



## AUTOREFERAT

Wykorzystanie metody termicznej sap-flow do określenia przepływu wody w pędach *Physocarpus opulifolius* (L) Maxim. i *Spiraea japonica* L. oraz sposoby ograniczania stresu wodnego u tych roślin w uprawie kontenerowej

---

**Wojciech Durlak**

UNIWERSYTET PRZYRODNICZY W LUBLINIE  
Wydział Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu

Katedra Roślin Ozdobnych, Dendrologii i Architektury Krajobrazu

Lublin 2019

**1. IMIĘ I NAZWISKO**

Wojciech Durlak

**2. POSIADANE DYPLOMY, STOPNIE NAUKOWE/ARTYSTYCZNE**

**1993 rok - tytuł magistra inżyniera**, Wydział Ogrodniczy (obecnie Wydział Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu) Akademia Rolnicza w Lublinie (obecnie Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie),

Tytuł pracy magisterskiej: „**Wpływ CCC i nawożenia dolistnego na plon cebul tulipanów**” praca wykonana w Katedrze Roślin Ozdobnych

Promotor: prof. dr hab. Jerzy Hetman

Recenzent: prof. dr hab. Maria Szymańska

**1994 rok** – ukończenie Międzywydziałowego Studium Pedagogicznego. Akademia Rolnicza w Lublinie (obecnie Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie), **dypłom nr 70/94**

**2000 rok - stopień doktora nauk rolniczych** w zakresie ogrodnictwa – rośliny ozdobne, Wydział Ogrodniczy (obecnie Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu) Akademia Rolnicza w Lublinie (obecnie Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie)

Tytuł rozprawy doktorskiej: „**Wpływ terminu zbioru na plon cebul tulipanów, ich przydatność do pędzenia i wartość reprodukcyjną**” wykonana w Katedrze Roślin Ozdobnych

Promotor: prof. dr hab. Jerzy Hetman

Recenzenci: prof. dr hab. Władysław Szlachetka

dr hab. Halina Laskowska

*Rozprawa została wyróżniona przez Recenzentów*

### 3. INFORMACJA O DOTYCHCZASOWYM ZATRUDNIENIU W JEDNOSTKACH NAUKOWYCH

- od 1.12.1993 r. **asystent** na czas określony, Katedra Roślin Ozdobnych, Wydział Ogrodniczy, Akademia Rolnicza w Lublinie (obecnie Wydział Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie)
- od 01.12.1994 r. **asystent** na czas nieokreślony, Katedra Roślin Ozdobnych, Wydział Ogrodniczy, Akademia Rolnicza w Lublinie (obecnie Wydział Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie)
- 01.10.2000 - 01.12.2005 r. **adiunkt** na czas nieokreślony, Katedra Roślin Ozdobnych, Wydział Ogrodniczy, Akademia Rolnicza w Lublinie (obecnie Wydział Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie)
- 01.12.2005 - 01.02.2011 r. **adiunkt**, Zakład Architektury Krajobrazu, Instytut Roślin Ozdobnych i Architektury Krajobrazu, Wydział Ogrodniczy, Akademia Rolnicza w Lublinie (obecnie Wydział Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie)
- 01.02.2011 - 01.09.2017 r. **adiunkt**, Zakład Dendrologii i Terenów Zieleni, Instytut Roślin Ozdobnych i Architektury Krajobrazu, Wydział Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
- 01.09.2017 – do chwili obecnej **adiunkt**, Katedra Roślin Ozdobnych Dendrologii i Architektury Krajobrazu, Wydział Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
- 08.03.2002 - 30.09.2008 r. **adiunkt**, Katolicki Uniwersytet Lubelski, Wydział Matematyczno - Przyrodniczy, kierunek Architektura Krajobrazu. Umowa o dzieło
- 01.10.2010 - 30.09.2011 r. **adiunkt**, Wyższa Szkoła Inżynierijsko-Ekonomiczna w Rzeszowie, Wydział Przedsiębiorczości, kierunek Ogrodnictwo. Umowa o pracę w pełnym wymiarze czasu
- 04.11.2011 - 31.09.2012 r. **adiunkt**, Wyższa Szkoła Inżynierijsko-Ekonomiczna w Rzeszowie, Wydział Przedsiębiorczości, kierunek Ogrodnictwo. Umowa o dzieło

4. **WSKAZANIE OSIĄGNIĘCIA** wynikającego z art. 16. Ust.2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2016 r. poz. 882 ze zm. w Dz. U. z 2016 r. poz. 1311)

#### 4.1. TYTUŁ OSIĄGNIĘCIA NAUKOWEGO

Osiągnięciem, będącym podstawą ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego jest monografia pt.:

„Wykorzystanie metody termicznej sap-flow do określenia przepływu wody w pędach *Physocarpus opulifolius* (L) Maxim. i *Spiraea japonica* L. oraz sposoby ograniczania stresu wodnego u tych roślin w uprawie kontenerowej”[załącznik 5; Rozprawa Naukowa 397, 2019, Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie, ISSN 1899-2374]

**Recenzenci:** prof. dr hab. Waldemar Treder

dr hab. inż. Piotr Muras, prof. nadzw. UR w Krakowie

#### 4.2. OMÓWIENIE CELU NAUKOWEGO WW. PRACY I OSIĄGNIĘTYCH WYNIKÓW WRAZ Z OMÓWIENIEM ICH EWENTUALNEGO WYKORZYSTANIA

##### 4.2.1. WPROWADZENIE

Pogłębiający się na świecie deficyt wody zmusza producentów materiału roślinnego do znacznego ograniczania jej zużycia albo do większego nadzoru nad gospodarowaniem nią w celu zminimalizowania jej strat, a także do redukcji zanieczyszczeń przedostających się do wód gruntowych. Uprawy roślin szkółkarskich prowadzone są głównie na wolnym powietrzu, ale od kilkadziesiąt lat stale wzrasta powierzchnia upraw kontenerowych. Rośliny z tych upraw uzyskuje się szybciej, efektywniej oraz taniej [Majsztrik i in. 2011], a dobór odpowiedniego podłoża, nawożenie i nawadnianie są łatwiejsze. Ponadto produkcja w pojemnikach pozwala zwiększyć wydajność na jednostkę powierzchni, umożliwia stałą kontrolę warunków uprawy i szybką reakcję na potrzeby roślin.

Nawadnianie roślin uprawianych w kontenerach musi odbywać się częściej niż ma to miejsce w uprawach polowych. Deszczowanie w kontenerowni jest obarczone zawsze dużymi stratami. W zależności od rozstawy pojemników i kształtu roślin, do kontenerów trafia jedynie 25-37% wody a rośliny wykorzystują z tego tylko 13-20% [Weatherspoon i Harrel 1980, Beeson i Brooks 2008]. Pozostała jej

część rozpryskuje się poza pojemniki. Nawadnianie upraw zależy ponadto w dużej mierze od warunków pogodowych, technologii uprawy [Argo 1998, Allaire-Leung i in. 1999, Beeson 2007, Owen i Altland 2008] oraz uprawianego gatunku lub odmiany.

W celu ograniczenia zużycia wody dąży się do wprowadzania systemów zamkniętych, w których można w znacznym stopniu zmniejszyć nie tylko zużycie wody, ale też nawozów czy środków ochrony roślin. Poszukuje się zatem ciągle metod umożliwiających korzystanie z zasobów wodnych w bardziej ekonomiczny sposób [Koniarski i Matysiak 2015]. Znajomość potrzeb wodnych uprawianych roślin umożliwia precyzyjne określenie częstotliwości nawadniania przy zachowaniu ich jakości, co w efekcie może przyczynić się do zmniejszenia zużycia wody i ograniczenia kosztów produkcji.

Jedną z metod badawczych pozwalających na dokładne określenie zapotrzebowania roślin na wodę jest metoda termiczna sap-flow oparta na pomiarze prędkości przepływu wody w pędach roślinnych [Baker i van Bavel 1987, Braun i Schmid 1999, Oleszczuk i in. 2005, Gonzáles-Altozano i in. 2008, Girardi i in. 2010, Fu i in. 2016]. Umożliwia ona określenie przybliżonego zużycia wody w jednostce czasu przez roślinę.

Bezpośrednio z potrzebami wodnymi roślin wiążą się także sposoby określania poziomu ich stresu wodnego. Stan fizjologiczny roślin można określić m.in. za pomocą pomiaru fluorescencji chlorofilu [Kalaji i Łoboda 2010, Kalaji 2011, Ni i in. 2015, Hazrati i in. 2016] albo poziomu wymiany gazowej CO<sub>2</sub> [Honghai i in. 2016] i H<sub>2</sub>O, wykorzystując dodatkowo wskaźnik powierzchni liścia.

Inną z metod obniżenia poziomu stresu wodnego u roślin jest wykorzystanie w tym celu regulatorów wzrostu [Jankiewicz 1997, Farooq i Bano 2006, McCann i Huang 2006, Pirasteh i in. 2012, Xu i Huang 2012] oraz substancji pełniących rolę tzw. antytranspirantów, które oddziałują na tkanki roślinne w różny sposób. Jedne wpływają na zmiany anatomiczne w roślinie, co przejawia się np. zmniejszoną transpiracją [Anderson i Kreith 1978, Latocha i in. 2009, Sacała 2009], inne wpływają na procesy biochemiczne zachodzące w tkankach roślinnych [Dunn i in. 2012].

Celem podjętych badań było określenie tempa przepływu wody w pędach dwóch gatunków ozdobnych krzewów liściastych – pęcherznicy kalinolistnej

(*Physocarpus opulifolius* (L.) Maxim.) ‘Red Baron’ i tawuły japońskiej (*Spiraea japonica* L.) ‘Macrophylla’ – w uprawie kontenerowej oraz zbadanie poziomu stresu wodnego i oddziaływania wybranych preparatów (regulatorów wzrostu, antytranspirantów i związków krzemu) na cechy biometryczne i parametry fizjologiczne roślin.

#### 4.2.2. OMÓWIENIE WYNIKÓW BADAŃ

- **Ocena tempa przepływu wody w pędach pęcherznicy kalinolistnej ‘Red Baron’ i tawuły japońskiej ‘Macrophylla’ w zależności od radiacji słonecznej, częstotliwości nawadniania oraz warunków meteorologicznych**

W doświadczeniu badano tempo przepływu wody w pędach dwóch gatunków krzewów ozdobnych: pęcherznicy kalinolistnej (*Physocarpus opulifolius* L. Maxim.) ‘Red Baron’ i tawuły japońskiej (*Spiraea japonica* L.) ‘Macrophylla’ uprawianych systemem kontenerowym w nieogrzewanym tunelu foliowym. Zastosowano bezinwazyjną metodę termiczną sap-flow, której działanie polega na pomiarze temperatury przepływającego w pędach rośliny soku a konkretnie wzrastającej w tym czasie jej wartości. Krzewy nawadniano dwukrotnie każdego dnia i jednokrotnie co drugi dzień.

Wykazano, że prędkość przepływu wody w pędach zależała od radiacji słonecznej a także od częstotliwości nawadniania. Większy przepływ obserwowano u obu gatunków przy bardziej obfitym nawadnianiu. Tempo przemieszczania się wody było porównywalne zarówno u pęcherznicy jak i tawuły jedynie w godzinach nocnych (21.00-04.00) bez względu na częstość nawadniania i nie przekraczało wartości  $0,1 - 0,5 \text{ g}\cdot\text{h}^{-1}$ . Dynamika prędkości przepływu zwiększała się dopiero nad ranem, by osiągnąć maksymalne wartości w godzinach południowych. Po południu i wieczorem szybkość przemieszczania się wody malała do minimum. Jest to zgodne z badaniami prowadzonymi przez Heilmana i Hama [1990], którzy u *Ligustrum japonicum* Thunb. oraz Changa i in. [2014] u *Picea crassifolia* Kom. notowali niskie tempo przepływu soku w nocy i maksymalne w godzinach południowych.

