

**Maciej Gąstoł**

## **AUTOREFERAT**

**KATEDRA SADOWNICTWA I PSZCZELNICTWA  
WYDZIAŁ BIOTECHNOLOGII I OGRODNICTWA  
UNIwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie**

**KRAKÓW 2015**

## SPIS TREŚCI

<b>1. Dane personalne .....</b>	<b>3</b>
<b>2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe .....</b>	<b>3</b>
<b>3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych .....</b>	<b>3</b>
<b>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. nr 65, poz. 595 ze zm.)</b>	
a. tytuł osiągnięcia naukowego .....	3
b. publikacje wchodzące w zakres osiągnięcia naukowego .....	4
c. omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania .....	4
<b>5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych.....</b>	<b>29</b>
5.1. Szkółkarstwo roślin sadowniczych .....	29
<i>Selekcja i ocena nowych podkładek oraz odmian drzew owocowych .....</i>	<i>29</i>
<i>Zastosowanie bioregulatorów w szkółkarstwie sadowniczym .....</i>	<i>31</i>
5.2. Odżywanie mineralne roślin sadowniczych .....	33
<i>Alternatywne metody skarłania drzew - wpływ podkładek i innych metod ograniczania wzrostu na stopień odżywienia mineralnego roślin sadowniczych .....</i>	<i>33</i>
<i>Mikoryza drzew i krzewów owocowych .....</i>	<i>36</i>
5.3. Sadownictwo ekologiczne .....	38
<b>6. Wykaz dorobku naukowego .....</b>	<b>41</b>

## 2. DANE PERSONALNE:

Imię i nazwisko: Maciej Gąstoł  
Miejsce zatrudnienia: Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie  
Wydział Biotechnologii i Ogrodnictwa  
Katedra Sadownictwa i Pszczelnictwa  
Al. 29 Listopada 54, 31-425 Kraków

## 2. POSIADANE DYPLOMY, STOPNIE NAUKOWE:

- 1994 **magister inżynier ogrodnictwa**, specjalizacja sadownictwo, Akademia Rolnicza im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, Wydział Ogrodniczy,  
**Tytuł pracy:** Wzrost i plonowanie drzew wiśni rozmnażanych w warunkach *in vitro*  
Promotor: prof. dr hab. Włodzimierz Lech  
Recenzent: prof. dr hab. Władysław Poniedziałek
- 2003 **doktor nauk rolniczych w zakresie ogrodnictwa**, specjalność naukowa: sadownictwo, Akademia Rolnicza im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, Wydział Ogrodniczy,  
**Tytuł rozprawy:** Wpływ różnych metod skarłania jabłoni na ich wzrost, plonowanie oraz akumulację składników mineralnych  
Promotor: prof. dr hab. Władysław Poniedziałek  
Recenzenci: prof. dr hab. Józef Nurzyński  
dr hab. Kazimierz Nosal

## 3. INFORMACJE O DOTYCHCZASOWYM ZATRUDNIENIU W JEDNOSTKACH NAUKOWYCH:

- 1995-2003 asystent naukowo-dydaktyczny, Katedra Sadownictwa, Akademia Rolnicza w Krakowie  
od 2004 adiunkt, Katedra Sadownictwa (obecnie: Katedra Sadownictwa i Pszczelnictwa), Akademia Rolnicza w Krakowie (obecnie: Uniwersytet Rolniczy w Krakowie)

## 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. NR 65, POZ. 595 ZE ZM.):

### a) tytuł osiągnięcia naukowego:

Jednotematyczny cykl publikacji pt.:

**Winorośl w klimacie przejściowym – wybrane zagadnienia z plonowania, gospodarki mineralnej krzewów oraz jakości winogron i wina**

## **b) publikacje wchodzące w zakres osiągnięcia naukowego:**

(autor/autorzy, rok wydania, tytuł/tytuły publikacji, nazwa wydawnictwa \*)

- H1. **Gąstoł M.**, Krośniak M., Domagała-Świątkiewicz I. 2012. Antioxidant capacity, phenol and mineral content of grapes grown in southern Poland. *Acta Hort.* 931: 345-348. (IF<sub>2013</sub> = **0**; punkty MNiSW<sub>2013</sub>: **10**; mój wkład szacuję na **60%**).
- H2. **Gąstoł M.** 2015. Vineyard performance and fruit quality of some interspecific grapevine cultivars under cool climate. *Folia Hort.* (in press) (IF<sub>2013</sub> = **0**; punkty MNiSW<sub>2013</sub>: **8**).
- H3. **Gąstoł M.**, Domagała-Świątkiewicz I. 2014. Trace elements partitioning in 'Sibera' grapevines as affected by nitrogen fertilization. *South African Journal of Enology and Viticulture* 35(2): 217-225. (IF<sub>2012</sub> = **1,193**; punkty MNiSW<sub>2013</sub>: **25**; mój wkład szacuję na **70%**)
- H4. Domagała-Świątkiewicz I., **Gąstoł M.** 2013. Effect of nitrogen fertilization on trace elements content in *Vitis vinifera* cv. 'Bianca'. *J. Elemntol.* 13(1). 39-53. (IF<sub>2013</sub>= **0,354**; punkty MNiSW<sub>2013</sub>: **15**, mój wkład szacuję na **40%**)
- H5. **Gąstoł M.**, Domagała-Świątkiewicz I. 2013. Genotype-environment interactions in *Vitis vinifera* - trace elements content in 13 grapevine cultivars. *Fresenius Environmental Bulletin* 22(4): 1008-1014. (IF<sub>2013</sub>= **0,716**; punkty MNiSW<sub>2013</sub>: **15**, mój wkład szacuję na **70%**)
- H6. Dobrowolska-Iwanek J., **Gąstoł M.**, Wanat A., Krośniak M., Jancik M., Zagrodzki P. 2014. The wine of cool-climate of South Poland. *South African Journal of Enology and Viticulture* 31(1):1-9. (IF<sub>2012</sub> = **1,193**; punkty MNiSW<sub>2013</sub>: **25**; mój wkład szacuję na **35%**).

Sumaryczny IF(zgodnie z rokiem opublikowania) = **3,45**

Suma punktów MNiSW(zgodnie z rokiem opublikowania) = **98**

## **c) omówienie celu naukowego/artystycznego ww. pracy/prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania.**

### **Wprowadzenie**

Winorośl, z roczną produkcją ponad 67 milionów ton owoców<sup>[1]</sup>, jest jedną z najważniejszych gospodarczo roślin sadowniczych na świecie. W naszym kraju istnieją duże, sięgające średniowiecza (XII w.) tradycje winiarskie. Niestety, skutek ochłodzenia klimatu (mała epoka lodowcowa), inwazji filoksery, oraz wyniszczających wojen kultura uprawy winorośli uległa u nas zanikowi. Jednakże postępujące ocieplenie klimatu może znacznie zmienić dystrybucję głównych centrów uprawy gatunku, przesuwając je na północ<sup>[2]</sup>. Obecnie uprawa winnej latorośli staje się coraz bardziej popularna w chłodniejszych obszarach Europy. Pomimo, że regiony te są

---

\* w przypadku, gdy osiągnięciem tym jest praca/prace wspólne, należy przedstawić oświadczenia wszystkich jej współautorów, określające indywidualny wkład każdego z nich w jej powstanie

narażone na duże ryzyko strat mrozowych i przymrozkowych, winogrona i produkowane tu wina często są wyśmienitej jakości.

Także w Polsce obserwuje się prawdziwy renesans zainteresowania winogrodnictwem i winiarstwem. Założono już ponad 700 ha winnic, pojawiają się nowe centra produkcji<sup>[3]</sup>. Ogromne zainteresowanie gatunkiem wynika z jednej strony z mody, chęci odnowienia tradycji winiarskich naszego kraju, a z drugiej – wprowadzenia nowych mieszańców międzygatunkowych winorośli. Odznaczają się one wyższą od winorośli właściwej mrozoodpornością i odpornością na choroby, a także wysoką wiernością plonowania. Równocześnie mieszańce te doskonale nadają się do upraw przy ograniczonym zużyciu chemicznych środków produkcji – nawozów i pestycydów<sup>[4,5]</sup>.

Wobec dynamicznego rozwoju produkcji winogron koniecznością stało się określenie przydatności odmian winorośli (w tym mieszańców międzygatunkowych) do produkcji w naszych warunkach siedliskowych, ze szczególnym uwzględnieniem specyfiki klimatu umiarkowanego przejściowego. Przed szerszym wprowadzeniem winnej latorośli do uprawy istnieje także potrzeba dogłębnego przestudiowania gospodarki mineralnej gatunku, jak dotąd zupełnie nieopisywanej w naszej literaturze. Niewiele wiadomo także na temat jakości naszych winogron i ich derywatów, szczególnie w odniesieniu do zawartości substancji biologicznie czynnych czy pierwiastków śladowych niezbędnych do funkcjonowania naszego organizmu. Niniejszy cykl publikacji jest próbą uzupełnienia tej luki.

Hipotezą, którą próbowałem zweryfikować było stwierdzenie, że dzięki dużej plastyczności i zdolnościach adaptacyjnych gatunku możliwe jest uzyskiwanie wiernego plonowania winorośli w naszych warunkach klimatycznych. Innym aspektem jest stwierdzenie, jak bardzo klimat ten wpływa na gospodarkę mineralną, jakość owoców i ich derywatów.

**H1. Gąstoł M.,** Krośniak M., Domagała-Świątkiewicz I. 2012. Antioxidant capacity, phenol and mineral content of grapes grown in southern Poland. *Acta Hort.* 931: 345-348.

W szeregu pracach wskazuje się na korzystne oddziaływanie winogron i ich przetworów na zdrowie człowieka. Szczególnie podkreśla się znaczenie substancji fenolowych ograniczających występowanie choroby wieńcowej, miażdżycy, czy niektórych typów nowotworów<sup>[6,7]</sup>. W latach 90-tych ubiegłego stulecia wskazywano na występowanie „francuskiego paradoksu”, czyli

niskiego odsetka chorób sercowo-naczyniowych w populacji i to pomimo stosowania diety stosunkowo obfitującej w tłuszcze nasycone. Jedną z hipotez tłumaczących to zjawisko było częste i umiarkowane spożywanie wina<sup>[8]</sup>. Wykazano, że działanie protekcyjne spowodowane jest zawartością frakcji fenolowych w czerwonym winie<sup>[9]</sup>.

**Celem badań** było określenie jakości i własności prozdrowotnych winogron produkowanych w rejonie Jury Krakowsko-Częstochowskiej. Jako **material** posłużyły owoce 3 szczepów o białych gronach (Jutrzenka, Seyval Blanc i Muskat Odeski) oraz 2 czerwonych: (Rondo i Marechal Foch).

Spośród badanych odmian najwyższą zawartością ekstraktu, jak również kwasowością miareczkową odznaczał się Seyval Blanc (odpowiednio: 22,8 °Brix, 8,8 g kwasu winowego L<sup>-1</sup>). Najniższa ekstraktywność przy jednoczesnym niskim poziomie kwasów organicznych była charakterystyczna dla szczepu Muskat Odeski (16,4 °Brix, 3,9 g kwasu winowego L<sup>-1</sup>). Niską kwasowość oznaczono także w czerwonych winogronach Rondo (4,4 g kwasu winowego L<sup>-1</sup>). Najwięcej polifenoli zawierały odmiany czerwone - Marechal Foch i Rondo – 0,36 oraz 0,30 g GAE L<sup>-1</sup>\*. Pomimo, że uważa się, że winogrona czerwone zawierają więcej związków fenolowych niż białe<sup>[10,11]</sup> w naszym doświadczeniu stwierdzono wysoki ich poziom dla odmiany o białych owocach – Jutrzenki (0,27 g GAE L<sup>-1</sup>). Najniższą wartość zmierzono dla Seyval Blanc – 0,09 g GAE L<sup>-1</sup>. Dla odmian o wysokiej zawartości polifenoli stwierdzono wysoki całkowity potencjał antyoksydacyjny (FRAP). Wyjątkiem jest tutaj odmiana Rondo, u której nie można potwierdzić tej zależności.

Analiza pierwiastkowa wskazuje na duże zróżnicowanie omawianych odmian. Ogólnie, najniższe zawartości pierwiastków wykazują winogrona Seyval Blanc. Tak było w przypadku potasu – najniższy poziom Seyval Blanc (564 mg L<sup>-1</sup>), pośredni Jutrzenka i Muskat Odeski (odpowiednio: 1068 oraz 1156 mg L<sup>-1</sup>), a najwyższy odmiany czerwone Rondo i Marechal Foch (1552 i 1604 mg L<sup>-1</sup>). Najwięcej wapnia akumulują odmiany czerwone oraz Jutrzenka. W przypadku sodu nie stwierdzono istotnego zróżnicowania, natomiast zawartość cynku wahała się w granicach 0,29-0,58 mg L<sup>-1</sup> i była najniższa dla Seyval Blanc, a najwyższa dla – Muskata Odeskiego.

---

\* skróty użyte w tekście: GAE = Gallic Acid Equivalent; FRAP = Ferric Reducing Antioxidant Power; d.w. = dry weight; f.w. – fresh weight

W pracy **wykazano**, że:

- istnieją duże różnice w składzie mineralnym i organicznym badanych odmian winorośli,
- odmiana Seyval Blanc wykazywała niską koncentrację pierwiastków biogennych przy jednoczesnej wysokiej zawartości ekstraktu i kwasów organicznych,
- istnieje korelacja pomiędzy zawartością polifenoli w winogronach a wartością FRAP,
- interesująca jest polska odmiana Jutrzenka, która swoim składem plasuje się bliżej odmian czerwonych niż białych i może być zalecana jako odmiana z wysoką zawartością związków o charakterze antyoksydacyjnym. Z uwagi na obiecujące doniesienia<sup>[12,13]</sup> o pozytywnym efekcie stosowania białych winogron z wysoką zawartością polifenoli w ograniczeniu objawów cukrzycy u szczurów odmiana ta może zostać wykorzystana do dalszej hodowli, względnie produkcji nutraceutyków mogących znaleźć zastosowanie w terapii cukrzycy.

Zachęcony obiecującymi wynikami postanowiłem wystąpić o finansowanie dalszych badań nad winoroślą z funduszy KBN/NCN. Prace H2-H5 zrealizowano w ramach projektu badawczego własnego NCN nr N N310 163338 pt.: "*Wybrane aspekty odżywiania mineralnego winorośli (Vitis sp. L.) oraz ich wpływ na wzrost, plon, wartość biologiczną owoców oraz odporność na mróz.*"

**H2. Gąstoł M.** 2015. Vineyard performance and fruit quality of some interspecific grapevine cultivars under cool climate. Folia Hort. (in press)

**Celem** doświadczenia było określenie siły wzrostu, produktywność oraz jakości owoców 13 odmian winorośli rosnących w warunkach klimatyczno-glebowych Polski południowej. Badania prowadzono w czterech sezonach wegetacyjnych (lata 2010-2013) na 4-7 letnich krzewach prowadzonych w formie jednoramiennego sznura Guyot.

