warto prześledzić długość trwania okresu wegetacji obserwowanych tawułów. W niniejszej pracy przyjęto, że jest nią liczba dni od chwili, gdy rozwinęły się pierwsze pąki, do momentu, gdy wszystkie liście opadły lub zamarły. W opracowaniach z zakresu klimatologii okres wegetacji dla danego obszaru lub regionu przyjmuje się na podstawie wskaźników termicznych, które mogą być np. liczbą dni z temperaturą wyższą od 5,0 °C (ŻMUDZKA 2012, TRNKA i IN. 2011, NIERÓBCA i IN. 2013, FISCHER i IN. 2021). Inną metodą jest analiza stanu wegetacji w oparciu o zdjęcia satelitarne i obliczenia znormalizowanego różnicowego wskaźnika wegetacji – NDVI (HOU i IN. 2015, HUANG i IN. 2019). Według TOMCZYKA i SZYGI-PLUTY (2016), którzy bazowali na ww. wskaźniku termicznym, wegetacja dla Poznania w latach 2001-2010 rozpoczynała się 22 marca i kończyła 13 listopada, trwając 237 dni, a wegetacja stopniowo się wydłużała – w latach 1971-1980 trwał 224 dni. Według STEPANOVA i IN. (2020), w Kraju Nadmorskim Federacji Rosyjskiej (skąd pochodzi *S. betulifolia*, *S. humilis*, *S. media* var. *sericea*, *S. ussuriensis*), średnia długość sezonu wegetacyjnego w latach 2008-2018 (według wskaźnika NDVI), w zależności od lokalizacji, wyniosła od 152 do 164 dni. Porównując obydwie wyniki można zauważyć, że tawuły z tej części świata mają zapewniony w Poznaniu znacznie dłuższy sezon wegetacyjny aniżeli na ich stanowiskach naturalnych.

W latach badań najdłuższą wegetacją odznaczyły się gatunki, których ojczyzną są Chiny i Japonia: *S. cantoniensis* (339 dni), *S. chinensis* (314), *S. thunbergii* (293), *S. japonica* f. *albiflora* (283) i *S. longigemmis* (273). Spośród wymienionych tylko *S. chinensis* i *S. longigemmis* występują w regionach cechujących się mroźnymi okresami, jak prowincja Gansu (ze średnią minimalną roczną temperaturą poniżej -20°C (AN i IN. 2020)) lub region autonomiczny Mongolii Wewnętrznej (LU i CRINAN 2003). Liczba dni wegetacji na stanowiskach naturalnych *S. cantoniensis*, *S. chinensis* i *S. longigemmis* wynosi odpowiednio od 320 do 360 dni, od 120 do 360 dni oraz od 120 do 140 dni (LI i IN. 2017). Spośród tych trzech taksonów, tylko *S. longigemmis* występuje na terenach górzystych na wysokości od 2500 do 3400 m n.p.m., gdzie porasta kamieniste zbocza (LU i CRINAN 2003). Warto także wspomnieć, że większość obszaru w zasięgu występowania tej tawuły odznacza się roczną sumą opadów wynoszącą od 400 do 800 mm (HUANG i LI 2011). Okres suszy, jaki nastąpił w 2019 roku w Poznaniu (roczna suma opadów 392,8 mm), w ogóle nie zaszkodził rosnącej w OBUAM *S. longigemmis*, dla której okres wegetacji wydłużył się niemalże dwukrotnie, w stosunku do czasu jej trwania w ojczyźnie występowania.

S. cantoniensis i *S. chinensis* rosną na stanowiskach naturalnych, których warunki umożliwiają długą wegetację roślin. Szczególnie południowo-wschodnie Chiny charakteryzują się nadzwyczaj korzystnymi warunkami do uprawy roślin. Średnia roczna temperatura dla tego obszaru wynosi od 14° do 22°C, a roczna suma opadów wynosi od 800 do nawet 2500 mm (HUANG i LI 2011, ZHANG i IN. 2020). Mimo, że Poznań odznacza się mniejszą średnią roczną temperaturą (10°C dla lat 2019-2021) oraz znacznie uboższą sumą opadów (471 mm dla lat 2019-2021) (SZOKALSKA 2020, 2021, 2022), to tawuły te długo utrzymały swoje liście w okresie badań. Tak długa wegetacja może być cechą biologiczną, która uwidoczniła się w Poznaniu w wyniku braku wyraźnych mrozów w listopadzie i grudniu, dla których średnia temperatura w latach 2019-2021 wyniosła odpowiednio 6,2° i 2°C. W tych latach, w listopadzie brak było pokrywy śnieżnej, a ta w grudniu zalegała przez 4 dni (SZOKALSKA 2020, 2021, 2022). Natomiast w regionie, gdzie *S. cantoniensis* dziko rośnie, a także w około 2/3 obszaru zasięgu *S. chinensis*, pokrywa śnieżna niemal w ogóle nie występuje (HUANG i IN. 2016). Wynika z tego, że bezmroźny koniec roku skutkować będzie nad wyraz długą fazą listnienia tych tawuł. Należy także nadmienić, że liście *S. cantoniensis* nie zdążyły się ani razu w pełni przebarwić w latach obserwacji. Około połowa blaszek zachowywała swą zieloną barwę do momentu nastania mrozów powodujących ich obumarcie. Następowало to zazwyczaj w lutym kolejnego roku. Także część liści *S. chinensis* w dwóch, spośród trzech lat badań, utrzymała się do około połowy stycznia. Warto podkreślić fakt, że zjawisko to wystąpiło u obydwu gatunków po okresie niedoboru wody 2019 roku.

Zebrane wyniki wskazują, że *S. thunbergii* rozpoczynała w okresie badań wegetację około 18 lutego, a kończyła około 7 grudnia, podczas gdy dla *S. japonica* f. *albiflora* analogiczny okres, który trwał od około 23 lutego do około 1 grudnia. Sezon wegetacyjny omawianych tawuł wyniósł odpowiednio 293 i 283 dni (średnia dla trzech lat obserwacji). Obydwa taksony występują na japońskich wyspach Honsiu, Sikoku i Kiusiu, ale już nie na wyspie Hokkaido, która odznacza się mroźną zimą z pokrywą śnieżną utrzymującą się od 90 do 150 dni (KOKUDO 1990, IKEDA 2001). Większość obszaru wymienionych wysp (poza Hokkaido) odznacza się niewielką liczbą dni w roku (do 10) z maksymalną temperaturą poniżej 0°C. Wyjątek stanowią góry, gdzie w zależności od wysokości jest to od 20 do 60 dni (KOKUDO 1990). Średnia temperatura w lutym na wspomnianych wyspach wynosi od 0° do 8°C, a w grudniu od 0° do 10°C (KOKUDO 1990). W Poznaniu w latach obserwacji było to odpowiednio 2° i 3° C (SZOKALSKA 2020, 2021, 2022). Warto również zaznaczyć, że każdy rok badań był cieplejszy w stosunku do średniej rocznej temperatury dla Poznania w latach 1971-2000, która wynosi 8,5°C (SZOKALSKA 2020). Rok 2019, 2020 i 2021 miał średnią

wynoszącą odpowiednio 11,1°, 10,8° i 9,5°C (SZOKALSKA 2020, 2021, 2022). Długi okres wegetacji, którym wykazały się obydwie tawuły, może być ich cechą naturalną, która przejawiała się w Wielkopolsce w wyniku łagodnego początku i końca zimy, co zbliżyło niejako Poznań do ojczyzny ich występowania.

Ważnym aspektem roślin ozdobnych jest długość trwania pełni kwitnienia. Siedem tawuł kwitło przez przynajmniej trzy tygodnie. Są nimi: *S. douglasii* var. *menziesii* (24 dni), *S. alba* var. *latifolia* (23), *S. prunifolia* (23), *S. japonica* f. *albiflora* (22), *S. chinensis* (21), *S. salicifolia* (21) i *S. wilsonii* (21). Okres ten u ww. tawuł jest długi, w porównaniu do wielu drzew i krzewów ozdobnych często uprawianych na terenach zieleni. Dla porównania, w badaniach przeprowadzonych tymi samymi metodami, pełnia kwitnienia dla *Ribes alpinum* L. wyniosła 14 dni, a dla *R. sanguineum* Pursh 'Atrorubens' 19 dni (KOLASIŃSKA 2001). Z kolei dla *Prunus cerasifera* Ehrh. 15 dni, *P. japonica* Thunb. 10 dni, *P. laurocerasus* 11 dni oraz *P. triloba* Lindl. 12 dni (JAKUBIAK 2000). *Syringa meyeri* C.K. Schneid., jak wykazały badania SOWELO i ANTKOWIAKA (2017), odznaczał się pełnią trwającą 15 dni, a *S. microphylla* Diels 16 dni. Niewiele mniej od lilaków, bo 12 dni, trwała pełnia kwitnienia *Berberis thunbergii* DC. (SZCZERSKA 1995). U *Cornus alba* L. zaobserwowano 12-dniową pełnię, u *C. florida* L. 7-dniową, *C. kousa* Bürger ex Hance 10-dniową, *C. sanguinea* L. 12-dniową (STRZAŁKOWSKA 1995). Pełnia kwitnienia *Hydrangea arborescens* L. wyniosła 18 dni, *H. paniculata* Siebold – 15 dni (ŁADKO-ZAGÓRSKA 1997), *Rosa multiflora* Thunb. – 8 dni, *R. pimpinellifolia* L. – 10 dni (SZYMAŃSKA-KMIEĆ 2002), *Kolkwitzia amabilis* Graebn. – 16 dni, *Weigela florida* (Bunge) A. DC. – 11 dni, *W. japonica* Thunb. – 17 dni, *Viburnum carlesii* Hemsl. – 8 dni, *V. lantana* L. – 10 dni, *V. opulus* L. – 9 dni (KANONIK 1989), *Malus baccata* (L.) Borkh. – 6 dni, *M. floribunda* Siebold ex Van Houtte – 11 dni, *M. niedzwetzkyana* Dieck ex Koehne – 6 dni (DUDEK 2000). Na ich tle przytoczone tawuły prezentują się pozytywnie, co można z powodzeniem wykorzystać w projektowaniu różnorodnych kompozycji na terenach zieleni. Warto także zaznaczyć, że pozostałe taksony *Spiraea* nie wypadają w tym zestawieniu niekorzystnie. Spośród nich aż 20 cechuje się pełnią trwającą od 2 do 3 tygodni.

Największe zmiany terminów kwitnienia, w stosunku do okresu ich trwania na stanowiskach naturalnych, zauważono u taksonów pochodzących z mroźnych regionów Azji – u *S. trilobata* z Syberii, *S. betulifolia*, *S. humilis*, *S. media* var. *sericea*, *S. ussuriensis* z Rosyjskiego Dalekiego Wschodu, a także u *S. canescens* z Himalajów oraz wschodniej części Wyżyny Tybetańskiej. Wymienione gatunki zakwitają w Poznaniu od 4 do 6 tygodni wcześniej aniżeli w ojczyźnie ich występowania (POYARKOVA 1939, SOKOLOV 1954, KOROPACHINSKIY

i VSTOVSKAYA 2002, LU i CRINAN 2003). Wynikać to może z różnej długości trwania okresu wegetacji oraz z terminu jej rozpoczynania się. Według mapy przedstawiającej długość zalegania pokrywy śnieżnej na Rosyjskim Dalekim Wschodzie (NARODOWY ATLAS ROSJI), utrzymuje się ona od około 150 dni w Kraju Nadmorskim do około 200 dni w Obwodzie Amurskim i 225 dni w Kraju Chabarowskim. Z kolei średnia temperatura powietrza dla kwietnia kształtuje się odpowiednio na poziomie 4°, -2° i -6°C. Tymczasem pokrywa śnieżna w Poznaniu w latach 2019-2021 utrzymywała się średnio przez 20 dni, a średnia temperatura dla kwietnia wyniosła 9°C (SZOKALSKA 2020, 2021, 2022). Warto również dodać, że pierwiośnie w Poznaniu w latach 2019-2021 zaczynało się około 11 kwietnia. W tym okresie wszystkie ww. tawuły miały już rozwinięte liście. W przypadku gatunków z Rosyjskiego Dalekiego Wschodu (*S. betulifolia*, *S. humilis*, *S. media* var. *sericea*, *S. ussuriensis*) tak wczesne rozpoczęcie wegetacji na ich stanowiskach naturalnych nie byłoby możliwe, stąd zapewne wcześniejszy termin ich kwitnienia w Poznaniu.

Podobnie prezentuje się sytuacja *S. trilobata*, która na Syberii (góry Ałtaj i Sajanu Zachodniego) kwitnie od końca pierwszej dekady czerwca (KOROPACHINSKIY i VSTOVSKAYA 2002), czyli około miesiąc później aniżeli w Poznaniu. Jest to obszar z długim zaleganiem pokrywy śnieżnej (około 225 dni), niską średnią roczną temperaturą (około -4°C) oraz z ponad 30-dniowym okresem ze średnią dobową temperaturą wynoszącą poniżej -30°C (NARODOWY ATLAS ROSJI). W Chinach *S. trilobata* występuje zarówno w zimniejszych regionach, ze średnią roczną temperaturą wynoszącą od 2° do 8°C (Gansu, Mongolia Wewnętrzna) jak również w cieplejszych, z temperaturą 12°-14°C (Hebei, Henan, Jiangsu), a kwitnie w maju lub w czerwcu (LU i CRINAN 2003, ZHANG i IN. 2020). Można zatem przypuszczać, że w cieplejszym klimacie *S. trilobata* będzie szybciej wchodzić fazę kwitnienia, co ma potwierdzenie w Poznaniu.

Omówienia wymaga także *S. canescens*, gatunek górski, który występuje na wysokości od 2300 do 4000 m n.p.m. (LU i CRINAN 2003). Według LI i IN. (2017) wegetacja w obszarze jego zasięgu występowania w Chinach wynosi od 80 do 180 dni. W Wielkopolsce tawuła ta ma wyraźnie dłuższy okres wzrostu (261 dni), a jego wczesne rozpoczęcie się (około 10 marca) przekłada się na zmianę terminu kwitnienia. LU i CRINAN (2003) podają, że *S. canescens* kwitnie na stanowiskach naturalnych od lipca do sierpnia, podczas gdy w Poznaniu tawuła ta kwitła od około połowy maja do około połowy czerwca.

Interesująca pod kątem kwitnienia jest także *S. humilis* – tawuła z sekcji *Spiraea*. JAKUBOW (2018) analizując jej stanowiska na Rosyjskim Dalekim Wschodzie stwierdził, że jest ona w rzeczywistości mieszańcem *S. salicifolia* (sekcja *Spiraea*) i *S. betulifolia* (sekcja

Calospira), przy czym występuje w miejscu styku ich zasięgów, ale tylko na terenach przekształconych przez człowieka. Teoria ta może znaleźć oparcie także w fenologii. W odróżnieniu od pozostałych przebadanych taksonów sekcji *Spiraea*, *S. humilis* kwitnie krótko, bo średnio 18 dni z 7-dniową pełnią kwitnienia. Jeśli przyrównać ją do domniemanych komponentów rodzicielskich, to w jej specyfice fazy kwitnienia można się doszukać cech obydwu, choć jest to tylko swobodna interpretacja. *S. humilis* rozpoczyna kwitnienie niemalże równo z *S. salicifolia*, jednakże długość trwania tego zjawiska jest zbliżona do *S. betulifolia*, która kwitnie średnio 21 dni z 14-dniową pełnią. Warto także wziąć pod uwagę proporcje kwiatostanów. Tawuły z sekcji *Spiraea* mają wiechy, których długość przekracza 2-4 krotnie szerokość (HEGI 1995, LU i CRINAN 2003, BROUILLET 2014), tymczasem kwiatostany *S. humilis* mają najczęściej stosunek długości do szerokości wynoszący 1,6. W parametrach tych także można się dopatrzeć cech pośrednich między stożkową wiechą *S. salicifolia*, a płaską lub lekko kopulastą wiechą baldachokształtną *S. betulifolia*. Z badań genetycznych, które przeprowadzili na 32 taksonach tawuł DRÁBKOVÁ i IN. (2017) wynika, że *S. humilis* różni się od *S. salicifolia*. Na dendrogramie wspomnianej pracy *S. humilis* znajduje się w bliskim sąsiedztwie *S. betulifolia*, co czyniłoby ją filogenetycznie pokrewną. Autorzy ci nie podjęli jednak tematu potencjalnego mieszańcowego rodowodu tej tawuły ze względu na brak w ówczesnym czasie naukowych przesłanek. Wydaje się, że sprawa pozostaje wciąż nierozstrzygnięta.

Omówienia wymagają także *S. chamaedryfolia* i *S. ussuriensis*, gdyż druga z wymienionych jest czasami traktowana jako odmiana pierwszej i występuje wówczas pod nazwą *S. chamaedryfolia* var. *pilosa* (Nakai) H.Hara (IKEDA 2001). Niekiedy w ogóle nie jest wyodrębniana (LU i CRINAN 2003). Obserwacje fenologiczne wskazują na bardzo zbliżoną średnią długość trwania poszczególnych faz rozwoju obu taksonów – odpowiednio 232 i 242 dni okresu wegetacji, 23 i 20 dni kwitnienia oraz 14 dni pełni kwitnienia. Różnice jednak zarysowują się w momencie zestawienia dat rozpoczęcia się wegetacji oraz kwitnienia u obydwu tawuł. Żaden z 25 okazów *S. chamaedryfolia* rosnących w kolekcji Ogrodu Botanicznego UAM nie rozpoczyna tak wcześnie wegetacji oraz kwitnienia jak dwa okazy *S. ussuriensis*. Pąki drugiej z omawianych tawuł rozwijają się średnio 7 dni wcześniej, a ponadto zaczyna ona kwitnąć średnio aż 16 dni przed rozwinięciem się kwiatów *S. chamaedryfolia*. Morfologicznie obydwa taksony są bardzo podobne do siebie, stąd zrozumiałe wydaje się być stanowisko łączenia ich w jeden gatunek. Warto jednak zachować *S. ussuriensis* w formie odmiany do momentu, aż badania genetyczne nie rozstrzygną rangi tej tawuły. Rozpatrując zagadnienie od strony praktyki ogrodniczej, możliwe jest komponowanie

dwóch bardzo podobnych roślin w jednym założeniu zieleni. Dzięki następstwu kwitnienia omawianych taksonów, można uzyskać długi, niemal miesięczny okres dekoracyjny potencjalnej kompozycji, albowiem w momencie, gdy *S. ussuriensis* kończy pełnię kwitnienia, to rozpoczyna ją *S. chamaedryfolia*.

W trakcie realizacji badań zaobserwowano, że krzewy *S. canescens* i *S. pubescens* rosnące w głębokim cieniu bardzo słabo zawiązywały kwiatostany (od 2 do 4 na krzew), a *S. sargentiana* w ogóle ich nie wykształcała. Badania, które przeprowadzili STANTON i IN. (2010) na *S. alba* i *S. tomentosa* wykazały, że ograniczenie dostępu światła wpływa na słabsze zawiązywanie pąków kwiatostanowych u obydwu gatunków. Warto zatem mieć na uwadze ten aspekt wybierając nowe stanowiska uprawy tawułów.

W prefekturze Aichi, na japońskiej wyspie Honsiu, odbywa się co roku *Sakura Yukiyanagi Matsuri* – festiwal łączący celebrowanie kwitnienia *Prunus serrulata* Lindl. (*sakura*) w otoczeniu kwiatów *S. thunbergii*. Japońska nazwa tej tawuły to *yukiyanagi*, co znaczy dosłownie ośnieżona wierzba. Nazwa ta odnosi się do jej smukłych pędów, na których w okresie bezlistnym rozwijają się czysto białe kwiaty. Kompozycje stosowane w tamtejszych parkach opierają się na łączeniu barw – różnych odcieni różowego wiśni i śnieżnobiałej barwy kwiatów tawułów – z piętrowością wynikającą z odmiennych pokrojów roślin. Korony drzew wyrastają ze skupiny krzewów, którymi pnie są podsadzone. Taki rodzaj kompozycji można stosować również w naszych parkach, zwłaszcza, że w niektórych z roku na rok przybywa różnych gatunków i odmian wiśni, a także w społeczeństwie wzrasta zainteresowanie kulturą japońską. Z obserwacji fenologicznych wynika, że w trakcie pełni kwitnienia *S. thunbergii* w Ogrodzie Botanicznym UAM kwitnie także *Prunus ×yedoensis* Matsum. 'Ivensii', *P. incisa* Thunb. 'Kojou-no-mai', *P. sargentii* Rehder, *P. serrulata* 'Amanogawa', *P. serrulata* 'Kiku-shidare-zakura', *P. subhirtella* Miq. 'Fukubana'. Warto wykorzystywać powyższe zestawienie także w projektowaniu ogrodów przydomowych mających nawiązywać do japońskich założeń zieleni.

Spośród 34 analizowanych w pracy taksonów, 10 doznało uszkodzeń wywołanych suszą panującą w 2019 roku. Już kwiecień odznaczył się mniejszą sumą opadów (7,2 mm) od średniej dla lat 1971-2000 (33,3 mm). Maj okazał się być nadzwyczaj wilgotny (83,5 mm) w stosunku do wieloletniej średniej (47,1 mm). Od czerwca, wraz z naturalnym wzrostem temperatur dla tego okresu, suma opadów zaczęła drastycznie maleć – spadło 3,4 mm deszczu przy wieloletniej średniej wynoszącej 61,9 mm. W lipcu, spadło 22,8 mm wody (średnia 76 mm), a w sierpniu – 32,4 mm (średnia 55,4 mm) (SZOKALSKA 2020). Warto zaznaczyć, że średnia maksymalna temperatura powietrza w czerwcu wyniosła 29,9°C, przy absolutnej

maksymalnej temperaturze 38°C. Jest to więcej aniżeli wynoszą pomiary dla lipca (25,4°, 35,7°C) oraz dla sierpnia (27,2°, 32,2°C) (SZOKALSKA 2020). Wynika z tego, że trzy najgorętsze miesiące w roku charakteryzowały się niedoborem wody. W następstwie zaistniałych warunków już w czerwcu zaczęły zasychać liście na kilku badanych tawułach. Najgorzej suszę zniosły tawuły pochodzące z Rosyjskiego Dalekiego Wschodu (*S. betulifolia*, *S. humilis*, *S. media* var. *sericea*) i z Wysp Japońskich (*S. prunifolia*), które w połowie lata były pozbawione już około 90% liści, a także zaschło im około 50% pędów szkieletowych. Reakcja tych tawuł wynika z odmiennych warunków panujących w ojczyźnie ich występowania. Większość obszaru Kraju Nadmorskiego, Obwodu Amurskiego i Kraju Chabarowskiego charakteryzuje się roczną sumą opadów wynoszącą od 500 do 900 mm (NARODOWY ATLAS ROSJI). Niewykluczone, że niskie opady nie przesądziły o samym zasychaniu roślin, jednakże ich połączenie z wysoką temperaturą na przestrzeni trzech miesięcy mogło przełożyć się na nadmierny stres dla badanych krzewów. Bardzo wrażliwa na niedobór wody okazała się także *S. prunifolia*, która zasychała nie tylko w 2019 roku, ale także w dwóch kolejnych latach obserwacji. Jest to krzew, który wymaga zdecydowanie więcej wody aniżeli mogą mu to zapewnić warunki poznańskie ze średnią sumą opadów wynoszącą 507 mm dla lat 1971-2000 (SZOKALSKA 2020). Dla porównania większość obszaru Wysp Japońskich, gdzie uprawia się *S. prunifolia* (gatunek nieznany w stanie dzikim (IKEDA 2001)), cechuje się roczną sumą opadów w zakresie od 1400 do 2800 mm (KOKUDO 1990). Jest to bardzo ozdobna tawuła ze względu na swoje pełne kwiaty, ale nadaje się tylko do uprawy amatorskiej w ogródkach przydomowych i działkowych.

Z kolei *S. japonica*, która występuje w Japonii na Honsiu, Sikoku i Kiusiu (IKEDA 2001), a więc również na terenie z bardzo dużymi opadami (KOKUDO 1990), reprezentowana w OBUAM przez kilka osobników, niemal nie ucierpiała w trakcie suszy. Tylko na 3 osobnikach rosnących na stanowiskach w pełni nasłonecznionych dało się zauważyć nekrotyczne plamki na liściach lub nieco podwinięte brzegi blaszek. Tymczasem na 3 krzewach rosnących w półcieniu nie dostrzeżono objawów zasychania. Również 4 okazy reprezentujące w kolekcji formę *albiflora* w żadnym stopniu nie ucierpiały.