Przebieg różnica w cyrkulacji wody w pędach obu gatunków w godzinach południowych, w zależności od tego czy rośliny podlewano częściej czy też rzadziej, wynosiła około 40-50%. Dwukrotne codzienne nawadnianie powodowało większy przepływ soku w pędach tawuły i mniejszy u pęcherznicy.

Na tempo przepływu wody w pędach krzewów mocno oddziałują czynniki pogodowe takie jak: radiacja słoneczna, temperatura i wilgotność powietrza. Sang i in. [2010], Chang i in. [2014] oraz Zhou i in [2014] analizując przepływ soku w pędach roślin drzewiastych notowali podobne zależności. W przeprowadzonym eksperymencie stwierdzono, że największy wpływ na prędkość przemieszczania się wody mają: u pęcherznicy kalinolistnej natężenie promieniowania słonecznego i wilgotność powietrza a u tawuły japońskiej radiacja. Wykazano zatem dominujący wpływ natężenia promieniowania słonecznego na tempo przepływu wody w pędach obu gatunków, co wynikało z korelacji pomiędzy poziomem radiacji a wielkością przepływu soku i wysokich współczynników determinacji. Istotny wpływ warunków pogodowych na tempo przepływu soku u różnych gatunków drzew i krzewów stwierdzili także: Yue i in. [2007], Juhasz i in. [2011], Zhang i in. [2011], Chen i in. [2014], Bo i in. [2015] i Jiang i in [2016]. Za przyczynę wzrastającej prędkości przemieszczania się soku w pędach roślin pod wpływem zwiększającej się radiacji słonecznej może być uznane parcie korzeniowe oraz rytm dobowy, określający intensywność różnych procesów zachodzących w roślinie [Kacperska 2002].

W warunkach wysokich temperatur ( $>30^{\circ}\text{C}$ ), dużego natężenia promieniowania słonecznego ( $>800 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ ) i niskiej wilgotności powietrza (40%), w wariancie z bardziej obfitym nawadnianiem, przepływ soków w pędach u obu gatunków był większy od 4-5 razy u pęcherznicy do nawet 12 razy u tawuły w porównaniu z rzadszym nawadnianiem.

W chłodniejszym okresie ( $11\text{-}13^{\circ}\text{C}$ ), w czasie dni o małym natężeniu promieniowania słonecznego ( $<100 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ ) i jednocześnie wysokiej wilgotności powietrza ( $>97\%$ ), tempo przepływu wody u pęcherznicy i tawuły było przeciętnie o połowę wyższe przy dwukrotnym codziennym nawadnianiu niż przy podlewaniu co drugi dzień. Wykazano więc, że w czasie dni słonecznych i ciepłych przez pędy roślin przepływa więc znacznie więcej wody niż podczas dni pochmurnych i chłodnych.

W ciągu całego dwuletniego cyklu uprawowego, przy dwukrotnym codziennym nawadnianiu, przez pędy pęcherznicy przepłynęło przeciętnie  $118 \text{ dm}^3$  a przez pędy tawuły  $186 \text{ dm}^3$  wody. Stosując podlewanie mniej obfite, przez pędy pęcherznicy przepłynęło w sumie  $73,9 \text{ dm}^3$  a przez pędy tawuły  $83,2 \text{ dm}^3$ . Wykazano, że tawuła jest bardziej wymagająca pod kątem potrzeb wodnych od pęcherznicy.

– **Ocena wpływu częstotliwości nawadniania na cechy biometryczne i parametry fizjologiczne krzewów**

W pierwszej części eksperymentu oceniono wpływ częstości nawadniania na cechy morfologiczne aparatów szparkowych. Przystosowanie do zmiennych warunków środowiskowych, na które narażone są rośliny podczas uprawy może skutkować zmianami morfologicznymi i anatomicznymi. Zróżnicowane stosunki wilgotnościowe, oświetleniowe lub wodne mają często zasadniczy wpływ na budowę, liczbę i usytuowanie aparatów szparkowych na powierzchni liści. W przeprowadzonych badaniach stwierdzono wyraźną różnicę w liczbie szparek i ich wielkości w zależności od częstotliwości nawadniania u obu gatunków. Wykazano, że więcej aparatów szparkowych tworzyło się na liściach krzewów nawadnianych rzadziej na co mogły mieć wpływ warunki stresowe uprawy. Podobne rezultaty uzyskali Manning i in. [1977] oraz Dyki i in. [1998], którzy twierdzą, że w warunkach niedoboru wody rośliny tworzą więcej aparatów szparkowych. Niemniej jednak są też doniesienia innych autorów sugerujących zależność odwrotną, gdzie ograniczenie dostępu do wody skutkuje mniejszą liczbą szparek na powierzchni blaszki liściowej [Nautiyal i in. 1994, Sam i in. 2000, Bañon i in. 2006, Klamkowski i in. 2008]. U pęcherznicy dłuższe i szersze szparki występowały u krzewów nawadnianych rzadziej a u tawuły minimalnie większymi rozmiarami charakteryzowały się aparaty szparkowe u krzewów podlewanych częściej mimo mniejszej ich liczby na jednostce powierzchni liścia.

Druga część doświadczenia obejmowała zbadanie wpływu częstotliwości nawadniania na inne cechy uprawianych krzewów. Wykazano, że częstotliwość nawadniania miała zróżnicowany wpływ na wybrane cechy morfologiczne. Krzewy pęcherznicy podlewane rzadziej były niższe i charakteryzowały się cieńszymi pędami. Bassuk i in. [1985] oceniając tolerancję na suszę kilku gatunków dereni oraz Kandari i in. [2012] badający wpływ częstotliwości nawadniania na wzrost i rozwój *Rogeria longiflora* (Royan) Gray ex DC. uzyskali podobne rezultaty. U tawuły krzewy rzadziej podlewane charakteryzowały się ograniczonym wzrostem, miały cieńsze i mniej liczne pędy ale z kolei bardziej ulistnione.

Wykazano, że parametry fluorescencji chlorofilu i poziom wymiany gazowej zależały od częstotliwości nawadniania. U obu gatunków wskaźnik  $F_v/F_M$  będący miarą maksymalnej wydajności fotochemicznej fotoukładu II (PSII) bez względu na częstotliwość nawadniania miał obniżoną wartość w stosunku do ogólnie przyjętej



normy dla roślin będących w pełni wzrostu i nienarażonych na stres, która wynosi od 0,83 do 0,85 jednostek względnych [Björkman i Demmig 1987, Johnson i in. 1993, Angelini i in. 2001]. Dowiedziono, że wskaźnik ten był niższy u krzewów, które nawadniano rzadziej co jest potwierdzeniem badań Cetnera i in. [2016]. Autorzy ci wykazali, że oddziaływanie czynników stresogennych wpływa zasadniczo na spadek wydajności kwantowej PSII i obniża wartość wskaźnika  $F_V/F_M$ . Parametry wymiany gazowej takie jak: stężenie międzykomórkowe  $CO_2$  ( $C_i$ ), poziom transpiracji ( $E$ ), przewodnictwo szparkowe ( $G_s$ ) oraz intensywność fotosyntezy ( $P_n$ ) charakteryzowały się wyższymi wartościami u krzewów nawadnianych częściej niż u tych podlewanych co drugi dzień. Jest to zgodne z badaniami prowadzonymi przez innych autorów [Lenzi i in. 2009, Sousa i in. 2014, Sabir 2016].

– **Ocena wpływu częstotliwości nawadniania na poziom siły ssącej podłoża w uprawie pęcherznicy kalinolistnej**

W doświadczeniu przykładowo zmierzono potencjał wodny tylko dla jednego z gatunków (pęcherznica). Siła ssąca podłoża była uzależniona od sposobu nawadniania, sezonu wegetacyjnego a także od konkretnego miesiąca uprawy. W wyniku przeprowadzonych pomiarów wykazano, że w zależności od warunków pogodowych panujących w danym sezonie wegetacyjnym i częstotliwości nawadniania potencjał wodny podłoża znacznie się różnił. Podczas dni słonecznych charakteryzujących się wysoką temperaturą ( $>30^{\circ}C$ ), wysoką radiacją słoneczną ( $>800 \cdot W \cdot m^{-2}$ ) i niską wilgotnością powietrza (40%) (początkowe dni sierpnia 2013 r.) siła ssąca podłoża była ponad czterokrotnie większa przy nawadnianiu rzadszym niż w wariacie z codziennym dwukrotnym nawadnianiem. W czasie dni pochmurnych i chłodnych (wrzesień 2013 r.) potencjał wodny podłoża nieco osłabł ale i tak był trzykrotnie większy przy jednokrotnym nawadnianiu co drugi dzień niż przy codziennym dwukrotnym nawadnianiu. Ogólnie rzecz biorąc zaobserwowano dwukrotną różnicę w wartości potencjału wodnego podłoża pomiędzy dniami upalnymi i słonecznymi (większa siła ssąca) a pochmurnymi i chłodnymi (mniejsza siła ssąca).

– **Ocena wpływu częstotliwości nawadniania i wybranych preparatów na cechy biometryczne oraz parametry fizjologiczne pęcherznicy kalinolistnej 'Red Baron' i tawuły japońskiej 'Macrophylla'**

W eksperymencie zastosowano dwie częstotliwości nawadniania ( $2 \times$  dziennie i  $1 \times$  co drugi dzień) oraz wybrane preparaty mające na celu redukcję stresu wodnego u roślin. Wykorzystano sześć preparatów, z czego trzy są typowymi antytranspirantami (Moisturin, Root-Zone i Vapor Gard) a pozostałe to: retardant wzrostu (Stabilan), nawóz krzemowy (Actisil) i wyciąg z glonów morskich *Ecklonia maxima* (Kelpak). Wykazano, że zastosowane preparaty miały zróżnicowany wpływ na cechy morfologiczne uprawianych krzewów. W większości przypadków ich stosowanie wpływało pozytywnie na te cechy bez względu na częstotliwość nawadniania. W warunkach stresowych niektóre z nich zwiększały tolerancję na deficyt wodny. Ich skuteczność zależała jednak od roku uprawy, przebiegu warunków meteorologicznych i wieku roślin. Dowiedziono, że u pęcherznicy przy bardziej obfitym nawadnianiu największy wpływ na powierzchnię blaszki liściowej i wysokość roślin miały: Actisil, Kelpak i Moisturin; na średnicę pędów: Moisturin, Vapor Gard i Kelpak, a na liczbę liści Kelpak i Moisturin. Należy jednak zwrócić uwagę na fakt, że rośliny starsze wytwarzały blaszki liściowe o większej powierzchni. Stosując rzadsze podlewanie, korzystnie ale tylko na wielkość liści wpływał Stabilan. Podobne rezultaty otrzymali Humphries [1963] w uprawie tytoniu oraz Prasad i Shukla [1991] u gorczycy sarepskiej, uzyskując u badanych roślin nie tylko grubsze, ale też dłuższe i o większej powierzchni liście. Pozytywnie działanie przy tej samej częstotliwości nawadniania, ale tylko na wysokość roślin, wykazywał także Actisil. Pozostałe preparaty nie miały tu istotnego znaczenia.

Wykazano, że u tawuły bez względu na częstotliwość nawadniania po zastosowaniu Moisturinu, Kelpaku, Vapor Gardu i Actisilu wyrastają większe liście. Stosując nawadnianie co drugi dzień, większą powierzchnię liści uzyskuje się u krzewów opryskiwanych Vapor Gardem i Actisilem, przy czym u roślin najstarszych, największe liście tworzą się u krzewów traktowanych Kelpakiem. Wyższe rośliny będące jednocześnie najstarszymi, uzyskuje się stosując rzadsze nawadnianie i traktując krzewy Moisturinem. Najgrubsze pędy pojawiają się z kolei u krzewów trzyletnich i traktowanych Kelpakiem. Moisturin podobnie jak przy wysokości krzewów powoduje największy przyrost średnicy pędów. Najwięcej pędów wyrasta u krzewów najstarszych opryskiwanych Vapor Gardem, a najwięcej

liści tworzy się u roślin najmłodszych traktowanych Vapor Gardem i nawadnianych częściej oraz u krzewów traktowanych Kelpakiem w obu wariantach nawadniania.