Jednym z najlepszych parametrów opisujących siłę wzrostu winorośli jest pomiar pola przekroju poprzecznego pnia (P.P.P.P.). Jest on dobrze skorelowany z innymi czynnikami wpływającymi na aktywność fotosyntetyczną krzewu, a przez to – średnim plonem<sup>[14]</sup>. W omawianym doświadczeniu najslabszym wzrostem (spośród odmian o białych gronach) odznaczała się odmiana Aurora oraz Seyval Blanc, podczas gdy najsilniejszy wzrost krzewów

odnotowano w przypadku szczepu Hibernal (odpowiednio: 4,75; 5,21 oraz 9,32 cm<sup>2</sup>). Dla odmian czerwonych zaznaczyła się tendencja do słabego wzrostu odmiany Regent (5,66 cm<sup>2</sup>), podczas gdy Rondo oraz Frontenac odznaczały się największym wigorem (odpowiednio: 7,43 i 7,42 cm<sup>2</sup>).

Odmiany istotnie różniły się wielkością plonu; wynosił on od 5,0 do 8,9 t ha<sup>-1</sup>. Najwyższe zbiory białych winogron uzyskano z odmian Seyval Blanc (2,80 kg/krzew) oraz Hibernal (2,35 kg/krzew). Spośród szczepów czerwonych najbardziej plenny okazał się 'Frontenac' (2,64 kg/krzew). W grupie krzewów o pośredniej masie plonu znalazły się: 'Aurora', 'Muscat Odeskij', 'Sibera' (białe) oraz 'Swenson Red' (czerwone grona). Pozostałe odmiany plonowały słabiej. W badaniach innych Autorów stwierdza się negatywną zależność pomiędzy siłą wzrostu odmiany a plonem ogólnym<sup>[15,16]</sup>. Wyniki doświadczenia potwierdziły te doniesienia w naszych warunkach klimatycznych. Analizując współczynnik produktywności najbardziej plenną odmianą okazała się Seyval Blanc oraz Aurora (1,84 i 1,60 kg cm<sup>-2</sup>). Spośród czerwonych szczepów najwyższą wartość omawianego parametru uzyskał Swenson Red, Frontenac oraz Regent (odpowiednio: 1,31; 1,16 i 1,13 kg cm<sup>-2</sup>). Współczynnik plenności dla pozostałych odmian był istotnie niższy i wahał się od 0,65 do 1,00 kg cm<sup>-2</sup>.

Odnawano istotne różnice w plonowaniu pomiędzy poszczególnymi sezonami badań. Najwyższy plon uzyskano w roku 2013, co wytłumaczyć należy przerwą w owocowaniu w roku 2012 spowodowaną bardzo silnymi uszkodzeniami przymrozkowymi w okresie kwitnienia. Wysoka plenność odmiany Seyval Blanc oraz plony otrzymane z innych mieszańców międzygatunkowych potwierdziły poprzednie doniesienia Liska<sup>[4,5]</sup>. Plony zanotowane dla odmiany Regent były zbliżone do prezentowanych przez Ochmiana i wsp.<sup>[17]</sup> w warunkach klimatu północnej Polski (Pomorze), natomiast niższe niż uzyskiwane w warunkach cieplejszego klimatu północno-wschodnich Włoch (4,1 do 11,7 kg/krzew)<sup>[18]</sup>.

Innym aspektem badanym w doświadczeniu była jakość winogron. W naszym chłodnym klimacie najczęstszy problem związany jest ze zbyt niską proporcją cukrów do kwasów organicznych<sup>[19]</sup>. W przedstawianej pracy zawartość ekstraktu różniła się znacznie pomiędzy odmianami: od 15,7 °Brix (średnio dla Swenson Red) do 20,8 °Brix (Frontenac). Także inni autorzy<sup>[5,18]</sup> zwracają uwagę na dużą rozpiętość tego parametru wśród mieszańców międzygatunkowych winorośli, odzwierciedlających nie tylko różnice pomiędzy genotypami, ale także zmienność warunków pogodowych pomiędzy rocznikami, sezonami badań. W opisywanym



doświadczeniu uzyskano niższe wartości dla ekstraktu, wpływ na to miał zwłaszcza sezon 2010 (obfite opady przed zbiorami). Nadmierna wilgotność wpływa niekorzystnie na dojrzewanie winogron ze względu na nadmierne rozcieńczenie cukrów w jagodach<sup>[20]</sup>. Silny wpływ odmiany, jej pochodzenia oraz warunków pogodowych obserwuje się także w przypadku odczynu soku i zawartości kwasów organicznych<sup>[18,21]</sup>, które są odpowiedzialne nie tylko za kolor winogron/moszczu, ale także istotnie wpływają na proces fermentacji (przy niższym pH proces ten przebiega lepiej, a wino jest mniej podatne na wady i choroby). Wskazuje się, że odczyn moszczu nie powinien przekraczać wartości pH=3,6 powyżej której obserwuje się obniżenie jakości wina<sup>[22]</sup>. Za wyjątkiem odmiany Bianca oraz Muscat Odesskij owoce wszystkich badanych odmiany spełniły to kryterium.

Najwyższą kwasowością miareczkową odznaczały się czerwone winogrona Marechal Foch a spośród białych – Jutrzenka. Kwasowość moszczu jest negatywnie skorelowana z temperaturą i promieniowaniem słonecznym<sup>[23]</sup>, co potwierdziło się w naszych badaniach. Oznaczone zawartości były wyższe niż przedstawione przez Almanza i wsp.<sup>[24]</sup> w cieplejszym klimacie oraz niższe (w przypadku odmiany Regent) niż w warunkach Polski północnej<sup>[17]</sup>. Podobnie, w przypadku parametru technicznego, jakim jest proporcja cukrów do kwasów, obliczone wartości były niższe niż postulowane do produkcji zbalansowanych win stołowych (optimum 30-35)<sup>[25]</sup>. Najwyższą wartość zanotowano dla Regenta (28,5) oraz odmian białych (zakres od 23,2 do 26,2), za wyjątkiem Aurory oraz Jutrzenki (21,5 oraz 17,0). Pozostałe odmiany czerwone posiadały znacznie gorsze wartości wskazujące na zbyt małą zawartość cukrów przy równoczesnej wysokiej kwasowości.

Winna latorośl jest jednym z niewielu gatunków roślin syntezujących w znacznych ilościach kwas winowy.<sup>[19]</sup> Analiza z użyciem izotachoforezy kapilarnej wykazała, że owoce szczepu Marechal Foch zawierały najwyższe ilości tego kwasu (4,51 g L<sup>-1</sup>). Najniższą jego koncentrację zmierzono dla Frontenac (1,03 g L<sup>-1</sup>) oraz Jutrzenki (1,76 g L<sup>-1</sup>). Ta ostatnia odmiana akumulowała jedne z najwyższych ilości kwasu jabłkowego (6,95 g L<sup>-1</sup>). Nieco niższe zawartości stwierdzono dla odmiany Hibernal, Marechal Foch i Rondo (odpowiednio: 6,08; 6,06 oraz 5,95 g L<sup>-1</sup>). Najniższa koncentracja kwasu jabłkowego była typowa dla odmiany Regent (2,30 g L<sup>-1</sup>). W moszczu Jutrzenki odnotowano zwiększoną zawartość kwasu cytrynowego (1,89 g L<sup>-1</sup>).

Stwierdzono bardzo duże zróżnicowanie w zawartości kwasu askorbinowego. Niskie wartości były typowe dla odmian o białych gronach (od 11,5 do 55,2 mg L<sup>-1</sup>) oraz niektórych czerwonych: Regent, Rondo i Swenson Red. Pośrednie zawartości oznaczono dla Leon Millot (90,4 mg L<sup>-1</sup>), a najwyższe – Frontenac (139,4 mg L<sup>-1</sup>) oraz Marechal Foch (184,0 mg L<sup>-1</sup>). Wyniki te nie obiegają od prezentowanych przez USDA<sup>[26]</sup> średnich zawartości witaminy C w owocach różnych gatunków winorośli: od 4,0 do 10,8 mg 100g<sup>-1</sup> (odpowiednio: *V. labrusca* oraz *V. vinifera*).

Istnieją sprzeczne doniesienia o wpływie klimatu na produkcję związków fenolowych. Podczas gdy jedni wskazują<sup>[27]</sup>, że chłodne noce w okresie dojrzewania owoców/zbioru, w połączeniu z dużymi amplitudami temperatur znacząco stymulują produkcję antocyjanów i innych związków fenolowych, wpływających korzystnie przy produkcji wysokiej jakości wina, to inni są przeciwnego zdania<sup>[28,29]</sup>. Polifenole nie tylko odpowiadają za smakowitość, intensywność barwy moszczu i wina, ale są też silnymi antyoksydantami<sup>[30]</sup>.

W przedstawionych badaniach najwyższą zawartość związków fenolowych stwierdzono w czerwonych winogronach, mianowicie: ‘Frontenac’, ‘Leon Millot’ oraz ‘Marechal Foch’ (odpowiednio: 0,442; 0,420 oraz 0,412 g GAE L<sup>-1</sup>). Owoce ‘Regenta’ i ‘Rondo’ posiadały pośrednie zawartości, a ‘Swenson Red’ – najniższe. Białe winogrona zawierały mniej polifenoli.

Najwyższy całkowity potencjał antyoksydacyjny (FRAP) zmierzono dla gron odmiany ‘Marechal Foch’ (11072 μmol Fe kg<sup>-1</sup>), następnie: ‘Leon Millot’ oraz ‘Frontenac’ (8171 oraz 7652 μmol Fe kg<sup>-1</sup>). Przedstawione wartości są znacznie wyższe od otrzymanych dla greckich odmian przez Anastasiadi i wsp.<sup>[31]</sup>

Pewnym **osiągnięciem** wynikającym z pracy było wytypowanie najbardziej przystosowanych do warunków naszego klimatu odmian: ‘Seyval Blanc’ (białe grona) oraz ‘Regent’ (czerwone) odznaczające się one umiarkowanym wzrostem i równocześnie wysoką produktywnością. Pomimo, że nie we wszystkich sezonach badań uzyskano satysfakcjonujący plon (uszkodzenia przymrozkowe, niska proporcja ekstrakt/kwasowość), to jednak wysoka zawartość niektórych wtórnych metabolitów (kwas askorbinowy, polifenole) oraz wysoki status antyoksydacyjny winogron były niepodważalne. Otwiera to nowe możliwości dla produkcji winogron w chłodnych strefach klimatu umiarkowanego i ich wykorzystania jako komponentu zdrowej diety, bądź nutraceutyków.

- H3. Gąstoł M.,** Domagała-Świątkiewicz I. 2014. Trace elements partitioning in 'Sibera' grapevines as affected by nitrogen fertilization. *South African Journal of Enology and Viticulture* 35(2): 217-225.
- H4. Domagała-Świątkiewicz I., Gąstoł M.** 2013. Effect of nitrogen fertilization on trace elements content in *Vitis vinifera* cv. 'Bianca'. *J. Elemntol.* 13(1). 39-53.

Nawożenie azotem jest uważane za skuteczny czynnik kontrolujący wzrost winorośli oraz jej plonowanie<sup>[32,33,34]</sup>. Wpływa na różne aspekty fizjologii krzewów: intensywny wzrost latorośli wiosną, kwitnienie, zawiązanie owoców, a później na ich jakość<sup>[35,36,37]</sup>.

Winorośl, w porównaniu do innych gatunków, posiada małe wymagania nawozowe względem azotu<sup>[38]</sup>. Dla większości odmian zaleca się stosowanie dawek nie większych niż 50 kg N ha<sup>-1</sup><sup>[39]</sup>. Niemniej jednak, ilość azotu powinna być uzależniona od odmiany, plonowania, rodzaju gleby, czy nawadniania. Nadmiar azotu prowadzi do wybujałego wzrostu, zwiększa plon, ale powoduje też nadmierne zacienienie gron, stwarzając korzystne warunki do rozwoju chorób jak nekrozy szypulek, czy szarej pleśni<sup>[40]</sup>. Chloné i wsp.<sup>[41]</sup> dowiedli, że ograniczony dostęp N poprawia jakość win czerwonych z uwagi na ograniczenie wigoru krzewów i zwiększoną zawartość związków fenolowych w gronach. Odmienne, w przypadku szczepów o białych gronach dostępność azotu powinna być wyższa, jest bowiem konieczna do wytworzenia wysokiego poziomu substancji aromatycznych w gronach<sup>[42]</sup>. Azot wreszcie jest także jednym z najważniejszych składników moszczu; jest niezbędny do wzrostu drożdży i prawidłowego przebiegu procesu fermentacji<sup>[33,43]</sup>.

Szeroki przedział dawek azotu dla winorośli wynoszący od 30 do 80 kg N ha<sup>-1</sup> sugeruje, że zalecenia nawozowe muszą być oparte na podstawie analizy warunków w małym regionie lub nawet pojedynczej kwaterze w winnicy<sup>[44]</sup>. Jednym z podstawowych narzędzi wykorzystywanych do oceny statusu mineralnego roślin jest **analiza części wskaźnikowych**. Istnieją jednak kontrowersje, czy bardziej odpowiednią częścią wskaźnikową jest blaszka czy ogonek liściowy. Analiza tej pierwszej stosowana jest głównie w Europie, podczas gdy drugiej – w USA i Australii<sup>[45,46]</sup>. Jakkolwiek istnieją doniesienia, że analiza ogonków jest miarodajna wyłącznie przy bardzo wysokim plonowaniu krzewów<sup>[47]</sup>. W Polsce nie ma aktualnie opracowanych zasad pobierania części wskaźnikowych oraz standardów dla określenia statusu odżywienia winorośli. Nie jest pewne, czy zaadoptowane dla naszych surowych warunków klimatycznych, uważnych jeszcze niedawno jako nieprzydatne do uprawy winorośli, metody określania potrzeb pokarmowych będą odpowiednie dla naszej strefy.

Wiele doniesień wskazuje uwagę na silny wpływ regionu uprawy na potrzeby pokarmowe winorośli<sup>[48,49]</sup>. Zmienne czynniki środowiskowe jak temperatura<sup>[50]</sup> oraz wilgotność gleby<sup>[51]</sup> mogą bowiem wpływać na dostępność składników mineralnych zawartych w glebie, a w konsekwencji – status mineralny liści czy owoców<sup>[52]</sup>. Wyższe temperatury aktywują chemiczne i biologiczne procesy zwiększając rozpuszczalność pierwiastków śladowych. Według Greenough i wsp.<sup>[50]</sup> zawartość pierwiastków śladowych jest ściśle związana z temperaturami efektywnymi, wyższe nasilają ewaporację, pobieranie wody – a w rezultacie koncentrację pierwiastków w tkankach winorośli. Z kolei niska wilgotność gleby ogranicza dyfuzję jonów.