W ostatnich latach w zieleni wielu miast w Polsce przybyło wręcz lawinowo całych grup kultywarów *S. japonica*. Odmiany te odznaczają się odmiennym pokrojem w stosunku do gatunku – mają słabszą siłę wzrostu, są wręcz półkarłowe ('Bullata', 'Dart's Red') lub mają żółtozielone liście ('Golden Princess', 'Gold Flame'), czy też drobniejsze kwiatostany ('Little Princess'). Niektóre z odmian łączą wszystkie z wymienionych wyżej cech. Warto jednak zastanowić się czy ten różnorodny walor dekoracyjny i wynikająca z niego pozorna delikatność

nie została wyodrębniona z *S. japonica* kosztem zmniejszonej odporności na trudniejsze warunki uprawy. W zieleni przyulicznej Poznania skupiny krzewów odmiany ‘Anthony Waterer’ i ‘Froebelii’ przy ulicach Solnej oraz Wolnica musiały zostać zapatrzone w system nawadniający glebę ze względu na silne przesychanie latem. Również kultywary *S. japonica* rosnące na rondach w Gdańsku, w tym m. in. na skrzyżowaniu ul. Chłopskiej z ul. Obrońców Wybrzeża, latem 2020 roku przesychały do tego stopnia, że nie możliwe stało się zidentyfikowanie ich odmiany. Podobnie na Alei Solidarności w Lublinie. Wydaje się, że warto byłoby nieco ustąpić z uprawą kultywarów *S. japonica* w zieleni miejskiej na rzecz gatunku, zwłaszcza, że jest on również bardzo ozdobny z kwiatów, a jego wysokość można korygować corocznym wiosennym przycinaniem pędów.

Należałoby również przemyśleć opłacalność stosowania *S. betulifolia* w zieleni miejskiej w Poznaniu. Jest to takson, który BOROWSKI i LATOCHA (2006) rekomendują do stosowania jako roślinę tolerancyjną na suszę i proponują ją sadzić przy ulicach w trudnych warunkach siedliskowych Warszawy i miast centralnej Polski. Pojedyncze grupy tych krzewów rosną już przy ulicach Lublina. Tymczasem wszystkie okazy rosnące w kolekcji OBUAM (3 na stanowisku nasłonecznionym, 2 na częściowo ocienionym) okazały się bardzo podatne na suszę. Krzewy rosnące w pełnym usłonecznieniu przesychały nie tylko w okresie niedoboru wody w 2019 roku, ale także w 2020 i 2021. Dlatego też stosowanie ich na szeroką skalę może okazać się ryzykowne.

S. media, jedna z dwóch rodzimych tawułów, ze względu na przesychanie w każdym roku obserwacji, również nie nadaje się do stosowania na terenach zieleni, bynajmniej nie jako roślina niewymagająca opieki. Okaz regularnie podlewany w OBUAM charakteryzuje się dobrymi parametrami wzrostu – 250 dni wegetacji, 25 dni kwitnienia, 15 dni pełni kwitnienia oraz 33 dni jesiennego przebarwienia liści. Może być więc wartościową rośliną ogrodową, ale należy pamiętać, że w Polsce rośnie ona tylko w Pieninach, gdzie roczna suma opadów wynosi od 690 do 850 mm, a wilgotność od 78,7% do 81,6% (PERZANOWSKA 2004). W Poznaniu średnia roczna wilgotność względna lat obserwacji 2019-2021 wyniosła 74% (SZOKALSKA 2020, 2021, 2022). Drugi z rodzimych gatunków – *S. salicifolia* – wykazuje duży potencjał rośliny dedykowanej zieleni miejskiej. Na rozległym obszarze euroazjatyckim, na którym tawuła ta występuje, preferuje stanowiska wilgotne (POYARKOVA 1939, IKEDA 2001, LU i CRINAN 2003), a okazy rosnące w Ogrodzie Botanicznym UAM zniosły nad wyraz dobrze okres niedoboru wody. Na każdym krzewie zaschło po kilka-kilkanaście liści, a na niektórych blaszkach pojawiły się zbrązowiałe fragmenty. Tawuły te długo kwitły (51 dni, z 21-dniową pełnią) oraz dekoracyjnie wybarwiały liście. Jest to z pewnością roślina o niewykorzystanym

dotąd potencjale do wszelakich założeń zieleni, w tym naturalistycznych. Za popularyzacją *S. salicifolia* w branży ogrodniczej przemawia także jej termin kwitnienia, który rozpoczyna się w drugiej połowie czerwca. Jest to przedział czasowy, w którym większość popularnych drzew i krzewów stosowanych w kompozycjach miejskich już przekwitło. *S. salicifolia* może zatem wzbogacić dobór roślin dla okresu letniego, przy czym jej różowa barwa płatków będzie stanowiła wyraźny akcent kolorystyczny w zestawieniach wielogatunkowych.

W trakcie suchego lata 2019 roku, tawuły pochodzące z Ameryki Północnej częściowo pozasychały. Najmniej było to widoczne u *S. alba*, której tylko niewielka część liści zaschła. Najmocniej natomiast trudne warunki wpłynęły na *S. alba* var. *latifolia* i *S. splendens*. Poza utratą części listowia zamarły także wierzchołki około 1/5 wszystkich pędów na każdym okazie omawianych taksonów. W żadnym stopniu nie ucierpiały osobniki *S. douglasii* oraz *S. douglasii* var. *menziesii*. Większość z nich rośnie jednak w części Ogrodu Botanicznego UAM z najwyższym poziomem wód gruntowych tj. na głębokości 0,9 m. Niemniej krzewy obydwu taksonów, które rosną już w strefie z niższym poziomem wody (około 2,6 m) także w żaden sposób nie odczuły skutków suszy. Pozostałe tawuły objęte obserwacjami fenologicznymi rosną na stanowiskach z poziomem wód gruntowych na głębokości od 2,6 do 8,8 m (MIELCARSKA 2020) – one także nie ucierpiały.

Według ATLASU KLIMATYCZNEGO STANÓW ZJEDNOCZONYCH oraz KRAJOWEGO URZĘDU STATYSTYCZNEGO KANADY obszar, na którym dziko rosną *S. douglasii*, *S. douglasii* var. *menziesii* i *S. splendens* cechuje się większą roczną sumą opadów od Poznania. Jest to zakres od 760 do 1700 mm, choć miejscowo mogą to być także wartości na poziomie 508 mm, co jest wielkością zbliżoną do wieloletniej średniej dla Poznania. Z kolei *S. alba* w Minnesocie, Dakocie Północnej oraz na południu Saskatchewan i Manitoby dziko rośnie na obszarze o średniej rocznej sumie opadów wynoszącej około 380 mm. Faktem jest, że na większości obszaru jej występowania zakres opadów wynosi od 760 do 1270 mm. Z kolei *S. alba* var. *latifolia* w swoim zasięgu najniższe opady ma na poziomie 760 mm, choć przeważają wartości z zakresu od 790 do 1380 mm (ATLAS KLIMATYCZNY STANÓW ZJEDNOCZONYCH, KRAJOWY URZĄD STATYSTYCZNY KANADY). Według BROUILLETA (2014) *S. alba*, *S. douglasii* i *S. douglasii* var. *menziesii* porastają tereny podmokłe i wilgotne łąki, a *S. splendens* brzegi strumieni. Wynika z tego, że taksony te wykazują się dobrą adaptacją do warunków Poznania, zwłaszcza, że odbiegają one dość znacznie od panujących w ojczyźnie ich występowania.

Otrzymane wyniki z analizy epidermy strony odosiowej liścia wskazują, że spośród 42 przeanalizowanych tawułów 23 taksony mają blaszki pozbawione włosków, na liściach 12 taksonów z rzadka występują włoski, a na liściach 7 włoski są liczne. Z kolei na stronie

doosiowej tylko 4 taksony mają rzadkie włoski, a 1 tawuła liczne. Tylko *S. cana* ma liczne włoski na obydwu powierzchniach, na stronie odosiowej liści *S. douglasii* var. *menziesii* i *S. henryi* występują liczne włoski, zaś na stronie doosiowej z rzadka. Warto nadmienić, że występowanie włosków na liściach tawuł jest cechą o pewnym zakresie zmienności. Według REHDERA (1949), KRÜSSMANNA 1986, CULLENA i IN. 1995, LU i CRINANA (2003) strona odosiowa blaszek liściowych *S. canescens* może być niemal naga lub pokryta włoskami – u przeanalizowanych okazów tego gatunku powierzchnia była naga. Z kolei liście *S. formosana*, czy *S. fritschiana* miały włoski wyłącznie na nerwach strony odosiowej. Tymczasem KRÜSSMANN (1986), OHASHI i HSIEH (1993), LU i CRINAN (2003) podają, że zakres zmienności tej cechy dla wspomnianych tawuł jest większy i niekiedy cała strona odosiowa blaszek może być pokryta włoskami. Trudno jednoznacznie stwierdzić, czy zmienność ta jest wyrazem cech osobniczych badanych krzewów, czy też wynika ona z odmiennych warunków klimatycznych w stosunku do tych z naturalnego zasięgu taksonów. Ocena na potrzeby niniejszej pracy bazowała na roślinach uprawianych w warunkach Polski, ponieważ to tutaj miałyby pełnić funkcję fitoremediacyjną.

Obecność włosków sprzyja akumulacji cząstek pyłów. Wyniki badań HWANGA i IN. (2011) wskazują, że *Platanus occidentalis* L. zatrzymuje więcej zanieczyszczeń pyłowych na pokrytej włoskami stronie odosiowej liści, aniżeli nagiej doosiowej. Również ZHANG i IN. (2021) dowiedli, że występowanie włosków zwiększa efektywność przechwytywania pyłów; stwierdzono także istnienie pozytywnej zależności pomiędzy zagęszczeniem włosków a ilością zatrzymanych pyłów. Autorzy tłumaczą, że włoski zwiększają powierzchnię liści w trzech wymiarach, przez co liście mają większy potencjał wyłapywania zanieczyszczeń. Włoski ponadto skutecznie wiążą drobiny pyłu, uniemożliwiając im uwolnienie się. Dlatego też wyodrębnienie grupy tawuł o silnie pokrytych włoskami liściach jest uzasadnione z punktu widzenia fitoremediacji. Niewątpliwie taksonami zasługującymi na wyróżnienie pod tym względem są *S. cana*, *S. douglasii* var. *menziesii* i *S. henryi*.

Przeprowadzone badania wskazują na silniejsze pokrycie utworami woskowymi strony odosiowej liści tawuł. Spośród 42 taksonów, aż 40 ma wydatnie pokrytą woskiem stronę grzbietową liści. Tylko jeden takson cechuje się umiarkowanym pokryciem (*S. thunbergii*) oraz jeden niemal całkowitym brakiem tych struktur – *S. prunifolia*. Tymczasem około 1/3 taksonów ma stronę doosiową liści z umiarkowanym pokryciem strukturami woskowymi lub ich brakiem. Udział epikutykularnego wosku w procesie przechwytywania zanieczyszczeń pyłowych jest dobrze udokumentowany (DZIERŻANOWSKI i IN. 2011, SÆBØ i IN. 2012, POPEK. i IN. 2013, NGUYEN i IN. 2014, MO i IN. 2015). W badaniu, które przeprowadzili MO i IN. (2015),

zanieczyszczenia unieruchomione na powierzchni liści przez wosk nie były traktowane oddzielnie dla strony doosiowej i odosiowej blaszek liściowych, a autorzy zaznaczyli, że pyły osadzały się na obydwu powierzchniach. Dodali przy tym, że różne gatunki roślin wydzielają różne ilości wosku, co prowadzi do różnic wyrażających się ilością przechwyconego przez nie pyłu. Z kolei DZIERŻANOWSKI i IN. (2011) informują, że potencjał roślin do zatrzymywania pyłów przy udziale wosku epikutularnego może bardziej zależeć od jego składu chemicznego i struktury, aniżeli od ilości, a te jak twierdzą są cechami gatunkowymi. W swoim badaniu wykazali pozytywną korelację związaną z występowaniem włosków i wosków na liściu, a zdolnością liści do akumulacji pyłów. Jednak w przypadku wosków ilość mikropyłów zatrzymywanych nie koresponduje zawsze wprost z ilością wosków (POPEK i IN. 2011). W badaniu DZIERŻANOWSKIEGO i IN. (2011) *Spiraea japonica* wykazała największą zdolność do zatrzymywania pyłów na powierzchni liści za pomocą wosku, spośród 8 badanych taksonów powszechnie uprawianych wzdłuż ulic w Polsce (*Acer campestre* L., *Fraxinus excelsior* L., *Platanus ×hispanica* Mill. ex Münchh. 'Acerifolia', *Tilia cordata* Mill., *Forsythia ×intermedia* Zabel, *Physocarpus opulifolius* (L.) Maxim., *Spiraea japonica* L. f. i *Hedera helix* L.). SÆBØ i IN. (2012) wykazali, że spośród 47 taksonów roślin uprawianych w miastach *Spiraea ×cinerea* okazała się jednym z gatunków najefektywniej zatrzymujących pyły z wykorzystaniem wosku (w badaniu korzystnie wypadła również *S. ×vanhouttei*). Można domniemywać, że właściwości wosku predysponują przedstawicieli rodzaju *Spiraea* do wykorzystywania ich w procesie fitoremediacji powietrza. Rezultat niniejszej pracy stwarza dobrą bazę krzewów, którą można wykorzystać zarówno w badaniach poświęconym woskom u tawuł, jak i samym procesie oczyszczania powietrza na terenach miejskich.

Z analizy epidermy liści tawuł wynika, że 29 taksonów *Spiraea* ma głębokie pofałdowanie strony odosiowej blaszek liściowych. Tymczasem cecha ta dla strony doosiowej występuje tylko u 5 tawuł. Dwuletnia analiza 9 taksonów roślin, którą przeprowadzili NGUYEN i IN. (2014), wykazała, że 70% pyłów osadzało się w wyźłobieniach powierzchni blaszek, a tylko 30% zostało zatrzymanych przez wosk. Podobne wyniki dostarczyły 3-letnie badania nad 7 gatunkami drzew i 6 krzewów, które przeprowadzili POPEK. i IN. (2013). Autorzy wykazali, że 40% zanieczyszczeń pyłowych unieruchomionych zostało przez wosk. W obydwu pracach nie traktowano oddzielne strony doosiowej i odosiowej liści.

Proporcje ilości zatrzymywanych pyłów przez obie powierzchnie liścia starali się wyjaśnić WANG i IN. (2006) w swoich badaniach nad akumulacją zanieczyszczeń przez 11 gatunków roślin. Wyniki, które przedstawili, wskazują, że 83% pyłów osadziło się na stronie doosiowej liści, a 17% na stronie odosiowej. Nie badali oni jednak zanieczyszczeń

unieruchomionych za pomocą wosku. Przytoczone wyniki potwierdzają istotny udział zagłębień w procesie fitoremediacji powietrza. W przypadku tawuł najcenniejszymi pod tym względem są: *S. crenata*, *S. longigemmis*, *S. miyabei*, *S. rosthornii* i *S. trilobata*.

Najbardziej kompletne pod kątem występowania korzystnych cech budowy epidermy są *S. cana*, *S. crenata* i *S. henryi*. Łączna punktowa ocena strony doosiowej i odosiowej liści każdej z wymienionych tawuł wynosi 10. Tymczasem średnia dla 42 taksonów wynosi $7 (\pm 1,5)$ punktów. Warto nadmienić, że te trzy gatunki są nowe dla praktyki ogrodniczej, które mogą wzbogacić dobór roślin dla terenów zieleni miejskiej. Ich pełnia kwitnienia przypada odpowiednio na pierwszą połowę maja (*S. cana*), drugą połowę maja (*S. crenata*) i pierwszą połowę czerwca (*S. henryi*). Możliwe jest zatem zestawianie kompozycji bazujących na tych trzech taksonach, które poza funkcją fitoremediacyjną, będą odznaczały się następstwem kwitnienia wykorzystanych roślin z walorem ozdobnym trwającym około półtora miesiąca. Ponadto wymienione tawuły różnią się wysokością. *S. henryi* jest spośród nich najwyższa – osiąga wysokość 2,5 m. Z kolei *S. cana* i *S. crenata* są krzewami rosnącymi do około 1 m, przy czym pierwsza z wymienionych osiągnie tę wysokość po wielu latach uprawy. Dzięki temu taksony te można zestawić rzędowo na pasach rozdziału dróg, umieszczając *S. henryi* w drugim lub trzecim szeregu roślin. Dodatkowo omawiane rośliny można wykorzystać do stworzenia krzewiastego klombu na wzór kompozycji propagowanych niegdyś w Polsce przez Izabelę Czartoryską (CZARTORYSKA 1805, MAJDECKI 1978). Wówczas najwyższe krzewy znajdują się w centrum kolistego zestawienia, a coraz to niższe na jego zewnętrznych obrysach. Taki układ roślin może znaleźć zastosowanie w planowaniu zieleni na miejskich skwerach i zieleńcach, przy czym nie musi się on ograniczać wyłącznie do tawuł.

Efektywność pochłaniania cząstek pyłów PM_{2,5} przez aparaty szparkowe zależy od ich rozmiarów oraz zagęszczenia na powierzchni blaszek. Zagęszczenie, według SIMON i IN. (2014), powinno mieścić się w przedziale od 237 do 757 mm⁻², aby aparaty szparkowe mogły skutecznie przechwytywać pyły. Spośród 39 przebadanych taksonów, 27 ma zagęszczenie aparatów z tego zakresu: *S. alba* var. *latifolia*, *S. bella*, *S. blumei*, *S. canescens*, *S. cantoniensis*, *S. chamaedryfolia*, *S. crenata*, *S. dasyantha*, *S. decumbens*, *S. douglasii* var. *menziesii*, *S. fritschiana*, *S. hayatana*, *S. humilis*, *S. japonica*, *S. media*, *S. miyabei*, *S. mollifolia*, *S. nipponica*, *S. pubescens*, *S. rosthornii*, *S. salicifolia*, *S. sargentiana*, *S. splendens*, *S. trichocarpa*, *S. uratensis*, *S. ussuriensis*, *S. wilsonii*. Z kolei 7 taksonów odznacza się niewystarczającym zagęszczeniem: *S. betulifolia*, *S. gemmata*, *S. henryi*, *S. hypericifolia*, *S. lasiocarpa*, *S. trilobata* i *S. veitchii*. Pięć tawuł (*S. alba*, *S. formosana*, *S. longigemmis*, *S. prunifolia* i *S. thunbergii*) cechuje się większym zagęszczeniem aparatów

szparkowych od zakresu wskazanego przez SIMON i IN. (2014). Także gatunki z liśćmi amfistomatycznymi (*S. crenata*, *S. lasiocarpa* i *S. hypericifolia*) mają stronę doosiową z niewielkim zagęszczeniem aparatów szparkowych i w związku z tym nie spełniają tego kryterium.

LIANG i IN. (2016) analizując rozmiary aparatów szparkowych wykazali, że dużą skutecznością w akumulacji cząstek pyłów PM_{2,5} odznaczają się te o długości z przedziału od 20 do 192 μm , a aparaty o długości od 10 do 25 μm , wg CHEN i IN. (2017), nie są efektywne w tym zadaniu. Można zatem przyjąć, że przedział od 25 do 192 μm stanowi optimum, którym powinny się cechować taksony przeznaczone dla celów fitoremediacji powietrza. W tej grupie znalazły się tylko dwa taksony – *S. gemmata* ze średnią długością 26,5 μm i *S. uratensis* ze średnią 26,1 μm . Warto w tym miejscu nadmienić, że stwierdzono słabą zależność między wielkością blaszki a liczbą i rozmiarami aparatów szparkowych. Niekiedy tawuły o drobnych liściach charakteryzują się szczególnie dużymi aparatami szparkowymi. Przykładem może być *S. thunbergii* o średniej liczbie 1244 (± 118) na mm^2 i średniej powierzchni liści 175 mm^2 (± 19) oraz *S. longigemmis* o zbliżonej liczbie aparatów – 1180 (± 192) na mm^2 , ale przy 10-krotnie większej powierzchni liści – 1834 mm^2 (± 336).

Z interpretacji zebranych danych wynika, że tylko *S. uratensis* spełnia kryterium wielkości i zagęszczenia aparatów szparkowych. Tawuła ta jest całkowicie nieznana w praktyce ogrodniczej. Na jej korzyść (z punktu widzenia uprawy w mieście) przemawia pochodzenie z północnych Chin, z prowincji Gansu i Regionu Autonomicznego Mongolii Wewnętrznej (LU i CRINAN 2003). Zatem jej ojczyzną jest obszar, który według klasyfikacji klimatów Köppena-Geigera (PEEL i IN. 2007) należy do strefy suchej pustynnej zimnej oraz suchej stepowej zimnej. Dla przykładu roczny opad dla Mongolii Wewnętrznej z lat 1961–2009 wynosi od 162,8 do 299,6 mm (WANG i IN. 2013), przy opadach 538,9 mm dla Poznania (średnia za okres 1991–2020; SZOKALSKA (2022)). Średnia roczna temperatura dla Mongolii Wewnętrznej w ostatnich dekadach kształtowała się w przedziale od -5° do $5,1^\circ\text{C}$ (HU i IN. 2015, LIU i IN. 2016), tymczasem dla Poznania wartość ta wynosi $9,4^\circ\text{C}$ (lata 1991–2020; SZOKALSKA 2022). Z danych tych wynika, że *S. uratensis* powinna nadawać się do uprawy w Poznaniu, także w warunkach stresowych z okresowym niedoborem wody.

Z punktu widzenia prawidłowego funkcjonowania organizmów roślinnych otrzymany rezultat dla przebadanych taksonów jest pozytywny. Wiąże się to z tym, że krzewy w przestrzeni miejskiej nie będą narażone na obniżenie ich funkcji życiowych. Jak dowodzą badania HIRANO i IN. (1995), MORADIEGO i IN. (2017), SETTA (2017), CHAUDHARY’EGO i RATHORE’A (2019), NAWAZA i IN. (2022) i in., pyły wnikały do wnętrza liści przez aparaty

szparkowe oraz cząstki, które zatykają szparki, wpływają na ich zmniejszoną przewodność, tempo fotosyntezy, intensywność transpiracji, a także wywołują wzrost temperatury liści. Niespełnianie zatem tych kryteriów wpływa na lepszy wzrost roślin oraz ich zdrowotność w perspektywie potencjalnej wieloletniej uprawy w mieście. Rozpatrując jednak zagadnienie z punktu widzenia fitoremediacji powietrza, należy taki wynik taktować jako niekorzystny. Stosując świadomie rośliny jako filtr dla zanieczyszczeń, przedkładamy nasze zdrowie ponad kondycję roślin. Nawet jeśli pochłanianie pyłów przez aparaty szparkowe danej rośliny na przestrzeni na przykład kilkunastu lat przyczyniłoby się do znacznego osłabienia jej wzrostu i rozwoju, to jest to koszt jaki warto ponieść. Cząstki, które zostaną unieruchomione przez rośliny, nie wnikną do płuc człowieka. Jest to bardzo ważne, gdyż zanieczyszczenia powietrza PM_{2,5}, w porównaniu z PM₁₀ i PM₁₀₀, przekraczają w płucach barierę powietrze-krew i przedostają się do krwiobiegu. Przekłada się to m.in. na choroby układu krwionośnego (SICARD i IN. 2019), centralnego układu nerwowego (SRAM i IN. 2017) czy nawet układu rozrodczego (WANG i IN. 2021). Jeśli zajdzie więc potrzeba likwidacji osłabionych roślin, to jest to strata akceptowalna. Zwłaszcza, że rozmnażanie wegetatywne tawułów poprzez sadzonki jest szybkie i tanie. Nic nie stoi zatem na przeszkodzie, by rośliny przeznaczone do fitoremediacji wymieniać po nawet 15 latach. Przemawia za tym także znacznie prostsza technika prowadzenia prac w porównaniu z sadzeniem i usuwaniem drzew.

W oparciu o uzyskane wyniki można stwierdzić, że tawuły okażą się bardziej stabilną zdrowotnie grupą roślin do uprawy w przestrzeni miejskiej, za to mniej efektywną w wyłapywaniu cząstek pyłów PM_{2,5}. Przydatność *S. uratensis* do miast – w aspekcie fitoremediacji – wymaga dalszych badań.