Pozytywne działanie krzemu, który jest głównym składnikiem Actisilu jest odnotowane w wielu publikacjach. Wskazuje się w nich istotny wpływ tego pierwiastka na parametry biometryczne roślin [Dębicz i in. 2017] czy też przyczynianie się do zwiększania ich odporności na warunki stresowe, co jest spowodowane tworzeniem barier w ścianach czy przestrzeniach komórkowych, zapobiegających nadmiernej utracie wody [Ma i in. 2001, Epstein 2001, Trenholm i in. 2004, Sacała 2009, Buttaro i in. 2009]. Duży wpływ na niektóre cechy morfologiczne mają także Moisturin i Vapor Gard, które tworzą na powierzchni roślin elastyczne błony ograniczające transpirację, w wyniku czego rośliny tracą wolniej wodę i są mniej podatne na stres [Englert 1992, Englert i in. 1993], co może skutkować lepszym wzrostem wegetatywnym w stosunku do krzewów kontrolnych [Roberts 1987] i mniejszym spadkiem masy pędów [Schuch i in. 1995].

Kelpak będący jednym z preparatów stworzonych na bazie wyciągów z alg morskich może wspomagać wzrost i rozwój roślin [Szabó i in. 2016] oraz przeciwdziałać skutkom stresu [Khan i in. 2009]. Jego pozytywne oddziaływanie mogło mieć wpływ na niektóre cechy morfologiczne krzewów np.: na średnicę i liczbę pędów, wielkość liści czy też ich liczbę. Wykazano, że większą liczbę pędów u krzewów doświadczalnych uzyskuje się po zastosowaniu Kelpaku. Podobne rezultaty uzyskali Szabó i in. [2014] w badaniach nad wpływem m.in. biostymulatorów wzrostu w rozmnażaniu *Prunus mahaleb* (L.) Mill.

W większości przypadków po zastosowaniu preparatów, szczególnie u krzewów narażonych na deficyt wodny, notowano wyższe wartości wskaźnika fluorescencji chlorofilu ( $F_V/F_M$ ) niż w kontroli. U pęcherznicy najefektywniej zadziałał Root-Zone w obu wariantach nawadniania, bez względu na wiek krzewów, a u tawuły u roślin dwuletnich, rzadziej podlewanych. Dodatkowo najmłodsze krzewy tawuły nawadniane jednorazowo co drugi dzień i traktowane Kelpakiem i Stabilanem charakteryzowały się najwyższymi wartościami wskaźnika  $F_V/F_M$ . Notowany w przypadku roślin rzadziej nawadnianych wyższy od normy wskaźnik fluorescencji chlorofilu potwierdza wysoką skuteczność tych preparatów w ograniczaniu stresu wodnego. Wykazano zatem, że stosowanie preparatów, zmniejszających lub niwelujących reakcję roślin na stres wodny jest uzasadnione, ale zależy od ich rodzaju i formy w jakiej je wykorzystano.

Pomiary intensywności fotosyntezy ( $P_n$ ) u pęcherznicy wykazały obniżenie wartości wskaźnika  $P_n$ , kiedy krzewy nawadniano rzadziej, co przekładało się na mniejsze uwilgotnienie podłoża. Podobne rezultaty uzyskała Olszewska [2003] w uprawie *Dactylis glomerata* L., która przy obniżonej połowej pojemności wodnej wykazała spadek wartości tego parametru. Nie zaobserwowano natomiast istotnego wpływu zastosowanych preparatów na badaną cechę. Jedynie u pęcherznicy rzadziej nawadnianej poziom  $P_n$  nieznacznie wzrastał po zastosowaniu Moisturinu i Vapor Gardu, które tworzą elastyczną błonkę na powierzchni liści.

U tawuły przy mniejszym uwodnieniu podłoża stwierdzono wyższy wskaźnik  $P_n$ , przy czym fotosynteza przebiegała najsilniej po zastosowaniu Moisturinu. Jednak w ciągu całego trzyletniego cyklu uprawowego we wszystkich kombinacjach bez względu na to jak często nawadniano rośliny uzyskane wartości tego parametru były porównywalne z kontrolą.

Wykorzystane preparaty nie miały istotnego wpływu na przewodnictwo szparkowe ( $G_s$ ) u krzewów doświadczalnych. Wykazano jedynie skłonność do wzrostu wartości tego parametru po zastosowaniu: Vapor Gardu, Actisilu, Stabilanu u pęcherznicy oraz Kelpaku u pęcherznicy i tawuły nawadnianych rzadziej.

W przypadku poziomu transpiracji ( $E$ ), u krzewów obu gatunków, zastosowane preparaty nie wpływały w istotny sposób na ten parametr. Podobną sytuację zaobserwowano, kiedy brano pod uwagę międzykomórkowe stężenie  $CO_2$  ( $C_i$ ). Poziom tego czynnika po zastosowaniu preparatów był porównywalny z kontrolą przy obu częstotliwościach nawadniania.

Porównując ze sobą reakcję krzewów pęcherznicy i tawuły na zastosowane preparaty i częstotliwość nawadniania, nie stwierdzono istotnych różnic w efektywności i chwilowej efektywności wykorzystania przez nie wody ( $WUE$  i  $WUEI$ ). W obu wariantach nawadniania bez względu na zastosowane preparaty uzyskane wartości były porównywalne. U pęcherznicy wykazano niewielką tendencję do wzrostu w większym stopniu obu wskaźników w drugim sezonie wegetacyjnym po zastosowaniu: Moisturinu, Root-Zone, Vapor Gardu i Stabilanu, a także Moisturinu w ostatnim roku uprawy, w wariacie z rzadszym podlewaniem, co może sugerować nieco lepsze wykorzystanie wody w stosunku do roślin kontrolnych. Korzystanie z różnych metod poprawiających efektywność wykorzystania wody poprzez kontrolowanie procesów fizjologicznych, które

oddziałują na transpirację i wydajność roślin [Pascale i in. 2011] wydaje się zatem logicznym rozwiązaniem.

U tawuły wyższe wskaźniki WUE uzyskano u krzewów nawadnianych obficie po zastosowaniu kilku preparatów (Root-Zone, Vapor Gardu, Actisilu i Moisturinu) przede wszystkim u roślin najmłodszych. Podobnie reagowały krzewy traktowane Stabilanem i Root-Zone już w pierwszym roku uprawy w kombinacji rzadziej nawadnianej. W drugim sezonie wegetacyjnym wyższą skłonność do zwiększania WUE notowano po zastosowaniu Moisturinu a w trzecim roku: Root-Zone, Moisturinu i Vapor Gardu w porównaniu do kontroli.

Oddziaływanie warunków stresowych może wpływać na zwiększenie wartości współczynnika WUE [Klamkowski i Treder 2011, Olszewska i in. 2010] lub zmniejszenie [Malinowska i in. 2017] obu współczynników WUE i WUEI, co potwierdzono w badaniach nad truskawką, różnymi gatunkami traw czy wierzbą wiciową. Różnice odmianowe lub gatunkowe jak wykazali ww. autorzy mogą tu mieć znaczenie dla efektywności wykorzystania wody. Na zmianę wartości współczynnika WUE mogą też wpływać w pewnym stopniu zastosowane środki. Być może tawuła w warunkach ograniczonej ilości wody po stosowaniu Moisturinu i Root-Zone lepiej nią gospodarowała, a chwilowy współczynnik wykorzystania wody (WUEI), w tym samym wariancie nawadniania, po zastosowaniu Moisturinu, Root-Zone i Vapor Gardu, w ciągu trzech lat uprawy, osiągał wyższe wartości aczkolwiek nieróżniące się od kontroli.

Zastosowane preparaty w zależności od roku uprawy i częstotliwości nawadniania miały istotny wpływ na względną zawartość wody w liściach (RWC) a także na deficyt wysycenia liści wodą (WSD). Wykazano, że najskuteczniej zadziałał Actisil, po którego zastosowaniu wzrastała w największym stopniu zawartość wody w liściach zarówno u pęcherznicy jak i u tawuły, a deficyt wysycenia liści wodą był najmniejszy. U pęcherznicy traktowanej Root-Zone, szczególnie u krzewów najmłodszych, nawadnianych rzadziej zwiększył się istotnie wskaźnik RWC w stosunku do kontroli i obniżył w dużym stopniu wskaźnik WSD. Podobną reakcję, chociaż na znacznie mniejszą skalę zaobserwowano u tawuły, ale u roślin starszych przy tej samej częstotliwości nawadniania. Może to być spowodowane tym, że w warunkach stresowych, jak podaje producent środka [<http://www.wellplant.com>, <http://conserveawater.com>], Root-Zone przyspiesza u roślin syntezę kwasu abscysynowego (ABA), który wpływając na poziom transpiracji i przewodność

szparkową ogranicza skutki stresu wodnego [Dunn i in. 2012, Lee i Luan 2012]. Jest to także zgodne z wynikami uzyskanymi przez Agarwala i in. [2005] oraz Bano i in. [2012], którzy wykazali, że stosowanie ABA zwiększa wskaźnik RWC u roślin narażonych na stres wodny.

#### 4.2.3. PODSUMOWANIE

Przedstawione powyżej wyniki badań, scharakteryzowane w monografii zgłoszonej do postępowania habilitacyjnego, stanowią jeden z pierwszych przykładów stosowania metody termicznej sap flow w uprawach kontenerowych krzewów ozdobnych na terenie Polski.

1. Zastosowanie metody termicznej sap-flow w pomiarach przepływu soku w pędach pęcherznicy kalinolistnej i tawuły japońskiej umożliwia określenie tempa jego przemieszczania, co może być pomocnym wskaźnikiem do wyliczenia poboru wody a tym samym zapotrzebowania roślin na wodę. Prędkość przepływu soku zależy od radiacji słonecznej, częstotliwości nawadniania oraz gatunku. Największe tempo przepływu notuje się w godzinach południowych (11.00-13.00) a najmniejsze w nocy (22.00-5.00). Większa częstotliwość nawadniania powoduje intensywniejszy przepływ soków w pędach tawuły a mniejszy u pęcherznicy. Przez trzy letnie miesiące (VII-IX), przy dwukrotnym codziennym nawadnianiu, u pęcherznicy przez jeden pęd przepłynęło w sumie 21,6 dm<sup>3</sup>, a u tawuły 13,6 dm<sup>3</sup> wody. Natomiast przy jednokrotnym nawadnianiu co drugi dzień u pęcherznicy przez jeden pęd przepłynęło 14,5 dm<sup>3</sup> a u tawuły 13,6 dm<sup>3</sup> wody.
2. Na dynamikę przepływu soku w pędach roślin w znaczący sposób wpływają czynniki meteorologiczne, przy czym największe znaczenie w uprawie pęcherznicy kalinolistnej mają: natężenie promieniowania słonecznego i wilgotność powietrza. U tawuły japońskiej najmocniej na tempo przepływu soku oddziałuje radiacja.
3. Poziom nawadniania wpływa na cechy morfologiczne krzewów. U roślin nawadnianych rzadziej (jednokrotnie co dwa dni), w porównaniu do nawadnianych częściej (dwa razy w ciągu dnia) notuje się liczniejsze aparaty szparkowe - większe u pęcherznicy i mniejsze u tawuły. Krzewy tawuły są niższe, mają mniej pędów, które są jednocześnie cieńsze ale obficie ulistnione.