Zawartość pierwiastków śladowych w winogronach uzależniona jest najczęściej od ich koncentracji w glebie oraz odmiany. Znajduje ona także odzwierciedlenie w składzie mineralnym wina i jego jakości<sup>[48]</sup>. Wzajemna relacja gleba-winorośl leży u podstaw koncepcji *terroir* (czynniki geochemiczne kształtują winorośl, w tym rozwój oraz skład jagód tworzących winogrona). Wiele interesujących prac z zakresu badań nad pierwiastkami śladowymi wskazuje, że lokalizacja winnicy pozostawia po sobie unikalny ‘ślad-podpis’ który umożliwia identyfikację pochodzenia geograficznego, określenie odrębności, autentyczności winogron, czy wina<sup>[50, 53,54]</sup>. Niektóre czynniki antropogeniczne, w tym zastosowanie nawożenia azotowego, mogą zmieniać podaż, biodostępność i redystrybucję pierwiastków śladowych<sup>[55]</sup>. Wysoki poziom N ogranicza dostępność K, B i Cu, zwiększając równocześnie zapotrzebowanie na magnez<sup>[32]</sup>. Zakwaszenie ryzosfery spowodowane stosowaniem nawozów amonowych, wspólnie z czynnikiem roślinnym (sekrecja protonów, bądź kwasów organicznych przez korzenie) ma szczególne znaczenie dla pobierania Fe, Zn, Mn oraz metali ciężkich<sup>[56]</sup>, które w wyższych koncentracjach mogą się okazać toksyczne dla ludzi<sup>[57]</sup>. Z drugiej strony, silniejszy wzrost krzewu spowodowany nawożeniem azotowym powoduje efekt rozcieńczenia pierwiastków w tkankach roślinnych.

Zrozumienie tych interakcji oraz specyficznych wymagań pokarmowych poszczególnych odmian uprawianych w naszym klimacie jest pomocne w ustaleniu optymalnych planów nawożenia na poszczególne stanowiska z zachowaniem wysokiego poziomu zrównoważenia żywieniowego winnicy. Dzięki znajomości interakcji pomiędzy azotem a pierwiastkami śladowymi można wpłynąć na lepsze zaopatrzenie krzewów w te składniki.

Dlatego też **celem badań** było przybliżenie wymienionych trzech aspektów: 1) wpływu różnych poziomów nawożenia azotem na zawartość pierwiastków śladowych w liściach i owocach

winorośli; 2) określenie wpływu czynników pogodowych na akumulację tych składników oraz 3) opisanie wzajemnych relacji pomiędzy statusem mineralnym liści (blaszek, ogonków) i owoców. Podjęto także próbę określenia, która z części wskaźnikowych najlepiej odzwierciedla stan odżywienia mineralnego krzewów winorośli.

Jako **materiał** posłużyły dwie odmiany o zupełnie odmiennym charakterze wzrostu – silnierośnąca ‘Sibera’ oraz szcep o umiarkowanym wigorze – ‘Bianca’. Na 3 tygodnie przed okresem kwitnienia, rośliny traktowano jednokrotnie zróżnicowanymi dawkami azotu (0, 50 oraz 100 kg N ha<sup>-1</sup>) w formie saletry amonowej. Próbkę części wskaźnikowych – dojrzałe, w pełni wykształcone blaszki i ogonki liściowe pobierano w pełni kwitnienia, natomiast owoce w fazie pełnej ich dojrzałości. Próbkę poddano mineralizacji mikrofalowej, a następnie oznaczono następujące mikroelementy: B, Cu, Fe, Zn, Mn, Mo, Na oraz pierwiastki śladowe: Al, Ba, Cd, Cr, Li, Ni, Pb, Sr, Ti i V wykorzystując spektrometrię ICP-OES.

Wyniki zostały poddane 3 czynnikowej analizie wariancji (MANOVA). Do oceny różnic pomiędzy średnimi posłużyły kontrasty ortogonalne (metoda Helmerta). Obliczono także współczynniki korelacji pomiędzy zawartością poszczególnych składników w blaszkach liściowych, ogonkach liściowych oraz winogronach, a także w obrębie poszczególnych tkanek.

W doświadczeniu z odmianą ‘Sibera’ nawożenie azotowe wpłynęło na zawartość boru w liściach. Stwierdzono tendencję do wyższej akumulacji B dla dawki 50 kg N ha<sup>-1</sup>, zarówno w blaszkach, jak i ogonkach. W doświadczeniu<sup>[37]</sup> nie stwierdzono wpływu nawożenia N na zawartość B w ogonkach. Wyniki wskazują na wyższe zawartości boru w ogonkach niż w blaszkach (odpowiednio: 26,9 oraz 23,9 mg B kg<sup>-1</sup> d.m.). Sezon 2010 (cieplejszy, większe opady) sprzyjał wyższej akumulacji boru w liściach. Natomiast zawartość B w owocach nie zależała zarówno od dawki N jak i rocznika. Zaopatrzenie w bor jest mocno ograniczone przez niedostateczne uwilgocenie gleby. W doświadczeniu<sup>[51]</sup> niskie zawartości B zarówno w liściach, jak i owocach stwierdzano dla roślin znajdującym się w stresie wodnym. Zawartość optymalną boru w ogonkach określa się na powyżej 30 ppm, natomiast deficytową <25 ppm<sup>[45]</sup>.

Zastosowane dawki nawożenia azotowego nie wpłynęły na zawartość miedzi w badanych tkankach. Blaszkę liściową zawierały więcej miedzi niż ogonki (odpowiednio: 9,3 oraz 5,9 mg Cu kg<sup>-1</sup>). Podobnie, jak w przypadku boru, warunki pogodowe panujące w roku 2010 zwiększyły akumulację Cu. Stwierdzono niską zawartość miedzi w soku winogronowym, zgodną z danymi

przedstawianymi przez USDA<sup>[26]</sup> oraz Olalla i wsp.<sup>[58]</sup>. Zawartość miedzi w ogonkach i blaszkach była optymalna, za wyjątkiem sezonu 2011, kiedy zmierzono <5 ppm miedzi w ogonkach liściowych. Optymalne zawartości miedzi w ogonkach wg. danych amerykańskich zawierają się od 5 ppm do 10 ppm (faza kwitnienia) i od 5 ppm to 15 ppm (faza *veraison*)<sup>[45]</sup>.

Brak nawożenia azotem spowodował nieco wyższą akumulację żelaza w liściach winorośli (55,9, 49,9 i 50,5 mg Fe kg<sup>-1</sup> d.m. odpowiednio dla dawki: 0, 50 oraz 100 kg N). Przeciwnego zdania jest Wolf i wsp.<sup>[59]</sup>, którzy stwierdzili rosnącą koncentrację Fe w tkankach winorośli wraz ze wzrastającymi dawkami azotu. Natomiast właśnie taką zależność odnotowaliśmy dla owoców – brak nawożenia azotem indukował najniższy poziom żelaza w owocach (odpowiednio: 0,66; 0,89 oraz 1,51 mg Fe kg<sup>-1</sup>). Blaszkki liściowe zawierały czterokrotnie więcej żelaza niż ogonki (86,9 vs. 17,2 mg Fe kg<sup>-1</sup>). Przyjmowany zakres optymalny dla żelaza w ogonkach liściowych wynosi od 40 do 180 ppm w pełni kwitnienia oraz od 31 do 50 ppm w fazie *veraison*<sup>[45]</sup>.

Zawartość manganu w liściach istotnie zależała od poziomu nawożenia azotem. Najniższe zawartości Mn zarówno dla blaszek, ogonków liściowych oraz winogron oznaczano w kombinacji z pośrednim poziomem nawożenia. W przedstawianym eksperymencie blaszki zawierały znacznie więcej (220,4 mg Mn kg<sup>-1</sup>) manganu niż ogonki (79,2 mg Mn kg<sup>-1</sup>), czy winogrona (1,75 mg Mn kg<sup>-1</sup>). Potwierdzono tym samym poprzednie doniesienia Fallahi i wsp.<sup>[60]</sup> oraz Romero i wsp.<sup>[61]</sup>. Zawartość Mn w liściach była wyższa w roku 2011 (90,5 mg Mn kg<sup>-1</sup> w 2010 w porównaniu do 209,1 mg Mn kg<sup>-1</sup> w 2011). Odwrotną tendencję udowodniono dla owoców (2,21 oraz 1,30 mg Mn kg<sup>-1</sup>). Optymalna zawartość Mn w ogonkach wynosi od 18-100 ppm w okresie kwitnienia i 31-150 ppm w okresie przebarwiania owoców<sup>[45]</sup>. W doświadczeniu wysoka zawartość Mn szczególnie w blaszkach liściowych liściach mogła być spowodowana zwiększoną dostępnością tego pierwiastka na glebach kwaśnych.

W przypadku cynku nie stwierdzono zarówno różnic w zawartości spowodowanych nawożeniem N, jak i różnic pomiędzy tkankami liścia (blaszki/ogonki). Fallahi i wsp.<sup>[60]</sup> podają, że koncentracja Fe i Mn w blaszkach liściowych jest wyższa, a cynku niższa w niż w ogonkach liściowych 6 przebadanych przez nich odmian winorośli. Także Romero i wsp.<sup>[61]</sup> oznaczyli wyższe zawartości mikroelementów w blaszkach liściowych, za wyjątkiem Zn. Krytyczny zakres zawartości dla cynku w ogonkach wynosi od 20 do 100 ppm w pełni kwitnienia<sup>[45]</sup>.

W doświadczeniu zawartość Zn w blaszkach liściowych wahała się od 18,3 do 48,0 ppm; w ogonkach zakres wynosił 19,7 do 43,1 ppm.

Zawartość cynku w owocach była bardziej zróżnicowana (0,66 do 14,16 mg Zn kg<sup>-1</sup>). Dane te są zbliżone do przedstawionych przez USDA<sup>[26]</sup>, ale wyższe niż oznaczone przez Olalla i wsp.<sup>[58]</sup> (0,49 do 0,52 ppm dla winogron białych i czerwonych). Koncentracja cynku w winogronach w roku 2011 była bardzo wysoka (6,57 do 14,16 ppm). Cynk jest niezbędnym pierwiastkiem dla ludzi, ale może być też toksyczny<sup>[57]</sup>. Zalecane dzienne spożycie dla osoby dorosłej wynosi od 8,8 do 14,4 mg.

W przypadku molibdenu odnotowano zróżnicowanie pomiędzy sezonami badań; wyższe wartości uzyskano w sezonie 2011 (0,148 mg Mo kg<sup>-1</sup>) w porównaniu do 2010 (0,044 mg Mo kg<sup>-1</sup>). Podobną tendencję stwierdzono dla winogron (0,045 i 0,011 mg Mo kg<sup>-1</sup>). Optymalna zawartość molibdenu w ogonkach określana jest na 0,2 do 0,4 ppm w okresie pełni kwitnienia. Zawartości na poziomie 0,05-0,09 ppm oznaczane były dla winorośli wykazujących niedobory<sup>[62]</sup>. Niedobór tego pierwiastka śladowego może spowodować zaburzenia w zawiązywaniu owoców, dużą zmienność w wielkości jagód w gronie i ich pojedyncze niedojrzewanie związane z brakiem nasion. W prezentowanym doświadczeniu kwaśny odczyn gleby wespół z niskim poziomem przyswajalnego molibdenu w glebie skutkował niską koncentracją Mo w tkankach, szczególnie w wilgotnym roku 2010. Należy podkreślić, że na glebach kwaśnych (pH<5,5) dostępność Mo jest bardzo niska<sup>[63]</sup>.

Nie odnotowano wpływu wysokości nawożenia azotem na zawartość sodu; natomiast istnieją duże różnice pomiędzy ogonkami (176,5 mg Na kg<sup>-1</sup>) i blaszkami liściowymi (15,1 mg Na kg<sup>-1</sup>). Nawożenie azotem wpłynęło na zawartość baru, najniższe zawartości stwierdzono dla dawki 50 kg N ha<sup>-1</sup>. Warunki pogodowe w roku 2011 sprzyjały wyższej akumulacji baru w liściach, ale niższej – w owocach. Więcej Ba stwierdzano w ogonkach (27,4) niżli blaszkach liściowych (16,8 mg Ba kg<sup>-1</sup>). W pracy Mackenzie i Christy<sup>[48]</sup> wysoka zawartość Ba i Sr w glebie znacząco ograniczyła poziom ekstraktu w winogronach. Stwierdzono także pozytywną korelację pomiędzy Ba i Sr oraz kwasowością miareczkową soku winogron.

Najniższe koncentracje metali ciężkich (kadmu, chromu i niklu) oznaczono w liściach winorośli traktowanych dawką 50N, natomiast najwyższe – w kombinacji pozbawionej nawożenia.

Różnice w zawartości pierwiastków wynikać mogły nie tylko z wpływu czynników zewnętrznych, środowiskowych, ale też z czynników wewnętrznych (wzrost roślin, plonowanie), które są silnie zależne od podaży azotu. W doświadczeniu zaobserwowano silny wpływ dawki azotu na wigor roślin mierzony jako pole przekroju poprzecznego pnia krzewów (P.P.P.P.). Na zakończenie doświadczenia wartość tego parametru wynosiła 4,04; 5,23 i 6,05 cm<sup>2</sup> odpowiednio dla 0; 50 oraz 100 N. W niektórych przypadkach efekty zmian akumulacji badanych pierwiastków mogą być spowodowane efektem rozcieńczenia – obniżeniem koncentracji składników mineralnych spowodowane silnym wzrostem, względnie zwiększonym plonowaniem<sup>[64]</sup>.

Ogonki zawierały więcej Cd (0,370) niż blaszki (0,119 mg Cd kg<sup>-1</sup>), ale odwrotną tendencję udowodniono dla Ni (1,37 oraz 2,68 mg kg<sup>-1</sup> odpowiednio dla ogonków i blaszek). Zawartości w owocach wzrastały wraz ze wzrostem dawki N. Taką samą tendencję obserwowano dla odmiany Bianca (inne doświadczenie).

Wyznaczono zaledwie kilka istotnych statystycznie korelacji pomiędzy zawartością pierwiastków w liściach i owocach. Mianowicie, dla zawartości Zn oraz V ( $r=0,43$ , oraz  $r=-0,48$ ). Zawartość azotu całkowitego była skorelowana z zawartością boru w owocach ( $r=0,45$ ), Mn ( $r=0,48$ ), Ba ( $r=0,49$ ) i Cr ( $r=-0,40$ ). Współczynniki korelacji wskazują na silniejsze powiązanie pomiędzy ogonkami liściowymi i zawartością składników mineralnych w owocach.

W pracy **wykazano**, że:

- Czynniki środowiskowe: temperatura i dostępność wody odgrywają ważną rolę w akumulacji składników mineralnych w liściach i winogronach. Rocznik 2010, który był ciepły i wilgotny sprzyjał wyższym poziomom B, Cu, Cd, Ti oraz V w liściach oraz Mn, Al, Ba i Ti w winogronach. Suchy sezon 2011 zwiększył koncentrację Fe, Mn, Zn, Mo, Na, Ba, Cr, Li, and Ni w liściach i równocześnie zawartość Zn, Mo, Na, Sr, Cd oraz Ni w owocach,
- Na lekko kwaśnych glebach stosowanie nawozów azotowych może ograniczać pobieranie i koncentrację B, Fe, Mn, Cd, Cr, Ni and V w liściach, natomiast zwiększać zwiększyć akumulację Fe, Mn, Zn, Al, Ti w winogronach,



- Blaszkki liściowe zawierają wyższe ilości Cu, Fe, Mn, Al, Ni, Pb, Ti oraz V w porównaniu z ogonkami. Te ostatnie posiadają więcej B, Na, Ba, Cd, Li oraz Sr,
- Uzyskane współczynniki korelacji wskazują na ściślejsze powiązanie składu mineralnego ogonków liściowych i owoców niż blaszek liściowych i owoców. Świadczy to, że ogonki mogą stanowić lepsze źródło danych dla predykcji zawartości mikroelementów i pierwiastków śladowych w winogronach.