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 1 września 2016 r. w sprawie sposobu prowadzenia oceny zanieczyszczenia powierzchni ziemi (DZ.U. 2016 POZ. 1395), dopuszczalna zawartość metali ciężkich w glebie jest różna, w zależności od sposobu użytkowania gruntów na danym terenie. Obszary zurbanizowane wraz z ich parkami i zieleńcami, zaliczane są do grupy I z dopuszczalną normą wynoszącą: Pb 200 mg kg⁻¹, Cd 2 mg kg⁻¹, Cr 200 mg kg⁻¹, Ni 150 mg kg⁻¹, Zn 500 mg kg⁻¹, Cu 200 mg kg⁻¹. Jednakże w opisie grupy widnieje adnotacja, że nie zalicza się do niej pasów ulic. W związku z tym należałoby je zaklasyfikować do grupy IV, która skupia tereny komunikacyjne, w tym drogi krajowe, tereny kolejowe oraz „inne tereny komunikacyjne”. Jednakże do grupy IV zalicza się także tereny przemysłowe i użytki kopalne, co sprawia, że dopuszczalne dla niej normy są bardzo wysokie i kształtują się następująco: Pb 600 mg kg⁻¹, Cd 15 mg kg⁻¹, Cr 1000 mg kg⁻¹, Ni 500 mg kg⁻¹, Zn 2000 mg kg⁻¹, Cu 600 mg kg⁻¹. Przeprowadzone badania dowiodły,

że na żadnym stanowisku uprawy tawuł nie została przekroczona dopuszczalna norma jakiegokolwiek z ww. pierwiastków już na poziomie grupy I. Do zaistniałego stanu rzeczy przyczynić mogło się kilka czynników. Przede wszystkim warto zaznaczyć, że nie są to stare (kilkudziesięcioletnie) założenia zieleni. Najprawdopodobniej tawuły, które rosną na badanych stanowiskach, zostały posadzone w częściowo wymienionej ziemi, co w praktyce ogrodniczej określane jest mianem zaprawiania dołu. Zatem w okresie ostatnich kilku do kilkunastu lat nie doszło do znaczącej akumulacji metali ciężkich w glebie analizowanych stanowisk. W przypadku ołowiu może to wynikać z faktu, że od 1 stycznia 2005 roku zakończono w krajowych rafineriach produkcję benzyny ołowiowej tzw. etyliny. Nie jest to jednak równoznaczne z tym, że paliwo jest całkowicie wolne od ołowiu. Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 9 października 2015 r. (Dz.U. 2015 POZ. 1680) w sprawie wymagań jakościowych dla paliw ciekłych, dopuszczalna maksymalna zawartość ołowiu w benzynie wynosi 5 mg/l. Stąd przy dużym natężeniu ruchu samochodowego nadal pewna ilość tego pierwiastka może przenikać do środowiska.

Według CIAZELA i SIEPAKA (2016) gleby przylegające do dróg wylotowych z Poznania, w odległości do 5 metrów od jezdni w jej przypowierzchniowej warstwie, mają największą zawartość Pb, Cd, Cr, Ni, Zn i Cu. Jak dodają wspomniani autorzy, czynnikiem, który zwiększa migrację metali ciężkich jest wiatr, stąd odległość ta może powiększać się wraz z jego kierunkiem.

Z punktu widzenia dbałości o środowisko miejskie, zieleń przyuliczna może stanowić remedium na zaleganie toksycznych metali w ziemi. Jedną z metod wykorzystywanych w procesie fitoremediacji gleby jest fitoekstrakcja pierwiastków za pomocą części nadziemnych roślin, które zbiera się z miejsca uprawy, a następnie utylizuje lub przeznaczają do procesów odzysku poszczególnych metali (KACPRZAK i FIJAŁKOWSKI 2020). MCGRATH i ZHAO (2003) nadmieniają, że o skuteczności fitoekstrakcji decydują dwa kluczowe czynniki: duża produkcja biomasy oraz współczynnik biokoncentracji wyższy od 1. Trudno oszacować masę liści lub też pędów tawuł różniących się siłą wzrostu i pokrojem, a co za tym idzie także biomasa przypadająca na m² powierzchni, ale warto zaznaczyć, że wiele z rozpoznanych hiperakumulatorów to rośliny zielne osiągające niewielkie rozmiary, jak np. *Thlaspi caerulescens*, *Arabidopsis halleri*, *Elsholtzia splendens* czy *Viola baoshanensis* (ENT i IN. 2013). Na ich tle produkcja biomasy analizowanych taksonów tawuł nie wypada źle, nawet w przypadku *S. densiflora*. Z kolei współczynnik biokoncentracji badanych gatunków jest wysoki, zwłaszcza chromu, jednakże taki stan biokumulacji stwierdzono przy niewielkiej zawartości metali ciężkich w glebie. Ekstrakcja pierwiastków jest silna, a przebadane krzewy

dobrze rokują pod kątem wykorzystania ich w procesach remediacyjnych gleby, ale nie jest to wystarczająca ilość danych by postrzegać je jako hiperakumulatory. Tym bardziej, że takson by móc zostać zaklasyfikowanym jako hiperakumulator i trafić do Global Hyperaccumulator Database, powinien zawierać w suchej masie liści: $> 100 \text{ mg kg}^{-1}$ kadmu, talu lub selenu, $> 300 \text{ mg kg}^{-1}$ kobaltu, miedzi lub chromu, $> 1000 \text{ mg kg}^{-1}$ niklu, arsenu, ołowiu lub pierwiastków ziem rzadkich, $> 3000 \text{ mg kg}^{-1}$ cynku lub $> 10\,000 \text{ mg kg}^{-1}$ manganu w warunkach wzrostu w swoim środowisku naturalnym (REEVES i IN. 2018). Problematiczne może wydawać się sformułowanie „środowisko naturalne” dla roślin będących kultywarami jak choćby *S. ×vanhouttei* i *S. ×cinerea* 'Grefsheim'. Ponadto rośliny będące fakultatywnymi hiperakumulatorami mogą pobierać niewielkie ilości metali ciężkich na swoich stanowiskach naturalnych, gdyż są one w nie ubogie, natomiast przeniesione na obszary silnie zanieczyszczone mogą wykazać znaczny potencjał remediacyjny. Zasadnym byłoby zatem przetestowanie tawuł na stanowiskach o bardzo wysokim stężeniu metali ciężkich pod kątem ich wzrostu i rozwoju, a zachowanie dobrej kondycji może świadczyć o ich przydatności do remediacji.

Warto także nadmienić, że metalami, które najczęściej zanieczyszczają gleby Poznania są cynk, ołów i miedź (UCHWAŁA Nr 4214/2017). W przypadku ołowiu, tylko *S. densiflora* oraz *S. nipponica* 'Snowmound' wykazują jego silną biokoncentrację o wartości BCF 1,75 każda. Z kolei *S. ×cinerea* 'Grefsheim' i *S. ×vanhouttei* słabo gromadzą ołów w swoich liściach – BCF 0,86 i 0,46. Tymczasem współczynnik biokoncentracji cynku i miedzi wszystkich przebadanych tawuł jest powyżej 1, z najwyższym BCF = 4,7 dla cynku u *S. ×cinerea* 'Grefsheim' i BCF = 2,65 dla miedzi u *S. densiflora*.

Stosowanie krzewów ozdobnych do remediacji gleb miejskich może okazać się zarówno praktyczne jak i estetyczne. Faktem jest, że zabiegi przycinania krzewów są powszechnie stosowane na terenach zieleni bez względu na to, czy wykorzystujemy je do ekstrakcji metali ciężkich z gleby czy też nie. Można zatem połączyć dbałość o aspekt dekoracyjny uprawianych roślin, który związany jest z ich cięciami pielęgnacyjnymi, z rozmyślnym procesem fitoremediacji. Przykładowo *S. densiflora*, która kwitnie na szczycie tegorocznych długopędów, i corocznie przeprowadza się u niej wiosenne przycinanie pędów. W wyniku zabiegu roślina wykształca liczne pędy odroślowe, co przekłada się na bardziej obfite kwitnienie. Możliwa jest celowa zmiana terminu cięcia z wiosennego na jesienny przed rozpoczęciem opadania liści. Przeprowadzone obserwacje fenologiczne określiły początek opadania liści u *S. densiflora* na koniec października lub na początku listopada. Spora część obumarłych liści utrzymuje się jednak na łodygach do około połowy lutego. Taka specyfika

rozwojowa tawuły pozwala na jej przycięcie w połowie października, w okresie stopniowego wchodzenia rośliny w stan spoczynku, co skutkuje znikomym ryzykiem aktywacji pąków spoczynkowych. Cięcie jesienne umożliwia z kolei usunięcie pędów z wyekstrahowanymi metalami ciężkimi ze stanowiska uprawy, a warto zaznaczyć, że zabieg taki będzie przekładał się na obfitsze kwitnienie w kolejnym sezonie wegetacyjnym.

W przypadku pozostałych trzech tawuł (*S. ×cinerea* 'Grefsheim', *S. ×vanhouttei*, *S. nipponica* 'Snowmound'), kwiatostany rozwijają się na krótkopędach bocznych wyrastających wzdłuż zeszłorocznych długopędów (*S. ×vanhouttei*, *S. nipponica* 'Snowmound') lub bezpośrednio na zeszłorocznych długopędach (*S. ×cinerea* 'Grefsheim'). Te taksony przycina się po kwitnieniu, w pierwszej połowie czerwca. Wówczas roślina zdąży w tym samym sezonie wegetacyjnym wytworzyć pędy, na których zawiąże pąki kwiatostanowe na przyszłoroczną wiosnę. U tych taksonów nie można cięcia przełożyć na termin jesienny, gdyż skutkowałby całkowitą utratą przyszłorocznych kwiatów. Jednakże dopasowanie terminu zbioru pędów z zakumulowanymi metalami do terminu cięcia krzewów zgodnego z praktyką ogrodniczą, również nie jest pozbawione założenia fitoremediacyjnego. Uzyskane wyniki wskazują, że nie zawsze koncentracja metali ciężkich w liściach jesienią jest większa aniżeli wiosną. Przykładowo, średnia zawartość ołowiu w liściach *S. nipponica* 'Snowmound' wyniosła wiosną 4,17 mg kg⁻¹ s.m. (przy zawartości w glebie na poziomie 1,95 mg kg⁻¹ s.m.; BCF 2,14), a jesienią w liściach 3,63 mg kg⁻¹ s.m. (w glebie 2,52 mg kg⁻¹ s.m.; BCF 1,44). Średnia zawartość kadmu w liściach *S. ×cinerea* 'Grefsheim' wiosną wyniosła 1,52 mg kg⁻¹ s.m. (w glebie 0,20 mg kg⁻¹ s.m.; BCF 7,82), a jesienią odpowiednio 1,04 mg kg⁻¹ s.m. i 0,22 mg kg⁻¹ s.m. (BCF 4,76). Obydwa przykłady wskazują, że w przypadku niektórych metali ciężkich i taksonów tawuły wiosenny zbiór ulistnionych pędów może być korzystniejszy od zbioru jesiennego. Niemniej specyfika rozwojowa poszczególnych gatunków tawuły umożliwia wykorzystanie obydwu terminów w celowym działaniu na rzecz oczyszczania gleby.

W oparciu o przeprowadzone doświadczenie można stwierdzić, że nie ma podstaw do uznania wybranych tawuły za hiperakumulatory. Są za to przesłanki w postaci dość wysokiego współczynnika biokoncentracji, które uzasadniają potrzebę kontynuowania badań związanych z określeniem ich pełnego potencjału fitoremediacyjnego. Niektóre miasta w Polsce mają w swych granicach lokalizacje odznaczające się wysokim stopniem zanieczyszczenia, co związane jest chociażby z przemysłową ich historią (STEINDOR i IN. 2016). Obecnie poszczególne z nich planują lub już realizują budowę osiedli mieszkaniowych na takowych gruntach, np. w Poznaniu są to tereny Fabryki Obrabiarek Specjalnych Wiepofama, Poznańskiego Zakładu Naprawczego Taboru Kolejowego, czy też Stomilu Poznań

lub Elektrociepłowni Garbary. Niekiedy działki przeznaczone pod zabudowę liczą od kilkunastu do kilkudziesięciu hektarów, więc nie sposób by deweloper wymienił wierzchnią warstwę gleby na całym jej obszarze. Stosowanie krzewów ozdobnych w celach remediacyjnych na terenach zieleni, może skutecznie łączyć potrzeby estetyczne mieszkańców z potrzebami dbałości o środowisko miejskie. Przy czym niekoniecznie krzewy te muszą mieć status hiperakumulatorów, gdyż możliwa jest w ich wypadku realizacja strategii opartej o mniejszą akumulację metali, ale dużą produkcję biomasy (YAN i IN. 2020). Warto zaznaczyć, że rodzaj *Spiraea* ma wielu przedstawicieli w polskich kolekcjach dendrologicznych i nie wykluczone, że niektóre gatunki mogą okazać się nad wyraz skuteczne w procesach fitoremediacji gleby. Szczególnie warto objąć badaniami taksony cechujące się korzystną budową liści pod kątem unieruchamiania na ich powierzchni zanieczyszczeń pyłowych. Podwójna funkcja jaką rośliny mogłyby pełnić, stanowiłoby niewątpliwie wartość dodaną dla obszarów zieleni miejskiej.

Na podstawie uzyskanych wyników analizy gleby można stwierdzić, że stopień zasolenia wybranych stanowisk uprawy tawułów w Poznaniu, Gdańsku i Lublinie nie przekłada się na nadmierny stres dla rosnących tam krzewów. Na żadnym z przebadanych stanowisk nie odnotowano uszkodzeń uprawianych tawułów spowodowanych wzrostem w zasolonym środowisku. Do takich KOMOSA (2012) zalicza niebieskawozielone, a następnie brunatniejące i zasychające liście, strzelisty pokrój, ograniczony wzrost organów nadziemnych, czy kruchość i łatwość opadania blaszek. Nie zaobserwowano także chlorozy liści oraz zamierających pędów, o których wspominają ŁUCZAK i IN. (2021) wymieniając uszkodzenia roślin spowodowane działaniem soli. Spośród 48 prób zmieszanych pobranych z lokalizacji na terenie Poznania, najwyższe zasolenie wyniosło $0,401 \text{ mS cm}^{-1}$, najniższe $0,163 \text{ mS cm}^{-1}$, podczas gdy średnia wartość to $0,246 \text{ mS cm}^{-1}$. Z kolei dla Lublina najwyższe wartość EC, to $0,530 \text{ mS cm}^{-1}$, najniższa $0,190 \text{ mS cm}^{-1}$, a średnia $0,257 \text{ mS cm}^{-1}$. Tymczasem dla Gdańska jest to odpowiednio $0,471 \text{ mS cm}^{-1}$, $0,124 \text{ mS cm}^{-1}$ oraz $0,236 \text{ mS cm}^{-1}$. Wyniki te są kilkukrotnie niższe od wartości przy jakich u tawułów występowały uszkodzenia w eksperymentach przeprowadzonych przez MAROSZA (2004) oraz SUN i IN. (2020). Są one także zbliżone do siebie we wszystkich trzech miastach, zarówno pod względem stopnia zasolenia jak i odczyn gleby, przy czym zaznacza się wyraźna alkalizacja podłoża. Na 8 stanowisk uprawy tawułów w Lublinie i 8 w Gdańsku, aż 14 ma zasadowy odczyn gleby, pozostałe z kolei obojętne. W Poznaniu 10 (z 12 lokalizacji) ma odczyn alkaliczny, a 2 cechują się odczynem obojętnym. Takie właściwości gleby odnotowano również w badaniach przeprowadzonych na terenie Kielc, Krakowa i Warszawy (BACH i IN. 2006, DUSZA-DOBEK 2012, WIDŁAK 2020). Jest

to niewątpliwie cecha charakterystyczna gruntów aglomeracji miejskich, która (jak tłumaczą CZARNOWSKA 1995 i BREŚ 2008) wynika z opadania pyłów zasadowych pochodzących z emisji niskiej, zasolenia oraz z domieszki gruzów wapniowych.

Brak w literaturze szczegółowych zaleceń dotyczących wymagań uprawowych tawułów w zakresie odczynu gleby, ogranicza interpretację wyników. Do tej pory opublikowano rezultat tylko jednego eksperymentu dokumentującego wzrost dwóch amerykańskich gatunków (*S. alba*, *S. tomentosa*) w glebach o różnym odczynie (MICKELBART i IN. 2012). Autorzy sprawdzili wzrost, zawartość składników pokarmowych w liściach oraz stopień ich zazielenienia dla trzech kombinacji pH (w H₂O) – 6, 6,5 oraz 7 – przy czym poinformowali, że gleba na ich stanowiskach naturalnych ma pH w zakresie od 4 do 6. W przytoczonym badaniu wykazano, że przy najwyższym analizowanym pH, rośliny były niższe i węższe od krzewów z pozostałych wariantów, choć waga ich liści oraz stopień ich zazielenienia był taki sam jak w pozostałych kombinacjach. Wraz ze wzrostem pH zmniejszyła się także zawartość niektórych składników pokarmowych w blaszkach (N, K, Zn, Mn). Obydwie tawuły oceniono jako gatunki, które dobrze funkcjonują poza swoim optimum tj. glebą w obszarze ich naturalnego zasięgu występowania.

Warto zwrócić uwagę na fakt, że najniższe odnotowane pH gleby na stanowiskach uprawy tawułów w Poznaniu wyniosło 6,96, najwyższe 8,51, a średnia wartość to 7,69. Z kolei dla Lublina było to odpowiednio 7,36, 8,09 i 7,76, a dla Gdańska 7,28, 8,40 i 7,96. Za optimum dla większości roślin uprawnych, w tym użytkowych i ozdobnych, przyjmuje się pH (w H₂O) w zakresie od 6 do 6,5 (KOMOSA 2012). Wynikałoby z tego, że gleby miejskie nie są najlepszym środowiskiem dla wzrostu roślin, a stworzenie korzystniejszych warunków wymagałoby celowego ich zakwaszenia. Poprawę sytuacji można uzyskać wprowadzając coroczną aplikację nawozów siarkowych, które w perspektywie czasu wpłynęłyby na obniżenie odczynu gleby (FILIPEK-MAZUR i IN. 2018). Obligowałoby to jednak instytucje publiczne do wygosparowania dodatkowych nakładów finansowych na ten cel lub też redystrybucji już posiadanych środków. Możliwym rozwiązaniem jest także dobór gatunków, które naturalnie występują na gruntach od odczynu obojętnym i zasadowym. Analizując odczyn gleb terytorium Chin, można zauważyć, że znajduje się tam bardzo rozległy obszar o pH (w H₂O) w zakresie od 7,2 do 8,5 (SHANGGUAN i IN. 2013). Teren ten przypada na prowincje Szantung, Henan, Shanxi, Shaanxi, Gansu, Region Autonomiczny Mongolii Wewnętrznej, Qinghai, Sinciang i Tybet, co stanowi łącznie około połowę powierzchni kraju. Na tak rozległym terenie znajdują się stanowiska naturalne wielu tawułów (LU i CRINAN 2003), w tym aż 15, które zgromadzono w polskich kolekcjach dendrologicznych. Są to: *S. blumei*, *S. canescens*,

S. chinensis, *S. dasyantha*, *S. fritschiana*, *S. henryi*, *S. hypericifolia*, *S. longigemmis*, *S. media* var. *sericea*, *S. pubescens*, *S. rosthornii*, *S. trilobata*, *S. uratensis*, *S. veitchii*, *S. wilsonii*. Zbiór ten stanowi potencjalną bazę roślin do wykorzystania na terenach miejskich bez ponoszenia kosztów związanych z regulacją odczynu gleby oraz z jego utrzymywaniem na odpowiednim poziomie.

6. Podsumowanie i wnioski

Przyjęta hipoteza badawcza zakładająca możliwość zastosowania na terenach zieleni miejskiej niewykorzystywanych do tej pory tawuł została zweryfikowana pozytywnie. Wiele gatunków odznacza się znacznymi walorami dekoracyjnymi, a przy tym wykazuje odporność na suszę jak również korzystny układ cech budowy epidermy pod kątem retencji i absorpcji zanieczyszczeń pyłowych. Przedstawiciele *Spiraea* również korzystnie rokują pod kątem wykorzystywania ich w procesie fitoremediacji gleby. Uzyskane wyniki, a szczególnie sporządzony na ich podstawie kalendarz kwitnienia (ryc. 21 str. 117), posłużyły do zebrania w tabeli 59 (str. 124) najcenniejszych informacji o możliwości zastosowania tawuł na terenach zieleni. W oparciu o rezultaty przeprowadzonych badań sformułowano następujące wnioski:

1. Ze względu na najdłuższe kwitnienie oraz dekoracyjne jesienne wybarwienie liści *Spiraea alba* var. *latifolia*, *S. japonica* f. *albiflora* i *S. salicifolia* uznano najatrakcyjniejszymi tawułami. Taksonami równie długo kwitnącymi są: *S. chinensis*, *S. douglasii* var. *menziesii*, *S. prunifolia* i *S. wilsonii*, z kolei najbardziej atrakcyjnymi jesienną kolorystyką liśćmi są także: *S. alba*, *S. canescens*, *S. fritschiana*, *S. japonica*, *S. mollifolia*, *S. nipponica*, *S. pubescens* i *S. trichocarpa*.
2. *Spiraea betulifolia*, *S. humilis*, *S. media*, *S. media* var. *sericea* i *S. prunifolia* nie zaleca się uprawiać na terenach zieleni bez systemu nawadniania. Te tawuły – spośród 34 taksonów objętych obserwacjami fenologicznymi – odznaczyły się znaczną podatnością na suszę.
3. Dla terenów zieleni, zwłaszcza ciągów komunikacyjnych, rekomenduje się szczególnie *Spiraea cana*, *S. crenata* i *S. henryi*. Są to tawuły długo kwitnące, odporne na suszę, a przede wszystkim o najkorzystniejszym układzie cech budowy epidermy liści (pokrycie włoskami, obecność woskowych struktur krystalicznych oraz pofałdowanie powierzchni) w aspekcie fitoremediacji powietrza.
4. Zagęszczenie aparatów szparkowych oraz ich wielkość wskazuje na *Spiraea uratensis* jako takson mogący efektywnie zatrzymywać zanieczyszczenia pyłowe przy ich udziale.
5. Przebadane taksony spełniają podstawowe wymagania stawiane roślinom wykorzystywanym do procesów fitoremediacji gleby, zwłaszcza do fitoekstrakcji chromu. Konieczne jest jednak przeprowadzenie dalszych badań, które udokumentują możliwość uprawy tawuł w glebie o dużej zawartości metali ciężkich.
6. Stopień zasolenia gleby przebadanych stanowisk uprawy tawuł nie stanowi zagrożenia dla rosnących tam krzewów.
7. Większość stanowisk uprawy tawuł odznacza się zasadowym odczynem gleby, która choć nie optymalna dla wzrostu wielu gatunków roślin nadaje się do uprawy szeregu tawuł,

zwłaszcza: *S. blumei*, *S. canescens*, *S. chinensis*, *S. dasyantha*, *S. fritschiana*, *S. henryi*,
S. hypericifolia, *S. longigemmis*, *S. media* var. *sericea*, *S. pubescens*, *S. rosthornii*,
S. trilobata, *S. uratensis*, *S. veitchii* i *S. wilsonii*.