- Pęcherznica na rzadsze nawadnianie reaguje wytwarzaniem krótszych i cieńszych pędów.
4. Poziom stresu wodnego w kontenerowej uprawie pęcherznicy i tawuły zależy od gatunku, częstotliwości nawadniania i rodzaju stosowanych preparatów, które to czynniki decydują o parametrach fluorescencji chlorofilu, wymiany gazowej i siły ssącej podłoża będących indeksem stresu wodnego roślin.
  5. U pęcherznicy i tawuły fluorescencja chlorofilu oceniana wskaźnikiem  $F_v/F_M$  osiąga większe wartości przy bardziej obfitym podlewaniu. Parametry wymiany gazowej przy codziennym dwukrotnym nawadnianiu tj.: stężenie międzykomórkowe  $CO_2$  ( $C_i$ ), transpiracja ( $E$ ), przewodnictwo szparkowe ( $G_s$ ) i intensywność fotosyntezy ( $P_n$ ) charakteryzują się wyższymi wartościami niż u krzewów nawadnianych rzadziej. Zastosowane preparaty zmniejszają poziom stresu co przekłada się na wyższe wartości wskaźnika  $F_v/F_M$ . U pęcherznicy nawadnianej rzadziej najskuteczniej działa Root-Zone a u tawuły Kelpak. Żaden z preparatów nie wpływa na parametry wymiany gazowej ( $C_i$ ,  $E$ ,  $G_s$  i  $P_n$ ).
  6. Wartość współczynnika wykorzystania wody (WUE) zależy od wieku roślin, częstotliwości nawadniania i zastosowanego preparatu. Starsze rośliny pęcherznicy (3-letnie) lepiej wykorzystują wodę w porównaniu do roślin młodszych (1 rocznych), gdy traktowane są Moisturinem w warunkach mniej obfitego nawadniania. Młodsze krzewy tawuły w warunkach rzadszego nawadniania najlepiej wykorzystują wodę po aplikacji Root-Zone i Stabilanu.
  7. Actisil stosowany u obu gatunków powoduje zatrzymanie wody w liściach co przejawia się wyższym wskaźnikiem (RWC) i mniejszym deficytem wysycenia liści wodą (WSD) bez względu na częstotliwość nawadniania. U pęcherznicy korzystne jest stosowanie Root-Zone w warunkach mniej obfitego nawadniania.
  8. Preparaty stosowane w celu ograniczenia stresu wodnego mogą modyfikować cechy morfologiczne krzewów pęcherznicy i tawuły w stopniu zależnym od gatunku i częstotliwości nawadniania. W uprawie tawuły Vapor Gard, Moisturin i Kelpak, przy rzadszym nawadnianiu, wpływają pozytywnie na walory ozdobne krzewów (wielkość liści, średnicę pędu, wysokość roślin oraz liczbę pędów i liczbę liści na pędzie). U pęcherznicy Actisil, Kelpak i Moisturin przy częstszym nawadnianiu korzystnie oddziałują na wielkość liści, średnicę pędu, wysokość roślin i liczbę liści.

9. Stosowanie metody sap-flow umożliwiającej ocenę tempa przepływu wody w pędach roślin i aplikacja preparatów ograniczających jej straty, pozwala na ustalenie takiego poziomu nawadniania, przy którym rośliny nie są narażone na stres wodny a ich walory dekoracyjne są zachowane lub zwiększone. Metoda uprawy pęcherznicy uwzględniająca dwukrotne codzienne nawadnianie przy stosowaniu Actisilu, Kelpaku i Moisturinu jest najbardziej wskazana w jej produkcji kontenerowej ze względu na walory ozdobne krzewów. W uprawie tawuły zaleca się jednokrotne nawadnianie co drugi dzień, przy aplikacji Vapor Gardu, Moisturinu lub Kelpaku.
10. Zastosowanie metody termicznej sap flow w szkółkarskiej produkcji kontenerowej, połączone z aplikacją antytranspirantów i preparatów powodujących ograniczenie strat wody, daje wymierne korzyści w oszczędnym gospodarowaniu wodą, co może mieć istotne znaczenie w uprawie na szeroką skalę najbardziej popularnych gatunków krzewów ozdobnych.

#### 4.2.4. PIŚMIENNICTWO

- Agarwal S., Sairam R.K., Srivastava G.C., Tyagi A., Meena R.C., 2005. Role of ABA, salicylic acid, calcium and hydrogen peroxide on antioxidant enzymes induction in wheat seedlings. *Plant Sci.* 169, 559-570.
- Allaire-Leung S.E., Caron, J., Parent, L.E., 1999. Changes in physical properties of peat substrates during plant growth. *Can. J. Soil Sci.* 79, 137-139.
- Anderson J.E., Kreith F. 1978. Effect of film forming and silicone antitranspirants on four herbaceous plant species. *Plant Soil* 49, 161-173.
- Angelini G., Ragni P., Esposito D., Giardi P., Pompili M.L., Moscardelli R., Giardi M.T., 2001. A device to study the effect of space radiation on photosynthetic organisms. *Phys. Med.* 17 (Suppl. 1), 267-268.
- Argo W.R., 1998. Root medium physical properties. *HortTechnology* 8, 481-485.
- Baker J.M., van Bavel C.H.M., 1987. Measurement of mass flow of water in the stems of herbaceous plants. *Plant Cell Environ.* 10, 777-782.
- Bano A., Ullah F., Nosheen A., 2012. Role of abscisic acid and drought stress on the activities of antioxidant enzymes in wheat. *Plant Soil Environ.* 58(4), 181-185.
- Bañon S., Ochoa J., Franco J.A., Alarcón J.J., Sánchez-Blanco M.J., 2006. Hardening of oleander seedlings by deficit irrigation and low air humidity. *Environ. Exp. Bot.* 56, 36-43.
- Bassuk N.L., Whitlow T., Wittick E., 1985. Evaluating Street Trees for Drought Tolerance. Improving the Quality of Urban Life with Plants. *International New York Botanical Garden Symp. on Urban Hort. Publication* 2, 174-187.



- Beeson R.C., Brooks J., 2008. Evaluation of a model based on reference crop evapotranspiration (ET<sub>o</sub>) for precision irrigation using overhead sprinklers during nursery production of *Ligustrum japonica*. Acta Hort. 792, 85-90.
- Beeson, R.C., Jr., 2007. Determining plant-available water of woody ornamentals in containers in situ during production. HortScience. 42, 1700–1704.
- Björkman O., Demmig B., 1987. Photon yield of O<sub>2</sub> evolution and chlorophyll fluorescence characteristics at 77-K among vascular plants of diverse origins. Planta 170, 489–504.
- Bo X., Du T., Ding R., Tong L., Li S., 2015. Stem flow of seed-maize under alternate furrow irrigation and double-row ridge planting in an arid region of Northwest China. J. Integr. Agric. 14(7), 1434-1445.
- Braun P., Schmid J., 1999. Sap flow measurements in grapevines (*Vitis vinifera* L.). 2. Granier measurements. Plant Soil 215, 47–55.
- Buttaro D., Bonasia A., Minuto A., Serio F., Santamaria P., 2009. Effect of silicon in the nutrient solution on the incidence of powdery mildew and quality traits in carosello and barattiere (*Cucumis melo* L.) grown in soilless system. J. Hort. Sci. Biotech. 84, 300-304.
- Cetner M.D., Dąbrowski P., Samborska A., Łukasik I., Swoczyna T., Pietkiewicz S., Bąba W., Kalaji H.M., 2016. Zastosowanie pomiarów fluorescencji chlorofilu w badaniach środowiskowych. Kosmos 65(2), 197-205.
- Chang X., Zhao W., He Z., 2014. Radial pattern of sap flow and response to microclimate and soil moisture in Qinghai spruce (*Picea crassifolia*) in the upper Heihe River Basin of arid northwestern China. Agricultural and Forest Meteorology 187, 14-21.
- Chen D., Wang Y., Liu S., Wei X., Wang X., 2014. Response of relative sap flow to meteorological factors under different soil moisture conditions in rainfed jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) plantations in semiarid Northwest China. Agr. Water Manage 136, 23-33.
- Dębicz R., Pawlikowska A., Wróblewska K., Bąbalewski P., 2017. The influence of silicon and multinutrient fertilizer on the quality and chemical composition of *Gazania rigens* 'Kiss Yellow', *Salvia farinacea* 'Fairy Queen' and *Verbena* 'Obsession Lilac' plants'. Journal of Horticultural Research 25(1), 35-45.
- Dunn B.L., Cole J.C., Payton M.E., 2012. Use of antitranspirants to reduce water stress on herbaceous and woody ornamental. J. Environ. Hort. 30(3), 137-145.
- Dyki B., Borkowski J., Kowalczyk W., 1998. Wpływ niedoboru miedzi i stresu wodnego na mikrostrukturę powierzchni liścia pomidora (*Lycopersicon esculentum* L.) Acta Agrobot. 51, 119-125.
- Englert J.M., 1992. Physiological and cultural conditions affecting postharvest handling of bare-root nursery plants. For the degree of Master of Science in Horticulture. Oregon State University 92 pp.
- Englert J.M., Warren K., Fuchigami L.H., Chen T.H.H., 1993. Antidesiccant compounds improve the survival of bare-root deciduous nursery trees. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 118(2), 228-235.
- Epstein E., 2001. Silicon in plants: Facts vs. concepts. Studies in Plant Science 8, 1-15. In: (Eds.) Datnoff L.E., Snyder G.H., Korndörfer G.H. Silicon in Agriculture. Elsevier Science B.V.

- Farooq U., Bano A., 2006. Effect of abscisic acid and chlorocholine chloride on nodulation and biochemical content of *Vigna radiata* L. under water stress. Pak. J. Bot. 38(5), 1511-1518.
- Fu S., Sun L., Luo Y., 2016. Combining sap flow measurements and modelling to assess water needs in an oasis farmland shelterbelt of *Populus simonii* Carr in Northwest China. Agricultural Water Management 177, 172–180.
- Girardi E.A., Filho F. de A.A.M., Delgado-Rojas J.S., Araújo J.P. de C., 2010. Use of the heat dissipation method for sap flow measurement in citrus nursery trees. Rev. Bras. Frutic. 32(4), 976-983.
- González-Altozano P., Pavel E.W., Oncins J.A., Doltra J., Cohen M., Paço T., Massai R., Castel J.R., 2008. Comparative assessment of five methods of determining sap flow in peach trees. Agr. Water Manage. 95(5), 503-515.
- Hazrati S., Tahmasebi-Sarvestani Z., Modarres-Sanavy S.A., Mokhtassi-Bidgoli A, Nicola S., 2016. Effects of water stress and light intensity on chlorophyll fluorescence parameters and pigments of *Aloe vera* L. Plant Physiol. Biochem. 106, 141-148.
- Heilman J.L., Ham J.M., 1990. Measurement of mass flow rate of sap in *Ligustrum japonicum*. HortSci. 25(4), 465-467.
- Hong-hai L., Merope T.M., Ya-li Z., Wang-feng Z., 2016. Combining gas exchange and chlorophyll *a* fluorescence measurements to analyze the photosynthetic activity of drip-irrigated cotton under different soil water deficits. J. Integr. Agric. 15(6), 1256-1266.
- <http://www.wellplant.com> dostęp: 09.06.2016
- <http://conserveawater.com> dostęp: 12.11.2017
- Humphries E.C., 1963. Effect of (2-chloro-ethyl)-trimethylammonium chloride on plant growth, leaf area and net assimilation rate. Ann. Bot. 27, 517-532.
- Jankiewicz L.S. (red.) 1997. Regulatory wzrostu i rozwoju roślin. Właściwości i działanie. Cz. 1. PWN Warszawa 282 pp.
- Jiang X., Kang S., Li F., Du T., Tong L., Comas L., 2016. Evapotranspiration partitioning and variation of sap flow in female and male parents of maize for hybrid seed production in arid region. Agr. Water Manage. 176, 132-141.
- Johnson G., Young A., Scholes J., Horton P., 1993. The dissipation of excess excitation energy in British plant species. Plant Cell Environ. 16, 673–679.
- Juhász, Á., Hrotkó, K., Tőkei, L., 2011. Sap flow response of cherry trees to weather condition. Air and Water Components of the Environment Conference's Proceedings, 76-82.
- Kacperska A., 2002. Gospodarka wodna. W: Fizjologia roślin. (Red. Kopcewicz J., Lewak S.) Wyd. PWN Warszawa 806 pp.
- Kalaji H.M., 2011. Oddziaływanie abiotycznych czynników stresowych na fluorescencję chlorofilu w roślinach wybranych odmian jęczmienia *Hordeum vulgare* L. Rozprawy Naukowe i Monografie. Wyd. SGGW. Warszawa, 176 pp.
- Kalaji H.M., Łoboda T., 2010. Fluorescencja chlorofilu w badaniach stanu fizjologicznego roślin. Wyd. SGGW. Warszawa, 116 pp.