W innym doświadczeniu (z odmianą **Bianca**) wszystkie mikroelementy w liściach znajdowały się w optimum (B, Cu, Fe, Zn, Mo), natomiast poziom Mn był wysoki, co związane było najprawdopodobniej ze zwiększoną dostępnością tego pierwiastka w kwaśnym środowisku glebowym.

Zastosowane nawożenie azotowe istotnie wpłynęło na zawartość pierwiastków śladowych w blaszkach oraz ogonkach liściowych. Brak nawożenia indukował najwyższe zawartości boru i manganu. Dodatkowo w kombinacji kontrolnej stwierdzono zwiększoną zawartość miedzi i molibdenu. Generalnie, najniższe koncentracje pierwiastków śladowych oznaczano w roślinach traktowanych dawką 50 kg N ha<sup>-1</sup>. W omawianym doświadczeniu stwierdzono istotne interakcje pomiędzy poziomem nawożenia azotowego, warunkami pogodowymi i zawartością Ni, Sr i Ti w liściach. W wilgotnym roku 2010 w połączeniu nawożenia azotem w dawce 100 kg ha<sup>-1</sup> zwiększyło zawartość tych pierwiastków zarówno w blaszkach i ogonkach. Taki sam trend zaobserwowano w 2010 roku dla B w blaszkach oraz Mn, Mo, Al, Ba, Li, Pb i V w ogonkach. W bardziej suchym roku 2011 tylko zawartość Cr oraz V w ogonkach była zwiększona wskutek stosowania 100N.

Blaszkki liściowe zawierały wyższe koncentracje żelaza, manganu, niklu, ołowiu, tytanu i wanadu w porównaniu do ogonków. Te ostatnie akumulowały więcej miedzi, cynku, molibdenu, kadmu, litu i strontu.

Podobnie, jak w poprzednim doświadczeniu, odnotowano duży wpływ czynników pogodowych na pobieranie, transport oraz akumulację składników pokarmowych. Wyjątkowo wilgotny, ale też cieplejszy sezon 2010 sprzyjał wyższej akumulacji B, Cd, Li, Sr, Ti oraz V oznaczonej zarówno w blaszkach, jak i ogonkach. I przeciwnie, chłodniejszy i bardziej suchy sezon 2011 stymulował pobieranie większych ilości Fe, Mn, Zn, Mo, Cr i Ni. Podczas oznaczania pierwiastków w winogronach stwierdzono duże różnice pomiędzy sezonami badań w zawartości: miedzi (0,63 i

0,37 mg Cu kg<sup>-1</sup> f.w.), żelaza (2,23 i 1,47), manganu (1,28 i 1,82), chromu (0,002 i 0,028), niklu (0,06 i 0,10) i tytanu (0,036 oraz 0,027 mg Ti kg<sup>-1</sup> f.w. odpowiednio dla mokrego i ciepłego 2010 oraz chłodnego i suchego 2011).

Na podstawie przeprowadzonych badań, zostały sformułowane następujące **wnioski**:

- Zawartość Cu, Zn, Fe, B i Mo w blaszkach i ogonkach liściowych dla odmiany Bianca była optymalna dla zakresu podawanego dla gatunku,
- Wykazano, że stosowanie nawozów azotowych zwiększa akumulację Ni, Sr i Ti, ogranicza natomiast koncentrację B, Mn, Cu i Mo w liściach słabrosnącej odmiany winorośli,
- Blaszki liściowe zawierały wyższe koncentracje Fe, Mn, Ni, Pb, Ti i V w porównaniu do ogonków liściowych. Natomiast ogonki zawierały większe ilości Zn, Mo, Cd, Li i Sr.
- Zastosowane nawożenie azotowe nie miało wpływu na skład pierwiastkowy owoców za wyjątkiem Sr i Ti.

**H5. Gąstoł M.,** Domagała-Świątkiewicz I. 2013. Genotype-environment interactions in *Vitis vinifera* - trace elements content in 13 grapevine cultivars. Fresenius Environmental Bulletin 22(4): 1008-1014.

Pierwiastki śladowe są niezbędne nie tylko dla zdrowego wzrostu krzewu winnego, ale też rozwoju owoców. Odzwierciedlają przy tym stan odżywienia mineralnego winorośli. Niektóre z jonów metali wpływają na cechy organoleptyczne soków i moszczy: ich smak, aromat i klarowność. Mają też znaczący, czasami negatywny wpływ na przebieg procesu produkcji win: reakcje oksydo-redukcyjne, strącanie osadów, przemiany koloidów, czy formowanie żeli. Wreszcie pierwiastki śladowe zawarte w winogronach i ich pochodnych wpływają na nasze zdrowie, będąc niezbędnymi, ale też czasem toksycznymi substratami w ważnych szlakach metabolicznych<sup>[65]</sup>.

Skład pierwiastkowy może zostać wykorzystany w studiach klasyfikacyjnych określających pochodzenie wina oraz jego autentyczność. Wspomniana już idea *terroir* zakłada możliwość rozróżnienia, dyskryminacji winogron/win pochodzących z różnych regionów/siedlisk przy użyciu wzoru, na który składa się kompozycja pierwiastków śladowych zawartych w nich

zawartych<sup>[50,53,66,67,68]</sup>. Pomimo, że niektóre czynniki środowiskowe (zanieczyszczenie środowiska, pogoda, zabiegi agrotechniczne) mogą nieco zmieniać ten wzór, to jednak najważniejszy wpływ na zawartość pierwiastków śladowych pozostaje pod kontrolą genetyczną danej odmiany uprawnej oraz siedliska.

Dlatego **celem eksperymentu** było określenie składu mineralnego winogron produkowanych w rejonie klimatu umiarkowanego przejściowego, ze szczególnym uwzględnieniem zawartości pierwiastków śladowych. Jako **materiał badawczy** posłużyły winogrona 13 szczepów zebrane w dwóch sezonach wegetacyjnych (2010-11) z krzewów prowadzonych w formie jednoramiennego sznura poziomego.

Średnia zawartość boru w winogronach w obu sezonach badań wahała się od 2,07 mg B kg<sup>-1</sup> f.w. (Jutrzenka) do 4,56 mg kg<sup>-1</sup> (Bianca). Niższe wartości zgodne są z literaturowymi<sup>[15, 16]</sup>. Bor odgrywa znaczącą rolę w wielu funkcjach fizjologicznych, szczególnie związanych z kwitnieniem oraz rozwojem owoców<sup>[69,70]</sup>. U roślin z niedoborem tego pierwiastka obserwuje się zamieranie owoców. Ostatnie doniesienia z zakresu dietetyki wskazują, że bor jest pośród kilku czynników żywieniowych wpływających na metabolizm insuliny i glukozy<sup>[71]</sup>, zatem owoce odmian zasobnych w ten pierwiastek mogą posłużyć w suplementacji diety w ten składnik.

Koncentracja miedzi w winogronach wynosiła od 0,27 mg Cu kg<sup>-1</sup> f.w. (Sibera) do maksymalnie 0,68-0,79 mg Cu kg<sup>-1</sup> (odpowiednio: Hiberna i Marechal Foch). Provenzano i wsp.<sup>[72]</sup> w swojej pracy stwierdzili najniższe stężenia dla odmiany Uva di Troia (0,17 mg Cu kg<sup>-1</sup>), a najwyższe dla odmiany Chardonnay (0,50 mg Cu kg<sup>-1</sup>). Mitic i wsp.<sup>[73]</sup> oznaczali średnio 0,72 mg Cu kg<sup>-1</sup> w winogronach deserowych produkowanych w Serbii. Dość znaczne rozpiętości w uzyskiwanych wynikach mogą być spowodowane częstym użyciem fungicydów miedziowych<sup>[74]</sup>. Orescanina i wsp.<sup>[75]</sup> dowiedli, że długotrwałe, wieloletnie stosowanie preparatów opartych na miedzi może nawet podwoić ilość Cu zawartej w glebach; w winnicach australijskich zawartości te są nawet 25 krotnie wyższe niż normalne tło<sup>[76]</sup>. Zanieczyszczenia mogą wpłynąć na zawartość tego pierwiastka w owocach<sup>[77]</sup> w tym także uprawianych ekologicznie<sup>[78]</sup>. Zwykle niższe zawartości Cu obserwuje się u odmian o czerwonych gronach oraz w sokach, winach niż w owocach nieprzetworzonych<sup>[79]</sup>.

Niską zawartość żelaza odnotowano w próbkach pobranych z odmiany Sibera, Aurora, Regent i Muscat Odeski (zakres 0,71 do 0,98 mg Fe kg<sup>-1</sup> f.w.), podczas gdy najwyższe stężenia

oznaczono w Rondo i polskiej odmianie Jutrzenka (odpowiednio: 2,67 i 3,25 mg Fe kg<sup>-1</sup>). Rupashinge i Glegg [80] zmierzili 0,9 mg kg<sup>-1</sup> w czerwonych gronach Cabernet, natomiast Mitic i wsp.<sup>[73]</sup> – 8,15 mg Fe kg<sup>-1</sup>.

Mangan jest pierwiastkiem niezbędnym zarówno dla roślin jak i człowieka. W różnych owocach zawartości Mn wahają się od 0,20-14,60 mg kg<sup>-1</sup> [80]. W doświadczeniu Mitic i wsp.<sup>[73]</sup> zakres dla winogron wynosił od 0,42 do 1,96 mg kg<sup>-1</sup>, z najwyższą wartością dla odmiany Muscat Hamburg. W przedstawianej pracy zawartość manganu była także zróżnicowana. Najmniej Mn stwierdzono dla szczepów Hiberna oraz Rondo (1,29 oraz 1,36 mg Mn kg<sup>-1</sup> f.w.), podczas gdy najwięcej dla Swenson Red (2,93 mg Mn kg<sup>-1</sup>).

Najniższy poziom cynku w owocach odnotowano dla szczepów Bianca, Hiberna, Frontenac i Sibera (odpowiednio: 0,84; 0,97; 1,08 oraz 3,15 mg Zn kg<sup>-1</sup> f.w.). Ponownie, Swenson Red akumulował największe ilości (15,8 mg Zn kg<sup>-1</sup>). Mitic i in.<sup>[73]</sup> oznaczał zawartości rzędu: od 0,53 mg Zn kg<sup>-1</sup> w winogronach deserowych Cardinal do 0,84 mg Zn kg<sup>-1</sup> dla odmiany Riber.

Niskie zawartości molibdenu wykazano dla soku z odmiany Bianca (0,0059 mg Mo kg<sup>-1</sup>), średni poziom dla Hiberna i Frontenac (0,011 i 0,013 mg Mo kg<sup>-1</sup>). Reszta badanych odmian zawierała więcej Mo (od 0,022 do 0,042 mg Mo kg<sup>-1</sup>). Williams i wsp.<sup>[81]</sup> odnotował zawartości Mo od 0,027 do 0,059 mg kg<sup>-1</sup> (dane dla suszonych winogron), w zależności od wykonywanego nawożenia dolistnego molibdenem. Pierwiastek ten jest niezbędny do właściwego zawiązania owoców i ukształtowania jagód oraz rozwoju nasion<sup>[82]</sup>. Niedobór powoduje zaburzenia w rozwoju winogron, w szczególności ich niesymetryczny rozwój. Warto zaznaczyć, że zawartość tego pierwiastka chroni przed reakcjami alergicznymi wynikającymi ze stosowania siarczynów w produkcji wina. Aburnrad i wsp.<sup>[83]</sup> donoszą, że suplementacja w dawce 160 µg Mo/dziennie w wysokim stopniu zwiększa odporność na działania niepożądane spowodowane toksycznością siarczynów: częstoskurczem komorowym, bólem głowy, czy nudnościami.

Stwierdzono duże zróżnicowanie w występowaniu sodu w owocach. Soki ze szczepów Aurora, Rondo, Sibera i Regent charakteryzowały się niską zawartością sodu (2,13 do 2,58 mg Na kg<sup>-1</sup> f.w) i odwrotnie – wysoką – dla szczepów Marechal Foch oraz Seyval Blanc (odpowiednio: 4,01 i 4,13 mg Na kg<sup>-1</sup> f.w.). Potwierdzono tym samym doniesienia, że użyta odmiana może mieć istotny wpływ na pobieranie sodu przez winną latorośl<sup>[84]</sup>. Z pewnością dodatkowym czynnikiem wpływającym na poziom Na może być podkładka (niektóre ograniczają

pobieranie)<sup>[85]</sup> oraz zasolenie gleby. Zawartość sodu w owocach zbieranych w winnicach Australii rosnących na zasolonych glebach wynosi nawet 358 mg Na dm<sup>-3</sup> [86].

Zawartość badanych metali ciężkich nie była tak silnie zróżnicowana jak pozostałych pierwiastków śladowych. Odmiany Swenson Red i Rondo akumulowały w owocach najwyższe ilości niklu (1,03 i 1,22 mg Ni kg<sup>-1</sup> f.w.) podczas gdy Hiberna - najniższe (0,059 mg Ni kg<sup>-1</sup>). Dla kadmu odnotowano wyższe ilości tylko dla szczepów Frontenac i Marechal Foch (0,031 oraz 0,034 mg Cd kg<sup>-1</sup> f.w.). Naturalnym źródłem kadmu są gleby, ale zwiększony poziom zawartości związany jest przede wszystkim z antropopresją, szczególnie silnym nawożeniem oraz zanieczyszczeniami powietrza pochodzenia przemysłowego<sup>[87]</sup>. Mitic i wsp.<sup>[73]</sup> stwierdzili bardzo niskie zawartości kadmu (0,6 do 5,0 µg kg<sup>-1</sup>), a wysokie chromu: 57,3 do 79,3 µg Cr kg<sup>-1</sup>. Otrzymane wyniki są spójne z prezentowanymi w innych pracach. Vique i wsp.<sup>[88]</sup> zmierzili od 2,4 do 64,6 µg Cr kg<sup>-1</sup>. W prezentowanym doświadczeniu zawartości chromu nie zależały od odmiany i wahały się w granicach od 0,006 do 0,029 mg Cr kg<sup>-1</sup> f.w. Coraz częściej zwraca się uwagę na zawartość tego pierwiastka i wskazuje na jego niezbędność w wielu procesach metabolicznych m.in. nietolerancji glukozy<sup>[89]</sup>. Jednakże wyższe stężenia mają działanie kancerogenne.

Stwierdzono istnienie pewnych korelacji pomiędzy pierwiastkami zawartymi w winogronach. W szczególności zawartość cynku była dodatnio skorelowana z zawartością Mn ( $r=0,46$ ), Mo (0,69), Cr (0,56), Ni (0,88), Sr (0,59) i Ti (0,66). Ponadto silnie dodatnią relację stwierdzono pomiędzy molibdenem a Cr, Ni, Sr oraz Ti.