7. Literatura

- ABBAS Q., QURESHI R., NAQVI A., KHAN S. W., HUSSAIN I. (2013). Floristic inventory and ethnobotanical study of the Naltar valley (Karakoram range), Gilgit, Pakistan. *Pakistan Journal of Botany* 45 (SI): 269-277
- ABRAMS L. (1944): *An illustrated flora of the Pacific States: Washington, Oregon, and California* vol. 2. Stanford University Press, Stanford
- AITON W. (1789): *Hortus Kewensis, or, A catalogue of the plants cultivated in the Royal Botanic Garden at Kew* vol. 2, Octandria – Monadelphia. Printed for George Nicol, Bookseller to his Majesty, London
- ALLOWAY B. J. (2013). Sources of heavy metals and metalloids in soils. W: Alloway, B. J. (red.), *Heavy Metals in Soils*. Environmental Pollution 22, Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4470-7_2
- AMIN H., ARAIN B. A., ABBASI M. S., AMIN F., JAHANGIR T. M., SOOMRO N. U. (2019): Evaluation of chromium phyto-toxicity, phyto-tolerance, and phyto-accumulation using biofuel plants for effective phytoremediation. *International Journal of Phytoremediation* 21 (4):352-363, <https://doi.org/10.1080/15226514.2018.1524837>
- AN D., DU Y., BERNDTSSON R., NIU Z., ZHANG L., YUAN F. (2020): Evidence of climate shift for temperature and precipitation extremes across Gansu Province in China. *Theoretical and Applied Climatology* 139: 1137–1149, <https://doi.org/10.1007/s00704-019-03041-1>
- BÅÅTH, E. (1989): Effects of heavy metals in soil on microbial processes and populations (a review). *Water, Air, & Soil Pollution* 47: 335–379, <https://doi.org/10.1007/BF00279331>
- BACH A., PAWŁOWSKA B., KRAUS D., MALINOWSKA Z., PNIAK M., BARTYŃSKA M. (2006): Reakcja roślinności drzewiastej pasów przydrożnych Krakowa na zasolenie i pH gleby. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 510: 39-48
- BAKOLIS I., HAMMOUD R., STEWART R., BEEVERS S., · DAJNAK D., · MACCRIMMON S., BROADBENT M., · PRITCHARD M., · SHIODE N., · FECHT D., · GULLIVER J., · HOTOPF M., HATCH S. L., · MUDWAY I. S. (2021): Mental health consequences of urban air pollution: prospective population-based longitudinal survey. *Social Psychiatry and Psychiatric Epidemiology* 56: 1587–1599, <https://doi.org/10.1007/s00127-020-01966-x>
- BALLESTER F., MEDINA S., BOLDO E., GOODMAN P., NEUBERGER M., IÑIGUEZ C., KÜNZLI N., APHEIS NETWORK (2008): Reducing ambient levels of fine particulates could substantially improve health: a mortality impact assessment for 26 European cities. *Journal of Epidemiology and Community Health* 62 (2): 98-105, <https://doi.org/10.1136/jech.2007.059857>
- BARKALOV V. Y. (2009): *Flora of the Kuril Islands*. Dalnauka, Vladivostock, ISBN 978-5-8044-1009-5
- BARRELIER J. (1714): *Plantae per Galliam, Hispaniam et Italiam observatae, iconibus aeneis exhibitae a R. P. Jacobo Barreliro*. Apud Stephanum Ganeau, via Jacobaea, Parisiis
- BARTHLOTT W., EHLER N. (1977): Raster-Elektronenmikroskopie der Epidermis-Oberflächen von Spermatophyten. *Tropische und Subtropische Pflanzenwelt, Akademie der Wissenschaften und der Literatur* 19: 367–467
- BELIS C. A., KARAGULIAN F., LARSEN B. R., HOPKE P. K. (2013): Critical review and metaanalysis of ambient particulate matter source apportionment using receptor models in Europe. *Atmospheric Environment* 69: 94-108, <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2012.11.009>

- BIAŁOBOK S., HELLWIG Z. (red.) (1955): Drzewoznawstwo. Wyd. 1. PWRiL, Warszawa
- BIAŁOBOK S. (1971): O naukowej i praktycznej roli badań fenologicznych w ogrodach botanicznych i arboretach. W: S. Pieniżek (red.): Fenologia i jej praktyczne wykorzystanie. Materiały z obrad Zjazdu Fenologicznego. Kraków 15-16 czerwca 1970. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych 120: 83-91
- BIELAWSKA A., GÓRSKA M. (1961): Obserwacje uszkodzeń mrozowych powstałych w zimie 1955/56 r. w Ogrodzie Botanicznym UAM w Poznaniu. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu im. A. Mickiewicza, Biologia 3: 67-96
- BIELAWSKA A., GÓRSKA M. (1966): Wpływ ostrej zimy roku 1962/63 na drzewa i krzewy aklimatyzowane w Ogrodzie Botanicznym im. A. Mickiewicza w Poznaniu. Prace Komisji Biologicznej 26 (4): 3-28
- BLANCHARD E. (1871): Les récentes explorations de la Chine: voyage de Pékin A L'ourato en Mongolie. Revue Des Deux Mondes 92 (2): 368–394
- BLUME C. L. (1826): Bijdragen tot de flora van Nederlandsch Indië. Ter Lands Drukkerij, Batavia
- BŁOCKI B. (1892): Ein Beitrag zur Flora von Ost-Galizien. Deutsche botanische Monatschrift: Organ für Floristen, Systematiker und alle Freunde der heimischen Flora 10: 104-111
- BOIM A. G. F., MELO L. C. A., MORENO F. N., ALLEONI L. R. F. (2016): Bioconcentration factors and the risk concentrations of potentially toxic elements in garden soils. Journal of Environmental Management 170: 21-27, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.01.006>
- BORKHAUSEN M. B. (1803): Theoretisch-praktisches Handbuch der Forstbotanik und Forsttechnologie. Georg Friedrich Heyer, Giessen und Darmstadt
- BOROWSKI J., LATOCHA P. (2006): Dobór drzew i krzewów do warunków przyulicznych Warszawy i miast centralnej Polski. Rocznik Dendrologiczny 54: 83-93
- BOSIACKI M., BEDNORZ L., FEDEŃCZAK K., GÓRECKI T., MIZGAJSKI A., PONIŻY L., SPIŻEWSKI T. (2021): Soil quality as a key factor in producing vegetables for home consumption – a case study of urban allotments in Gorzów Wielkopolski (Poland). Agronomy 11 (9): 1836. <https://doi.org/10.3390/agronomy11091836>
- BRADLEY R. (1728): Dictionarum Botanicum: or, a Botanical Dictionary for the use of the curious in husbandry and hardening vol. 2. Printed for T. Woodward at the Half-Moon over-against St. Dunstan's-Church in Fleetstreet, and J. Peele at Locke's-Head in Pater-Noster-Row, London
- BREŚ W. (2008): Czynniki antropopresji powodujące zamieranie drzew w krajobrazie miejskim. Nauka Przyroda Technologie 2 (4): 1-8
- BROUILLET L. (red.) (2014): Flora of North America, North of Mexico vol. 9. *Magnoliophyta: Picramniaceae to Rosaceae*. Oxford University Press, New York, ISBN 978-0195340297
- BUGAŁA W. (2000): Drzewa i krzewy. Wyd. 3. PWRiL, Warszawa. ISBN 83-09-01724-3
- BUNGE A. (1833): Enumeratio Plantarum, quas in China boreali collegit. Mémoires présentés à l'Académie impériale des Sciences de St. Petersbourg par divers Savans et dans ses assemblées 2: 75-148
- BUOLI M., GRASSI S., CALDIROLI A., CARNEVALI G. S., MUCCI F., IODICE S., CANTONE L., PERGOLI L., BOLLATI V. (2018): Is there a link between air pollution and mental disorders? Environment International 118: 154-168, <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.05.044>

- BUSINSKÝ R., BUSINSKÁ L. (2002): The genus *Spiraea* in cultivation in Bohemia, Moravia and Slovakia. *Acta Pruhoniana* 72: 1–165
- BUSINSKÝ R. (2011): Review of Chinese *Spiraea* (Rosaceae, Spiraeoideae) with simple inflorescences. *Novon: A Journal for Botanical Nomenclature* 21 (3): 299-316
- BYUNG-YUN S., KIM T. J., KIM C. H. (1997): A biosystematic study on polyploid populations of the genus *Spiraea* (Rosaceae) in Korea. *Journal of Plant Biology* 40: 291–297, <https://doi.org/10.1007/BF03030463>
- CAMARGO M. A. B., MARENCO R. A. (2011): Density, size and distribution of stomata in 35 rainforest tree species in Central Amazonia. *Acta Amazonica* 41: 205-212, <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672011000200004>
- CAMBESSEDES J. (1824): Monographie du genre *Spiraea*. *Annales des sciences naturelles* 1: 225-243, 352-392
- CANDOLLE DE A. P. (1825): *Prodromus systematis naturalis regni vegetabilis* 2. Treuttel & Würtz, Argentorati et Londini: 541-546
- CHABUKDHARA M., NEMA A. K. (2013): Heavy metals assessment in urban soil around industrial clusters in Ghaziabad, India: Probabilistic health risk approach. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 87: 57-64, <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2012.08.032>
- CHARKEVICZ S. S. (red.) (1996): *Plantae vasculares orientis extremi sovietici* 8. Nauka, Sankt-Peterburg, ISBN 5-02-026047-9
- CHAUDHARY I. J., RATHORE D. (2019): Dust pollution: its removal and effect on foliage physiology of urban trees. *Sustainable Cities and Society* 51 (101696), <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101696>
- CHEN J., YANG Z. M. (2012): Mercury toxicity, molecular response and tolerance in higher plants. *Biometals* 25: 847–857, <https://doi.org/10.1007/s10534-012-9560-8>
- CHEN L., LIU C., ZHANG L., ZOU R., ZHANG Z. (2017): Variation in tree species ability to capture and retain airborne fine particulate matter (PM_{2.5}). *Scientific Reports* 7: 3206, <https://doi.org/10.1038/s41598-017-03360-1>
- CIAZELA J., SIEPAK M. (2016): Environmental factors affecting soil metals near outlet roads in Poznań, Poland: impact of grain size, soil depth, and wind dispersal. *Environmental Monitoring and Assessment* 188: 323: <https://doi.org/10.1007/s10661-016-5284-5>
- CLUSIUS C. (1601): *Aulae quondam familiaris, Rariorum Plantarum Historia*. Officina Plantiniana, Antuerpiae
- CULLEN J., ALEXANDER J.C.M., BRADY A., BRICKEL C.D., GREEN P.S., HEYWOOD V.H., JØRGENSEN P.M, JURY S.L., KNEES S.G., LESLIE A.C., MATTHEWS V.A., ROBSON N.K.B., WALTERS S.M., WIJNANDS D.O., YEO P.F. (1995): *The european garden flora* vol. 4. *Dicolyledons (Part II)*. Cambridge University Press, Cambridge, ISBN 0-521-42095-4
- CZARNOWSKA K. (1995): Gleby i rośliny w środowisku miejskim. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 418: 111-115
- CZARTORYSKA I. (1805): *Myśli różne o sposobie zakładania ogrodów*. Drukiem Wilhelma Bogumiła Korna, Wrocław
- CZERNAWSKA-KUSZA I., KUSZA G., DUŻYŃSKI M. (2004): Effect of deicing salts on urban soils and health status of roadside trees in the Opole region. *Environmental Toxicology* 19 (4): 296-301, <https://doi.org/10.1002/tox.20037>
- DANILOVA N. S. (red.) (2017): *Krasnaya kniga Respubliki Sakha (Yakutiya)* 1. Izdatel'stvo Reart, Moskva. ISBN 978-5-906930-88-0

- DAVIS P. H. (red.) (2001): Flora of Turkey and East Aegean Islands vol. 4. Edinburgh University Press, Edinburgh, ISBN 0-85224-208-5
- DIELS L. (1900): Die Flora von Central-China. Botanische Jahrbücher für Systematik, Pflanzengeschichte und Pflanzengeographie 29 (3-4): 321-576
- DIPPEL L. (1893): Handbuch der Laubholzkunde. Beschreibung der in Deutschland heimischen und im Freien kultivierten Bäume und Sträucher. Verlag von Paul Parey, Berlin
- DMUCHOWSKI W., BACZEWSKA-DĄBROWSKA A., GOZDOWSKI D., BRĄGOSZEWSKA P. (2013): Effect of salt stress on the chemical composition of leaves of different tree species in urban environment. Fresenius Environmental Bulletin 22 (4): 987-994
- DON D. (1825): Prodromus Florae Nepalensis. Veneunt Apud J. Gale, Londini: 227-228
- DON G. (1832): A general history of the dichlamydeous plants 2. J.G. and F. Rivington, London
- DRÁBKOVÁ L. Z., POSPÍŠKOVÁ M., BUSINSKÝ R., (2017): Phylogeny and infrageneric delimitation in *Spiraea* (Rosaceae) inferred from AFLP markers and a comparison with morphology. Botanical Journal of the Linnean Society 185 (4): 525-541, <https://doi.org/10.1093/botlinnean/box071>
- DU ROI J. P. (1772): Die Harbkesche wilde Baumzucht theils Nordamerikanischer und anderer fremder: theils einheimischer Bäume, Sträucher und Strauchartigen Pflanzen, nach den Kennzeichen der Anzucht, den Eigenschaften und der Benutzung. Verlage de Fürstl, Waisenhaus-Buchhandlung, Braunschweig
- DUDEK A. (2000): Rytmyka sezonowa gatunków z rodzaju *Malus* Mill. występujących w kolekcjach Ogrodu Botanicznego UAM. Praca magisterska, Księgozbiór Ogrodu Botanicznego UAM w Poznaniu, sygn. D11
- DUFFUS J. H. (2002): "Heavy metals" a meaningless term? (IUPAC Technical Report). Pure and Applied Chemistry 74 (5): 793-807, <http://dx.doi.org/10.1351/pac200274050793>
- DUSZA-DOBEK A. (2012): Badania geochemiczne gleb w wybranych parkach Warszawy. Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego 450: 35-46
- DZIERŻANOWSKI K., POPEK R., GAWROŃSKA H., SÆBØ A., GAWROŃSKI S. W. (2011): Deposition of particulate matter of different size fractions on leaf surfaces and in waxes of urban forest species. International Journal of Phytoremediation 13 (10): 1037-1046, <https://doi.org/10.1080/15226514.2011.552929>
- ENT A., BAKER A. J. M., REEVES R. D., POLLARD A. J., SCHAT H. (2013): Hyperaccumulators of metal and metalloid trace elements: facts and fiction. Plant Soil 362: 319-334, <https://doi.org/10.1007/s11104-012-1287-3>
- EQUIZA M. A., CALVO-POLANCO M., CIRELLI D., SEÑORANS J., WARTENBE M., SAUNDERS C., ZWIĄZEK J. J. (2017): Long-term impact of road salt (NaCl) on soil and urban trees in Edmonton, Canada. Urban Forestry & Urban Greening 21: 16-28, <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.11.003>
- FAUSTINI A., STAFOGGIA M., BERTI G., BISANTI L., CHIUSOLO M., CERNIGLIARO A., MALLONE S., PRIMERANOE R., SCARNATO C., SIMONATO L., VIGOTTI M. A., FORASTIERE F. (2011): The relationship between ambient particulate matter and respiratory mortality: a multi-city study in Italy. European Respiratory Journal 38: 538-547, <https://doi.org/10.1183/09031936.00093710> 2011
- FAYIGA A. O., MA L. Q., CAO X., RATHINASABAPATHI B. (2004): Effects of heavy metals on growth and arsenic accumulation in the arsenic hyperaccumulator *Pteris vittata* L. Environmental Pollution, 132 (2): 289-296, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2004.04.020>

- FILIPEK-MAZUR B., TABAK M., GORCZYCA O., BOBOWIEC A. (2018): Oddziaływanie nawozów mineralnych zawierających siarkę na właściwości chemiczne gleby. *Fragmenta Agronomica* 35 (3): 55-65, <https://doi.org/10.26374/fa.2018.35.29>
- FISCHER G., NACHTERGAELE F. O., VELTHUIZEN H. T., CHIOZZA F., FRANCESCHINI G., HENRY M., MUCHONEY D., TRAMBEREND S. (2021): *Global Agro-Ecological Zones v4 – Model documentation*. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cb4744en>
- FORBES F. B., HEMSLEY W. B. (1886-1888): *The Journal of the Linnean Society, Botany* 23, London
- FRANCHET A. R. (1883): *Plantae Davidianae ex Sinarum Imperio 1. Plantes de la Mongolie Chinoise*. W: MASSON G. (red.): *Nouvelles archives du Muséum D'histoire Naturelle* 2 (5), Librairie de l'Académie de Médecine, Paris: 153-272
- FRANCHET A. R. (1885): *Plantae Davidianae ex Sinarum Imperio 2. Plantes du Thibet oriental*. W: MASSON G. (red.): *Nouvelles archives du Muséum D'histoire Naturelle* 2 (8), Librairie de l'Académie de Médecine, Paris: 183-254
- FRANCHET A.R., DELAVAY J.M. (1889): *Plantae Delavayanae*. P. Klincksieck, Paris
- GALUSZKA A., MIGASZEWSKI Z. M., PODLASKI R., DOŁĘGOWSKA S., MICHALIK A. (2011): The influence of chloride deicers on mineral nutrition and the health status of roadside trees in the city of Kielce, Poland. *Environmental Monitoring and Assessment* 176 (1-4): 451-464, <https://doi.org/10.1007/s10661-010-1596-z>
- GARG V. K., YADAV P., MOR S., SINGH B., PULHANI V. (2014): Heavy metals bioconcentration from soil to vegetables and assessment of health risk caused by their ingestion. *Biological Trace Element Research* 157: 256–265, <https://doi.org/10.1007/s12011-014-9892-z>
- GARMENDIA F. M., NAVARRO C. (1998): *Flora Iberica vol. 6, Rosaceae*. Real Jardín Botánico, CSIC, Madrid. ISBN 84-00-07777-6
- GAWROŃSKI S. W., GAWROŃSKA H., LOMICKI S., SÆBØ A., VANGRONSVELD J. (2017): Plants in air phytoremediation. W: Cuypers A., Vangronsveld J. (red.): *Advances in Botanical Research* 83, Academic Press: 319-346, ISBN 9780128028537, <https://doi.org/10.1016/bs.abr.2016.12.008>
- GLEASON H. A., CORONQUIST A. (1991): *Manual of vascular plants of northeastern United States and adjacent Canada*. Second edition, The New York Botanical Garden Press, New York, ISBN 978-0-89327-365-1
- GLEDHILL D. (2002): *The names of plants*. Third Edition. Cambridge University Press, New York, ISBN 0-511-06141-2
- GMELIN J. G. (1747): *Flora Sibirica Sive Historia Plantarum Sibiriae 1. Ex Typographia Academiae Scientiarum, Petropoli*
- GRAY A. (1873): *Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences* 8. Boston and Cambridge: Welch, Bigelow, and Company
- GRAY S. F. (1821): *A natural arrangement of british plants, according to their relations to each other vol. 2*. Printed for Baldwin, Cradock, and Joy, Paternoster-row, London: 588-589
- GREENMAN J. M. (1898): Some new and other noteworthy plants of the Northwest. *Botanical Gazette* 25 (4): 261-269
- GRIERSON A. J. C., LONG D. G. (1987): *Flora of Bhutan. Including a record of plants from Sikkim* 1 (3). Royal Botanic Garden, Edinburgh, ISBN 0-9504270-6-3
- HAINES A. (2011): *Flora Novae Angliae. A manual for the identification of native and naturalized higher vascular plants of New England*. Yale University Press, New Haven and London, ISBN 978-0-300-17154-9

- HARMATA W. (1995): Fenologia ogólna. Uniwersytet Jagielloński, Kraków, ISBN 83-233-0869-1
- HAYATA B. (1911): Materials for a Flora of Formosa. The Journal of the College Science, Imperial University of Tokio 30
- HEGI G. (red.) (1995): Illustrierte Flora von Mitteleuropa IV – 2A. Blackwell Wissenschafts-Verlag, Berlin, ISBN 3-8263-3016-1
- HEMSLEY W. B. (1903): New or noteworthy plants. The Gardeners' Chronicle. A weekly illustrated journal of horticulture and allied subjects 33 (3): 257-258
- HENRICKSON J. (1985): *Xerospiraea*, a generic segregate of *Spiraea* (Rosaceae) from Mexico. *Aliso: A Journal of Systematic and Floristic Botany* 11 (2): 199-211
- HEYWOOD V. H. (1968): Flora Europaea Notulae Systematicae ad Floram Europaeam spectantes. *Feddes Repertorium* 79 (2): 1-68, <https://doi.org/10.1002/fedr.19680790102>
- HIRANO T., KIYOTA M., AIGA I. (1995): Physical effects of dust on leaf physiology of cucumber and kidney bean plants. *Environmental Pollution* 89 (3): 255-261, [https://doi.org/10.1016/0269-7491\(94\)00075-0](https://doi.org/10.1016/0269-7491(94)00075-0)
- HOOKE J. D. (1879): The Flora of British India vol. 2. Sabiaceae to Cornaceae. L. Reeve & Co., London: 323-326
- HOOKE W.J. (1840): Flora Boreali-Americana; or, the botany of the northern parts of British America vol 1. H.G. Bohn, London
- HOU W., GAO J., WU S., DAI E. (2015): Interannual variations in growing-season NDVI and its correlation with climate variables in the southwestern Karst region of China. *Remote Sensing* 7 (9): 11105-11124, <https://doi.org/10.3390/rs70911105>
- HU Q., PAN F., PAN X., ZHANG D., LI Q., PAN Z., WEI Y. (2015): Spatial analysis of climate change in Inner Mongolia during 1961–2012, China. *Applied Geography* 60: 254-260, <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2014.10.009>
- HUANG R., LI W. (2011): Formation, distribution and risk control of landslides in China. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering* 3 (2): 97-116, <https://doi.org/10.3724/SP.J.1235.2011.00097>
- HUANG X., DENG J., MA X., WANG Y., HAO X., LIANG T. (2016): Spatiotemporal dynamics of snow cover based on multi-source remote sensing data in China. *The Cryosphere* 10 (5): 2453-2463, <https://doi.org/10.5194/tc-10-2453-2016>
- HUANG X., ZHANG T., YI G., HE D., ZHOU X., LI J., BIE X., MIAO J. (2019): Dynamic changes of NDVI in the growing season of the Tibetan Plateau during the past 17 years and its response to climate change. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 16 (18): 3452, <https://doi.org/10.3390/ijerph16183452>
- HWANG H.-J., YOON S.-J., AHN K.-H. (2011): Experimental investigation of submicron and ultrafine soot particle removal by tree leaves. *Atmospheric Environment* 45 (38): 6987-6994, <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2011.09.019>
- IKEDA H. (2001): *Spiraea* L. W: Iwatsuki K., Boufford D. E., Ohba H. (red.): Flora of Japan vol. 2b (Angiospermae, Dicotyledoneae, Archichlamydeae). Kodansha Ltd., Tokyo: 104–111
- JABŁOŃSKA L., OLEWICKI D., KOWALCZYK D. (2015): Zmiany w polskim handlu zagranicznym roślinami ozdobnymi w latach 2005-2012. *Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Problemy Rolnictwa Światowego* 15 (30/2): 65-74
- JAIN M., JAIN V. K., SHARMA S. S. (2018): Rosaceae of Solan District of Himachal Pradesh. *International Journal of Scientific Research in Science and Technology* 4 (2): 1580-1589

- JAKUBIAK M. (2000): Rytmika sezonowa gatunków z rodzaju *Prunus* L. występujących w kolekcji Ogrodu Botanicznego UAM. Praca magisterska, Księgozbiór Ogrodu Botanicznego UAM w Poznaniu, sygn. J9, kps
- JAKUBOW W. W. (2018): Chto takoe *Spiraea humilis*? Rasteniya v mussnno klimacie: antropogennaya i klimatogennaya transformaciya flory i rastitel'nosti. Materialy VIII wserossiiskoi nauchnoi konferentsii, Blagoweshchensk, 18-21 centyabrya 2018 g. Izdatel'stvo Dal'newostochnigo Gosudarstwenного Agrarnogo Uniwersiteta
- JASIŃSKI R., GALANT-GOŁĘBIEWSKA M., NOWAK M., KURTYKA K., KURZAWSKA P., MACIEJEWSKA M., GINTER M. (2021): Emissions and concentrations of particulate matter in Poznan compared with other polish and european cities. *Atmosphere* 12 (5): 533, <https://doi.org/10.3390/atmos12050533>
- JOURAEVA V. A., JOHNSON D. L., HASSETT J. P., NOWAK D. J. (2002): Differences in accumulation of PAHs and metals on the leaves of *Tilia ×euchlora* and *Pyrus calleryana*. *Environmental Pollution* 120 (2): 331-338, [https://doi.org/10.1016/s0269-7491\(02\)00121-5](https://doi.org/10.1016/s0269-7491(02)00121-5)
- JUSSIEU DE A. J. (1789): *Genera Plantarum secundum ordines naturales disposita*. Parisiis, apud viduam Herissant et Theophilum Barrois
- KACPRZAK M., FIJAŁKOWSKI K. (2020): Fitoremediacja, potencjał roślin do oczyszczania środowiska. Wydanie I, Wydawnictwo Naukowe PWN, ISBN 978-83-01-21170-7
- KAEMPFERO E. (1712): *Amoenitatum exoticarum politico-physico-mediearum 5. Typis & impensis Henrici Wilhelmi Meyeri, aulae Lippiacae Typographi, Lemgoviae*
- KANONIK I. (1989): Morfologia i fenologia wybranych gatunków z rodzaju *Kolkwitzia*, *Weigela* i *Viburnum* w kolekcji Ogrodu Botanicznego UAM w Poznaniu. Praca magisterska, Księgozbiór Ogrodu Botanicznego UAM w Poznaniu, sygn. K17
- KARELIN G., KIRILOW J. (1842): *Enumeratio Plantarum in Desertis Songoriae Orientalis et in jugo summarum alpium alatau anno 1841 collectarum*. *Bulletin de la Société impériale des naturalistes de Moscou* 15 (3): 503-542
- KARPOVA E. A., IMETKHENOVA O. V. (2015): Phenolic compounds of representatives of sect. *Glomerati* of genus *Spiraea* L. of the flora of Siberia. *Turczaninowia* 18: 108-115, <https://doi.org/10.14258/turczaninowia.18.4.14>
- KARPOVA E. A., LAPTEVA N. P. (2014): Phenolic compounds in taxonomy of the genus *Spiraea* L. *Turczaninowia* 17 (1): 42-56
- KARTESZ J. T., GANDHI N. K. (1989): Nomenclatural notes for the North American flora, I. *Phytologia* 67 (6): 461-467
- KAUPP H., BLUMENSTOCK M., MCLACHLAN M. S. (2000): Retention and mobility of atmospheric particle-associated organic pollutant PCDD/Fs and PAHs in maize leaves. *New Phytologist* 148 (3): 473-480, <https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.2000.00770.x>
- KOCH K. (1854): *Die strauchartigen Spiräen*. W: E. Regel. *Gartenflora*. *Monatsschrift für deutsche und schweizerische Garten- und Blumenkunde*. Verlag Ferdinand Enke, Erlangen: 391-414
- KOCH K., BARTHLOTT W. (2006): Plant epicuticular waxes: chemistry, form, self-assembly and function. *Natural Product Communications* 1 (11): 1067-1072, <https://doi.org/10.1177/1934578X0600101123>
- KOEHNE E. (1893): *Deutsche Dendrologie*. Verlag von Ferdinand Enke, Stuttgart
- KOKUDO C. (red.) (1990): *The National Atlas of Japan: revised edition*. Japan Map Center, Tokyo