- Kandari L.S., Kulkarni M.G., Van Staden J., 2012. Germination and growth requirements of *Rogeria longiflora* – medicinal plant of the Namib Desert. S. Afr. J. Bot. 79, 84-90.
- Khan W., Rayirath U.P., Subramanian S., Jithesh M.N., Rayorath P., Hodges D. Mark, Critchley A.T., Craigie J.S., Norrie J., Prithiviraj B., 2009. Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. J. Plant Growth Regul. 28 (4), 386–399.
- Klamkowski K., Treder W., 2011. Wpływ deficytu wody na wymianę gazową liści, wzrost i plonowanie dwóch odmian truskawki uprawianych pod osłonami. Infrastruk. Ekol. Ter. Wiej. 5, 105-113.
- Klamkowski K., Treder W., Marasek A., Borkowska B., 2008. Charakterystyka aparatów szparkowych i wymiana gazowa roślin truskawki w zależności od warunków wzrostu. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 524, 499-509.
- Koniarski M., Matysiak B., 2015. Zastosowanie regulowanego deficytu nawadniania (RDI) w pojemnikowej uprawie krzewów ozdobnych. Infrastruk. Ekol. Ter. Wiej. 1, 197-208.
- Latocha P., Ciechocińska M., Pietkiewicz S., Kalaji M.H., 2009. Preliminary assessment of antitranspirant Vapor Gard® influence on *Actinidia arguta* growing under drought stress conditions. Ann. Warsaw Univ. of Life Sc. 30, 149-159.
- Lee S.C., Luan S., 2012. ABA signal transduction at the crossroad of biotic and abiotic stress responses. Plant Cell Environ. 35(1), 53-60.
- Lenzi A., Pittas L., Martinell T., Lombardi P., Tesi R., 2009. Response to water stress of some oleander cultivars suitable for pot plant production. Sci. Hort. 122, 426-431.
- Ma J.F., Miyake Y., Takahashi E., 2001. Silicon as a beneficial element for crop plants. Studies in Plant Science 8, 17-39. In: (Eds.) Datnoff L.E., Snyder G.H., Korndörfer G.H. Silicon in Agriculture. Elsevier Science B.V.
- Majsztrik, J.C., Ristvey, A.G., Lea-Cox J.D., 2011. Water and nutrient management in the production of container grown ornamentals. Horticultural Reviews. 38, 253–297.
- Malinowska K., Wróbel J., Mikiciuk M., Studziński M., 2017. Physiological reaction of basket willow (*Salix viminalis* L.) to zink excess. Folia Pomer. Univ. Technol. Stetin. Agric. Aliment. Pisc. Zootech. 338(44)4, 89-100.
- Manning C.E., Miller S.D., Teare I.D., 1977. Effect of moisture stress on leaf anatomy and water-use efficiency of peas. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 102, 756-760.
- McCann S.E., Huang B., 2007. Effects of trinexapac-ethyl foliar application on creeping bentgrass responses to combined drought and heat stress. Crop Sci. 47(5), 2121-2128.
- Nautiyal S., Badola H.K., Negi D.S., 1994. Plant responses to water stress: changes in growth, dry matter production, stomatal frequency and leaf anatomy. Biol. Plant. 36, 91-97.
- Ni Z., Liu Z., Huo H, Li Z.L., Nerry F., Wang Q., Li X., 2015. Early water stress detection using leaf-level measurements of chlorophyll fluorescence and temperature data. Remote Sens. 7, 3232-3249.
- Oleszczuk R., Brandyk T., Szatyłowicz J., Gnatowski T., Szejba D., 2005. Określenie napięcia przepływu wody przez drzewka brzozy na glebie torfowo-murszowej przy zastosowaniu metody „sap flow”. Przegląd Naukowy. Inżynieria i Kształtowanie Środowiska 2(32), 72-80.

- Olszewska M., 2003. Wpływ stresu wodnego na intensywność fotosyntezy, zawartość chlorofilu i plonowanie odmian *Dactylis glomerata* L. Komunikat. Biul. IHAR 225, 229-237.
- Olszewska M., Grzegorzczak S., Olszewski J., Bałuch-Matecka A., 2010. Porównanie reakcji wybranych gatunków traw na stres wodny. Łąkarstwo w Polsce (Grassland Science in Poland) 13, 127-136.
- Owen J.S., Jr., Altland J.E., 2008. Container height and Douglas fir bark texture affect substrate physical properties. HortScience. 43, 505-508.
- Pascale S., Costa L.D., Vallone S., Barbieri G., Maggio A., 2011. Increasing water use efficiency in vegetable crop production: From plant to irrigation systems efficiency. HortTechnology 21(3), 301-308.
- Pirasteh A.H., Emam Y., Ashraf M., Foolad M.R., 2012. Exogenous application of salicylic acid and chlormequat chloride alleviates negative effects of drought stress in wheat. Advanced Studies in Biology 4 (11), 501-520.
- Prasad S., Shukla D.N., 1991. Effect of nitro gen and chlormequat chloride on the seed field and oil content of mustard (*Brassica juncea* L. Czern&Coss). Plant Growth Regul. 10(3), 185-195.
- Roberts B.R., 1987. Methods for measuring water status and reducing transpirational water loss in trees. Journal of Arboriculture 13(2), 56-61.
- Sabir A., 2016. Physiological and morphological responses of grapevine (*V. vinifera* L. cv. 'Italia') leaf to water deficit under different rootstock effect. Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus 15(1), 135-148.
- Sacała E., 2009. Role of silicon in plant resistance to water stress. J. Elementol. 14(3), 619-630.
- Sam O., Jeréz E., Dell'Amico J., Ruiz-Sanchez M.C., 2000. Water stress induced changes in anatomy of tomato leaf epidermes. Biol. Plant. 43, 275-277.
- Sang Y., Zhang J., Meng P., Ren Y., 2010. Responses of stem sap flow to meteorological factors and water evaporation at different time scales over *Quercus variabilis* plantation. Shengtai Xuebao/Acta Ecologica Sinica 30, 6661-6668.
- Schuch U.K., Karlik J.F., Harwood C., 1995. Antidesiccants applied to packaged rose plants affect growth and field performance. Hort. Sci. 30(1), 106-108.
- Sousa G.G, Azevedo B.M, Fernandes C.N.V., Viana T.V.A., Santos M.L., 2014. Growth, gas exchange and yield of peanut in frequency of irrigation. Rev. Cienc. Agron. 45(1), 27-34.
- Szabó V., Magyar L., Hrotko K., 2016. Effect of leaf spray treatments on rooting and quality of *Prunus mahaleb* (L.) cuttings. Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus 15(1), 77-87.
- Szabó V., Németh Z., Sárvári A., György V., Hrotkó K., 2014. Effect of biostimulator and leaf fertilizers on *Prunus mahaleb* L. stockplants and their cuttings. Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus 13(6), 113-125.
- Trenholm L.E., Datnoff L.E., Nagata R.T., 2004. Influence of silicon on drought and shade tolerance of St. Augustine grass. HortTechnology 14(4), 487-490.
- Weatherspoon D.M., Harrell, C.C., 1980. Evaluation of drip irrigation for container production of woody landscape plants. HortScience 15, 488-489.

- Xu C., Huang B., 2012. Proteins and Metabolites Regulated by Trinexapac-ethyl in relation to drought tolerance in Kentucky Bluegrass. *J. Plant Growth Regul.* 31, 25-37.
- Yue, G., Zhao, H., Zhang, T., Yun J., Niu L., He Y., 2007. Characteristics of *Caragana microphylla* sap flow and water consumption under different weather conditions on Horqin Sandy Land of northeast China. *Chin. J. Appl. Ecol.* 18(10), 2173–2178.
- Zhang Y., Kang S., Ward E.J., Ding R., Zhang X., Zheng R., 2011. Evapotranspiration components determined by sap flow and microlysimetry techniques of a vineyard in northwest China: Dynamics and influential factors. *Agr. Water Manage.* 98(8) 1207-1214.
- Zhou Q., Wang Y., Sun S., 2014. Characteristic of sap flow of poplar and response to meteorological factors in coastal region. *Adv. Mat. Res. Vols.* 1010-1012, 1055-1058.

#### **4.3. OMÓWIENIE POZOSTAŁYCH OSIĄGNIĘĆ NAUKOWO – BADAWCZYCH**

Studia wyższe ukończyłem w 1993 roku. Pracę magisterską wykonałem w Katedrze Roślin Ozdobnych pod kierunkiem prof. dra hab. Jerzego Hetmana. Tematyka pracy dotyczyła wpływu CCC (chlorku chlorocholiny) i nawożenia dolistnego na plon cebul tulipanów.

Działalność naukową rozpocząłem w 1993 roku w momencie podjęcia zatrudnienia w Katedrze Roślin Ozdobnych na stanowisku asystenta na czas określony, a od 1994 roku na stanowisku asystenta na czas nieokreślony. Pracę doktorską pod tytułem „Wpływ terminu zbioru na plon cebul tulipanów, ich przydatność do pędzenia i wartość reprodukcyjną” wykonałem w Katedrze Roślin Ozdobnych pod kierunkiem prof. dra hab. Jerzego Hetmana i obroniłem ją w roku 2000. Od 1. 10. 2000 r. pracuję jako adiunkt w Katedrze Roślin Ozdobnych (obecnie Katedra Roślin Ozdobnych, Dendrologii i Architektury Krajobrazu). Od początku mojej pracy zawodowej uczestniczyłem w realizacji tematów badawczych w ramach działalności statutowej (DS) i badań własnych (BW) kierowanych przez prof. dra hab. Jerzego Hetmana i prof. dr hab. Halinę Laskowską.

Główne kierunki badań, którymi się zajmowałem charakteryzowały się zróżnicowaną problematyką. Na początku swojej pracy naukowej skupiłem się na roślinach cebulowych, co stanowiło kontynuację badań rozpoczętych jeszcze w ramach pracy magisterskiej. Obejmowały one szeroko pojęte zagadnienia związane z doskonaleniem technologii produkcji ozdobnych roślin cebulowych i bulwiastych. W obrębie tej tematyki brałem udział w trzech projektach badawczych, w których byłem głównym wykonawcą.

Prowadziłem także badania nad wpływem superabsorbentów na wzrost i cechy morfologiczne roślin rabatowych oraz analizowałem strukturę gatunkową roślinności wykorzystywanej na rabatach i kwietnikach miejskich.

Pojawienie się na rynku nowej grupy chryzantem ogrodowych (garden mums) stało się przyczynkiem do oceny ich walorów dekoracyjnych, zimotrwałości i odporności na warunki klimatyczne panujące na Lubelszczyźnie a także możliwości ich wykorzystania w terenach zieleni. Przetestowałem kilkadziesiąt odmian tych roślin co umożliwiło wytypowanie najlepszych z nich pod kątem badanych cech.

Wraz z przekształceniami organizacyjnymi jednostki macierzystej kierunek moich zainteresowań ulegał zmianom. Zgodnie z profilem Zakładu Architektury Krajobrazu skupiłem się na analizie historycznej i krajobrazowej obiektów architektonicznych stanowiących dziedzictwo kulturowe regionu.

W badaniach uwzględniłem także znaczenie hortiterapii i aspektów środowiskowo-rekreacyjnych w zdrowiu człowieka.

Następnie zajmowałem się zagadnieniami dotyczącymi dendroflory Lubelszczyzny, gdzie z wykorzystaniem tomografii komputerowej (dźwiękowej i elektrycznej) analizowałem stan zdrowotny drzew pomnikowych na terenie Lublina i okolic, a także województw ościennych na zlecenia jednostek administracji samorządowej i osób prawnych.