W celu określenia podobieństw pomiędzy badanymi odmianami w akumulacji pierwiastków posłużono się hierarchiczną analizą skupień z zastosowaniem aglomeracji metodą Warda. Dla mikroelementów (Fe, Cu, Zn, Mn) utworzono 4 główne skupienia. Pierwsze składało się z odmian Sibera, Hiberna, Bianca oraz Frontenac. Drugie - Rondo, Marechal Foch, Leon Millot i Aurora; trzecie składało się ze szczepów: Regent, Muscat, Seyval Blanc i Jutrzenka. Do ostatniego zaliczono wyłącznie odmianę Swenson Red. Odmiany zwykle łączyły się w grupy (czerwone/białe grona), aczkolwiek istniały odstępstwa od każdego z tych skupień (1 – Frontenac, 2 – Aurora, 3 – Regent). Niespotykanymi właściwościami odznaczała się odmiana Swenson Red, co można wiązać z jej pochodzeniem (mieszaniec: 50% *V. vinifera* + 25% *V. labrusca* + 6,25% *V. rupestris* + 12,5% *V. riparia* + 6,25% *V. lincencumii*). W tym wypadku

duży udział *V. labrusca* mógł wpłynąć na pobieranie, transport i ostatecznie akumulację pierwiastków w owocach.

Pod względem akumulacji dwóch oznaczanych berylowców - strontu i baru - najbardziej zbliżone były ponownie Frontenac i Bianca. Do skupienia tego zaliczono także szczepy Regent, Sibera i Hiberna. Drugie skupienie składało się z Leon Millot, Marechal Foch (obydwa szczepy podobne pochodzenie), Seyval Blanc i Jutrzenka, podczas, gdy trzecie - Rondo, Swenson Red oraz białe odmiany: Aurora i Muscat Odesskij. Jak widać, w wielu przypadkach podobna akumulacja pierwiastków w owocach odzwierciedla pochodzenie, ale nie musi to być żelazną regułą.

Nie tylko odmiany, ale też sezon badań i panujące warunki pogodowe wpłynęły na zawartość pierwiastków śladowych w winogronach. Jedynie w przypadku B, Ba, Cu, Cd i Na nie wykazano zróżnicowania pomiędzy sezonami badań. Bardziej korzystny rozkład opadów w okresie rozwoju owoców (2011) spowodował wyższą akumulację pierwiastków niż w roku 2010. Zmierzono wyższy poziom Mn, Zn, Mo, Cr, Ni, Sr oraz Ti. Jednakże odwrotną zależność w owocach stwierdzono dla Fe i Al.

Jeśli wziąć pod rozwagę grupy odmian, to ogólnie wyższe ilości składników stwierdzono w sokach z czerwonych winogron. Tak było w przypadku B (3,83 mg B kg<sup>-1</sup> f.w. dla czerwonych, w porównaniu z 3,09 mg B kg<sup>-1</sup> f.w. dla białych winogron), Mn (2,06 vs. 1,71), Zn (8,60 vs. 4,68), Ba (0,108 vs. 0,065) oraz Cd (odpowiednio: 0,018 mg Cd kg<sup>-1</sup> f.w. vs. 0,011 mg Cd kg<sup>-1</sup> f.w.). Dla pozostałych pierwiastków (Cu, Fe, Mo, Al, Cr, Na, Ni, Sr i Ti) nie stwierdzono różnic w zawartościach. Orescina i wsp.<sup>[75]</sup> także donosi o wyższych zawartościach pierwiastków w czerwonych winogronach.

W doświadczeniu **wykazano** silny wpływ badanych odmian i ich pochodzenia na zawartość pierwiastków śladowych w winogronach. Wyższe zawartości pierwiastków (B, Mn, Zn, Ba i Cd) odnotowano dla czerwonych winogron. Ogromny wpływ na pobieranie, transport, a w rezultacie akumulację składników miały warunki pogodowe. Wyższa suma ciepła oraz bardziej korzystny rozkład opadów w roku 2011 spowodował wyższą akumulację Mn, Zn, Mo, Cr, Ni, Sr oraz Ti w owocach tego rocznika. Zawartość B, Ba, Cu, Cd oraz Na wykazywała dużą stabilność, nie stwierdzono zróżnicowania spowodowanego wpływem warunków klimatycznych. Pomimo, że odnotowano pewne zależności, korelacje pomiędzy pierwiastkami śladowymi otrzymane

wartości były niespójne. Analiza skupień ujawniła wiele podobieństw pomiędzy badanymi odmianami w akumulacji pierwiastków śladowych w owocach.

**H6.** Dobrowolska-Iwanek J., **Gąstoł M.**, Wanat A., Krośniak M., Jancik M., Zagrodzki P. 2014. The wine of cool-climate of South Poland. *South African Journal of Enology and Viticulture* 31(1):1-9.

Na jakość wina wpływa skład chemiczny winogron danego szczepu, modyfikowany przez *terroir* (lokalizacja winnicy, typ i rodzaj gleby, klimat) oraz przebieg warunków pogodowych charakterystycznych dla danego rocznika<sup>[90]</sup>. Do jednych z najważniejszych składników winogron należą kwasy organiczne. Pełnią one ważną rolę w procesie winifikacji. Determinują właściwości fizyczne, biochemiczne, stabilność mikrobiologiczną, czy jakość organoleptyczną wina: jego smak, aromat i kolor<sup>[91]</sup>. Kwasy organiczne mają wreszcie duży wpływ na nasze zdrowie, chroniąc przed stresem oksydacyjnym. Zawartość kwasów organicznych w winie zależy nie tylko od ich profilu w winogronach, ale także przebiegu procesu winifikacji i dojrzewania wina<sup>[92]</sup>. Najważniejszymi przedstawicielami tej grupy związków w winogronach są kwas winowy oraz jabłkowy. Podczas gdy zawartość kwasu winowego stopniowo rośnie wraz z dojrzewaniem owoców, to jabłkowego – maleje<sup>[93]</sup>. Kwas cytrynowy występuje w mniejszych ilościach; ze względu na podobną budowę jest rozkładany przez bakterie kwasu mlekowego. Z kolei kwas mlekowy jest tworzony w procesie fermentacji malolaktycznej przez bakterie kwasu mlekowego, ale może być też syntezowany przez drożdże<sup>[91]</sup>. Małe ilości kwasu octowego są produkowane przez bakterie, a bursztynowego przez drożdże podczas fermentacji<sup>[94]</sup>.

**Celem doświadczenia** była ocena jakości win odmianowych produkowanych w warunkach naszego klimatu. Badaniami objęto 10 szczepów. Główny nacisk w pracy położono na zbadanie zawartości kwasów organicznych. Ich rozdział i oznaczenie wykonano za pomocą izotachoforezy kapilarnej (ITP).

Zawartość kwasu winowego w badanych próbkach win czerwonych wahała się od 224 do 705 mg L<sup>-1</sup>, natomiast białych od 458 do 1528 mg L<sup>-1</sup>. Najwyższą koncentrację kwasu winowego spośród win białych stwierdzono dla szczepu Sibera, a dla czerwonych – Marechal Foch. Wina białe zawierały także wyższe stężenia kwasu jabłkowego. Najwyższą zawartość stwierdzono dla odmiany Seyval Blanc (1315 mg L<sup>-1</sup>), a spośród czerwonych - Rondo 779 mg L<sup>-1</sup>. Z kolei najniższą zawartością odznaczały się, odpowiednio: Jutrzenka (524 mg L<sup>-1</sup>) oraz Regent (65 mg L<sup>-1</sup>).

Zawartość kwasu mlekowego w winach czerwonych była niezwykle zróżnicowana: od 498 mg L<sup>-1</sup> (Rondo) do 3541 mg L<sup>-1</sup> (Marechal Foch), a w białych od 346 do 742 mg L<sup>-1</sup>, (odpowiednio Jutrzenka i Aurora). Zakres otrzymanych wyników dla kwasu bursztynowego był węższy niż dla pozostałych (328 do 699 mg L<sup>-1</sup>). Najwięcej zawierały go czerwone wino z odmiany Marechal Foch (najmniej Leon Millot), wśród białych Sibera, a najmniej Jutrzenka.

Koncentracja kwasu octowego w winach białych (248 do 343 mg L<sup>-1</sup>) była w większości przypadków niższa niż w winach czerwonych (285 do 812 mg L<sup>-1</sup>). Najwyższymi zawartościami charakteryzowały się szczepy Marechal Foch i Aurora, i przeciwnie, najniższe zawartości zmierzono w czerwonym Rondo i białym Jutrzenka. Nie udowodniono istotnych różnic w zawartości kwasu mlekowego, octowego i bursztynowego pomiędzy obiema grupami win.

Inną, ważną ze względu na wpływ na kolor, walory sensoryczne oraz właściwości antyoksydacyjne wina grupą związków są polifenole. Skład związków fenolowych w winie zależy głównie od rodzaju winogron, z których są częściowo ekstrahowane oraz warunków winifikacji<sup>[95]</sup>.

Oznaczona zawartość polifenoli oraz całkowity potencjał antyoksydacyjny były istotnie wyższe (nawet 4-5 krotnie) dla win czerwonych. Różnice można wyjaśnić przez fakt, że podczas produkcji win czerwonych stosuje się proces maceracji, któremu podlegają także skórki jagód oraz nasiona zawierające wyższe koncentracje tych substancji<sup>[96,97]</sup>. Spośród win czerwonych najwyższą zawartością związków fenolowych oraz FRAP wyróżniał się Regent, spośród białych – Jutrzenka, która osiągnęła poziom typowy dla win czerwonych. Na przeciwnym biegunie znalazły się Leon Millot oraz Seyval Blanc. Oba parametry (zawartość związków fenolowych oraz FRAP) były ze sobą ściśle skorelowane ( $r=0,936$ ).

Aby określić podobieństwa pomiędzy badanymi szczepami win posłużono się hierarchiczną analizą skupień (metodą Warda). Udało się wydzielić 3 skupienia. Pierwsze zawierało wszystkie białe wina za wyjątkiem Jutrzenki. Drugie składało się ze szczepów Regent i Marechal Foch – oba czerwone z wyróżniającymi się cechami: najwyższym potencjałem antyoksydacyjnym (FRAP), wysoką zawartością polifenoli, kwasu octowego i mlekowego przy niskim poziomie kwasu jabłkowego. Klaster 3 zawierał pozostałe dwa szczepy win czerwonych oraz białą Jutrzenkę, które posiadały zbliżony profil biochemiczny.



Uzyskane wyniki wskazują na duże różnice w składzie win czerwonych i białych, co jest zgodne z wynikami innych autorów<sup>[98]</sup>. Zróżnicowanie to potwierdzono także podczas analizy z wykorzystaniem analizy skupień, jako że wszystkie białe odmiany (poza Jutrzenką) zostały zakwalifikowane do osobnego skupienia. Jutrzenka wraz z czerwonymi szczepami Rondo oraz Leon Millot zaklasyfikowana została do osobnego klastra, może to wynikać z podobnej budowy jagód w gronie, mianowicie proporcji skórki (egzokarpu) do miąższu (mezokarpu)<sup>[5]</sup>, co później przekłada się na podobne koncentracje np. polifenoli.

Pozostałe białe wina okazały się znacznie bardziej zasobne w kwasy organiczne (winowy, jabłkowy oraz bursztynowy), w porównaniu z winami czerwonymi. Powyższe zróżnicowanie może być spowodowane różnymi metodami winifikacji win czerwonych i białych. W przypadku win czerwonych przeprowadzana została fermentacja malolaktyczna. W rezultacie, wina czerwone posiadały niższe stężenia kwasu jabłkowego, a wyższe – bursztynowego i mlekowego. To z kolei spowodowało obniżenie kwasowości miareczkowej oraz ich wyższy odczyn w porównaniu do win białych. Zarówno dla win białych jak i czerwonych kwasowość całkowita była niska jak na warunki klimatu chłodnego. Spowodowane było to wyjątkowo korzystnymi warunkami pogodowymi: dużą sumą temperatur aktywnych i silnym usłonecznieniem w okresie wegetacji. Warto nadmienić, że wykonana analiza sensoryczna naszych win w 6 przypadkach na 10 wykazała ich wysoką jakość, jedynie wino ze szczepu Leon Millot było mierne.

W pracy **wykazano**, że otrzymane wina produkowane w naszych warunkach klimatycznych (w optymalnych warunkach pogodowych) są porównywalne w jakości z winami produkowanymi w tradycyjnych regionach winiarskich klimatu umiarkowanego strefy chłodnej. Niektóre z badanych szczepów – Regent (czerwony) oraz Jurzenka (biały) odznaczały się wysoką aktywnością antyrodnikową (FRAP) oraz zawartością związków fenolowych

### **Podsumowanie:**

W przedstawionym cyklu publikacji starałem się przedstawić w szerszym aspekcie możliwości uprawy winorośli w warunkach naszego klimatu. Począwszy od wzrostu i plonowania kilkunastu szczepów w winnicy (doświadczenie odmianowo-porównawcze), poprzez badania jakości zewnętrznej i wewnętrznej winogron, na opisie powstałych z nich win kończąc. Inne prace, zawarte w cyklu, a poświęcone mineralnemu odżywianiu krzewów winorośli są, według mojej

najlepszej wiedzy, pierwszymi opracowaniami w Polsce. Stanowią też podstawę do opracowania liczb granicznych dla określenia potrzeb pokarmowych winorośli, a w konsekwencji – zrównoważonych planów nawożenia polskich winnic. W trakcie prac obserwowałem bardzo duże zróżnicowanie badanych odmian zarówno w odniesieniu do ich potencjału plonotwórczego, jak i jakości winogron, czy ich derywatów. Wymusza to konieczność właściwego doboru szczepu do siedliska – niniejsze prace, mam nadzieję, ułatwią ten wybór nie tylko plantatorom, ale też hodowcom nowych odmian. Wyniki doświadczeń jednoznacznie wskazują, że w Polsce możliwa jest uprawa winorośli oraz (przy założeniu korzystnego przebiegu pogody) produkcja dobrej jakości winogron i win, których wyznacznikiem będzie wysoka zawartość substancji biologicznie czynnych.