- KOLASIŃSKA A. (2001): Rytmika sezonowa wybranych gatunków rodzaju *Ribes* L. pochodzących z Ogrodu Botanicznego Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu. Praca magisterska, Księgozbiór Ogrodu Botanicznego UAM w Poznaniu, sygn. K26
- KOMOSA A. (red.) (2012): Żywnienie roślin ogrodniczych. Podstawy i perspektywy. Powszechnie Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Poznań, ISBN 978-83-09-01141-5
- KORNAŚ J., MEDWECKA-KORNAŚ A. (2002): Geografia roślin. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, ISBN 83-01-13782-7
- KOROPACHINSKIY I. Y., VSTOVSKAYA T.N. (2002): Woody Plants of the Asian Part of Russia. Publishing House of SB RAS, Branch "Geo", Novosibirsk, ISBN 5-7692-0561-X
- KOSTIKOVA V. A., SHALDAEVA T. M. (2017): The antioxidant activity of the Russian Far East representatives of the *Spiraea* L. (Rosaceae Juss.) Genus. Russian Journal of Bioorganic Chemistry 43 (7): 790-794
- KOSTIKOVA V. A., VORONKOVA M. S., MITRENINA E. Y., KUZNETSOV A. A., ERST A. S., VEKLICH T. N., SHABANOVA E. V. (2019): Estimation of the relative DNA content in species of the genus *Spiraea*, sections *Chamaedryon* and *Glomerati* by flow cytometry. Ukrainian Journal of Ecology 9 (3): 142-149
- KOTUBY-AMACHER J., KOENIG R., KITCHEN B. (2000): Salinity and Plant Tolerance. Utah State University Cooperative Extension, USA
- KROTOSKA T. (1958): Pory roku w życiu roślin: obserwacje fenologiczne w zespołach roślinnych. Wyd. 1. PWN, Poznań
- KRÜSSMANN G. (1937): Die Laubgehölze. Paul Parey, Berlin
- KRÜSSMANN G. (1962): Handbuch der Laubgehölze 2. Paul Parey, Berlin & Hamburg
- KRÜSSMANN G. (1978): Handbuch der Laubgehölze 3 PRU–Z. Paul Parey, Berlin & Hamburg, ISBN 3-489-62222-7
- KRÜSSMANN G. (1986): Manual of cultivated broad-leaved trees & shrubs 3 PRU–Z. Timber Press, Portland, Oregon, ISBN 0-88192-0006-1
- KUCHARSKI J., BARABASZ W., BIELIŃSKA E. J., WYSZKOWSKA J. (2016): Właściwości biologiczne i biochemiczne gleb. W: Mocek (red.): Gleboznawstwo, Wydanie I, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, ISBN 978-83-01-17944-6
- LADKO-ZAGÓRSKA E. (1997): Rytmika sezonowa wybranych gatunków krzewów w warunkach poznańskiego Ogrodu Botanicznego z uwzględnieniem stopnia ich aklimatyzacji i walorów dekoracyjnych. Praca magisterska Księgozbiór Ogrodu Botanicznego UAM w Poznaniu, sygn. L6
- LEE C. S., NZIOKA A. M., KIM Y. J., SAKONG J. (2017): Evaluation of bioconcentration factors of metals and non-metals in crops and soil from abandoned mines in Korea. Contemporary Problems of Ecology 10: 583–590, <https://doi.org/10.1134/S1995425517050080>
- LENARD E., WOLSKI K. (2006): Dobór drzew i krzewów w kształtowaniu terenów zieleni. Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Wrocławiu, Wrocław, ISBN 83-89189-89-5
- LI H. L. (1963): Woody flora of Taiwan. Livingston Publishing Company, Narberth, Pennsylvania
- LI J., GURIJALA H., WU L., ENT A., QIU R., BAKER A., TANG Y., YANG X., SHU W. (2018): Hyperaccumulator plants from China: a synthesis of the current state of knowledge. Environmental Science & Technology 52 (21): 11980–11994, <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b01060>

- LI J., XIA C., LIU Q., ZHAO J., WANG C., PENG J. (2017): 1 km growing season length data product over China-ASEAN. *Journal of Global Change Data & Discovery* 1 (3): 278-281, <https://doi.org/10.3974/geodp.2017.03.04>
- LI X., LIU L., WANG Y., LUO G., CHEN X., YANG X., HALL M. H. P., GUO R., WANG H., CUI J., HE X. (2013): Heavy metal contamination of urban soil in an old industrial city (Shenyang) in Northeast China. *Geoderma* 192: 50-58, <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2012.08.011>
- LIANG D., MA C., WANG Y.-J., ZHAO C.-X. (2016): Quantifying PM_{2.5} capture capability of greening trees based on leaf factors analyzing. *Environmental Science and Pollution Research* 23: 21176–21186, <https://doi.org/10.1007/s11356-016-7687-9>
- LINDLEY J. (1829): *A synopsis of the British Flora; arranged according to the natural orders.* Longman, Rees, Orme, Brown, and Green, Paternoster-row, London
- LINDSAY W. L., NORVELL W. A. (1978): Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil Science Society of America Journal* 42: 421-428, <https://doi.org/10.2136/sssaj1978.03615995004200030009x>
- LINNAEI C. (1737): *Genera plantarum. Lugduni Batavorum Apud Conradum Wishoff*
- LINNAEI C. (1753): *Species plantarum vol. 1. Laurentius Salvius, Holmiae*
- LIU S., KANG W., WANG, T. (2016): Drought variability in Inner Mongolia of northern China during 1960–2013 based on standardized precipitation evapotranspiration index. *Environmental Earth Sciences* 75 (145), <https://doi.org/10.1007/s12665-015-4996-0>
- LODDIGES C. (1833): *The botanical cabinet.* John and Arthur Arch, Cornhill, Longman, Rees, Orme, Brown, and Co, London
- LOUREIRO J. (1790): *Flora cochinchinensis: sistens plantas in regno Cochinchina Nascentes 1. Ulyssipone: Typis, et expensis academicis*
- LU L., CRINAN A. (2003): 1. *Spiraea*, W: Zhengyi W., Raven P.H., *Flora of China* vol. 9, Pittosporaceae through Connaraceae. Science Press, Pekin; Missouri Botanical Garden Press, St. Louis: 47-73
- LUGWISHA E. H., OTHMAN C. O. (2016): Heavy metal levels in soil, tomatoes and selected vegetables from Morogoro Region, Tanzania. *International Journal of Environmental Monitoring and Analysis* 4 (3): 82-88, <https://doi.org/10.11648/j.ijema.20160403.13>
- LUO X.-S., XUE Y., WANG Y.-L., CANG L., XU B., DING J. (2015): Source identification and apportionment of heavy metals in urban soil profiles. *Chemosphere* 127: 152-157 <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.01.048>
- ŁUCZAK K., CZERNIAWSKA-KUSZA I., ROSIK-DULEWSKA C., KUSZA G. (2021): Effect of NaCl road salt on the ionic composition of soils and *Aesculus hippocastanum* L. foliage and leaf damage intensity. *Scientific Reports* 11: 5309, <https://doi.org/10.1038/s41598-021-84541-x>
- ŁUKASIEWICZ A. (1975): *Ogród Botaniczny Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza. Dzieje i perspektywy rozwoju.* Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu
- ŁUKASIEWICZ A. (1984): Potrzeba ujednoczenia metodyki fenologicznej w polskich ogrodach botanicznych i arboretach. *Wiadomości Botaniczne* 28 (2): 153-158
- ŁUKASIEWICZ A. (1989): Wpływ katastrofalnej suszy w latach 1982 i 1983 na drzewa i krzewy w Ogrodzie Botanicznym UAM i na terenie miasta Poznania. *Wiadomości Botaniczne* 33 (2): 21-52

- ŁUKASIEWICZ A. (1994): Wpływ surowej zimy 1986/87 na drzewa i krzewy w Ogrodzie Botanicznym UAM w Poznaniu. *Biuletyn Ogródów Botanicznych, Muzeów i Zbiorów* 3: 69-93
- ŁUKASIEWICZ A. (1995): Dobór drzew i krzewów dla zieleni miejskiej środkowo-zachodniej Polski. Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań, ISBN 83-232-0640-6
- MAAS S., SCHEIFLER R., BENSLAMA M., CRINI N., LUCOT E., BRAHMIA Z., BENYACOUB S., GIRAUDOUX P. (2010): Spatial distribution of heavy metal concentrations in urban, suburban and agricultural soils in a Mediterranean city of Algeria. *Environmental Pollution* 158 (6): 2294-2301, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2010.02.001>
- MAJDECKI L. (1978): *Historia ogrodów*, PWN, Warszawa.
- MAKINO T. (1906): Observations on the Flora of Japan. *The Botanical Magazine* 20, The Tokyo Botanical Society: 23-35
- MALYSHEV L. I., PESCHKOVA G. A. (red.) (1979): *Flora Sibiriae Centralis* 2, Rosaceae – Asteraceae. Nauka, Novosibirsk
- MANTA D. S., ANGELON M., BELLANCA A., NERI R., SPROVIERI M. (2002): Heavy metals in urban soils: a case study from the city of Palermo (Sicily), Italy. *Science of The Total Environment* 300 (1-3): 229-243, [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(02\)00273-5](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(02)00273-5)
- MAROSZ A. (2004): Effect of soil salinity on nutrient uptake, growth, and decorative value of four ground cover shrubs. *Journal of Plant Nutrition* 27 (6): 977-989 <https://doi.org/10.1081/PLN-120037531>
- MATSUMOTO J., HAYATA B. (1906): Enumeratio Plantarum in Insula Formosa sponte crescentium hucusque rite cognitarum adjectis descriptionibus et figuris Specierum pro regione novarum. *Journal of the College of Science, Imperial University of Tokyo* 22: 1-702
- MAXIMOWICZ C. J. (1879): Adnotationes de Spiraeacis. *Acta Horti Petropolitani* 6 (1): 105-261
- MAXIMOWICZ C. J. (1881): Diagnoses plantarum novarum asiaticarum. IV. *Bulletin de l'Académie impériale des sciences de St.-Pétersbourg*, 3 (28): 425-560
- MAXIMOWICZ C. J. (1886): Diagnoses plantarum novarum asiaticarum 6. Insunt stirpes quaedam nuper in Japonia detectae. *Bulletin de l'Académie impériale des sciences de St.-Pétersbourg* 3 (31): 12-121
- MAZUR R. (2015): Wpływ soli do odladzania dróg na środowisko przyrodnicze. *Inżynieria i Ochrona Środowiska* 15 (4): 449-458
- MCGRATH S. P., ZHAO F. (2003): Phytoextraction of metals and metalloids from contaminated soils. *Current Opinion in Biotechnology* 14 (3): 277-282, [https://doi.org/10.1016/S0958-1669\(03\)00060-0](https://doi.org/10.1016/S0958-1669(03)00060-0)
- MEHR M. R., KESHAVARZI B., MOORE F., SHARIFI R., LAHIJANZADEH A., KERMANI M. (2017): Distribution, source identification and health risk assessment of soil heavy metals in urban areas of Isfahan province, Iran. *Journal of African Earth Sciences* 132: 16-26, <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2017.04.026>
- MICKELBART M. V., GOSNEY M. J., CAMBERATO J., STANTON K. M. (2012): Soil pH effects on growth and foliar nutrient concentrations of *Spiraea alba* Du Roi and *Spiraea tomentosa* L., *HortScience* 47 (7): 902-906, <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.47.7.902>
- MIELCARSKA M. (2020): Warunki hydrogeologiczne na terenie Ogrodu Botanicznego UAM w Poznaniu. Praca magisterska, Księgozbiór Ogrodu Botanicznego UAM w Poznaniu, sygn. M18

- MILENKOVIC B., STAJIC J. M., GULAN L., ZEREMSKI T., NIKEZIC D. (2015): Radioactivity levels and heavy metals in the urban soil of Central Serbia. *Environmental Science and Pollution Research* 22: 16732-16741, <https://doi.org/10.1007/s11356-015-4869-9>
- MITCHELL R., MAHER B. A., KINNERSLEY R. (2010): Rates of particulate pollution deposition onto leaf surfaces: Temporal and inter-species magnetic analyses. *Environmental pollution* 158: 1472-1478, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2009.12.029>
- MO L., MA Z., XU Y., SUN F., LUN X., LIU X., CHEN J., YU X. (2015): Assessing the capacity of plant species to accumulate particulate matter in Beijing, China. *Plos One* 10 (10): e0140664, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0140664>
- MOLNÁR V. A., LÖKI V., MÁTÉ A., MOLNÁR A., TAKÁCS A., NAGY T., LOVAS-KISS A., LUKÁCS B. A., SRAMKÓ G., TOKOLYI J. (2017): The occurrence of *Spiraea crenata* and other rare steppe plants in Pannonian graveyards. *Biologia* 72: 500–509, <https://doi.org/10.1515/biolog-2017-0060>
- MORADI A., TAHERI ABKENAR K., AFSHAR MOHAMMADIAN M., SHABANIAN N. (2017): Effects of dust on forest tree health in Zagros oak forests. *Environmental Monitoring and Assessment* 189 (549), <https://doi.org/10.1007/s10661-017-6262-2>
- MORI J., HANS HANSLIN H. M., BURCHI G., SÆBØ A. (2015): Particulate matter and element accumulation on coniferous trees at different distances from a highway. *Urban Forestry & Urban Greening* vol. 14 (1): 170-177, <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2014.09.005>
- MUNCK I. A., BENNETT C. M., CAMILLI K. S., NOWAK R. S. (2010): Long-term impact of deicing salts on tree health in the Lake Tahoe Basin: Environmental influences and interactions with insects and diseases. *Forest Ecology and Management* 260 (7): 1218-1229, <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.07.015>
- MUNTING A. (1696): *Naauwkeurige beschryving der aardgewassen* vol. 2. Pieter Vander A. A., Francois Halma, Leyden – Utrecht
- NAGAJYOTI P. C., LEE K. D., SREEKANTH T. V. M. (2010): Heavy metals, occurrence and toxicity for plants: a review. *Environmental Chemistry Letters* 8: 199-216, <https://doi.org/10.1007/s10311-010-0297-8>
- NAKAI T. (1909): *Flora Koreana* 1. Journal of the College of Science, Imperial University of Tokyo 26: 4-306
- NAKAI T. (1916): *Flora Sylvatica Koreana* vol. 4, *Spiraeaceae*. The Government of Chosen
- NAWAZ M.F., RASHID M.H.U., SAEED-UR-REHMAN M., GUL S., FAROOQ T.H., SABIR M.A., IFTIKHAR J., ABDELSALAM N.R., DESSOKY ES., ALOTAIBI S.S. (2022): Effect of dust types on the eco-physiological response of three tree species seedlings: *Eucalyptus camaldulensis*, *Conocarpus erectus* and *Bombax ceiba*. *Atmosphere* 13 (7): 1010, <https://doi.org/10.3390/atmos13071010>
- NAZAR R., IQBAL N., MASOOD A., KHAN M., SYEED S., KHAN N. (2012): Cadmium toxicity in plants and role of mineral nutrients in its alleviation. *American Journal of Plant Sciences* 3 (10): 1476-1489, <https://doi.org/10.4236/ajps.2012.310178>
- NGUYEN T. T. T., YU X. X., ZHANG H. X. (2014): Deposition of particulate matter of different size fractions on leaf surfaces and in epicuticular waxes of urban forest species in summer and fall in Beijing, China. *International Journal of Sciences* 3 (4): 12-22
- NIERÓBCA A., KOZYRA J., MIZAK K., WRÓBLEWSKA E. (2013): Zmiana długości okresu wegetacyjnego w Polsce. *Woda – Środowisko – Obszary Wiejskie (IV–VI)*, 13-2 (42): 81-94
- NISBET J. (2010): *David Douglas and the natural history of the Northwest*. Sasquatch Books, Seattle, ISBN 1570616671

- OGINUMAI K., TATARENKO I. V., KONDO K. (2004): Karyomorphology of eight species of *Spiraea* (Rosaceae) in Russia. *Chromosome Science* 8: 23-28
- OHASHI H., HSIEH C. F. (1993): Flora of Taiwan vol. 3, second edition. Editorial Committee of the Flora of Taiwan, Taipei
- OHWI J. (1965): Flora of Japan. Smithsonian Institution, Washington, D.C.
- PALIBIN J. (1898): Conspectus Florae Koreae 1. *Acta Horti Petropolitani* 17 (1): 1-128
- PALLAS P. S. (1784): Flora Rossica seu stirpium Imperii Rossici per Europam et Asiam indigenarum descriptiones et icones. Typographia imperiali J. J. Weitbrecht, Petropoli
- PANT P., HARRISON R. M. (2013): Estimation of the contribution of road traffic emissions to particulate matter concentrations from field measurements: A review. *Atmospheric Environment* 77: 78-97, <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2013.04.028>
- PARKINSON J. (1640): *Theatrum botanicum: the theater of plants*. Printed by Thomas Cotes, London
- PASCAL M., CORSO M., CHANEL O., DECLERCQ C., BADALONI C., CESARONI G., HENSCHEL S., MEISTER K., HALUZA D., MARTIN-OLMEDO P., MEDINA S. (2013): Assessing the public health impacts of urban air pollution in 25 European cities: Results of the Aphekom project. *Science of The Total Environment* 449: 390-400, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.01.077>
- PASCAL M., FALQ G., WAGNER V., CHATIGNOUX E., CORSO M., BLANCHARD M., HOST S., PASCAL L., LARRIEU S. (2014): Short-term impacts of particulate matter (PM10, PM10-2.5, PM2.5) on mortality in nine French cities. *Atmospheric Environment* 95: 175-184, <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2014.06.030>
- PERZANOWSKA J. (2004): Klimat Pienin. *Studia Naturae* 49: 21-32
- PLANCHON J. É. (1853-1854): *Spiraea fortunei* W: Houtte van L.: Flore des serres et des jardins de l'Europe IX, Publié à Gand: 35-36
- POJAR J., MACKINNON A. (red.) (2004): Plants of Pacific Northwest coast, Washington, Oregon, British Columbia & Alaska. Lone Pine Publishing, Vancouver, ISBN 978-1-55105-530-9
- POLOZHII A. V., MALYSHEV L. I. (1988): Flora Sibiriae. Rosaceae. Nauka, Divisio Sibirica, Novosibirsk. ISBN 5-02-028878-0
- POLYAKOVA T. A., GATAULINA G. N. (2008): Morphology and variability of pollen of the genus *Spiraea* L. (Rosaceae) in Siberia and the Far East. *Contemporary Problems of Ecology* 1 (4): 420-424, <https://doi.org/10.1134/S199542550804005X>
- POPE C. A., BROOK R. D., BURNETT R. T., DOCKERY D. W. (2011): How is cardiovascular disease mortality risk affected by duration and intensity of fine particulate matter exposure? An integration of the epidemiologic evidence. *Air Qual Atmos Health* 4: 5-14, <https://doi.org/10.1007/s11869-010-0082-7>
- POPEK R., GAWROŃSKA H., GAWROŃSKI S. W. (2011): Zdolność krzewów do akumulacji mikropyleń z powietrza. *Nauka Przyroda Technologie* 5 (6): 124
- POPEK R., GAWROŃSKA H., WROCHNA M., GAWROŃSKI S. W., SAEBØ A. (2013): Particulate matter on foliage of 13 woody species: deposition on surfaces and phytostabilisation in waxes – a 3-year study. *International Journal of Phytoremediation* 15 (3): 245-56, <https://doi.org/10.1080/15226514.2012.694498>
- PEEL M. C., FINLAYSON B. L., MCMAHON T. A. (2007): Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences* 11, 1633-1644, <https://doi.org/10.5194/hess-11-1633-2007>

- POYARKOVA A. I. (1939): Subfamily 1. Spiraeoideae Agardh. – W: Komarov V. L. (red.): Flora of the U.S.S.R 9, Rosales and Sarraceniales. Izdatel'stvo Akademii Nauk SSSR, Moskva-Leningrad
- PRESL C. B. (1851): Epimeliae Botanicae. Abhandlungen der Königlichen Böhmisches Gesellschaft der Wissenschaften 5 (6): 361-624
- RAFINESQUE C. S. (1836): New flora and botany of North America 3. New Sylva, Philadelphia
- RAY J. (1686): Historiae Plantarum vol. 3. Sam. Smith & Benj. Walford, Londini: 91-92
- REEVES R. D., BAKER A. J. M., JAFFRÉ T., ERSKINE P. D., ECHEVARRIA G., ENT A. (2018): A global database for plants that hyperaccumulate metal and metalloids trace elements. *New Phytologist* 218 (2): 407-411, <https://doi.org/10.1111/nph.14907>
- REHDER A. (1902): Var. fortunei Rehder. W: Bailey L. H.: Cyclopaedia of American horticulture vol. 4. The Macmillan Company, New York: 1703
- REHDER A. (1913): Spiraea L. W: Sargent C. S. (red.): Plantae Wilsonianae; an enumeration of the woody plants collected in western China for the Arnold Arboretum of Harvard University during the years 1907, 1908, and 1910 by E. H. Wilson. Cambridge University Press
- REHDER A. (1949): Manual of cultivated trees and shrubs hardy in North America. Second edition, The Macmillan Company, New York
- RÖHLINGS J. C. (1831): Deutschlands Flora 3. Friedrich Wilmans, Frankfurt am Main
- RUTKOWSKI L. (2018): Klucz do oznaczania roślin naczyniowych Polski niżowej. Wyd. 2 – poprawione i unowocześnione. Wydawnictwo Naukowe PWN, ISBN 978-83-01-14342-8
- RYDBERG P. A. (1900): Memoirs of the New York Botanical Garden vol. 1. Catalogue of the flora of Montana and the Yellowstone National Park, The New York Botanical Garden
- RYDBERG P. A. (1908): Family 18, Rosaceae. In: North American Flora 22 (3): 239-533. Published by the New York Botanical Garden
- RYDBERG P.A. (1917): Flora of the Rocky Mountains and adjacent plains. New York
- SÆBØ A., POPEK R., NAWROT B., HANSLIN H. M., GAWRONSKA H., GAWRONSKI S. W. (2012): Plant species differences in particulate matter accumulation on leaf surfaces. *Science of the Total Environment* 427-428: 347-354, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.03.084>
- SALMINEN R. (red.) (2005): Foregs geochemical atlas of Europe, EuroGeoSurveys, <http://weppi.gtk.fi/publ/foregsatlas/>
- SCHMIDT F. (1792): Österreichs allgemeine baumzucht, oder Abbildungen in-und ausländischer Bäume und Sträucher, deren Anpflanzung in Österreich möglich und nützlich ist. Ignaz Albertischen Buchdruck, Wien
- SCHMIDT P. A., SCHULZ B., HECKER U. (2017): Fitschen – Gehölzflora: Ein Buch zum Bestimmen der in Mitteleuropa wild wachsenden und angepflanzten Bäume und Sträucher. Quelle & Meyer Verlag Wiebelsheim, ISBN 978-3-494-01712-9
- SCHNEIDER C. K. (1906): Illustriertes Handbuch der Laubholzkunde 1. Verlag von Gustav Fischer, Jena
- SENETA W. (1973): Dendrologia, Wyd. 1. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa
- SENETA W. (1983): Dendrologia, Wyd. 4. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa, ISBN 83-01-02249-0
- SENETA W. (1987): Dendrologia, cz. 2. Wyd. 5 – zmienione. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa, ISBN 83-01-07011-0