Prowadziłem również doświadczenia nad przepływem wody w pędach roślin krzewiastych i ich reakcją na stres wodny. W tym celu zastosowałem metodę termiczną sap flow. Doświadczenia prowadziłem w ramach projektu badawczego, którego byłem kierownikiem.

#### **– Doskonalenie technologii produkcji ozdobnych roślin cebulowych i bulwiastych**

Doświadczenia dotyczyły kompleksowych badań nad wpływem różnych zabiegów agrotechnicznych na plonowanie tulipanów dla uzyskania dobrego jakościowo i ilościowo materiału do pędzenia i reprodukcji. Eksperymenty wchodziły m.in. w skład tematyki projektu badawczego pt. „Studia nad optymalizacją technologii produkcji ozdobnych roślin cebulowych” realizowanego w latach 1993-1995, w którym byłem głównym wykonawcą.

Niezmiernie ważnym elementem w uprawie tulipanów jest określenie właściwego terminu zbioru cebul, na który wpływa wiele czynników uprawowych

oraz odmiana. Dowiedziono, że spośród kilku wykorzystanych nowych odmian tulipanów najplenniejszą okazała się 'Debutante', a ze względu na najwyższy plon cebul, wskazane jest wykopywanie ich po upływie 6 tyg. od momentu ogłowienia roślin. W dalszych pracach badawczych prowadziłem doświadczenia z wykorzystaniem preparatów z grupy regulatorów wzrostu w uprawie tulipanów odmiany 'Polka' i 'Lustige Witwe'. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono korzystne działanie oprysku CCC (0,25%) i paklobutrazolu ( $100 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ ), w fazie zielonego pąka, na plon cebul. Wykazano, że stosowane retardanty przyczyniają się do istotnego wzrostu plonu cebul oraz zwiększają dodatkowo odporność roślin na niekorzystne warunki pogodowe, w tym wiosenne przymrozki. Poprzez ustalenie optymalnego terminu zbioru, stężeń retardantów oraz doboru odmian otrzymuje się dobry materiał do reprodukcji i pędzenia (publikacje 2.1, 2.4 i 2.5). Kontynuacją badań nad roślinami cebulowymi było zrealizowanie projektu badawczego pt. „Wpływ terminu zbioru na plon cebul tulipanów, ich przydatność do pędzenia i wartość reprodukcyjną” w latach 1998-2000, gdzie byłem głównym wykonawcą. Finalnym efektem prowadzonych prac badawczych była moja rozprawa doktorska. Uzyskane wyniki pozwoliły na wyciągnięcie wniosków istotnych dla praktyki. W badaniach wykorzystano kilka nowych odmian tulipanów i potwierdzono wcześniejsze ustalenia, że termin zbioru jest zależny od odmiany i momentu ogłowienia roślin. Jest to ważna informacja ponieważ jak wykazano w eksperymencie zbyt wczesny zbiór wpływa na mniejszy przyrost masy i liczby cebul plonu ogólnego. Najlepszym terminem zbioru, w zależności od odmiany, jest 5-6 tygodni od momentu ogłowienia, przy czym zbiór dokonany w 6 tyg. po ogłowieniu charakteryzuje się największym plonem handlowym i plonem cebul I wyboru. Biorąc pod uwagę możliwość pędzenia cebul tulipanów, zarówno termin zbioru cebul, jak i odmiana ma zasadniczy wpływ na proces inicjacji pąków kwiatowych w przechowywanych cebulach. U części badanych odmian do zainicjowania pąków upływały 4 tygodnie a u innych 5-6 tygodni od ogłowienia. Należy jednak mieć świadomość, że za wczesny zbiór powoduje większą papierowatość kwiatów podczas pędzenia, co wykazano w prowadzonych badaniach (publikacje 2.14, 2.16, 2.19).

Do poprawy wielkości plonu cebul i jakości pędzonych kwiatów tulipana wykorzystuje się różne metody. Obiecujące może być stosowanie preparatów takich jak: biostymulatory, ekstrakty roślinne czy oleje mineralne a także odpowiednie

ściółkowanie i walka z chwastami. Dowiedziono, że Tytanit jako biostymulator stosowany w formie oprysku przyczynia się do wzrostu masy cebul plonu ogólnego i handlowego i nie ma ujemnego następczego wpływu na jakość pędzonych roślin (publikacja 2.17). Traktowanie cebul tulipana roztworem ekstraktu z jeżówki purpurowej w formie moczenia przed sadzeniem również zwiększa plon cebul (publikacja 2.13, 2.15).

Dużym problemem w uprawie tulipana jest występowanie wirusów. Stosuje się różne metody ochrony przed rozprzestrzenianiem się tych patogenów. Użycie olejów mineralnych może ograniczać działalność wektorów wirusów nie wpływając fitotoksycznie na rośliny. Przy większych stężeniach stosowanych preparatów plon cebul może być niższy. Aplikacja preparatu olejowego w formie oprysku jednak nie w pełni zabezpiecza rośliny przed infekcjami wirusowymi (publikacja 1.5).

Ściółkowanie plantacji tulipanów tuż po posadzeniu cebul wpływa korzystnie na plon handlowy i plon cebul I wyboru a herbicydy ograniczające rozwój chwastów można stosować zarówno przed, jak i po przykryciu plantacji ściółką (publikacja 1.9).

Czosnki ozdobne należą do grupy roślin cebulowych o dużym znaczeniu na rynku konsumenckim jako kwiat cięty i roślina rabatowa. Ze względu na rosnące zainteresowanie tymi roślinami podjęta tematyka pozwoliła na kontynuowanie badań nad udoskonalaniem technologii produkcji roślin cebulowych. Prace nad czosnkami ozdobnymi prowadzono w ramach projektu badawczego pt. „Doskonalenie technologii uprawy i rozmnażania oraz ocena wpływu wybranych czynników na wzrost, rozwój i plonowanie czosnków ozdobnych” realizowanego w latach 2004-2007, w którym uczestniczyłem jako główny wykonawca. Doświadczenia dotyczyły najbardziej atrakcyjnych gatunków czosnków. Uzyskane wyniki pozwoliły na ustalenie, że optymalnym terminem sadzenia cebul czosnku złocistego (*Allium moły* L.) w polu jest koniec września, co przekłada się na uzyskanie większych plonów u roślin wyrosłych z cebul o obwodzie 5-6 cm niż z cebul o obwodzie 6-7 cm (publikacja 1.2, 4.5). Miejsce uprawy i termin sadzenia wpływają również na plonowanie czosnku niebieskiego (*Allium caeruleum* Pall.). Wykazano, że sadzenie cebul w połowie września, zarówno w polu, jak i w tunelu foliowym sprzyja uzyskiwaniu wyższych roślin, o dłuższych liściach niż ma to miejsce przy sadzeniu w terminach późniejszych. W tunelu uzyskuje się ponadto więcej kwiatów w kwiatostanie oraz większą liczbę i masę cebul drobniejszych. Sadzenie w polu, w



połowie października, skutkuje zwiększeniem liczby cebul plonu ogólnego (publikacja 2.24, 4.5). Uprawa czosnku aflatuneńskiego (*Allium aflatunense* B. Fedtsch.) w tunelu foliowym wpływa korzystnie na cechy morfologiczne kwiatów (uzyskuje się dłuższe szypuły kwiatostanowe i kwiatostany o większej średnicy), przyspiesza kwitnienie a także zwiększa plon cebul. W uprawie polowej szypuły kwiatostanowe są grubsze a plon ogólny jest wyższy. Okrycie gleby w okresie zimowym wpływa korzystnie na jakość roślin. Pod osłonami dobrym rozwiązaniem jest zastosowanie przykrycia ze stroiszu jodłowego lub włókniny. W uprawie polowej zalecane jest ściółkowanie korą lub słomą, przy czym kora wpływa korzystniej na plon cebul (publikacja 2.27, 4.5). Stosowanie regulatorów wzrostu w uprawie roślin ozdobnych przyczynia się do poprawy ich jakości. Wykorzystane w doświadczeniach z czosnkiem karatawskim (*Allium karataviense* Regel), kwas giberelinowy (GA<sub>3</sub>) i benzyloadenina (BA) wpływają korzystnie na cechy morfologiczne roślin oraz masę plonu ogólnego cebul. W zależności od formy aplikacji GA<sub>3</sub> i BA pęd kwiatostanowy jest dłuższy a liczba kwiatów w kwiatostanie oraz średnica kwiatostanu są większe, podobnie jak plon ogólny cebul (publikacja 1.1, 4.5).

Na jakość kwiatów, wzrost i rozwój roślin można wpływać stosując biostymulatory. Wykazano, że traktowanie preparatem Asahi SL pędów kwiatostanowych czosnku aflatuneńskiego poprawiało jakość pędów, zwiększając ich wytrzymałość na odkształcenia i trwałe uszkodzenie a u czosnku złocistego traktowanie tym preparatem zwiększało plon cebul (publikacje 2.22, 2.28, 4.5).

– **Określenie wpływu superabsorbentów na wzrost i cechy morfologiczne roślin rabatowych oraz analiza roślinności wykorzystywanej w nasadzeniach miejskich**

Wraz ze zwiększającą się dbałością o walory dekoracyjne i jakość otoczenia terenów publicznych podjąłem prace m.in. nad poprawą warunków wzrostu roślin rabatowych i kwietnikowych oraz analizą gatunkową nasadzeń roślinnych.

Trudności w zapewnieniu odpowiedniego poziomu wilgotności podłoża w terenach zieleni skłaniają do wykorzystania substancji zatrzymujących wodę w glebie. Podjęte badania nad wykorzystaniem superabsorbentów: akrygelu-KM, K-14 z dodatkiem grafitu i akrygelu RP - pozwoliły na wytypowanie optymalnych dawek preparatu jako dodatku do podłoża w uprawie roślin rabatowych: *Ageratum*

*houstonianum* Mill., *Althaea rosea* (L.) Cav., *Calendula officinalis* L., *Lathyrus odoratus* L., *Matthiola incana* (L.) W.T. Aiton, *Tagetes patula* L., *Viola ×wittrockiana* Gams ex Kappert i *Zea mays* L. Wykazano, że dodatek superabsorbentów zwiększa siłę kiełkowania nasion i przyczynia się do lepszego przyjęcia się rozsady na miejscu stałym oraz poprawia wartość ozdobną roślin (publikacje 2.3, 2.6).

Na podstawie analizy roślinności wykorzystywanej w nasadzeniach miejskich, w pasach drogowych i na rondach w Rzeszowie, wskazano dominujące gatunki roślin rabatowych i krzewiastych. W zależności od pory roku były to obficie kwitnące rośliny jednoroczne i dwuletnie, charakteryzujące się bogatą kolorystyką i odpornością na warunki pogodowe, stanowiące przez większość sezonu podstawową ozdobę kwietników oraz byliny i krzewy ozdobne. W sezonie wiosennym i letnim na kwietnikach wykorzystywano tradycyjne gatunki takie jak: *Ageratum houstonianum* Mill., *Begonia semperflorens* Link et Otto, *Begonia tuberhybrida* Voss., *Lobelia erinus* L., *Pelargonium zonale* L., *Petunia hybrida* hort. ex Vilm., *Plectranthus scutellarioides* (L.) R. Br., *Senecio cineraria* DC., *Tagetes patula* L., *Viola ×wittrockiana* Gams ex Kappert, a z roślin cebulowych: *Tulipa* L. i *Crocus* L. W okresie jesiennym dominowała natomiast *Chrysanthemum ×grandiflorum* L. i *Santolina chamecyparissus* L. Ronda obsadzono roślinnością trwałą, wśród której przeważały krzewy iglaste (*Juniperus sabina* 'Blue Donau' i 'Arcadia', *Juniperus squamata* 'Blue Star' oraz *Thuja occidentalis* 'Globosa') i liściaste (*Berberis thunbergii* DC w odmianach, *Physocarpus opulifolius* 'Diabolo', *Rosa rugotida* 'Darthuis' i *Cotoneaster dammeri* 'Mooncreeper') uzupełnione roślinami kwietnikowymi.