#### CYTOWANA LITERATURA:

1. FAO, 2012. <http://faostat.fao.org/>; accessed: August 16, 2014.
2. GUSTAFSSON J.G., MÅRTENSSON A. 2005. Potential for extending Scandinavian wine cultivation. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil and Plant Science*, 55: 82-97.
3. EUROSTAT, 2012. [http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/statistics/search\\_database](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/statistics/search_database).
4. LISEK J. 2005. Zdrowotność, plonowanie i rozmnażanie wybranych genotypów winorośli (*Vitis* sp. L.) w warunkach Polski. *Zeszyty Nauk. Inst. Sadow. Kwiac., Monografie i rozprawy*, 94 pp.
5. LISEK J. 2010. Yielding and healthiness of selected grape cultivars for processing in central Poland. *J. Fruit Ornam. Plant. Res.* 18(2): 265-272.
6. WATERHOUSE A. 1995. Wine and heart diseases. *Chemistry and Industry* 5: 337-341.
7. WILLIAMS R., ELLIOT M. 1997. Antioxidant in grape and wine: chemistry and health effect. [in:] Shaihi F. (ed.) *Natural antioxidants: Chemistry, Health Effect and application*. AOCS Press, Illinois: 150-173.
8. RENAUD S., DE LORGERIL M. 1992. Wine, alcohol, platelets and the French paradox for coronary heart disease. *Lancet* 339: 1523-6.
9. FRANKEL E., KANNER J., GERMAN J. I WSP. 1993. Inhibition of oxidation of human low-density lipoprotein by phenolic substances in red wine. *Lancet* 341: 454-7.
10. SANCHEZ-MORENO C., LARRAURI J., SAURA-CALIXTO F. 1999. Free radical scavenging capacity and inhibition of lipid oxidation of wines, grape juices and related constituents. *Food Res. Int.* 32: 407-412.
11. VINSON J., SU X., ZUBIK L. I WSP. 2001. Phenol antioxidant quantity and quality in foods: Fruits. *J. Agric. Food Chem.* 49: 969-974.
12. AL-AWWADI N., AZAY J., POUCHERET P, I WSP. 2004. Antidiabetic activity of red wine polyphenolic extract, ethanol, or both in streptozotocin-treated rats. *J. Agric. Food Chem.* 52(4):1008-1016.
13. LANDRAULT N, POUCHERET P, AZAY J., I WSP. 2003. Effect of a polyphenols-enriched chardonnay white wine in diabetic rats. *J. Agric. Food Chem.* 51(1): 311-8.
14. SANTESEBAN L.G., MIRANDA C., ROYO J.B. 2010. Vegetative growth, reproductive development and vineyard balance. [in:] Delrot et al. (eds.) *Methodologies and Results in Grapevine Research*. Springer B.V, Dodrecht, Netherlands.
15. WOLF T.K., POOL R.M. 1988. Effects of rootstock and nitrogen fertilization on the growth and yield of Chardonnay grapevines in New York. *Am. J. Enol. Vitic.* 39: 29-33.
16. PAREJO J., MINGUEZ S., SELLA J., ESPINAS E. 1995. Sixteen years of monitoring the cultivar Xarello (*Vitis vinifera* L.) on several rootstocks. *Acta Hort.* 388, 123-128.
17. OCHMIAN I., GRAJKOWSKI J., CHELPIŃSKI P., STRZELECKI R. 2013. The impact of cutting and mulching grapevine Regent on yielding and fruit quality. *Folia Pomer. Univ. Technol. Stetin, Agric., Aliment., Pisc., Zootech.* 304(26): 87-96.
18. PACIFICO D., GAIOTTI F., GIUSTI M., TOMASI D. 2013. Performance of interspecific grapevine varieties in north-east Italy *Agricultural Sciences* 4(2): 91-101. DOI:10.4236/as.2013.42015
19. WINKLER, A.J., COOK, J.A., KLIWER, W.M. LIDER, L.A., 1974. *General Viticulture*, University California Press, Berkeley.
20. REYNOLDS, A. G., AND A. P. NAYLOR. 1994. Pinot-Noir and Riesling grapevines respond to water-stress duration and soil water-holding capacity. *HortScience* 29:1505–1510.
21. PAVLOUŠEK P., KUMŠTA M. 2011. Profiling of primary metabolites in grapes of interspecific grapevine varieties: Sugars and organic acids. *Czech Journal of Food Sciences*, 29: 361-372.
22. KELLER M. 2010. *The science of grapevines. Anatomy and Physiology*, Academic Press, Burlington.

23. ALLEWELDT, G., DÜRING, H. JUNG K.H. 1984. Zum Einfluss des Klimas auf Beerenentwicklung, ertrag und qualität bei Reben: Ergebnisse einer siebenjährigen Faktorenanalyse. *Vitis* 23: 127-142.
24. ALMANZA, P.J., QULJANO-RICO, M.A., FISHER, G., CHAVES, B., BALAGUERLOPEZ, H.E., 2010. Physicochemical characterization of 'Pinot Noir' grapevine (*Vitis vinifera* L.) fruit during its growth and dev. under high altit. trop. condit. *Agr.*, Colomb. 28: 173-180.
25. COX J. 1999. From Vines to Wines. Fourth Edition, Storey Publishing LLC, North Adams, USA.
26. USDA. 2014. USDA Nutrient Database for Standard Reference, Release 27, [http://ars.usda.gov/Services/docs.htm?docid=8964 ov/ba/bhncr/ndl](http://ars.usda.gov/Services/docs.htm?docid=8964%20ov/ba/bhncr/ndl); accessed August 16, 2014
27. SPAYD S.E., TARARA J.M., MEE D.L., FERGUSON J.C. 2002. Separation of sunlight and temperature effects on the composition of *Vitis vinifera* cv. Merlot berries. *Am. J. Enol. Vitic.* 53(3): 171-182.
28. KLIEWER, W. M., SOLEIMAN A. 1972. Effect of chilling on budbreak in Thompson Seedless and carignane grapevines. *Am. J. Enol. Vitic.* 23:31-34.
29. MORI K., SUGAYA S., GEMMA H. 2005. Decreased anthocyanin biosynthesis in grape berries grown under elevated night temperature condition. *Sci. Hortic.* 105:319-330.
30. ROMERO I., SANCHEZ-BALLESTA M. T., ESCRIBANO M.I., MERODIO C. 2008. Individual anthocyanins and their contribution to total antioxidant capacity in response to low temperature and high CO<sub>2</sub> in stored Cardinal table grapes. *Postharvest Biol. Tec.* (49): 1-9.
31. ANASTASIADI M., PRATSINIS H., KLETSAS D., SKALTSOUNIS A-L., HAROUTOUNIAN S.A. 2010. Bioactive non-coloured polyphenols content of grapes, wines and vinification by-products: Evaluation of the antioxidant activities of their extracts. *Food Research International* 43: 805-813.
32. BELL S., ROBINSON A. 1999. Effect of nitrogen fertilization and growth, canopy density, and yield of *Vitis vinifera* L. cv Cabernet Sauvignon. *Am. J. Enology Vitic.* 50(3): 351-358.
33. SPAYD S.E., STEVENS R.G., WAMPLE R.L., EVANS R.G., EDWARDS C.G., WEBSTER D. 2000. Impact of nitrogen fertilization on vine performance and juice and wine composition of 'Riesling' grapes (*Vitis vinifera* L.) in Washington State. *Acta Hort.* 512:65-76.
34. EKBIC H.B., OZDEMIR G., SABIR A., TANGOLAR S. 2010. The effects of different nitrogen doses on yield, quality and leaf nitrogen content of some early grape cultivars (*V. vinifera* L.) grown in greenhouse. *J. Biotechnol.* 9 (32): 5108-5112.
35. TREEBY M.T., HOLZAPFEL B.P., PICKERING G.J., FRIEDRICH. 2000. Vineyard nitrogen supply and Shiraz grape and wine quality. *Acta Hort.* 512:77-92.
36. RODRIGUE-LOVELLE B., GAUDILLÈRE J.P. 2002. Carbon and nitrogen partitioning in either fruiting or non-fruiting grapevines: effects of nitrogen limitation before and after veraison. *Australian J. Grape Wine Res.* 8: 86-94.
37. AMIRI M.E., FALLAHI E. 2007. Influence of mineral nutrients on growth, yield, berry quality, and petiole mineral nutrient concentrations of table grape. *J. Plant Nutr.* 30: 463-470.
38. SCHREINER R.P., SCAGEL C.F., BAHAM J. 2006. Nutrient uptake and distribution in a mature 'Pinot noir' vineyard. *HortSci.* 41 (2): 336-345.
39. ROBINSON J.B. 2000. The mineral nutrition of wine grapes in Australia. *Acta Hort.* 512: 17-22.
40. KELLER M., KUMMER M., VASCONCELOS M.C. 2001. Reproductive growth of grapevine in response to nitrogen supply and rootstock. *Aust. J. Grape Vine Res.* 7: 12-18.
41. CHLONÉ X., VAN LEEUWEN C., CHÉRY P., RIBÉTEAU-GAYON P. 2001. Terroir influence on water status and nitrogen status of non irrigated Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera*): vegetative development must and wine composition. *South African J. Enol. Vitic.* 22: 8-15.
42. PEYROT DES GACHONS C., VAN LEEUWEN C., TOMINAGA T., SOYER J.P., GAUDILLÈRE, J.P., DUBOURDIEU D. 2005. The influence of water and nitrogen deficit on fruit ripening and aroma potential of *Vitis vinifera* L. cv Sauvignon blanc in field conditions. *J. Sci. Food Agric.* 85: 73-85.
43. BELL S.J., HENSCHKE P.A. 2005. Implications of nitrogen nutrition for grapes, fermentation and wine. *Austr. J. Grape Wine Res.* 11: 242-295.
44. CONRADIE W.J. 2005. Partitioning of mineral nutrition are timing of fertilizer application for optimum efficiency. p. 69-81. In: Christensen L.P., Smart D.R. Proceedings of the soil environment and wine mineral nutrition symposium. *Am. Soc. Enol. Vitic.* Davis, California.
45. CHRISTENSEN, L.P., PEACOCK, W. 2000. Mineral Nutrition and Fertilization: 102-114. In: Raisin Production Manual. University of California Division of Agricultural and Natural Resources Publication 3393, Oakland, CA.
46. FALLAHI E., SHAFFI B., STARCK J.C., FALLAHI B., HAFEZ F.L. 2005. Influence of vine grape cultivars on growth and leaf blade and petiole mineral nutrients. *HortTechnol.* 5(4): 825-830.
47. ROBINSON J.B. 2000. The mineral nutrition of wine grapes in Australia. *Acta Hort.* 512: 17-22.
48. MACKENZIE D.E., CHRISTY A.G. 2005. The role of soil chemistry in wine grape quality and sustainable soil management in vineyards. *Water Sci. Technol.* 51(1): 27-37.
49. PACHECO C., JORDÃO P.V., VIEIRA S., SANTOS F., COMENDA J., SANTOS M.C., ROQUE VALE C., PRATES M.A. 2010. Preliminary reference values for leaf-analyses of *Vitis vinifera* Trincadeira/99R in the Portuguese region of Borba/Alentejo. *Acta Hort.* 868: 225-230.
50. GREENOUGH J.D., MALLORY-GREENOUGH L.M., FRYER B.J. 2005. Geology and Wine 9: Regional trace element fingerprinting of Canadian wines. *Geoscience Canada* 32: 129-137.

51. PORRO D., RAMPONI M., TOMASI T., ROLLE L., PONI S. 2010. Nutritional implications of water stress in grapevine and modifications of mechanical properties of berries. *Acta Hort.* 868:73-80.
52. COZZOLINO D., CYNKAR W.U., DAMBERGS R.G., GISHEN M., SMITH P. 2010. Grape (*Vitis vinifera*) compositional data spanning ten successive vintages in the context of abiotic growing parameters. *Agric. Ecosys. Environ.*, 139: 565-570.
53. TAYLOR, V.F., LONGERICH, H.P., GREENOUGH, J.D., 2002. Geology and Wine 5. Provenance of Okanagan Valley wines, British Columbia, using trace elements: promise and limitations. *Geoscience Canada.* 29: 110-120.
54. VAN LEEUWENA C., SEGUIN G. 2006. The concept of *terroir* in viticulture. *J. Wine Res.* 17 (1): 1-10.
55. BASTA N.T., RYAN J.A., CHANEY R.L. 2005. Trace element chemistry in residual-treated soil: Key concepts and metal bioavailability. *J. Environ. Qual.* 34: 49-63.
56. RODRIGUEZ-ORTIZ J.C., VALDEZ-CVEPEDA R.D., LARA-MIRELES J.L., RODRIGUEZ-FUENTES H., VAZQUEZ-ALVARADO R.E., MAGALLANES-QUINTANAR, GARCIA-HERNANDEZ J.L. 2006. Soil nitrogen effects on phytoextraction of cadmium and lead by Tobacco (*Nicotiana tabacum* L.). *Bioremediation J.* 10(3): 105-114.
57. MCLAUGHLIN M.J., PARKER D.R., CLARKE J.M. 1999. Metals and micronutrients – food safety issues. *Field Crops Res.* 60: 143-163.
58. OLALLA M., FERNANDEZ J., CABRERA C., NAVARRO M., GIMÉNEZ R., LÓPEZ C. 2004. Nutritional study of copper and zinc in grapes and commercial grape juices from Spain. *J. Agric. Food Chem.* 52: 2715-2720.
59. WOLF T.K., HAESLER C.W., BERGMAN E.L. 1983. Growth and foliar elemental composition of Seyval Blanc grapevines as affected by four nutrient solution concentrations of nitrogen, potassium and magnesium. *Am. J. Enol. Vitic.* 34 (4): 271-277.
60. FALLAHI E., SHAFFI B., STARCK J.C., FALLAHI B., HAFEZ F.L. 2005. Influence of vine grape cultivars on growth and leaf blade and petiole mineral nutrients. *HortTechnol.* 5(4): 825-830.
61. ROMERO I., GARCÍA-ESCUADERO E., MARTÍN I. 2010. Effects of leaf position on blade and petiole mineral nutrient concentration of Tempranillo grapevine (*Vitis vinifera* L.). *Am. J. Enol. Vitic.* 61(4): 544-550.
62. WILLIAMS C.M.J., MAIER N.A., BARTLETT L. 2004. Effect of molybdenum foliar sprays on yield, berry size, seed formation and petiolar nutrient composition of ‘Merlot’ grapevines. *J. Plant Nutr.* 24(11): 1891-1916.
63. KABATA-PENDIAS A. 2011. Trace elements in soils and plants. CRC Press, Taylor & Francis Group, London.
64. GĘBSKI M. 1998. Soil land fertilizer factor affecting uptake of heavy metals by plants. *Postępy Nauk Rolniczych* 5: 3-16.
65. ACETO M. 2003. Metals in wine. Eds. Watson R.R, Preedy V.R. *Reviews in Food and Nutrition Toxicity.* CRC Press: 169–203.
66. BAXTER M.J., CREWS H.M., DENNIS J.M., GOODALL I. ANDERSON D. 1997. The determination of the authenticity of wine from its trace element composition: *Food Chemistry*, 60: 443-450.
67. GALGANO F., FAVATI F., CARUSO M., SCARPA T., PALMA A. 2008 Analysis of trace elements in southern Italian wines and their classification according to provenance. *Food Sci. Tech.* 41(10): 1808-1815.
68. KORENOWSKA M., SUHAJ M. 2005. Identification of some Slovakian and European wines origin by the use of factor analysis of elemental data. *Eur. Food. Res. Technol.* 221: 550-558.
69. BROWN P.H., BELLALOUÏ N., WIMMER M.A.. 2002. Boron in plant biology. *Plant Biol* 4: 205–23.
70. GOLDBACH H.E., WIMMER M. 2007. Boron in plants and animals: Is there a role beyond cell-wall structure? *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 170: 39-48.
71. HUNT, C., 2004. Dietary boron as a factor in glucose and insulin metabolism. *J. Trace Elements Exp. Med.*, 17: 258-258.
72. PROVENZANO M.R., EL BILALI H., SIMEONE V., BASER N., MONDELLI, CESARI G. 2010. Copper contents in grapes and wines from a Mediterranean organic vineyard. *Food Chemistry* 122: 1338–1343.
73. MITIĆ S.S., OBRADOVIĆ M.V., MITIĆ M.N., KOSTIĆ D.A., PAVLOVIĆ A.N., TOŠIĆ S.B., STOJKOVIĆ M.D. 2012. *Food Anal. Methods* 5: 279-286. <http://dx.doi.org/10.1007/s12161-011-9232-2>.
74. BOUBALS, D. 2001. Copper in the control of grapes in France. *VigneVini*, 28(5): 45–47.
75. ORESCANINA V., KATUNARB A., KUTLEC A. 2003. Heavy metals in soil, grape and wine. *J. Trace Microprobe Tech.* 21(1): 171-180.
76. PIETRZAK U., MCPHAIL D.C. 2004. Copper accumulation, distribution and fractionation in vineyard soils of Victoria, Australia. *Geoderma.* 122: 151–166.
77. KMENTA P., MICHALJEVICA M., ETLERA V., SEBEKB O., STRNADB L., ROHLOVA L. 2005. Differentiation of Czech wines using multi element composition – a comparison with vineyard soil. *Food Chem.* 4: 659-663.
78. GAŚTOŁ M., DOMAGAŁA-ŚWIĄTKIEWICZ I. 2012. Trace elements content of organic and conventional juices. Some plant and soil issues. [in] M. Dżugan ed. *Soil, Food and Human Health Interactions* p. II, University of Rzeszów: 33-48.
79. OSTAPCZUK P., ESCHNAUER H. R., SCOLLARY G. R. 1997. Determination of cadmium, lead and copper in wine by potentiometric stripping analysis. *Fresenius Journal of Analytical Chemistry*, 358: 723–727.
80. RUPASINGHE, H.P.V.; CLEGG, S. 2007. Total antioxidant capacity, total phenolic content, mineral elements, and histamine concentrations in wines of different fruit sources. *J. Food Comp. Anal.* 20(2): 133-137.
81. WILLIAMS C., PORTER K., LEO N. 2007. Impacts of molybdenum foliar sprays on berry chemical Composition. [in:] Williams C. (ed.) *Molybdenum foliar sprays and other nutrient strategies to improve fruit set and reduce berry asynchrony* (‘hen and chickens’). South Australian Research and Development Institute, Adelaide: 187-192.
82. WILLIAMS C.M.J., MAIER N.A., BARTLETT L. 2004. Effect of molybdenum foliar sprays on yield, berry size, seed formation, and petiolar nutrient composition of “Merlot” grapevines. *J. Plant Nutr.* 27: 1891-1916.
83. ABURNRAD N.N, SCHNEIDER A.J., STEEL D., ROGERS L.S. 1981. Amino acid intolerance during prolonged total parenteral nutrition reversed by molybdate therapy. *Amer. J. Clin. Nutr.* 34, 2551-2559.