- SENETA W., DOLATOWSKI J. (1997): Dendrologia. Wyd. 2 – poprawione. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, ISBN 83-01-12449-0
- SENETA W., DOLATOWSKI J. (2000): Dendrologia. Wyd. 3. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, ISBN 83-01-13256-6
- SENETA W., DOLATOWSKI J. (2012): Dendrologia, Wyd. 4. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, ISBN 978-83-01-15369-4
- SENETA W., DOLATOWSKI J., ZIELIŃSKI J. (2021): Dendrologia. Wyd. 5. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, ISBN 978-83-01-22018-1, <https://doi.org/10.53271/2021.025>
- SETT R. (2017): Responses in plants exposed to dust pollution. Horticulture International Journal 1 (2): 53-56, <https://doi.org/10.15406/hij.2017.01.00010>
- SHANGGUAN W., DAI Y., LIU B., ZHU A., DUAN Q., WU L., JI D., YE A., YUAN H., ZHANG Q., CHEN D., CHEN M., CHU J., DOU Y., GUO J., LI H., LI J., LIANG L., LIANG X., LIU H., LIU S., MIAO C., ZHANG Y. (2013): A China data set of soil properties for land surface modeling, Journal of Advances in Modeling Earth Systems 5 (2): 212-224, <https://doi.org/10.1002/jame.20026>
- SHARMA P., JHA A. B., DUBEY R. S., PESSARAKLI M. (2012): Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions. Journal of Botany 2012: 217037, <https://doi.org/10.1155/2012/217037>
- SICARD P., KHANIABADI Y. O., PEREZ S., GUALTIERI M., MARCO A. (2019): Effect of O₃, PM₁₀ and PM_{2.5} on cardiovascular and respiratory diseases in cities of France, Iran and Italy. Environmental Science and Pollution Research 26, 32645–32665, <https://doi.org/10.1007/s11356-019-06445-8>
- SIEBOLD F. R., ZUCCARINI J. G. (1835): Flora Japonica 1. Continens Plantas Ornatui Vel Usui Inservientens, Lugdunum Batavorum
- SILVA H. F., SILVA N. F., OLIVEIRA C. M., MATOS M. J. (2021): Heavy metals contamination of urban soils – a decade study in the city of Lisbon, Portugal. Soil Systems 5 (2): 27, <https://doi.org/10.3390/soilsystems5020027>
- SIMON E., BARANYAI E., BRAUN M., CSERHÁTI C., FÁBIÁN I., TÓTHMÉRÉSZ B. (2014): Elemental concentrations in deposited dust on leaves along an urbanization gradient. Science of The Total Environment 490: 514-520, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.05.028>
- SIMS J. (1823): Curtis's Botanical Magazine 50. Published by Sherwood, Jones & Co, London
- SINGH H. P., MAHAJAN P., KAUR S., BATISH · D. R., KOHLI R. K. (2013): Chromium toxicity and tolerance in plants. Environmental Chemistry Letters 11: 229-254 (2013), <https://doi.org/10.1007/s10311-013-0407-5>
- SIYAR R., ARDEJANI, F. D., NOROUZI P., MAGHSOUDY S., YAVARZADEH M., TAHERDANGKOO R., BUTSCHER C. (2022): Phytoremediation potential of native hyperaccumulator plants growing on heavy metal-contaminated soil of Khatunabad Copper Smelter and Refinery, Iran. Water 14: 3597, <https://doi.org/10.3390/w14223597>
- SOKOLOV S. (red.) (1954): Deriewa i kustraniki SSSR vol. 3. Izdatel'stvo Akademii Nauk SSSR, Moskwa-Leningrad
- SOWELO M., ANTKOWIAK W. (2017): Phenological observations of selected species from the genus *Syringa* L. (Oleaceae) in the Botanical Garden of the Adam Mickiewicz University in Poznań. Steciana 21 (2): 69-83, <https://doi.org/10.12657/steciana.021.008>

- SRAM R. J., VELEMÍNSKÝ M. JR., VELEMÍNSKÝ M. SR., STEJSKALOVÁ J. (2017): The impact of air pollution to central nervous system in children and adults. *Neuro Endocrinology Letters*, 38 (6): 389-396
- STANTON K. M., WEEKS S. S., DANA M. N., MICKELBART M. V. (2010): Light exposure and shade effects on growth, flowering, and leaf morphology of *Spiraea alba* Du Roi and *Spiraea tomentosa* L. *HortScience* 45 (12): 1912-1916, <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.45.12.1912>
- STEINDOR K. A., FRANIEL I. J., BIERZA W. M., PAWLAK B., PALOWSKI B. F. (2016): Assessment of heavy metal pollution in surface soils and plant material in the post-industrial city of Katowice, Poland. *Journal of Environmental Science and Health, part A*, 51 (5): 371-379, <https://doi.org/10.1080/10934529.2015.1120509>
- STEPANOV A. S., ASEYEVA T. A., DUBROVIN K. N. (2020): The influence of climatic characteristics and values of NDVI at soybean yield (on the example of the districts of the Primorskiy region). *Agrarian Bulletin of the Urals* 1 (192): 10-19, <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2020-192-1-10-19>
- STRZAŁKOWSKA A. (1995): Obserwacje fenologiczne nad wybranymi gatunkami rodzaju *Cornus* L. Praca magisterska, Księgozbiór Ogródu Botanicznego UAM w Poznaniu, sygn. S26
- SUN Y., LI L., WANG Y., DAI X. (2020): Morphological and physiological responses of spirea species to saline water irrigation. *HortScience* 55 (6): 888-895, <https://doi.org/10.21273/HORTSCI14861-20>
- SUN Y., ZHOU Q., DIAO C. (2008): Effects of cadmium and arsenic on growth and metal accumulation of Cd-hyperaccumulator *Solanum nigrum* L. *Bioresource Technology* 99 (5): 1103-1110, <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.02.035>
- SZAFER W., PAWŁOWSKI B. (red.) (1955): Flora Polski. Rośliny naczyniowe Polski i ziem ościennych 7. PWN, Warszawa
- SZCZERSKA A. (1995): Rytmika rozwojowa wybranych gatunków krzewów z rodzajów: *Acanthopanax*, *Buddleja* i *Berberis*. Praca magisterska, Księgozbiór Ogródu Botanicznego UAM w Poznaniu, sygn. S27
- SZYMAŃSKA-KMIEĆ (2002): Rytmika sezonowa wybranych gatunków z rodzaju *Rosa* L. pochodzących z kolekcji Ogródu Botanicznego Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu. Praca magisterska, Księgozbiór Ogródu Botanicznego UAM w Poznaniu, sygn. S35
- TEPANOSYAN G., SAHAKYAN L., BELYAEVA O., MAGHAKYAN N., SAGHATELYAN A. (2017): Human health risk assessment and riskiest heavy metal origin identification in urban soils of Yerevan, Armenia. *Chemosphere* 184: 1230-1240, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.06.108>
- TERELAK H., MOTOWICKA-TERELAK T. (2000): The heavy metals and sulphur status of agricultural soils in Poland. W: Wilson M. J., Maliszewska-Kordybach B. (red.): Soil quality, sustainable agriculture and environmental security in Central and Eastern Europe. NATO Science Series 69, Springer, Dordrecht, https://doi.org/10.1007/978-94-011-4181-9_3
- THUNBERG C. P (1784): Flora Japonica. Bibliopolio I. G. Mülleriano, Lipsiae
- TERLECKA L. (red.) (1976): Katalog Drzew i Krzewów Ozdobnych. Zjednoczenie Nasiennictwa Rolniczego i Ogrodniczego, Zakład Wydawnictw CZSR Warszawa
- TOKARSKA-GUZIĆ B., DAJDOK Z., ZAJĄC M., ZAJĄC A., URBISZ A., DANIELEWICZ W., HOŁDYŃSKI C. (2012): Rośliny obcego pochodzenia w Polsce ze szczególnym

- uwzględnieniem gatunków inwazyjnych. Generalna Dyrekcja Ochrony Środowiska, Warszawa, ISBN 978-83-62940-34-9
- TOMASZEWSKI D. (2007): Czym pokryte są rośliny? O kutykuli i warstwie wosków epikutykularnych. *Kosmos, Problemy Nauk Biologicznych* 56 (1-2): 167-174
- TOMCZYK A. M., SZYGA-PLUTA K. (2016): Okres wegetacyjny w Polsce w latach 1971-2010. *Przegląd Geograficzny* 88 (1): 75-86
- TORREY L., GRAY A. (1838-1840): *A flora of North America* 1. Wiley & Putnam, New York
- TOURNEFORT DE J.P. (1700): *Institutiones rei herbariae* vol. 1. Typographia Regia, Paris: 618
- TRNKA M., OLESEN J. E., KERSEBAUM K. C., SKJELVÅG, A. O., EITZINGER J., SEGUIN B., PELTONEN-SAINIO P., RÖTTER R., IGLESIAS A., ORLANDINI S., DUBROVSKÝ M., HLAVINKA P., BALEK J., ECKERSTEN H., CLOPPET E., CALANCA P., GOBIN A., VUČETIĆ V., NEJEDLIK P., KUMAR S., LALIC B., MESTRE A., ROSSI F., KOZYRA J., ALEXANDROV V., SEMERÁDOVÁ D., ŽALUD Z. (2011): Agroclimatic conditions in Europe under climate change. *Global Change Biology* 17: 2298-2318. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02396.x>
- TURCZANINOW N. (1832): *Decades tres plantarum novarum Chinae boreali et Mongoliae chinensi incolarum*. *Bulletin de la Société Impériale des Naturalistes de Moscou* 5: 180-206
- TURCZANINOW N. (1843): *Flora Baicalensi-Dahurica*. *Bulletin de la Société Impériale des Naturalistes de Moscou* 16: 585-670
- TUTIN T. G., HEYWOOD V. H., BURGESS N. A., MOORE D. M., VALENTINE D. H., WALTERS S. M., WEBB D. A. (1968): *Flora Europaea 2, Rosaceae to Umbelliferae*. Cambridge University Press
- TZVELEV N. N. (2001): *Flora Europae Orientalis* 10. Mir i Semia, Petropoli
- USMAN K., HAREB J. A., ABU-DIEYEH M. H., ALSAFRAN M. H. S. A. (2020): Comparative assessment of toxic metals bioaccumulation and the mechanisms of chromium (Cr) tolerance and uptake in *calotropis procera*. *Frontiers in Plant Science* 11: 883, <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00883>
- VEITCH J. A. (1906): *Hortus Veitchii*. James Veitch & Sons, London
- VIERECK L. A., LITTLE E. L. (1986): *Alaska trees and shrubs*. University of Alaska Press, Fairbanks, Alaska, ISBN 0-912006-19-6
- WALDSTEIN F., KITABIEL P. (1812): *Descriptiones et icones plantarum rariorum Hungariae* vol. 3. *Typis Matthiae Andreae Schmidt, Universit. Typogr., Vienna*
- WANG L., LIU L., GAO S., HAN E., WANG Z. (2006): Physicochemical characteristics of ambient particles settling upon leaf surfaces of urban plants in Beijing. *Journal of Environmental Sciences* 18 (5): 921-926
- WANG J., BROWN D. G., AGRAWAL A. (2013): Climate adaptation, local institutions, and rural livelihoods: A comparative study of herder communities in Mongolia and Inner Mongolia, China. *Global Environmental Change* 23 (6), <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2013.08.014>
- WANG L., LUO D., LIU X., ZHU J., WANG F., LI B., LI L. (2021): Effects of PM2.5 exposure on reproductive system and its mechanisms. *Chemosphere* 264 (1), <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128436>
- WATSON S. (1890): On the genus *Eriogynia*. *Botanical Gazette* 15 (10), Crawfordsville, Indiana

- WEBER F., KOWARIK I., SÄUMEL I. (2014): Herbaceous plants as filters: immobilization of particulates along urban street corridors. *Environmental Pollution* 186: 234-240, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.12.011>
- WEI B., YANG L. (2010): A review of heavy metal contaminations in urban soils, urban road dusts and agricultural soils from China. *Microchemical Journal*, 94 (2): 99-107, <https://doi.org/10.1016/j.microc.2009.09.014>
- WIDŁAK M., STOIŃSKA R., KOWALIK R. (2020): Assessment of physical and chemical pollution of urban agglomeration soils. *Desalination and Water Treatment* 199: 137-143, <https://doi.org/10.5004/dwt.2020.25980>
- WITKOWSKA-ŻUK L. (2013): *Rośliny leśne*. Multico Oficyna Wydawnicza, Warszawa, ISBN 978-83-7073-359-9
- WITTMACK L. (red.) (1875): *Monatsschrift des Vereines zur Beförderung des Gartenbaues in den Königl. Preussischen Staaten für Gärtnerei und Pflanzenkunde* 7. In Kommission bei Wiegandt, Hempel & Parey, Berlin
- XU, L., YAN, Q., LIN, Y., ZHEN Z., LIU L., DUAN Y. (2021): Selective retention of particulate matter by nine plant species in central Shanxi Province, China. *Environmental Science and Pollution Research* 28: 35902-35910, <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13262-5>
- YAN A., WANG Y., TAN S. N., YUSOF M. L. M., GHOSH S., CHEN Z. (2020): Phytoremediation: a promising approach for revegetation of heavy metal-polluted land. *frontiers in plant science* 11: 359, <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00359>
- YATABE R. (1892): New or little known plants of Japan 17. *The Botanical Magazine* 6, The Tokyo Botanical Society: 6-41
- YU S.-X., GADAGKAR S. R., POTTER D., XU D.-X., ZHANG M., LI Z.-Y. (2018): Phylogeny of *Spiraea* (Rosaceae) based on plastid and nuclear molecular data: implications for morphological character evolution and systematics. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 34: 109-119, <https://doi.org/10.1016/j.ppees.2018.08.003>
- YÜ T. T., KUAN K. C. (1963): *Taxa Nova Rosacearum Sinicarum (I)*, I. *Spiraea* L., *Systema Spiraeae Sinicae*. *Acta Phytotaxonomica Sinica* 3 (3): 214–217
- ZABEL H. (1893): *Die strauchigen Spiräen der deutschen Gärten*. Verlag von Paul Parey, Berlin
- ZAID A., AHMAD B., JALEEL H., WANI S. H., HASANUZZAMAN M. (2020): A critical review on iron toxicity and tolerance in plants: role of exogenous phytoprotectants. W: Aftab T., Hakeem, K. R. (red.): *Plant Micronutrients*. Springer, https://doi.org/10.1007/978-3-030-49856-6_4
- ZARZYCKI K. (1981): *Rośliny naczyniowe Pienin. Rozmieszczenie i warunki występowania*. PWN – oddział w Krakowie. ISBN 83-01-02024-5
- ZHANG S., ZHANG D., LI J., PEI Q. (2020): Secular temperature variations and the spatial disparities of war in historical China. *Climatic Change* 159: 545-564, <https://doi.org/10.1007/s10584-019-02652-x>
- ZHANG W., BING W., NIU X. (2017): Relationship between leaf surface characteristics and particle capturing capacities of different tree species in Beijing. *Forests* 8 (3): 92, <https://doi.org/10.3390/f8030092>
- ZHANG X., LYU J., ZENG Y., SUN N., LIU C., SYIN S. (2021): Individual effects of trichomes and leaf morphology on PM2.5 dry deposition velocity: a variable-control approach using species from the same family or genus, *Environmental Pollution* 272: 116385, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.116385>
- ZHAO X., YAN H., LIU M., KANG L., YU J., YANG R. (2018): Relationship between PM2.5 adsorption and leaf surface morphology in ten urban tree species in Shenyang, China,

Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects, 41 (8): 1029-1039, <https://doi.org/10.1080/15567036.2018.1539136>

ZHANG Y., LI F., SUN T., WANG J. (2012): Effect of deicing salts on urban soils and the health of roadside pines (*Pinus tabulaeformis*) in Northeast China. *Applied Mechanics and Materials* 178-181: 353-356, <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.178-181.353>

ŻMUDZKA E. (2012): Wieloletnie zmiany zasobów termicznych w okresie wegetacyjnym i aktywnego wzrostu roślin w Polsce. *Woda – Środowisko – Obszary Wiejskie (IV–VI)*, 12-2 (38): 377–389

Akty prawne:

Dz.U. 2016 POZ. 1395 – Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 września 2016 r. w sprawie sposobu prowadzenia oceny zanieczyszczenia powierzchni ziemi

UCHWAŁA NR 4214/2017 Zarządu Województwa Wielkopolskiego z dnia 6 września 2017 roku w sprawie zaopiniowania projektu Programu ochrony środowiska dla miasta Poznania na lata 2017-2020, z perspektywą do roku 2024

Źródła internetowe:

ATLAS KLIMATYCZNY STANÓW ZJEDNOCZONYCH [on line]. Pozyskano [2023-03-29; 13:10]. Dostępny w: <https://www.ncei.noaa.gov/access/climateatlas/>

HARVARD UNIVERSITY HERBARIA & LIBRARIES [on line]. Pozyskano [2023-05-27; 19:09]. Dostępny w: https://kiki.huh.harvard.edu/databases/botanist_search.php?mode=details&id=4766

INATURALIST 1. W: [gbif.org](https://www.gbif.org) [on line]. Pozyskano [23.07.2023; 15:25]. Dostępny w: <https://www.gbif.org/occurrence/2273319544>

INATURALIST 2. W: [gbif.org](https://www.gbif.org) [on line]. Pozyskano [23.07.2023; 15:40]. Dostępny w: <https://www.gbif.org/occurrence/3860565955>

INATURALIST 3. W: [gbif.org](https://www.gbif.org) [on line]. Pozyskano [23.07.2023; 15:45]. Dostępny w: <https://www.gbif.org/occurrence/3039376804>

KATALOG ZWIĄZKU SZKÓLKARZY POLSKICH [on line]. Pozyskano [2023-01-09; 08:03]. Dostępny w: <https://e-katalogroslin.pl/szukaj-roslin?se=8791cc6d713d8add0e6c5a5be6e45078>

KODEKS DOBRYCH PRAKTYK OGRODNICTWO WOBEC ROŚLIN INWAZYJNYCH OBCEGO POCHODZENIA [on line]. Pozyskano [2023-08-24; 08:58]. Dostępny w: https://projekty.gdos.gov.pl/files/artykuly/36446/Kodeks_Dobrych_Praktyk_icon.pdf

KRAJOWY URZĄD STATYSTYCZNY KANADY [on line]. Pozyskano [2023-03-30; 12:30]. Dostępny w: <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/38-20-0001/2021001/103-eng.htm>

NARODOWY ATLAS ROSJI [on line]. Pozyskano [2023-03-23; 14:20]. Dostępny w: <https://nationalatlas.ru/tom2/146-150.html>

SZOKALSKA A. (2020): Rocznik meteorologiczny 2019. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy [on line]. Pozyskano [2022-11-06; 13:59]. Dostępny w:

https://danepubliczne.imgw.pl/data/dane_pomiarowo_obserwacyjne/Roczniki/Rocznik%20meteorologiczny/Rocznik%20Meteorologiczny%202019.pdf

SZOKALSKA A. (2021): Rocznik meteorologiczny 2020. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy [on line]. Pozyskano [2022-11-06; 13:58]. Dostępny w:

https://danepubliczne.imgw.pl/data/dane_pomiarowo_obserwacyjne/Roczniki/Rocznik%20meteorologiczny/Rocznik%20Meteorologiczny%202020.pdf

SZOKALSKA A. (2022): Rocznik meteorologiczny 2021. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy [on line]. Pozyskano [2022-11-06; 13:59]. Dostępny w:

https://danepubliczne.imgw.pl/data/dane_pomiarowo_obserwacyjne/Roczniki/Rocznik%20meteorologiczny/Rocznik%20Meteorologiczny%202021.pdf

HERBARIUM OGRODU BOTANICZNEGO W NOWYM JORKU. W: gbif.org [on line]. Pozyskano [22.07.2023; 12:35]. Dostępny w: <https://www.gbif.org/occurrence/1930124560>

8. Streszczenie rozprawy

Praca dotyczy tawułów (*Spiraea* L.), w tym taksonów mało znanych, które zebrano w polskich kolekcjach dendrologicznych, a także tych, które są już rozpowszechnione i uprawiane na terenach zieleni. Postawiona hipoteza badawcza zakładała możliwość stosowania, poza tawułami już wykorzystywanymi w zieleni miejskiej, innych gatunków ze względu na ich walory ozdobne, potencjał fitoremediacyjny i zdolności absorpcyjne zanieczyszczeń pyłowych. Weryfikację hipotezy zrealizowano poprzez trzy cele: 1/ zebranie informacji o specyfice rozwojowej tawułów na podstawie obserwacji fenologicznych 34 taksonów, 2/ charakterystykę powierzchni blaszek liściowych 42 tawułów (pokrycie włoskami, obecność woskowych struktur krystalicznych na powierzchni epidermy, a także jej pofałdowanie oraz rozmiar i zagęszczenie aparatów szparkowych), 3/ określenie zawartości metali ciężkich w glebie i liściach wybranych 12 stanowisk uprawy tawułów w Poznaniu.

Przeprowadzone badania wykazały, że wiele taksonów odznacza się długą pełnią kwitnienia (m. in. *S. alba* var. *latifolia*, *S. douglasii* var. *menziesii*) oraz odpornością na suszę (m. in. *S. longigemmis*, *S. wilsonii*). Część z nich cechuje się również atrakcyjnym wybarwianiem liści jesienią (m. in. *S. fritschiana*, *S. pubescens*), a także długim okresem wegetacji (m. in. *S. cantoniensis*, *S. chinensis*). Z kolei najkorzystniejszym układem cech budowy epidermy w aspekcie fitoremediacji powietrza charakteryzują się *S. cana*, *S. crenata* i *S. henryi*. Przebadane taksony (*S. ×cinerea* 'Grefsheim', *S. ×vanhouttei*, *S. densiflora*, *S. nipponica* 'Snowmound') spełniają podstawowe wymagania stawiane roślinom wykorzystywanym do procesów fitoremediacji gleby, zwłaszcza do fitoekstrakcji chromu. Stopień zasolenia gleby nie stwarza zagrożenia dla uprawianych w mieście tawułów, a jej zasadowy odczyn nadaje się do uprawy szeregu gatunków pochodzących z Chin. Uzyskane wyniki posłużyły do zebrania najcenniejszych informacji o możliwości zastosowania tawułów na terenach zieleni.

9. Summary

Possibilities of using native and introduced in Poland species of the genus *Spiraea* L. (Rosaceae) in urban green areas on the example of Poznań

The work concerns spireas (*Spiraea* L.), including little-known taxa collected in Polish dendrological collections, as well as those that are already widespread and cultivated in green areas. The research hypothesis assumed the possibility of using, apart from the spireas already used in urban greenery, other species due to their ornamental value, phytoremediation potential and absorption capacity of dust pollution. The verification of the hypothesis was achieved through three goals: 1/ collecting information on the specifics of spireas growth based on phenological observations of 34 taxa, 2/ characterization of the surface of leaf blades of 42 spireas (covering with hairs, presence of waxy crystalline structures on the surface of the epidermis, as well as its folding, size and density stomata), 3/ determination of the content of heavy metals in the soil and leaves of selected 12 spireas cultivation locations in Poznań.

The research has shown that many taxa are characterized by long full flowering (including *S. alba* var. *latifolia*, *S. douglasii* var. *menziesii*) and drought resistance (including *S. longigemmis*, *S. wilsonii*). Some of them are also characterized by attractive autumn leaves (e.g. *S. fritschiana*, *S. pubescens*) and a long vegetation period (e.g. *S. cantoniensis*, *S. chinensis*). In turn, the most favorable arrangement of epidermal structure features in terms of air phytoremediation is found in *S. cana*, *S. crenata* and *S. henryi*. The tested taxa (*S. ×cinerea* 'Grefsheim', *S. ×vanhouttei*, *S. densiflora*, *S. nipponica* 'Snowmound') meet the basic requirements for plants used for soil phytoremediation processes, especially for chromium phytoextraction. The degree of soil salinity does not pose a threat to the spireas grown in the city, and its alkaline reaction is suitable for the cultivation of a number of species from China. The obtained results were used to collect the most valuable information about the possibility of using spireas in green areas.