Analizując skład gatunkowy stosowanej dotychczas roślinności na rondach i w pasach drogowych Rzeszowa, wykonano kilka projektów nasadzeń roślinnych obejmujących kompozycje trwałe i sezonowe. Pozwoliło to na zmianę dotychczasowych standardowych układów kompozycyjnych i przyczyniło się do poprawy wizerunku miasta (publikacja 2.26).

– **Ocena walorów dekoracyjnych i przydatność chryzantem ogrodowych do nasadzeń żywoplotowych oraz ich wykorzystanie w przestrzeni publicznej**

Jednym z etapów badań były prace prowadzone nad wykorzystaniem chryzantem ogrodowych w terenach zieleni. Przetestowano kilkadziesiąt odmian pod

kątem ich dekoracyjności, zimotrwałości, odporności na warunki pogodowe i wykorzystanie w architekturze krajobrazu. Wyniki badań prezentowano na spotkaniach branżowych producentów, które publikowano głównie w materiałach z sympozjów. Oceniono przydatność chryzantem ogrodowych do nasadzeń żywopłotowych oraz możliwości ich wykorzystania w przestrzeni publicznej, co pozwoliło na wytypowanie najbardziej obiecujących odmian pod kątem ich odporności na warunki siedliskowe. Stwierdzono, że najlepsze efekty dekoracyjne uzyskuje się w uprawie wieloletniej dzięki tworzeniu przez rośliny zwartych wałów o dużej liczbie kwiatostanów. Okazałe żywopłoty najszybciej tworzyły odmiany 'Arezzo', 'Alcala', 'Cortona', 'Farini', 'Ibera' i 'Sienna'. Z kolei najbardziej odpornymi na warunki zimowe na Lubelszczyźnie okazały się: 'Alcala', 'Arezo', 'Branivory', 'Cortona', 'Ibera', 'Ostara', 'Papiro', 'Sabina', 'Terano' i 'Volterra'. Przedstawiono także różne możliwości wykorzystania chryzantem ogrodowych w przestrzeni publicznej ze względu na ich ekspozycję w zależności od miejsca uprawy (publikacje 2.11, 2.21, 2.23).

– **Analiza historyczna, inwentaryzacja i ocena stanu zachowania zabytkowego drzewostanu w zespołach dworsko-pałacowych oraz przemiany przestrzenne cennych obiektów architektonicznych, ich rola i znaczenie w otoczeniu człowieka**

W związku z przekształceniami organizacyjnymi jednostki macierzystej podjąłem, wraz z zespołem, badania związane z analizą historyczną oraz dendrologiczną cennych obiektów architektonicznych, przyrodniczych i krajobrazowych a także nad rolą i znaczeniem elementów architektury krajobrazu w otoczeniu człowieka.

Efektom prowadzonych prac były publikacje dotyczące historii zespołów dworskich i pałacowych, przemian układów przestrzennych zabytkowych parków, układów architektoniczno-urbanistycznych, inwentaryzacji i stanu zachowania historycznych alei, projekty koncepcyjne zagospodarowania i rewaloryzacji zabytkowych zespołów dworsko-pałacowych czy w końcu koncepcje zagospodarowania siedliska wiejskiego i terenów miejskich. Wykonane opracowania dotyczyły obiektów zlokalizowanych na terenie Lubelszczyzny (Bychawa, Dratów, Droblin, Kijany, Krupe, Lublin, Łęczna i Międzyrzec Podlaski) i południowego Mazowsza (Bukówno). Zakres prac obejmował m.in. kalendarium historyczne z

uwzględnieniem zaistniałych przemian układu przestrzennego, waloryzację dendroflory parkowej i inwentaryzację drzewostanu parkowego i alejowego (publikacje 2.29-2.37, 2.43-2.45, 3.1, 4.4) a także projekt zagospodarowania terenów zieleni publicznej (publikacja 4.1).

Obiekty kultu religijnego takie jak kaplice, kapliczki, kolumny toskańskie, figury czy krzyże przydrożne w dawnych zespołach dworskich na terenie Lubelszczyzny stanowią ważny element w historii ziemiaństwa polskiego i krajobrazu kulturowego, który jest ściśle powiązany z rzeźbą terenu, zielenią dworską i innymi obiektami architektury świadcząc o polskiej tradycji akcentowania *sacrum* w życiu lokalnych społeczności. Sporządzone opracowania obejmowały badania terenowe oraz kwerendę historyczną i biblioteczną. Oceniono stan zachowania obiektów kultu religijnego znajdujących się na terenie zespołów pałacowych w Łysołajach i w Zawieprzycach oraz zespołu dworskiego w Łańcuchowie. Wykonano ogólną inwentaryzację architektoniczną, krajobrazową i widokową. Stwierdzono, że obecność takich obiektów podnosiła rangę miejsca a w krajobrazie stanowiła interesującą dominantę (publikacja 2.41).

#### – **Hortiterapia i aspekty środowiskowo-rekreacyjne zdrowia człowieka**

Ogrody pełniące rolę terapeutyczną są specyficznym uzupełnieniem terenów zieleni. Ich ranga zarówno dawniej jak i obecnie jest wysoka. Uwzględniając potrzeby osób z różnym stopniem niepełnosprawności zakłada się przestrzenie obejmujące tereny zieleni przyjazne takim osobom. Dobiera się właściwie roślinność i elementy wyposażenia ogrodów dla uaktywnienia bodźców w celu pełnej integracji niepełnosprawnych z otoczeniem. Przeprowadzone badania dowiodły, że kontakt z przyrodą łagodzi skutki stresu, działając prewencyjnie na pacjentów i personel medyczny a także na osoby niepełnosprawne znajdujące swoje miejsce we własnym ogrodzie. W publikacjach opisano zasady doboru roślinności do nasadzeń na zewnątrz i wewnątrz obiektów szpitalnych oraz przedstawiono propozycje roślin do wykorzystania z uwzględnieniem ich funkcji fitoterapeutycznych. Wykonano m.in. projekt ogrodu przydomowego na potrzeby osoby niepełnosprawnej ruchowo planując odpowiednio przestrzeń i jej program użytkowy. Przeprowadzono również analizę historyczną ogrodów terapeutycznych od średniowiecza do czasów współczesnych wykazując na jej podstawie zachodzące zmiany w postrzeganiu tej formy terapii. Wykorzystanie ogrodu do prowadzenia zajęć terapeutycznych z

zastosowaniem elementów bukieciarstwa wskazuje na dużą rolę hortiterapii w leczeniu zaburzeń zdrowotnych o podłożu fizycznym, umysłowym i emocjonalnym (publikacje 2.36, 2.38, 2.40, 2.47, 4.2). W ramach badań społeczno-medycznych oceniano także wpływ rozpuszczonych w wodzie pitnej związków mineralnych na zdrowie młodzieży w Lublinie i we Lwowie. Na podstawie badań ankietowych wykazano wysoką częstotliwość i intensywność występowania próchnicy u nastolatków obu miast. Nie stwierdzono istotnych różnic w zawartości wybranych związków mineralnych w wodzie pitnej, a częstotliwość higieny jamy ustnej i dodatek fluorków w paście do zębów nie miały wpływu na średnią liczbę D3MFT (publikacja 1.4).

– **Diagnostyka stanu zdrowotnego drzew z wykorzystaniem tomografii dźwiękowej i elektrycznej**

Dzięki uzyskaniu odpowiednich funduszy umożliwiających zakup wysoce specjalistycznego sprzętu badawczo-pomiarowego wyspecjalizowałem się w obsłudze tomografów (sonicznego i elektrycznego) oraz analizie uzyskanych danych. W Polsce sprzęt ten jest jeszcze mało rozpowszechniony. Tomograf umożliwia bardzo dokładną, bezinwazyjną diagnostykę wnętrza pni drzew. We współautorstwie opublikowano kilka artykułów z tego zakresu przybliżających zasady działania i możliwości wykorzystania tomografii w badaniach kondycji drzew. Oceniono stan zdrowotny drzew pomnikowych w zabytkowych parkach w Zwierzyńcu i w Czesławicach oraz na terenie zespołu zamkowo-dworskiego w Krupem. Uzyskane wyniki przyczyniły się do podjęcia właściwych decyzji przez organy sprawujące pieczę nad tymi obiektami. Dzięki dokładnej analizie stanu zdrowotnego drzew uruchomiono odpowiednie działania związane z gospodarką drzewostanem, pozwalające na zachowanie cennych obiektów przyrody ożywionej w dobrej kondycji (publikacje 2.39, 2.46, 2.48, 2.49, 2.50, 4.3).

Wykorzystując tomografię komputerową prowadzono badania we współpracy z Roztoczańskim Parkiem Narodowym, Wojewódzkim Konserwatorem Zabytków w Lublinie, jednostkami Administracji Państwowej na terenie woj. lubelskiego i świętokrzyskiego oraz z Nadleśnictwem Janów Lubelski a także z Fundacją „Dialog Narodów”. Efektem prowadzonych badań były obszerne opracowania sporządzone na zlecenie ww. instytucji, które obejmowały inwentaryzację i diagnostykę stanu zdrowotnego wielu wiekowych drzew, często pomników przyrody rosnących na

terenie cerkwi prawosławnych w Dubience, Horostycie, Uhrusku i Włodawie, parafii rzymskokatolickich w Lublinie, Łęcznej i Włodawie, w obrębie drzewostanów wiejskich w Jaszczowie i Kluczkowicach oraz miejskich w Lublinie, Sandomierzu i Urzędowie. Zbadano ponadto wiekowe drzewa na terenie kompleksów leśnych w nadleśnictwie Janów Lubelski. Uzupełniono szczegółowe inwentaryzacje dendrologiczne o wskazówki dotyczące dalszego postępowania z drzewostanem w celu zapewnienia mu właściwej opieki. Na potrzeby organów administracji państwowej, przy wykorzystaniu tomografii dźwiękowej, sporządzono 18 ekspertyz i opracowań dendrologicznych.

– **Wykorzystanie metody termicznej do określenia wielkości przepływu wody w pędach krzewów ozdobnych i wpływ różnych preparatów na cechy morfologiczne oraz jakość pozbiorną roślin ozdobnych**

W ostatnich latach zajmowałem się również badaniami obejmującymi pomiary wielkości przepływu wody w pędach roślin krzewiastych przy wykorzystaniu metody termicznej sap flow a także badaniami nad wykorzystaniem preparatów z różnych grup chemicznych oraz stymulatorów wzrostu i rozwoju roślin mających wpływ na ograniczenie strat wody. W obrębie tej tematyki w latach 2011-2014 realizowałem m.in. projekt badawczy pt. „Charakterystyka reakcji ozdobnych roślin krzewiastych na warunki stresu wodnego i możliwości jego ograniczania”, którego byłem kierownikiem. Wykazano, że najwięcej wody, w pędach krzewów ozdobnych uprawianych w pojemnikach, przepływa w godzinach południowych a najmniej wieczorem i w nocy, przy czym w dużym stopniu zależy to od warunków pogodowych. Stosowanie antytranspirantów (Moisturin, Root-Zone, Vapor Gard), związków krzemu (Actisil), retardantów (Stabilan) czy też wyciągów z glonów morskich (Kelpak), w zależności od częstotliwości nawadniania, może przyczynić się do większych oszczędności w zużyciu wody, ograniczać poziom stresu wodnego oraz wpływać pozytywnie na niektóre cechy morfologiczne roślin (monografia, publikacja 1.8). Krzem stosowany w uprawie roślin jest ważnym pierwiastkiem wpływającym na wiele cech. Wykazano, że oprócz działania przeciwstresowego potwierdzonego w kontenerowej uprawie krzewów ozdobnych w czasie badań własnych, krzem pod postacią Actisilu poprawia cechy morfologiczne niektórych bylin. Pędy *Polygonatum multiflorum* (L.) All. uprawianej w tunelu foliowym na zieleni ciętą, po aplikacji Actisilu charakteryzują się dłuższą żywotnością oraz lepszą

jakością. Są bardziej wytrzymałe na odkształcenia i trwałe uszkodzenie niż u roślin z uprawy polowej (publikacja 1.6).