84. STEVENS R.M. HARVEY G., DAVIES G. 1996. Separating the effects of foliar and root salt uptake on growth and mineral composition of four grapevine cultivars on their own roots and on 'Ramsey' rootstock. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 121(3):569–575.
85. RUHL E.H., CLINGELEFFER P.R., NICHOLAS P.R., CIRAMI R.M., MCCARTHY M.G., WHITING J.R. 1998. Effect of rootstock on berry weight, pH, mineral content and organic acids concentration of grape juice of some wine varieties. *Austr. J. Exp. Agric.* 28: 119-125.
86. LESKE P.A., SAS A., COULTER A.D., STOCKLEY C.S., LEE T.H. 1997. The composition of Australian grape juice: chloride, sodium, and sulphate ions. *Austr. J. Grape and Wine Res.* 3: 26-30.
87. ANGELOVA V. R., IVANOV A.S., BRAIKOV D.M. 1999. Heavy metals (Pb, Cu, Zn and Cd) in the system soil – grapevine – grape. *J. Sci. Food. Agric.* 79(5):713-721.
88. VIQUE CC, TEISSEDE PL, CABANIS MT, CABANIS JC. 1997. Determination and levels of chromium in French wine an grapes by graphite furnace atomic absorption spectrometry. *J. Agric. Food Chem.* 45: 1808-1811.
89. ANDERSON R. A. 1998. Chromium, glucose intolerance and diabetes. *J. Am. Coll. Nutr.* 17(6): 548-55.
90. MULERO, J., ZAFRILLA, P., CAYUELA, J.M., MARTÍNES-CACHÀ, A. & PARDO, F., 2011. Antioxidant activity and phenolic compounds in organic red wine using different winemaking techniques. *J. Food Sci.* 76, 436-440.
91. VOLSCHENK, H., VAN VUUREN, H.J.J. & VILJOEN-BLOOM, M., 2006. Malic acid in wine: Origin, function and metabolism during vinification. *S. Afr. J. Enol. Vitic.* 27, 123-136.
92. JACKSON, R.S. 2008. *Wine Science, Principles and Applications*, Elsevier, USA.
93. SAITO K., KASAI Z., 1968. Accumulation of tartaric acid in the ripening process of grapes. *Plant Cell Physiol.* 9, 529-537.
94. GARRIDO-DELGADO R., LOPEZ-VIDAL S., ARCE L., VALCARCEL M. 2009. Differentiation and identification of white wine varieties by using electropherogram fingerprints obtained with CE. *J. Separ. Sci.* 32, 3809-3816.
95. AZNAR, O., CHECA, A., OLIVER, R., HERNANDEZ-CASSOU, S. & SAURINA, J., 2011. Determination of polyphenols in wines by liquid chromatography with UV spectrophotometric detection. *J. Separ. Sci.* 34, 527-535.
96. DARIAS-MARTÍN, J.J., RODRÍGUES, O., DÍAZ, E. & LAMUELA-RAVENTÓS, R.M., 2000. Effect of skin contact on the antioxidant phenolics in white wine. *Food Chem.* 71, 483-487.
97. PASTRANA-BONILLA, E., AKOH, C.C., SELLAPPAN, S. & KREWER, G., 2003. Phenolic content and antioxidant capacity of muscadine grapes. *J. Agr. Food Chem.* 51, 5497-5503.
98. SHELLIE, K.C., 2007. Viticultural performance of red and white wine grape cultivars in Southwestern Idaho. *HortTechnology* 17, 595-603.

## 5. OMÓWIENIE POZOSTAŁYCH OSIĄGNIĘĆ NAUKOWO-BADAWCZYCH

Moja działalność naukowo-badawcza w okresie pracy zawodowej w Katedrze Sadownictwa i Pszczelnictwa skupiona była wokół trzech głównych obszarów badawczych: 1) szkółkarstwo roślin sadowniczych, 2) odżywianie mineralne roślin sadowniczych, 3) sadownictwo ekologiczne.

### 5.1. Szkółkarstwo roślin sadowniczych

#### Selekcja i ocena nowych podkładek oraz odmian drzew owocowych

Pierwsze eksperymenty naukowe w jakich brałem udział wspólnie z prof. Władysławem Poniedziałkiem dotyczyły selekcji i oceny generatywnych podkładek dla śliw (**II.D.1.1**). Z populacji dziko rosnących śliw występujących na Pogórzu Karpackim udało się wyprowadzić jeden obiecujący typ – 'Garłę'. Została ona szczegółowo przebadana w mateczniku siewek (% wschodów nasion, siła wzrostu mierzona jako średnica szyjki korzeniowej, wysokość podkładek i ich pni, liczba bocznych rozgałęzień, rozwój systemu korzeniowego, oraz udział

poszczególnych wyborów w normach szkółkarskich). Wykazano umiarkowaną, pośrednią siłę wzrostu 'Garli' oraz najwyższy procent siewek I wyboru dla tej podkładki.

W drugim etapie badań - doświadczeniu w szkółce drzewek - oceniono zgodność fizjologiczną trzech podkładek generatywnych ('Garla', 'Węgierka Wangenheima' oraz ałycza) oraz ich wpływ na procent przyjęć tarczok okulizacyjnych oraz udatność okulantów czterech odmian śliw ('Herman', 'Renkloda Ulena', 'Węgierka Wczesna' oraz 'Węgierka Zwykła'). Oceniono wzrost i rozwój drzewek oraz procentowy udział poszczególnych wyborów drzewek (**III.B.2**).

W ostatnim doświadczeniu z tego cyklu – wieloletnim doświadczeniu sadowniczym - badano wzrost i plonowanie drzew uszlachetnionych na wymienionych wcześniej podkładkach generatywnych (**II.D.5.1, III.B.4**). W porównaniu do ałyczy, która była podkładką kontrolną, zarówno 'Węgierka Wangenheima' jak i 'Garla' ograniczyły wzrost drzew badanych odmian. Porównując współczynnik plenności wykazałem, że śliwy na 'Garli' i 'Węgierce Wangenheima' były znacznie bardziej produktywne od rosnących na ałyczy. Co warte podkreślenia, 'Garla' wpłynęła korzystnie na zdrowotność drzew – drzewa uszlachetnione na niej wykazywały słabsze objawy porażenia wirusem ospowatości śliw.

Z uwagi na szereg zalet: umiarkowany wzrost, korzystny wpływ na zaszczepione na niej odmiany, odporność na suszę, a w szczególności odporność na wirus szarki podkładka ta może okazać się cenną dla intensywnych sadów towarowych.

Dlatego też po kilkunastu latach badań złożyłem do Centralnego Ośrodka Badania Odmian Roślin Uprawnych wniosek o przyznanie wyłącznego prawa do odmiany (oraz wpisanie do rejestru) śliwy 'Garla' (*Prunus domestica* L. ssp. *insititia* (L.) C.K. Schneid). Została ona wpisana do Krajowego Rejestru Odmian pod nazwą 'Garlito' i od 10 stycznia 2013 jest ona chroniona tymczasowym wyłącznym prawem (**II.B.1**).

W ramach badań własnych (wykaz) prowadziłem także selekcję typów Węgierki Zwykłej (kolekcja zebrana z regionu Podkarpacia, typowego dla uprawy tej odmiany), a także derenia jadalnego. W pierwszej fazie badań nad dereniem jadalnym ocenie podlegały parametry wzrostowe drzew, plonowanie, jak i jakość owoców różnych ekotypów derenia (masa owoców, udział pestki, ekstrakt, pH, kwasowość) (**II.D.2.1, III.B.9, III.B.17**). W trakcie analiz udowodniono wysoką zawartość pierwiastków biogennych w owocach, zwłaszcza wapnia,

którego koncentracja była kilkanaście razy wyższa niż w innych badanych owocach (**A.3, III.B.21, III.B.24**). Badania prowadzone we współpracy z Instytutem Mikrobiologii CM UJ wskazują na działanie antymikrobiotyczne ekstraktów z różnych części morfotycznych gatunku (owoce, nasiona, liście, kora); istnieje możliwość ich wykorzystania w zwalczaniu drobnoustrojów opornych na tradycyjne kuracje (**II.D.1.17, III.B.25**). W dalszych badaniach (**A.8, III.B.22**) potwierdzono wysokie właściwości prozdrowotne owoców derenia (wysoka zawartość kwasów organicznych, polifenoli, ogromny potencjał antyoksydacyjny).

Badania, których wyniki publikowane były w znaczących periodykach naukowych oraz w fachowej prasie ogrodniczej (**III.I.13**) zachęciły producentów do uprawy tego cennego gatunku.

#### Zastosowanie bioregulatorów w szkółkarstwie sadowniczym

Innym, niezwykle ważnym aspektem produkcji szkółkarskiej, któremu poświęciłem uwagę jest zagadnienie sylepsji, wytwarzania pędów bocznych (lateralnych) oraz sposobom jej indukcji z użyciem bioregulatorów. W doświadczeniach oceniano naturalną zdolność do rozkrzewiania odmian jabłoni i gruszy o silnej dominacji wierzchołkowej, metody przełamywania dominacji (mechaniczne, chemiczne), a także wpływ stosowania regulatorów wzrostu na dalszy wzrost i rozwój drzewka w szkółce. Oceniono efektywność stosowania nowych preparatów do rozgałęziania okulantów jabłoni, różnych receptur mieszanin bioregulatorów, stężeń, terminów traktowania, czy też dodatków specjalnych do preparatów (aminokwasy, kleje roślinne).

W pracy (**II.D.1.2, III.B.8**) wykazano wysoką skuteczność mieszanin bioregulatorów BA+GA<sub>3</sub> w przełamywaniu dominacji wierzchołkowej trzech odmian jabłoni: ‘Boskoop’, ‘Alwa’ oraz ‘Gloster’. Zastosowanie najwyższego stężenia (22,5 ml dm<sup>-3</sup>) w przypadku badanych, trudno rozgałęziających się odmian dało najlepsze efekty, już po wykonaniu jednokrotnego traktowania okulantów.

W innym, prowadzonym w szkółce doświadczeniu (**II.D.1.19**) porównywano skuteczność różnych mieszanin BA+GA<sub>3</sub> oraz BA+GA<sub>4+7</sub>, a także substancji wspomagających (aminokwasy, kleje roślinne) w stymulowaniu rozkrzewiania jednorocznych drzewek jabłoni. Badane odmiany (‘Boskoop’, ‘Mutsu’) różniły się zarówno w naturalnej zdolności do wydawania pędów lateralnych, jak też odpowiedzią na zastosowane egzogenne regulatory wzrostu. Dla pierwszej odnotowano wyższą skuteczność preparatów opartych na mieszaninie BA+GA<sub>3</sub>. W przypadku odmiany ‘Mutsu’ zaobserwowano czasowe ograniczenie wzrostu mierzonego jako wysokość

drzewka, nie stwierdzono także istotnych wysokich korelacji pomiędzy siłą wzrostu tej odmiany, a liczbą pędów syleptycznych. Natomiast dla odmiany ‘Boskoop’ warunki klimatyczne wpływające na wegetację drzewek, i pośrednio ich wzrost miały istotne znaczenie.

W pracy (II.D.1.8) porównywano skuteczność powtarzanych zabiegów traktowania bioregulatorami na rozkrzewianie okulantów jabłoni. Najbardziej efektywny w stymulowaniu rozgałęzienia okazał się preparat Arbolin 36SL z dodatkiem aminokwasów oraz Arbolin 038SL (A/B), wszystkie stosowane dwukrotnie. Najbardziej podatna na zabiegi rozkrzewiania chemicznego okazała się odmiana ‘Gloster’, następnie ‘Boskoop’ i ‘Rubin’, która posiadała najsilniejszą dominację wierzchołkową.

W innym eksperymencie (II.D.1.4, II.D.1.5) wykazano wyższą efektywność (przy jednakowej koncentracji substancji czynnej bioregulatorów: 900 oraz 1800 mg dm<sup>-3</sup>) stosowania preparatów opartych na mieszaninach BA+GA<sub>3</sub> w porównaniu do BA+GA<sub>4+7</sub>. Efekt rozkrzewiania był współbieżny z zastosowaniem stężeniem mieszanin. Nie zaobserwowano uszkodzeń okulantów pomimo użycia wysokich stężeń preparatów.