10. Aneks

W tabeli 66 zebrano dane jednostkowe pojawów fenologicznych badanych tawuł z kolekcji Ogrodu Botanicznego UAM w Poznaniu. Tymczasem w tabeli 67 przedstawiono długość ich trwania wyrażoną w dniach. Wyniki analizy gleby i liści pod kątem zawartości metali ciężkich zamieszczono w tabelach 68 i 69 (dla terminu wiosennego) oraz 70 i 71 (dla terminu jesiennego).

Tabela 66. Daty pojawów fenologicznych tawuł z kolekcji Ogrodu Botanicznego UAM

	Fazy rozwoju liści							Fazy rozwoju kwiatów					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<i>S. alba</i>													
2019	08	29	20	27	25	24	13	07	23	04	06	15	03
	III	III	IX	IX	X	IX	XI	VI	VI	VII	VII	VII	IX
2020	05	23	05	14	26	13	18	01	16	29	08	13	28
	III	III	X	X	X	X	XI	VI	VI	VI	VII	VII	VIII
2021	22	07	04	18	28	08	15	21	02	07	09	24	02
	III	IV	X	X	X	X	XI	VI	VII	VII	VII	VII	IX
<i>S. alba var. latifolia</i>													
2019	18	03	03	11	16	18	22	11	03	09	15	27	18
	III	IV	X	X	X	X	XI	V	VI	VI	VI	VI	X
2020	04	20	05	16	26	23	19	22	15	19	23	10	05
	III	III	X	X	X	X	XI	V	VI	VI	VI	VII	X
2021	31	04	04	13	22	15	18	08	21	25	25	23	25
	III	IV	X	X	X	X	XI	VI	VI	VI	VI	VII	VIII
<i>S. betulifolia</i>													
2019	18	08	-	-	-	-	23	23	20	23	27	06	09
	III	IV					IX	IV	V	V	V	VI	VI
2020	19	14	10	28	13	24	23	29	25	01	08	15	17
	III	IV	IX	IX	X	IX	X	IV	V	VI	VI	VI	VI
2021	30	20	13	01	08	30	20	07	30	02	07	14	17
	III	IV	IX	X	X	IX	X	V	V	VI	VI	VI	VI
<i>S. cana</i>													
2019	21	08	11	15	25	15	22	12	26	29	11	17	20
	III	IV	X	X	X	X	XI	IV	IV	IV	V	V	V
2020	20	16	19	30	09	23	24	21	04	07	18	22	26
	III	IV	X	X	XI	X	XI	IV	V	V	V	V	V
2021	07	26	15	26	02	27	26	06	14	17	24	27	31
	IV	IV	X	X	XI	X	XI	V	V	V	V	V	V
<i>S. canescens</i>													
2019	12	03	24	30	18	28	25	05	16	20	30	07	10
	III	IV	IX	X	XI	X	XI	IV	V	V	V	VI	VI
2020	25	09	12	20	16	23	26	20	19	25	05	12	15
	II	IV	X	X	XI	X	XI	IV	V	V	VI	VI	VI
2021	23	19	07	17	12	15	24	13	30	03	11	15	21
	III	IV	X	X	XI	X	XI	V	V	VI	VI	VI	VI
<i>S. cantoniensis</i>													
2019	04	22	15	15	-	22	10	25	06	08	24	31	05
	III	III	X	XI		XI	II	III	V	V	V	V	VI
2020	03	10	23	-	-	19	17	10	12	19	25	04	12
	II	III	X			I	II	III	V	V	V	VI	VI
2021	10	07	25	02	-	30	27	14	21	24	07	11	14
	III	IV	X	XII		XI	XII	IV	V	V	VI	VI	VI

	Fazy rozwoju liści							Fazy rozwoju kwiatów						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
<i>S. chamaedryfolia</i>														
2019	04	25	20	01	14	25	17	01	23	26	06	11	17	
	III	III	IX	X	X	IX	X	IV	IV	IV	V	V	V	
2020	19	05	21	09	20	26	26	17	24	27	04	12	19	
	II	III	IX	X	X	IX	X	III	IV	IV	V	V	V	
2021	24	06	02	04	15	21	25	07	12	14	21	24	28	
	III	IV	IX	X	X	IX	X	IV	V	V	V	V	V	
<i>S. chinensis</i>														
2019	01	29	24	22	04	18	13	25	29	02	17	21	08	
	III	III	X	XI	XII	XI	I	III	IV	V	V	V	VI	
2020	13	20	26	04	11	17	19	16	07	11	19	04	12	
	II	I	X	XII	XII	XI	I	XII	V	V	V	VI	VI	
2021	22	14	25	10	05	08	27	20	20	24	01	10	16	
	III	IV	X	XI	XII	XI	XII	IV	V	V	VI	VI	VI	
<i>S. crenata</i>														
2019	08	29	10	14	28	25	31	05	02	06	17	21	24	
	III	III	X	X	X	X	X	IV	V	V	V	V	V	
2020	05	07	12	26	06	23	19	09	11	14	22	29	02	
	III	IV	X	X	XI	X	XI	IV	V	V	V	V	VI	
2021	30	09	11	22	27	24	10	20	20	24	28	04	07	
	III	IV	X	X	X	X	XI	IV	V	V	V	VI	VI	
<i>S. dasyantha</i>														
2019	08	08	30	05	11	16	30	09	25	29	08	17	23	
	III	IV	IX	X	X	X	X	IV	IV	IV	V	V	V	
2020	19	14	28	12	15	16	14	16	04	07	14	29	08	
	II	IV	IX	X	X	X	XI	IV	V	V	V	V	VI	
2021	16	19	01	06	14	07	28	20	14	18	27	31	04	
	III	IV	X	X	X	X	X	IV	V	V	V	V	VI	
<i>S. douglasii</i>														
2019	06	01	02	05	25	04	20	31	18	21	26	12	27	
	III	IV	X	XI	XI	XI	XII	V	VI	VI	VI	VII	IX	
2020	20	14	05	09	23	09	14	29	26	29	07	20	05	
	II	IV	X	XI	XI	XI	XII	V	VI	VI	VII	VII	X	
2021	19	07	18	02	19	05	17	14	28	30	04	16	10	
	III	IV	X	XI	XI	XI	XII	VI	VI	VI	VII	VII	IX	
<i>S. douglasii</i> var. <i>menziesii</i>														
2019	08	05	23	04	12	04	16	23	11	15	21	08	24	
	III	IV	IX	XI	XI	XI	XII	V	VI	VI	VI	VII	X	
2020	20	16	28	09	19	05	11	29	16	19	29	15	06	
	III	IV	IX	XI	XI	XI	XII	V	VI	VI	VI	VII	X	
2021	02	09	18	10	22	05	21	10	25	28	02	19	27	
	IV	IV	X	XI	XI	XI	XII	VI	VI	VI	VII	VII	X	
<i>S. fritschiana</i>														
2019	07	25	25	09	15	03	29	24	31	04	09	12	15	
	III	III	IX	X	X	X	X	IV	V	VI	VI	VI	VI	
2020	18	05	26	13	23	09	05	30	08	12	16	19	23	
	II	III	IX	X	X	X	XI	IV	VI	VI	VI	VI	VI	
2021	10	07	23	05	14	04	04	11	07	09	18	21	25	
	III	IV	IX	X	X	X	XI	V	VI	VI	VI	VI	VI	
<i>S. gemmata</i>														
2019	29	15	10	15	04	16	20	18	03	09	21	23	27	
	III	IV	X	X	XI	X	XI	IV	V	V	V	V	V	
2020	20	16	12	19	30	20	19	20	05	11	18	25	02	
	III	IV	X	X	X	X	XI	IV	V	V	V	V	VI	
2021	14	06	08	20	08	18	15	12	19	24	30	06	08	
	IV	V	X	X	XI	X	XI	V	V	V	V	VI	VI	

	Fazy rozwoju liści							Fazy rozwoju kwiatów					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<i>S. henryi</i>													
2019	07	05	14	06	19	24	29	08	18	21	05	07	09
	III	IV	X	XI	XI	X	XI	IV	V	V	VI	VI	VI
2020	09	07	23	30	17	02	27	10	18	20	02	09	15
	III	IV	X	X	XI	XI	XI	IV	V	V	VI	VI	VI
2021	17	16	25	02	15	04	02	12	01	04	11	18	21
	III	IV	X	XI	XI	XI	XII	V	VI	VI	VI	VI	VI
<i>S. humilis</i>													
2019	06	25	-	-	-	18	24	13	06	10	12	15	25
	III	III				X	X	V	VI	VI	VI	VI	VI
2020	19	13	09	25	13	28	23	29	12	19	22	26	29
	II	III	IX	IX	X	IX	X	V	VI	VI	VI	VI	VI
2021	16	31	08	30	11	30	21	08	25	29	01	05	09
	III	III	IX	IX	X	IX	X	VI	VI	VI	VII	VII	VII
<i>S. japonica</i>													
2019	04	01	25	07	15	08	29	10	08	10	15	23	27
	III	IV	IX	X	X	X	X	V	VI	VI	VI	VI	VI
2020	18	13	30	16	26	20	13	24	15	19	24	01	13
	II	III	IX	X	X	X	XI	IV	VI	VI	VI	VII	VII
2021	03	07	13	04	15	08	05	26	18	21	25	02	12
	III	IV	IX	X	X	X	XI	V	VI	VI	VI	VII	VII
<i>S. japonica f. albiflora</i>													
2019	04	25	26	22	06	24	27	23	18	21	24	11	04
	III	III	IX	X	XI	X	XI	V	VI	VI	VI	VII	XI
2020	07	20	28	20	05	27	09	25	30	08	10	28	26
	II	II	IX	X	XI	X	XII	V	VI	VII	VII	VII	X
2021	02	07	23	21	02	18	30	07	28	02	12	26	10
	III	IV	IX	X	XI	X	XI	VI	VI	VII	VII	VII	XI
<i>S. longigemmis</i>													
2019	07	19	09	25	07	14	22	05	07	11	20	27	31
	III	III	X	X	XI	X	XI	IV	V	V	V	V	V
2020	19	17	05	23	09	04	27	07	12	18	25	01	05
	II	III	X	XI	XI	XI	XI	IV	V	V	V	VI	VI
2021	01	01	18	29	12	22	29	23	24	27	02	07	10
	III	IV	X	X	XI	X	XI	IV	V	V	VI	VI	VI
<i>S. media</i>													
2019	08	01	-	-	-	-	15	25	19	23	26	06	13
	III	IV					X	III	IV	IV	IV	V	V
2020	05	20	-	-	-	-	23	23	24	27	04	08	13
	III	III					X	III	IV	IV	V	V	V
2021	26	06	-	-	-	-	21	09	07	10	17	19	22
	III	IV					X	IV	V	V	V	V	V
<i>S. media (okaz regularnie podlewany)</i>													
2019	05	25	09	14	08	18	14	02	18	23	29	06	13
	III	III	X	X	XI	X	XI	IV	IV	IV	IV	V	V
2020	02	20	30	09	04	12	09	23	20	24	04	11	15
	III	III	IX	X	XI	X	XI	III	IV	IV	V	V	V
2021	15	31	23	08	23	19	10	14	10	14	18	26	31
	III	III	IX	X	X	X	XI	IV	V	V	V	V	V
<i>S. media var. sericea</i>													
2019	05	25	-	-	-	-	25	19	08	15	23	29	06
	III	III					X	III	IV	IV	IV	IV	V
2020	25	17	-	-	-	-	14	12	20	24	29	04	11
	II	III					X	III	IV	IV	IV	V	V
2021	03	09	-	-	-	-	17	06	06	10	14	20	24
	III	IV					X	IV	V	V	V	V	V

	Fazy rozwoju liści							Fazy rozwoju kwiatów					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<i>S. mollifolia</i>													
2019	04	23	26	10	28	21	06	24	16	20	30	05	10
	IV	IV	IX	X	X	X	XI	IV	V	V	V	VI	VI
2020	07	27	02	05	23	12	05	12	26	01	08	15	26
	IV	IV	X	X	X	X	XI	V	V	VI	VI	VI	VI
2021	16	07	27	06	22	11	10	24	01	07	14	18	22
	IV	V	IX	X	X	X	XI	V	VI	VI	VI	VI	VI
<i>S. nipponica</i>													
2019	11	03	30	05	17	15	18	06	17	22	31	07	10
	III	IV	IX	X	X	X	XI	IV	V	V	V	VI	VI
2020	19	25	25	20	27	28	12	27	19	25	04	12	15
	II	III	IX	X	X	IX	XI	IV	V	V	VI	VI	VI
2021	29	22	29	12	22	01	10	05	30	04	14	18	23
	III	IV	IX	X	X	X	XI	V	V	VI	VI	VI	VI
<i>S. prunifolia</i>													
2019	04	27	-	-	-	-	04	25	19	23	02	14	17
	III	III					X	III	IV	IV	V	V	V
2020	04	17	-	-	-	-	16	13	14	17	27	15	21
	II	III					IX	III	IV	IV	IV	V	V
2021	02	14	-	-	-	-	10	07	10	12	20	28	02
	III	IV					IX	IV	V	V	V	V	VI
<i>S. pubescens</i>													
2019	04	02	20	30	09	02	18	08	25	29	08	14	17
	III	IV	IX	IX	X	X	X	IV	IV	IV	V	V	V
2020	18	23	17	25	12	28	29	16	04	07	15	22	29
	II	III	IX	IX	X	IX	X	IV	V	V	V	V	V
2021	17	20	13	27	11	01	24	20	14	18	26	02	07
	III	IV	IX	IX	X	X	X	IV	V	V	V	VI	VI
<i>S. salicifolia</i>													
2019	04	15	16	24	03	30	06	13	07	12	19	29	26
	III	III	IX	IX	X	IX	X	V	VI	VI	VI	VI	VII
2020	25	10	16	8	19	25	26	18	11	15	22	06	30
	II	III	IX	X	X	IX	X	V	VI	VI	VI	VII	VII
2021	19	01	13	27	06	27	17	02	14	18	22	09	04
	III	IV	IX	IX	X	IX	X	VI	VI	VI	VI	VII	VIII
<i>S. splendens</i>													
2019	18	05	01	14	25	29	29	29	27	31	05	09	11
	III	IV	X	X	X	X	X*	IV	V	V	VI	VI	VI
2020	17	07	09	23	04	02	09	30	25	27	01	08	12
	III	IV	X	X	XI	XI	XI*	IV	V	V	VI	VI	VI
2021	06	19	07	13	22	28	12	06	04	07	10	18	21
	IV	IV	X	X	X	X	XI*	V	VI	VI	VI	VI	VI
*Wszystkie blaszki zmarły, choć zaschnięte opadały aż do 20 lutego 2020 roku													
<i>S. thunbergii</i>													
2019	04	28	16	18	22	02	04	19	05	08	19	23	29
	III	III	IX	X	XI	X	XII	III	IV	IV	IV	IV	IV
2020	30	18	24	26	09	28	07	25	20	03	09	17	27
	I	II	IX	X	XI	IX	XII	II	III	IV	IV	IV	IV
2021	22	01	18	15	05	21	09	31	16	20	05	07	12
	II	IV	IX	X	XI	X	XII	III	IV	IV	V	V	V
<i>S. trichocarpa</i>													
2019	07	27	28	08	17	06	19	23	16	20	23	30	05
	III	III	IX	X	X	X	XI	IV	V	V	V	V	VI
2020	26	20	24	15	26	29	05	16	18	20	01	10	16
	II	III	IX	X	X	IX	XI	IV	V	V	VI	VI	VI
2021	25	16	27	11	21	01	03	13	26	31	07	11	14
	III	IV	IX	X	X	X	XI	V	V	V	VI	VI	VI

	Fazy rozwoju liści							Fazy rozwoju kwiatów					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<i>S. trilobata</i>													
2019	22	11	27	22	06	18	11	08	07	13	20	24	28
	III	IV	IX	X	XI	X	XI	IV	V	V	V	V	V
2020	05	09	25	19	30	12	16	16	08	11	18	26	01
	III	IV	IX	X	X	X	XI	IV	V	V	V	V	VI
2021	30	21	29	19	26	13	08	27	20	22	01	07	11
	III	IV	IX	X	X	X	XI	IV	V	V	VI	VI	VI
<i>S. uratensis</i>													
2019	27	26	11	16	22	15	28	23	23	27	04	08	10
	III	III	X	X	XI	X	XI	IV	V	V	VI	VI	VI
2020	09	23	20	05	16	05	27	30	22	25	08	12	15
	III	III	X	XI	XI	XI	XI	IV	V	V	VI	VI	VI
2021	29	16	12	20	15	17	02	17	04	07	14	18	22
	III	IV	X	X	XI	X	XII	V	VI	VI	VI	VI	VI
<i>S. ussuriensis</i>													
2019	28	04	24	08	14	02	18	15	05	08	15	25	29
	II	III	IX	X	X	X	X	III	IV	IV	IV	IV	IV
2020	07	17	25	07	15	30	16	12	07	09	16	24	27
	II	II	IX	X	X	IX	X	II	IV	IV	IV	IV	IV
2021	22	19	27	04	13	22	20	29	30	03	07	11	13
	II	III	IX	X	X	IX	X	III	IV	V	V	V	V
<i>S. veitchii</i>													
2019	11	29	26	14	08	14	20	29	21	31	05	09	13
	III	III	IX	X	XI	X	XI	IV	V	05	VI	VI	VI
2020	09	23	07	20	04	16	24	04	05	10	15	19	30
	III	III	X	X	XI	X	XI	V	VI	VI	VI	VI	VI
2021	30	09	12	18	08	13	25	13	09	12	17	21	27
	III	IV	X	X	XI	X	XI	V	VI	VI	VI	VI	VI
<i>S. wilsonii</i>													
2019	11	03	24	14	28	18	22	16	11	16	30	06	09
	III	IV	IX	X	X	X	XI	IV	V	V	V	VI	VI
2020	25	06	02	16	09	19	20	16	13	19	29	12	15
	II	IV	X	X	XI	X	XI	IV	V	V	V	VI	VI
2021	22	14	05	17	27	11	12	23	26	30	09	14	17
	III	IV	X	X	X	X	XI	IV	V	V	VI	VI	VI

Tabela 67. Długość trwania poszczególnych okresów życiowych tawułów z kolekcji Ogrodu Botanicznego UAM

2019		2020		2021	
<i>S. alba</i>					
wegetacja 251 dni	spoczynek 113 dni	wegetacja 259 dni	spoczynek 124 dni	wegetacja 239 dni	spoczynek* 128 dni
kwitnienie (pełnia) 73 dni (12)	jesienne przeb. liści 36 dni	kwitnienie (pełnia) 74 dni (15)	jesienne przeb. liści 22 dni	kwitnienie (pełnia) 63 dni (17)	jesienne przeb. liści 25 dni
*Początek otwierania się pąków liściowych – 23.03.2022					
<i>S. alba var. latifolia</i>					
wegetacja 250 dni	spoczynek 103 dni	wegetacja 261 dni	spoczynek 132 dni	wegetacja 233 dni	spoczynek* 123 dni
kwitnienie (pełnia) 138 dni (18)	jesienne przeb. liści 14 dni	kwitnienie (pełnia) 113 dni (22)	jesienne przeb. liści 22 dni	kwitnienie (pełnia) 66 dni (29)	jesienne przeb. liści 19 dni
*Początek otwierania się pąków liściowych – 21.03.2022					

2019		2020		2021	
<i>S. betulifolia</i>					
wegetacja	spoczynek	wegetacja	spoczynek	wegetacja	spoczynek*
152 dni	216 dni	219 dni	158 dni	205 dni	159 dni
kwitnienie (pełnia)	jesienne przeb. liści	kwitnienie (pełnia)	jesienne przeb. liści	kwitnienie (pełnia)	jesienne przeb. liści
21 dni (15)	-	24 dni (15)	34 dni	19 dni (13)	26 dni
*Początek otwierania się pąków liściowych – 28.03.2022					
<i>S. cana</i>					
wegetacja	spoczynek	wegetacja	spoczynek	wegetacja	spoczynek*
247 dni	119 dni	250 dni	134 dni	234 dni	117 dni
kwitnienie (pełnia)	jesienne przeb. liści	kwitnienie (pełnia)	jesienne przeb. liści	kwitnienie (pełnia)	jesienne przeb. liści
25 dni (19)	15 dni	23 dni (16)	22 dni	18 dni (11)	19 dni
*Początek otwierania się pąków liściowych – 23.03.2022					
<i>S. canescens</i>					
wegetacja	spoczynek	wegetacja	spoczynek	wegetacja	spoczynek*
259 dni	92 dni	276 dni	117 dni	247 dni	121 dni
kwitnienie (pełnia)	jesienne przeb. liści	kwitnienie (pełnia)	jesienne przeb. liści	kwitnienie (pełnia)	jesienne przeb. liści
26 dni (19)	56 dni	28 dni (19)	36 dni	23 dni (13)	37 dni
*Początek otwierania się pąków liściowych – 25.03.2022					
<i>S. cantoniensis</i>					
wegetacja	spoczynek	wegetacja	spoczynek	wegetacja	spoczynek*
344 dni	-	381 dni	21 dni	293 dni	45 dni
kwitnienie (pełnia)	jesienne przeb. liści	kwitnienie (pełnia)	jesienne przeb. liści	kwitnienie (pełnia)	jesienne przeb. liści
31 dni (24)	-	32 dni (17)	-	25 dni (19)	-
*Początek otwierania się pąków liściowych – 10.02.2022					
<i>S. chamaedryfolia</i>					
wegetacja	spoczynek	wegetacja	spoczynek	wegetacja	spoczynek*
228 dni	125 dni	251 dni	149 dni	216 dni	108 dni
kwitnienie (pełnia)	jesienne przeb. liści	kwitnienie (pełnia)	jesienne przeb. liści	kwitnienie (pełnia)	jesienne przeb. liści
25 dni (16)	25 dni	26 dni (16)	30 dni	17 dni (11)	44 dni
*Początek otwierania się pąków liściowych – 10.02.2022					
<i>S. chinensis</i>					
wegetacja	spoczynek	wegetacja	spoczynek	wegetacja	spoczynek*
319 dni	31 dni	342 dni	62 dni	281 dni	45 dni
kwitnienie (pełnia)	jesienne przeb. liści	kwitnienie (pełnia)	jesienne przeb. liści	kwitnienie (pełnia)	jesienne przeb. liści
41 dni (20)	42 dni	37 dni (25)	47 dni	28 dni (18)	42 dni
*Początek otwierania się pąków liściowych – 10.02.2022					
<i>S. crenata</i>					
wegetacja	spoczynek	wegetacja	spoczynek	wegetacja	spoczynek*
238 dni	126 dni	260 dni	131 dni	226 dni	107 dni
kwitnienie (pełnia)	jesienne przeb. liści	kwitnienie (pełnia)	jesienne przeb. liści	kwitnienie (pełnia)	jesienne przeb. liści
23 dni (16)	19 dni	23 dni (16)	26 dni	18 dni (12)	17 dni
*Początek otwierania się pąków liściowych – 25.02.2022					
<i>S. dasyantha</i>					
wegetacja	spoczynek	wegetacja	spoczynek	wegetacja	spoczynek*
237 dni	112 dni	270 dni	122 dni	227 dni	119 dni
kwitnienie (pełnia)	jesienne przeb. liści	kwitnienie (pełnia)	jesienne przeb. liści	kwitnienie (pełnia)	jesienne przeb. liści
29 dni (19)	12 dni	36 dni (23)	18 dni	22 dni (14)	14 dni
*Początek otwierania się pąków liściowych – 24.02.2022					