Brałem ponadto udział w badaniach nad wykorzystaniem wyciągów z glonów morskich oraz regulatorów wzrostu w rozmnażaniu i uprawie innych roślin. Do środków bazujących na wyciągach z glonów oprócz Kelpaku zalicza się też Bioalgeen S90. Dowiedziono, że preparat ten zastosowany na podkładkach róż (*Rosa multiflora* Thunb. ex Murray) wpłynął korzystnie na cechy morfologiczne i wydajność fotosyntetyczną roślin. Stymulował długość i liczbę pędów oraz zwiększał średnicę szyjki korzeniowej a po jego stosowaniu w wyższych dawkach notowano tendencję do wzrostu wskaźnika fluorescencji chlorofilu ( $F_V/F_M$ ) (publikacja 1.7). W rozmnażaniu dalii w kulturach *in vitro* zastosowane regulatory wzrostu (BA i GA<sub>3</sub>) powodowały szybsze namnażanie się pędów i wzrost wydłużeniowy pędów kątowych. Kinetyna obecna w pożywce ułatwiała aklimatyzację do warunków *ex vitro* i zapewniała szybki wzrost i kwitnienie po posadzeniu do gruntu (publikacja 1.10). Niektóre z gatunków są trudne do rozmnażania w kulturach tkankowych. Do takich należy m.in. *Campsis radicans* (L.) Seem. ex Bureau, u którego pomimo prawidłowego wzrostu części nadziemnej często nie tworzą się korzenie. Wprowadzając pasaż stymulacyjny na pożywce niezawierającej regulatorów wzrostu a następnie ukorzeniając pędy bezpośrednio w podłożu, uzyskano 100% ukorzenionych roślin. Stosowanie NAA w ostatnim pasażu hamowało tworzenie korzeni u roślin w warunkach *ex vitro* (publikacja 1.3).

Mój dorobek publikacyjny obejmuje, łącznie z monografią dokumentującą osiągnięcie naukowe 197 pozycji. W tej liczbie znajduje się 61 oryginalnych prac twórczych, 1 monografia, 5 rozdziałów w monografiach oraz 46 innych prac naukowych, komunikatów oraz streszczeń w materiałach konferencyjnych i z sympozjów, 12 artykułów popularnonaukowych, 44 ekspertyzy i opinie, 12 projektów zagospodarowania terenów zieleni a także 15 publikacji w branżowych materiałach konferencyjnych i szkoleniowych.

Spośród wszystkich oryginalnych prac twórczych 10 opublikowano w recenzowanych czasopismach naukowych z listy JCR. Pozostałe prace, opublikowano poza listą JCR, tj. w czasopismach recenzowanych z listy B i C wykazu czasopism punktowanych MNiSW.

Według ujednoliconego wykazu czasopism punktowanych MNiSW uzyskałem łącznie, zgodnie z rokiem wydania 533 pkt. z tego 20 pkt. to punkty za monografię stanowiącą osiągnięcie naukowe.

Na podstawie danych z JCR współczynnik wpływu wszystkich prac wynosi IF 3,924. Sumaryczna liczba cytowań wg Publish or Perish wynosi 57 a wg Web of Science 5 przy czym suma cytowań bez autocytowań jest równa 5. Średnia liczba cytowań wg Publish or Perish wynosi 0,58 a wg Web of Science 0,38. Index Hirscha wg Publish or Perish jest równy 3 a wg Web of Science 1.

Spośród wszystkich oryginalnych publikacji, 20 opublikowano w języku angielskim a pozostałe w języku polskim.

Wyniki badań prezentowałem na 33 konferencjach i sympozjach naukowych. Sumaryczne zestawienie informacji na temat dorobku naukowo-badawczego oraz wskaźników dokonań naukowych ujęto w formie tabelarycznej (tab. 1 i 2).

Tab. 1. sumaryczne zestawienie czasopism, w których opublikowano prace naukowe wraz z IF oraz liczbą punktów przysługującą za publikacje w tych czasopismach (z uwzględnieniem monografii stanowiącej osiągnięcie naukowe<sup>d</sup>)

Lp.	Nazwa czasopisma	Liczba publikacji	IF (w roku opublikowania)	Punkty wg MNiSW <sup>a</sup>	Punkty wg MNiSW <sup>b</sup>	Liczba punktów <sup>a</sup>	Liczba punktów <sup>b</sup>	Numer publikacji
Publikacje naukowe w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JCR)								
1	Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus	2	-	4	20	8	40	1.1, 1.2
		1	0,552	20	20	20	20	1.3
		6	0,448×6=2,69	20	20	120	120	1.5, 1.6, 1.7 <sup>c</sup> , 1.8 <sup>c</sup> , 1.9 <sup>c</sup> , 1.10 <sup>c</sup>
2	Journal of Elementology	1	0,684	15	15	15	15	1.4
Publikacje naukowe w czasopismach wymienionych w części B wykazu czasopism punktowanych MNiSW								
3	Acta Agrobotanica	1		7	14	7	14	2.27
		1		8	14	8	14	2.28
4	Acta Agrophysica	1		4	14	4	14	2.17
5	Acta Scientiarum Polonorum Formatio Circumiectus	1		5	10	5	10	2.31
		6		10	10	60	60	2.33, 2.34, 2.37, 2.40, 2.45, 2.46
6	Annales UMCS Sectio EEE Horticultura	3		4	6	12	18	2.1, 2.2, 2.13
		2		6	6	12	12	2.44, 2.48
7	Annales UMCS Sectio L Artes	1		7	7	7	7	2.35
8	Annals of Warsaw University of Life Sciences - SGGW Horticulture and Landscape Architecture	1		4	7	4	7	2.22
9	Czasopismo Techniczne	2		13	13	26	26	2.39, 2.42
10	Folia Horticulturae	2		4	14	8	28	2.11, 2.16
11	Folia Universitatis Agriculturae Stetinensis: Agricultura	3		3	10	9	30	2.5, 2.7, 2.18



Lp.	Nazwa czasopisma	Liczba publikacji	IF (w roku opublikowania)	Punkty wg MNiSW <sup>a</sup>	Punkty wg MNiSW <sup>b</sup>	Liczba punktów <sup>a</sup>	Liczba punktów <sup>b</sup>	Numer publikacji
12	Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich - Infrastructure and Ecology of Rural Areas	1		10	10	10	10	2.32
13	Kosmos	1		12	12	12	12	2.47
14	Niepełnosprawność i Rehabilitacja	1		7	7	7	7	2.38
15	Prace Komisji Krajobrazu Kulturowego	1		13	13	13	13	2.41
16	Przestrzeń i Forma	1		9	9	9	9	2.36
17	Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu: Ogrodnictwo	4		3	9	12	36	2.9, 2.10, 2.14, 2.20
18	Teka Komisji Architektury, Urbanistyki i Studiów Krajobrazowych PAN	3		2 9	9 9	2 27	9 7	2.23 2.43, 2.49, 2.50
19	Teka Komisji Ochrony i Kształtowania Środowiska Przyrodniczego	2		4	8	8	16	2.29, 2.30
20	Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie: Ogrodnictwo	1		3	-	3	-	2.12
21	Zeszyty Naukowe Instytutu Sadownictwa i Kwiaciarstwa w Skierniewicach	1		3	6	3	6	2.8
22	Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych	6		4	13	24	78	2.3, 2.4, 2.6, 2.15, 2.19, 2.21
		3		6	13	18	39	2.24, 2.25, 2.26
Publikacje naukowe w czasopismach wymienionych w części C wykazu czasopism punktowanych MNiSW								
23	Roczniki Humanistyczne	1		15	15	15	15	3.1
Monografie i rozdziały w monografiach								
24	Aspekty środowiskowo-rekreacyjne i prawne zdrowia człowieka. Włodawa Red. Wdowiak A., Tucki A. Wyd. MTWiRTM Lublin	1		5	5	5	5	4.2
25	Ozdobne rośliny cebulowe – produkcja i zastosowanie. Red. Sochacki D., Rabiza-Świder J., Skutnik E. Wyd. Katedra Roślin Ozdobnych SGGW Warszawa	1		5	5	5	5	4.5
26	Roślinność pasów przydrożnych Lublina. Potencjał i zagrożenia. Red. Trzaskowska E. Wyd. Urząd Miasta Lublin	1		5	5	5	5	4.3
27	Wąwozy i suche doliny Lublina. Potencjał i zagrożenia. Red. Trzaskowska E. Wyd. Urząd Miasta Lublin	1		5	5	5	5	4.1
28	Sučasni Problemi Arhitekturi ta Místobudovannâ. Red. Diomin M.M. Knuba Kijów	1		5	5	5	5	4.4
30	Wydawnictwo UP, Rozprawy Naukowe <sup>d</sup>	1		20	20	20	20	
<b>Łącznie (w tym dla osiągnięcia)</b>		<b>67</b>	<b>3,924</b>			<b>533</b>	<b>757</b>	

<sup>a</sup> – zgodnie z rokiem wydania

<sup>b</sup> – zgodnie z listą czasopism punktowanych (z dn.25.01.2017)

<sup>c</sup> – prace oczekujące na druk po pozytywnych recenzjach (w załączeniu potwierdzenie o przyjęciu do druku)

<sup>d</sup> – monografia stanowiąca osiągnięcie naukowe

Tab. 2. Wskaźniki dokonań naukowych wg najważniejszych baz danych

Baza danych	Liczba dokumentów w bazie	Liczba cytowań	Index Hirscha
Publish or Perish	98	57	3
Web of Science	13	5	1

#### 4.4. UDZIAŁ W PROJEKTACH BADAWCZYCH

- 4.4.1. Studia nad optymalizacją technologii produkcji ozdobnych roślin cebulowych. Projekt badawczy nr 5 S303 035 05 realizowany w latach 1993-1995 - **główny wykonawca**
- 4.4.2. Wpływ terminu zbioru na plon cebul tulipanów, ich przydatność do pędzenia i wartość reprodukcyjną. Projekt badawczy nr 5 PO6C 026 15 realizowany w latach 1998-2000 - **główny wykonawca**
- 4.4.3. Doskonalenie technologii uprawy i rozmnażania oraz ocena wpływu wybranych czynników na wzrost, rozwój i plonowanie czosnków ozdobnych. Projekt badawczy nr 2PO6R 010 27 realizowany w latach 2004-2007 – **główny wykonawca**
- 4.4.4. Charakterystyka reakcji ozdobnych roślin krzewiastych na warunki stresu wodnego i możliwości jego ograniczania. Projekt badawczy nr N N310 771440 realizowany w latach 2011-2014 - **kierownik projektu.**

#### 4.5. UZYSKANE NAGRODY I WYRÓŻNIENIA

- 4.5.1. Nagroda indywidualna II stop. za rozprawę doktorską pt. „Wpływ terminu zbioru na plon cebul tulipanów, ich przydatność do pędzenia i wartość reprodukcyjną” Akademia Rolnicza w Lublinie 12.09.2001 r.
- 4.5.2. Nagroda indywidualna III stop. za działalność organizacyjną w roku 2010 Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie 01.10.2011 r.
- 4.5.3. Nagroda jubileuszowa za 20 letni okres pracy zawodowej 12.08.2013 r.
- 4.5.4. Nagroda indywidualna III stop. za działalność organizacyjną w roku 2016 Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie 02.10.2017 r.
- 4.5.5. Nagroda jubileuszowa za 25 letni okres pracy zawodowej 13.08.2018 r.
- 4.5.6. Wyróżnienie otrzymane od Wydziałowej Rady Samorządu Studenckiego Wydziału Ogrodniczego „Złota Marchewka” nagroda specjalna architektów Lublin 15.05.2012 r.
- 4.5.7. Wyróżnienie otrzymane od Wydziałowej Rady Samorządu Studenckiego Wydziału Ogrodniczego „Złota Marchewka” nagroda specjalna architektów Lublin 07.05.2013 r.
- 4.5.8. Brązowy medal za długoletnią służbę 2011 r.
- 4.5.9. Honorowa odznaka Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie 2013 r.