2019		2020		2021	
<i>S. douglasii</i>					
wegetacja 290 dni	spoczynek 62 dni	wegetacja 299 dni	spoczynek 95 dni	wegetacja 274 dni	spoczynek* 90 dni
kwitnienie (pełnia) 102 dni (22)	jesienne przeb. liści 55 dni	kwitnienie (pełnia) 102 dni (22)	jesienne przeb. liści 50 dni	kwitnienie (pełnia) 75 dni (17)	jesienne przeb. liści 33 dni
*Początek otwierania się pąków liściowych – 17.03.2022					
<i>S. douglasii</i> var. <i>menziesii</i>					
wegetacja 284 dni	spoczynek 95 dni	wegetacja 267 dni	spoczynek 112 dni	wegetacja 263 dni	spoczynek* 100 dni
kwitnienie (pełnia) 136 dni (24)	jesienne przeb. liści 51 dni	kwitnienie (pełnia) 113 dni (27)	jesienne przeb. liści 53 dni	kwitnienie (pełnia) 125 dni (22)	jesienne przeb. liści 36 dni
*Początek otwierania się pąków liściowych – 31.03.2022					
<i>S. fritschiana</i>					
wegetacja 237 dni	spoczynek 112 dni	wegetacja 262 dni	spoczynek 125 dni	wegetacja 240 dni	spoczynek* 99 dni
kwitnienie (pełnia) 16 dni (9)	jesienne przeb. liści 21 dni	kwitnienie (pełnia) 15 dni (8)	jesienne przeb. liści 28 dni	kwitnienie (pełnia) 19 dni (13)	jesienne przeb. liści 22 dni
*Początek otwierania się pąków liściowych – 11.02.2022					
<i>S. gemmata</i>					
wegetacja 237 dni	spoczynek 121 dni	wegetacja 245 dni	spoczynek 146 dni	wegetacja 216 dni	spoczynek* 141 dni
kwitnienie (pełnia) 25 dni (15)	jesienne przeb. liści 26 dni	kwitnienie (pełnia) 29 dni (15)	jesienne przeb. liści 19 dni	kwitnienie (pełnia) 21 dni (14)	jesienne przeb. liści 32 dni
*Początek otwierania się pąków liściowych – 05.04.2022					
<i>S. henryi</i>					
wegetacja 268 dni	spoczynek 101 dni	wegetacja 264 dni	spoczynek 110 dni	wegetacja 261 dni	spoczynek* 109 dni
kwitnienie (pełnia) 23 dni (18)	jesienne przeb. liści 37 dni	kwitnienie (pełnia) 29 dni (21)	jesienne przeb. liści 26 dni	kwitnienie (pełnia) 21 dni (15)	jesienne przeb. liści 22 dni
*Początek otwierania się pąków liściowych – 21.03.2022					
<i>S. humilis</i>					
wegetacja 233 dni	spoczynek 118 dni	wegetacja 248 dni	spoczynek 118 dni	wegetacja 220 dni	spoczynek* 112 dni
kwitnienie (pełnia) 20 dni (6)	jesienne przeb. liści -	kwitnienie (pełnia) 18 dni (8)	jesienne przeb. liści 35 dni	kwitnienie (pełnia) 15 (7) dni	jesienne przeb. liści 34 dni
*Początek otwierania się pąków liściowych – 10.02.2022					
<i>S. japonica</i>					
wegetacja 240 dni	spoczynek 112 dni	wegetacja 270 dni	spoczynek 110 dni	wegetacja 248 dni	spoczynek* 104 dni
kwitnienie (pełnia) 20 dni (14)	jesienne przeb. liści 21 dni	kwitnienie (pełnia) 29 dni (13)	jesienne przeb. liści 27 dni	kwitnienie (pełnia) 25 dni (12)	jesienne przeb. liści 33 dni
*Początek otwierania się pąków liściowych – 17.02.2022					
<i>S. japonica</i> f. <i>albiflora</i>					
wegetacja 269 dni	spoczynek 72 dni	wegetacja 307 dni	spoczynek 83 dni	wegetacja 274 dni	spoczynek* 85 dni
kwitnienie (pełnia) 140 dni (21)	jesienne przeb. liści 42 dni	kwitnienie (pełnia) 119 dni (21)	jesienne przeb. liści 39 dni	kwitnienie (pełnia) 136 dni (25)	jesienne przeb. liści 41 dni
*Początek otwierania się pąków liściowych – 23.02.2022					

2019		2020		2021	
<i>S. longigemmis</i>					
wegetacja	spoczynek	wegetacja	spoczynek	wegetacja	spoczynek*
261 dni	90 dni	283 dni	94 dni	274 dni	74 dni
kwitnienie (pełnia)	jesienne przeb. liści	kwitnienie (pełnia)	jesienne przeb. liści	kwitnienie (pełnia)	jesienne przeb. liści
25 dni (17)	30	25 dni (15)	36 dni	18 dni (12)	26 dni
*Początek otwierania się pąków liściowych – 11.02.2022					
<i>S. media</i>					
wegetacja	spoczynek	wegetacja	spoczynek	wegetacja	spoczynek*
222 dni	142 dni	233 dni	154 dni	210 dni	116 dni
kwitnienie (pełnia)	jesienne przeb. liści	kwitnienie (pełnia)	jesienne przeb. liści	kwitnienie (pełnia)	jesienne przeb. liści
25 dni (14)	-	20 dni (12)	-	16 dni (10)	-
*Początek otwierania się pąków liściowych – 14.02.2022					
<i>S. media (okaz regularnie podlewany)</i>					
wegetacja	spoczynek	wegetacja	spoczynek	wegetacja	spoczynek*
255 dni	109 dni	253 dni	126 dni	241 dni	110 dni
kwitnienie (pełnia)	jesienne przeb. liści	kwitnienie (pełnia)	jesienne przeb. liści	kwitnienie (pełnia)	jesienne przeb. liści
26 dni (14)	31 dni	26 dni (18)	36 dni	22 dni (13)	31 dni
*Początek otwierania się pąków liściowych – 28.02.2022					
<i>S. media var. sericea</i>					
wegetacja	spoczynek	wegetacja	spoczynek	wegetacja	spoczynek*
235 dni	123 dni	233 dni	140 dni	229 dni	129 dni
kwitnienie (pełnia)	jesienne przeb. liści	kwitnienie (pełnia)	jesienne przeb. liści	kwitnienie (pełnia)	jesienne przeb. liści
29 dni (15)	-	22 dni (11)	-	19 dni (11)	-
*Początek otwierania się pąków liściowych – 23.02.2022					
<i>S. mollifolia</i>					
wegetacja	spoczynek	wegetacja	spoczynek	wegetacja	spoczynek*
217 dni	154 dni	213 dni	162 dni	209 dni	147 dni
kwitnienie (pełnia)	jesienne przeb. liści	kwitnienie (pełnia)	jesienne przeb. liści	kwitnienie (pełnia)	jesienne przeb. liści
26 dni (17)	33 dni	32 dni (15)	22 dni	22 dni (12)	26 dni
*Początek otwierania się pąków liściowych – 06.04.2022					
<i>S. nipponica</i>					
wegetacja	spoczynek	wegetacja	spoczynek	wegetacja	spoczynek*
253 dni	93 dni	268 dni	137 dni	227 dni	103 dni
kwitnienie (pełnia)	jesienne przeb. liści	kwitnienie (pełnia)	jesienne przeb. liści	kwitnienie (pełnia)	jesienne przeb. liści
25 dni (17)	18 dni	28 dni (19)	33 dni	25 dni (15)	24 dni
*Początek otwierania się pąków liściowych – 21.02.2022					
<i>S. prunifolia</i>					
wegetacja	spoczynek	wegetacja	spoczynek	wegetacja	spoczynek*
215 dni	123 dni	226 dni	167 dni	193 dni	151 dni
kwitnienie (pełnia)	jesienne przeb. liści	kwitnienie (pełnia)	jesienne przeb. liści	kwitnienie (pełnia)	jesienne przeb. liści
29 dni (22)	-	38 dni (29)	-	24 dni (17)	-
*Początek otwierania się pąków liściowych – 08.02.2022					
<i>S. pubescens</i>					
wegetacja	spoczynek	wegetacja	spoczynek	wegetacja	spoczynek*
229 dni	123 dni	255 dni	139 dni	222 dni	123 dni
kwitnienie (pełnia)	jesienne przeb. liści	kwitnienie (pełnia)	jesienne przeb. liści	kwitnienie (pełnia)	jesienne przeb. liści
23 dni (16)	20 dni	26 dni (16)	26 dni	25 dni (16)	29 dni
*Początek otwierania się pąków liściowych – 24.02.2022					

2019		2020		2021	
<i>S. salicifolia</i>					
wegetacja 217 dni	spoczynek 142 dni	wegetacja 245 dni	spoczynek 144 dni	wegetacja 213 dni	spoczynek* 117 dni
kwitnienie (pełnia) 50 dni (18)	jesienne przeb. liści 18 dni	kwitnienie (pełnia) 50 dni (22)	jesienne przeb. liści 34 dni	kwitnienie (pełnia) 52 dni (22)	jesienne przeb. liści 24 dni
*Początek otwierania się pąków liściowych – 11.02.2022					
<i>S. splendens</i>					
wegetacja 226 dni	spoczynek 140 dni	wegetacja 238 dni	spoczynek 148 dni	wegetacja 221 dni	spoczynek* 131 dni
kwitnienie (pełnia) 16 dni (10)	jesienne przeb. liści 25 dni	kwitnienie (pełnia) 19 dni (13)	jesienne przeb. liści 27 dni	kwitnienie (pełnia) 18 dni (12)	jesienne przeb. liści 16 dni
*Początek otwierania się pąków liściowych – 23.03.2022					
<i>S. thunbergii</i>					
wegetacja 276 dni	spoczynek 57 dni	wegetacja 313 dni	spoczynek 77 dni	wegetacja 291 dni	spoczynek* 59 dni
kwitnienie (pełnia) 25 dni (16)	jesienne przeb. liści 68 dni	kwitnienie (pełnia) 39 dni (15)	jesienne przeb. liści 47 dni	kwitnienie (pełnia) 27 dni (17)	jesienne przeb. liści 49 dni
*Początek otwierania się pąków liściowych – 06.02.2022					
<i>S. trichocarpa</i>					
wegetacja 258 dni	spoczynek 99 dni	wegetacja 254 dni	spoczynek 140 dni	wegetacja 224 dni	spoczynek* 135 dni
kwitnienie (pełnia) 21 dni (11)	jesienne przeb. liści 20 dni	kwitnienie (pełnia) 30 dni (22)	jesienne przeb. liści 33 dni	kwitnienie (pełnia) 20 dni (12)	jesienne przeb. liści 25 dni
*Początek otwierania się pąków liściowych – 18.03.2022					
<i>S. trilobata</i>					
wegetacja 235 dni	spoczynek 115 dni	wegetacja 257 dni	spoczynek 134 dni	wegetacja 224 dni	spoczynek* 133 dni
kwitnienie (pełnia) 22 dni (12)	jesienne przeb. liści 41 dni	kwitnienie (pełnia) 25 dni (16)	jesienne przeb. liści 36 dni	kwitnienie (pełnia) 23 dni (17)	jesienne przeb. liści 28 dni
*Początek otwierania się pąków liściowych – 21.03.2022					
<i>S. uratensis</i>					
wegetacja 247 dni	spoczynek 102 dni	wegetacja 264 dni	spoczynek 122 dni	wegetacja 249 dni	spoczynek* 102 dni
kwitnienie (pełnia) 19 dni (13)	jesienne przeb. liści 43 dni	kwitnienie (pełnia) 25 dni (19)	jesienne przeb. liści 28 dni	kwitnienie (pełnia) 19 dni (12)	jesienne przeb. liści 35 dni
*Początek otwierania się pąków liściowych – 14.03.2022					
<i>S. ussuriensis</i>					
wegetacja 233 dni	spoczynek 112 dni	wegetacja 253 dni	spoczynek 129 dni	wegetacja 241 dni	spoczynek* 106 dni
kwitnienie (pełnia) 25 dni (18)	jesienne przeb. liści 21 dni	kwitnienie (pełnia) 21 dni (16)	jesienne przeb. liści 21 dni	kwitnienie (pełnia) 14 dni (9)	jesienne przeb. liści 17 dni
*Początek otwierania się pąków liściowych – 03.02.2022					
<i>S. veitchii</i>					
wegetacja 255 dni	spoczynek 110 dni	wegetacja 261 dni	spoczynek 126 dni	wegetacja 241 dni	spoczynek* 109 dni
kwitnienie (pełnia) 24 dni (10)	jesienne przeb. liści 44 dni	kwitnienie (pełnia) 26 dni (10)	jesienne przeb. liści 29 dni	kwitnienie (pełnia) 21 dni (10)	jesienne przeb. liści 28 dni
*Początek otwierania się pąków liściowych – 14.03.2022					

2019		2020		2021	
<i>S. wilsonii</i>					
wegetacja 257 dni	spoczynek 96 dni	wegetacja 270 dni	spoczynek 122 dni	wegetacja 236 dni	spoczynek* 105 dni
kwitnienie (pełnia) 30 dni (22)	jesienne przeb. liści 35 dni	kwitnienie (pełnia) 34 dni (25)	jesienne przeb. liści 39 dni	kwitnienie (pełnia) 23 dni (16)	jesienne przeb. liści 23 dni
*Początek otwierania się pąków liściowych – 25.02.2022					

Tabela 68. Zawartość metali ciężkich w liściach tawuł pozyskanych z wybranych stanowisk uprawy w Poznaniu – termin wiosenny (mg kg⁻¹ s.m. liści)

Takson / stanowisko	Nr próby	Pb	Cd	Cr	Ni	Zn	Fe	Mn	Cu	
<i>S. ×cinerea</i> 'Grefsheim'	ul. Karola Libelta	1A-1	3,00	1,26	16,64	1,33	45,38	389,14	53,98	5,49
		1A-2	2,89	1,22	15,40	1,35	43,20	389,43	60,10	5,13
	ul. Polska	1B-1	4,73	1,98	19,61	2,06	92,04	541,13	98,64	14,42
		1B-2	4,65	1,87	18,17	2,13	87,92	501,32	96,34	13,22
	ul. Żeromskiego	1C-1	4,69	1,43	14,28	1,83	48,27	517,85	57,90	9,17
		1C-2	4,56	1,40	13,24	1,97	52,33	509,55	51,66	8,95
<i>S. ×vanhouttei</i>	ul. Słowiańska	2A-1	3,20	1,40	10,24	1,45	49,43	306,13	99,18	5,69
		2A-2	3,23	1,34	11,11	1,40	50,10	311,00	96,40	6,11
	ul. Serbska	2B-1	3,02	1,61	12,79	1,06	42,30	268,48	110,94	3,89
		2B-2	2,99	1,55	11,13	1,11	40,23	278,34	111,00	3,67
	ul. Lechicka	2C-1	3,83	1,20	8,18	1,58	41,46	398,18	73,05	7,44
		2C-2	3,67	1,11	8,09	1,52	40,11	379,23	80,34	7,93
<i>S. densiflora</i>	Rondo Śródka	3A-1	4,58	1,82	16,22	1,47	28,92	507,75	62,22	11,08
		3A-2	4,58	1,80	15,23	1,50	30,11	500,34	59,83	11,45
	ul. Garbary	3B-1	4,86	1,80	16,70	1,92	27,78	451,32	63,66	7,67
		3B-2	4,78	1,78	15,98	1,89	28,93	434,56	65,31	8,03
	ul. Strzeszyńska	3C-1	3,40	1,31	9,81	0,96	23,35	326,26	100,07	3,54
		3C-2	3,11	1,27	9,07	0,89	21,34	325,78	109,32	3,67
<i>S. nipponica</i> 'Snowmound'	ul. Winogrody	4A-1	4,21	1,50	10,48	0,73	18,46	320,68	43,14	4,91
		4A-2	4,09	1,45	10,05	0,78	19,56	333,1	39,78	4,78
	ul. Lechicka	4B-1	4,90	1,75	18,81	1,09	19,09	273,74	48,61	4,59
		4B-2	4,78	1,71	18,01	1,13	18,94	287,91	44,46	4,71
	ul. Polska	4C-1	3,60	1,72	18,69	1,15	17,70	378,46	47,45	7,04
		4C-2	3,45	1,71	18,72	1,11	18,10	367,89	43,67	6,89

Tabela 69. Zawartość metali ciężkich w glebach wybranych stanowisk uprawy tawuł w Poznaniu – termin wiosenny (mg kg⁻¹ s.m. gleby)

Takson / stanowisko	Nr próby	Pb	Cd	Cr	Ni	Zn	Fe	Mn	Cu	
<i>S. ×cinerea</i> 'Grefsheim'	ul. Karola Libelta	1A-1	2,37	0,155	1,14	0,14	12,12	71,63	9,26	3,54
		1A-2	2,09	0,137	1,18	0,15	14,23	77,98	8,76	3,67
	ul. Polska	1B-1	9,45	0,31	1,96	0,28	15,34	52,92	9,32	5,42
		1B-2	8,57	0,27	1,89	0,27	18,23	60,45	8,98	5,19
	ul. Żeromskiego	1C-1	1,45	0,156	1,13	0,14	5,92	39,26	3,46	2,09
		1C-2	1,25	0,143	1,23	0,14	4,78	42,3	3,78	1,99
<i>S. ×vanhouttei</i>	ul. Słowiańska	2A-1	12,85	0,344	0,92	0,24	21,14	65,49	12,43	6,08
		2A-2	11,11	0,318	0,88	0,23	23,45	70	11,56	5,55
	ul. Serbska	2B-1	7,07	0,107	0,72	0,20	13,66	45,19	3,94	4,53
		2B-2	6,34	0,097	0,67	0,20	15,66	51,1	3,24	4,13
	ul. Lechicka	2C-1	0,98	0,298	0,95	0,09	9,00	41,23	2,78	3,77
		2C-2	0,67	0,278	0,97	0,10	11,00	46,7	2,98	3,98
<i>S. densiflora</i>	Rondo Śródka	3A-1	2,83	0,152	0,98	0,14	9,05	52,48	3,75	2,5
		3A-2	2,65	0,142	0,92	0,14	8,77	49,78	3,56	2,32
	ul. Garbary	3B-1	1,89	0,254	0,87	0,24	9,74	37,1	7,63	3,2
		3B-2	1,58	0,264	0,76	0,23	8,01	36,1	7,11	3,11
	ul. Strzeszyńska	3C-1	2,18	0,3	1,59	0,23	14,8	28,1	4,48	5,53
		3C-2	1,97	0,289	1,64	0,23	16,02	25,45	4,28	5,37
<i>S. nipponica</i> 'Snowmound'	ul. Winogrody	4A-1	2,97	0,321	2,23	0,13	12,15	48,11	3,83	4,29
		4A-2	2,77	0,298	2,43	0,14	11,11	53,41	4,01	4,42
	ul. Lechicka	4B-1	1,15	0,167	2,24	0,21	3,96	62,06	7,47	0,56
		4B-2	1,03	0,183	2,11	0,20	3,56	56,78	7,33	0,66
	ul. Polska	4C-1	1,98	0,256	2,52	0,20	12,12	51,41	7,16	4,43
		4C-2	1,78	0,243	2,67	0,20	13,65	55,78	6,99	4,21

Tabela 70. Zawartość metali ciężkich w liściach tawuł pozyskanych z wybranych stanowisk uprawy w Poznaniu – termin jesienny (mg kg⁻¹ s.m. liści)

Takson / stanowisko	Nr próby	Pb	Cd	Cr	Ni	Zn	Fe	Mn	Cu	
<i>S. ×cinerea</i> 'Grefsheim'	ul. Karola Libelta	1A-1	2,70	0,86	8,82	1,18	35,40	284,07	35,09	5,00
		1A-2	2,60	0,83	8,16	1,20	33,70	284,28	39,07	4,67
	ul. Polska	1B-1	4,26	1,35	10,39	1,71	71,79	395,02	59,18	13,12
		1B-2	4,19	1,27	9,63	1,77	68,58	365,96	57,80	12,03
	ul. Żeromskiego	1C-1	4,22	0,97	7,57	1,52	44,41	346,96	34,74	7,89
		1C-2	4,10	0,95	7,02	1,64	48,14	341,40	31,00	7,70
<i>S. ×vanhouttei</i>	ul. Słowiańska	2A-1	2,88	0,95	5,43	1,29	38,56	223,47	64,47	5,18
		2A-2	2,91	0,91	5,89	1,25	39,08	227,03	62,66	5,56
	ul. Serbska	2B-1	2,72	1,09	6,78	0,94	32,99	195,99	72,11	3,54
		2B-2	2,69	1,05	5,90	0,99	31,38	203,19	72,15	3,34
	ul. Lechicka	2C-1	3,45	0,82	4,34	1,41	32,34	290,67	47,48	6,77
		2C-2	3,30	0,75	4,29	1,35	31,29	276,84	52,22	7,22
<i>S. densiflora</i>	Rondo Śródka	3A-1	4,12	1,18	8,60	1,22	26,61	340,19	37,33	9,53
		3A-2	4,12	1,17	8,07	1,25	27,70	335,23	35,90	9,85
	ul. Garbary	3B-1	4,23	1,17	8,85	1,59	25,56	302,38	38,20	6,60
		3B-2	4,16	1,16	8,47	1,57	26,62	291,16	39,19	6,91
	ul. Strzeszyńska	3C-1	2,96	0,85	6,28	0,80	21,48	218,59	60,04	3,04
		3C-2	2,71	0,83	5,80	0,74	19,63	218,27	65,59	3,16
<i>S. nipponica</i> 'Snowmound'	ul. Winogrody	4A-1	3,66	0,98	6,71	0,64	16,98	227,68	34,08	4,22
		4A-2	3,56	0,94	6,43	0,69	18,00	236,50	31,43	4,11
	ul. Lechicka	4B-1	4,26	1,14	12,04	0,96	17,56	194,36	38,40	3,95
		4B-2	4,16	1,11	11,53	0,99	17,42	204,42	35,12	4,05
	ul. Polska	4C-1	3,13	1,12	11,96	1,01	16,46	268,71	37,49	6,05
		4C-2	3,00	1,11	11,98	0,98	16,83	261,20	34,50	5,93

Tabela 71. Zawartość metali ciężkich w glebach wybranych stanowisk uprawy tawuł w Poznaniu – termin jesienny (mg kg⁻¹ s.m. gleby)

Takson / stanowisko	Nr próby	Pb	Cd	Cr	Ni	Zn	Fe	Mn	Cu	
<i>S. ×cinerea</i> 'Grefsheim'	ul. Karola Libelta	1A-1	8,69	0,09	0,33	0,15	14,44	68,30	4,45	6,11
		1A-2	8,45	0,07	0,31	0,13	15,25	65,40	4,80	6,21
	ul. Polska	1B-1	2,54	0,10	0,74	0,13	8,66	78,60	5,67	1,82
		1B-2	2,13	0,80	0,69	0,14	8,31	79,10	6,10	2,00
	ul. Żeromskiego	1C-1	3,89	0,14	0,15	0,09	12,51	76,41	6,32	2,96
		1C-2	3,45	0,11	0,15	0,09	12,94	74,50	6,90	2,52
<i>S. ×vanhouttei</i>	ul. Słowiańska	2A-1	9,90	0,26	0,37	0,33	17,13	69,00	11,00	4,77
		2A-2	9,30	0,27	0,35	0,31	17,42	68,70	11,10	4,63
	ul. Serbska	2B-1	10,40	0,20	0,28	0,22	17,76	89,51	11,00	4,31
		2B-2	10,10	0,19	0,31	0,23	18,21	90,10	12,10	4,40
	ul. Lechicka	2C-1	2,45	0,12	0,57	0,09	8,51	38,70	3,71	2,54
		2C-2	2,13	0,19	0,61	0,07	8,13	40,32	4,14	2,62
<i>S. densiflora</i>	Rondo Śródka	3A-1	1,36	0,11	0,18	0,10	7,98	84,54	4,95	1,71
		3A-2	1,11	0,12	0,21	0,11	7,54	86,70	5,32	1,93
	ul. Garbary	3B-1	4,53	0,17	0,31	0,10	13,12	56,17	3,11	2,55
		3B-2	4,57	0,14	0,29	0,10	13,51	57,76	2,97	2,30
	ul. Strzeszyńska	3C-1	1,29	0,14	0,64	0,05	7,10	85,30	10,81	0,63
		3C-2	1,32	0,13	0,60	0,03	7,93	88,51	11,11	0,80
<i>S. nipponica</i> 'Snowmound'	ul. Winogrody	4A-1	3,90	0,17	0,05	0,00	9,21	65,92	7,23	1,82
		4A-2	3,45	0,16	0,07	0,00	10,14	70,11	7,40	1,60
	ul. Lechicka	4B-1	2,62	0,26	0,40	0,13	7,52	49,13	7,34	1,37
		4B-2	2,43	0,23	0,44	0,12	7,81	44,57	7,85	1,73
	ul. Polska	4C-1	1,44	0,22	0,00	0,06	9,51	43,40	6,50	1,71
		4C-2	1,28	0,21	0,00	0,07	10,10	45,96	6,86	1,90