Także w produkcji drzewek grusz wyprowadzenie odpowiedniej, posiadającej boczne rozgałęzienia, koronki nastęcza wiele problemów. Większość odmian wykazuje bardzo silną dominację wierzchołkową. Dlatego jedno z doświadczeń poświęciłem temu gatunkowi (II.D.2.2, III.B.18). Najsilniejszą dominację wierzchołkową wykazywała ‘Faworytka’, następnie, ‘Lukasówka’ oraz ‘Konferencja’. Odpowiedź odmian na zastosowane egzogennie regulatory wzrostu znacznie się różniła. W przypadku odmiany ‘Konferencja’ najlepsze wyniki uzyskano po zastosowaniu preparatu Arbolin 038SL, niezależnie od zastosowanej koncentracji, czy dodatku aminokwasów. W przypadku ‘Lukasówki’ najbardziej efektywne okazały się wysokie stężenia; rodzaj mieszaniny nie miał większego znaczenia. Niemniej jednak, dla tej odmiany korzystnie wpłynął dodatek aminokwasów. W przypadku odmiany ‘Faworytka’ nie udało się uzyskać satysfakcjonujących efektów, konieczne są próby poszukiwania innych metod rozkrzewiania.

### **Osiągnięcie:**

Opracowanie technologii stosowania bioregulatorów w szkółce i przełamanie dominacji wierzchołkowej jest niezwykle ważne z poznawczego, ale też praktycznego punktu widzenia – powala bowiem skrócić produkcję drzewek o uformowanej koronie o jeden sezon. Rozgałęzione



drzewka wcześniej wchodzi w okres owocowania w sadzie zwiększając tym samym opłacalność produkcji owoców i konkurencyjność naszych sadowników.

W trakcie badań współpracowałem z Panią Profesor Franciszką Jaumień (SGGW Warszawa, cenne konsultacje metodologiczne), firmą „Varichem” T. Ostrowski (opracowanie receptur) oraz gospodarstwami szkółkarskimi. Dzięki temu możliwe było przebadanie prototypowych preparatów w wielu, często zróżnicowanych warunkach siedliskowych. Opracowano metody stosowania bioregulatorów dla nowych, wprowadzanych odmian, wdrożono do praktyki tańsze, a często bardziej skuteczne polskie zamienniki preparatów zagranicznych.

W innych pracach, finansowanych w ramach badań własnych (III.B.16), określiłem optymalne metody stosowania preparatów ukorzeniających przy rozmnażaniu mało znanych gatunków sadowniczych za pomocą sadzonek zielnych.

## **5.2. Odżywianie mineralne roślin sadowniczych**

### *Alternatywne metody skarłania drzew - wpływ podkładek i innych metod ograniczania wzrostu na stopień odżywienia mineralnego roślin sadowniczych*

Najczęściej stosowanym sposobem ograniczenia wzrostu drzewa owocowego jest zastosowanie odpowiedniej podkładki skarłającej. Niestety, w wielu przypadkach, użycie samej podkładki karłowej nie jest wystarczające. W sukurs może przyjść nam zastosowanie retardantów, które z uwagi na i tak silną chemizację sadownictwa znajduje wielu przeciwników oraz inne alternatywne metody. Zabiegiem szkółkarskim, który może dodatkowo ograniczyć wzrost drzewek, a przez to zmusić drzewo do zakładania pąków kwiatowych i wcześniejszego wejścia w okres owocowania jest zaburzenie transportu floemowego (podwójny pień, szczepienie kory, nacinanie, obrączkowanie pnia, mikrowstawki). Zagadnienie to jest ciekawe ze względu na nie w pełni jeszcze poznany mechanizm wzajemnego wpływu komponentów tworzących drzewo owocowe oraz wieloraki wpływ zabiegów na jakość owoców, czy gospodarkę mineralną drzewa.

Problematykę tę rozwinąłem w rozprawie doktorskiej pt. „*Wpływ różnych metod skarłania jabłoni na ich wzrost, plonowanie oraz akumulację składników mineralnych*”, dzięki funduszom uzyskanym z grantu (KBN nr 3 P06 R 00522), a następnie kontynuowałem. Rezultatem tych

badan była publikacja poświęcona wpływowi metod skarłania na zawartość wapnia w różnych organach jabłoni (**A.1, III.B.6**).

W eksperymencie (**II.D.1.11**) badałem wpływ różnych podkładek (M.9 i P 60), przeszczepiania pierścieni kory (apolarnie i z zachowaniem polarności), mikrowstawek (kory pobranej z podkładek M.9, P 22, M.27) oraz retardantu (paclobutrazolu) na skład pierwiastkowy różnych organów jabłoni (liście, owoce, drewno, kora oraz korzenie). Najwyższą zawartość żelaza stwierdzono w tkankach korzeni, i kolejno liściach>korze>drewnie>owocach. Najniższą koncentrację miedzi oznaczono w liściach i korze, a najniższą - w drewnie i owocach. Najwięcej cynku zawierały korzenie, a najmniej – drewno. Zastosowane metody skarłania nie miały wpływu na skład mineralny liści. Wszczepienie pierścieni kory, bądź mikrowstawek zwiększało koncentrację badanych pierwiastków poniżej miejsca zabiegu (w korze, drewnie). Natomiast w tkankach korzeni obserwowano drastycznie zwiększenie zawartość Fe i Zn (nawet 6-cio krotnie w porównaniu do kontroli) spowodowane szczepieniem.

Kontynuowałem także badania nad zastosowaniem mikrowstawek (przeszczepionych fragmentów kory pochodzących z podkładki) jako dodatkowego czynnika ograniczającego wzrost drzew jabłoni (**II.D.5.2, III.B.5**). Największe osłabienie wigoru drzew obserwowano w przypadku odwróconego pierścienia kory. Wszczepianie pierścieni kory oraz mikrowstawek wpłynęło korzystnie na intensywność kwitnienia, ale obniżyło procent zawiązania owoców, a co za tym idzie – plon. Mikrowstawki zwiększyły zawartość ekstraktu w owocach; zwiększyły zawartość azotu, a obniżyły – wapnia. Jedynie mikrowstawka P 22 zwiększyła koncentrację tego pierwiastka w jabłkach.

Dalsze badania nad wpływem podkładek na odżywianie mineralne jabłoni możliwe były dzięki funduszom pozyskanym w grantie (KBN 3 P06R 059 25).

Dwa z doświadczeń (**II.D.1.6; II.D.1.7**) poświęcone zostały akumulacji potasu w różnych organach jabłoni. Po raz pierwszy przebadano nie tylko organy jednoroczne, ale też wieloletnie drzew. W pierwszym eksperymencie wykazano, że organy wieloletnie drzewa: kora, drewno i korzenie cechowały się dużą stałością składu pierwiastkowego w poszczególnych sezonach wegetacyjnych, natomiast duże zróżnicowanie wystąpiło podczas analizy próbek owoców, a zwłaszcza liści. Najmniej potasu zawierało drewno (0,17%), więcej kora i korzenie (0,48 i 0,47% K), następnie owoce (0,69%K) i liście (1,24%K).

W drugim doświadczeniu badano wpływ podkładek hodowli polskiej i angielskiej na zawartość potasu w różnych organach jabłoni 'Jonagold'. Drzewa na podkładce P60 charakteryzowały się najwyższą zawartością K w korzeniach, a najniższą – w drewnie i owocach. Zastosowanie podkładek M.9 i P 14 zwiększyło akumulację K w owocach; kombinacje te posiadały też najwyższą proporcję K : Ca (odpowiednio: 37,7 oraz 35,4). Najlepszymi wartościami tego parametru odznaczały się owoce z drzew zaszczepionych na podkładkach P 60 i P 22.

W ramach w/w projektu zbadano także wpływ różnych podkładek (M.9, M.26, P 22, P 59 i P 60) na wzrost i plonowanie odmiany 'Jonica' (**II.D.1.14, III.B.14**). Najślabszym wzrostem określonym na podstawie pola przekroju poprzecznego pnia, jak i objętości korony wykazały się drzewa uszlachetnione na podkładkach P 59 i P 22, natomiast najsilniejszym – M.26. Największą intensywnością kwitnienia odznaczały się drzewa rosnące na podkładkach P 22, a następnie: P 59, P 60, M.9 i M.26. Nie stwierdzono wpływu podkładek na stopień zawiązania owoców, plon całkowity, natomiast obiekty różniły się produktywnością. Największą plennością odznaczała się podkładka P 22 oraz P 59 (2,96 i 2,40 kg cm<sup>-2</sup>), niższe współczynniki plenności obliczono dla podkładek M.9, P 60 oraz M.26 (1,51, 1,40 i 1,20 2,40 kg cm<sup>-2</sup>).

Obserwacje dotyczące wpływu podkładek na parametry jakościowe owoców 'Jonica' w okresie zbioru i po przechowywaniu kontynuowano w doświadczeniu (**II.D.1.12, III.B.13**). Owoce z drzew rosnących na podkładce M.9 oraz M.26 posiadały najwyższą średnią masę (223 i 218 g), podczas gdy P 22 i P 59 – najniższą (179 i 170 g). Nie odnotowano wpływu podkładki na dojrzewanie owoców określane indeksem skrobiowym, bądź indeksem Streifa. Najwyższą jędrnością odznaczały się owoce z obiektu P 22 i P 59, a najniższą – M.26. Podkładki P 22 i P 59 sprzyjały wysokiemu poziomowi ekstraktu, a P 59 – wysokiej kwasowości.

W pracach (**A2; II.D.1.10; II.D.1.13**) przedstawiono wyniki składu mineralnego różnych części owoców najczęściej uprawianej u nas odmiany gruszy – Konferencji, a także wpływu różnych nawozów dolistnych na zawartość pierwiastków odpowiedzialnych za potencjał przechowalniczy owoców. Najwyższe koncentracje badanych makroelementów (K, Mg i Ca) stwierdzono w skórce gruszek, a najniższe w pobliżu kielicha oraz w zewnętrznych warstwach miąższu. W skórkach owoców obserwowano też największe zróżnicowanie zawartości wapnia spowodowane traktowaniem nawozami. W porównaniu z owocami kontrolnymi (108,8 mg Ca kg<sup>-1</sup>) zwiększoną akumulację wapnia zaobserwowano po dolistnym zastosowaniu nawozów

Kalcisal i Sanisal B (125,5 oraz 125,9 mg Ca kg<sup>-1</sup>). Pozostałe nawozy, w tym chlorek wapnia, nie zwiększyły istotnie zawartości wapnia w owocach.

### **Osiągnięcie:**

- zbadanie składu mineralnego różnych organów (liści, owoców, kory, drewna i korzeni) drzew jabłoni w powiązaniu z różnymi metodami skarlania drzewa. Po raz pierwszy, tak szczegółowo oznaczono skład pierwiastkowy tkanek w obrębie organów wieloletnich jabłoni,
- potwierdzenie zależności pomiędzy siłą wzrostu wegetatywnych podkładek karłowych jabłoni a zawartością cynku w ich korzeniach. Odkrycie to może mieć duże znaczenie praktyczne – może posłużyć do badania siły wzrostu podkładek karłowych we wczesnym etapie ich hodowli.

### *Mikoryza drzew i krzewów owocowych*

Od lat szczepionki mikoryzowe są stosowane dla złagodzenia wpływu czynników stresowych w uprawach rolniczych i leśnych. Nieliczne opracowania podejmują natomiast zagadnienie wpływu mikoryzy w uprawach sadowniczych. Jedną z ważniejszych przesłanek podjęcia badań w tym kierunku jest fakt coraz większego nasilenia występowania objawów choroby replantacyjnej na obszarach intensywnie użytkowanych sadowniczo. Występowanie tej choroby może być często uwarunkowane nie tylko z wyczerpaniem składników pokarmowych, ale także z niekorzystnymi zmianami w mikrobiologii gleb spowodowanymi silną chemizacją. Niestety, szczególnie wrażliwe na pestycydy są symbiotyczne gatunki grzybów tworzących związki mikoryzowe z korzeniami drzew. W wielu lokalizacjach stwierdza się ograniczenie, lub nawet całkowite wyniszczenie pożytecznych gatunków. Dlatego coraz większą uwagę zwraca się na sztuczną inokulację grzybami mikoryzowymi, bez których nie jest możliwy rozwój gatunków typowo mikoryzo-zależnych, jak choćby jabłoni.

**Celem badań** było prześledzenie, czy i w jaki sposób grzyby mikoryzowe ułatwiają pobieranie i transport makro i mikroelementów do drzewa. Jeśli tak, to czy możliwe jest ograniczenie nawożenia mineralnego w sadach z korzyścią dla środowiska naturalnego i obniżenia kosztów produkcji?

W pierwszym doświadczeniu z cyklu prześledzono wpływ sztucznej mikoryzacji na wzrost oraz skład mineralny siewek Antonówki rosnących w glebie pobranej z sadu z występującą chorobą replantacyjną (A.9, III.B.31, III.B.41). Wykazano korzystny wpływ

inokulacji szczepionkami AMF na rozwój siewek jabłoni: silniejszy wzrost roślin, większą wydajność fotochemiczną PSII, wyższą akumulację N, K, P i B w pędach, wyższa frekwencja mikoryzową oraz obfitość arbuskuli w porównaniu do roślin kontrolnych.

Zachęcony wynikami doświadczenia kontenerowego, postanowiłem poszerzyć eksperyment w warunkach szkółki polowej oraz sadu (**III.B.20**). To ostatnie udało się zrealizować dzięki uzyskanemu stypendium z Własnego Funduszu Stypendialnego Rektora UR (wykaz). W doświadczeniu użyto inokula o różnym składzie gatunkowym oraz o różnych formulacjach. Badania w sadzie obejmowały bardzo szeroki zakres obserwacji i pomiarów: od cech wzrostowych i plonowania, poprzez jakość zewnętrzną i wewnętrzną owoców, skład mineralny różnych organów (liści, owoców) na budowie anatomicznej korzeni i ocenie frekwencji mikoryzowej kończąc. Inokulacja i w tym wypadku zwiększyła wigor drzew, przy czym najbardziej efektywnością w poprawie wzrostu, plonowania okazała się szczepionka wielogatunkowa. Inokula płynne były bardziej skuteczne w porównaniu do granulowanych. Zastosowane bionawozy zwiększyły zawartość P, K i Cu w liściach jabłoni.

Badania te nie byłyby możliwe dzięki uprzejmości Pani Profesor Katarzyny Turnau (Instytut Nauk o Środowisku UJ), dzięki której mogłem się zapoznać z technikami niezbędnymi w badaniach nad grzybami mikoryzowymi. Umiejętności te wykorzystalem także później przy realizacji innego projektu badawczego NCN – „*Wpływ mikoryzy i zawartości fosforu na stan odżywienia oraz ekspresję genów transporterów fosforów w roślinach pomidora*” (N N310 725040), gdzie miałem przyjemność być głównym wykonawcą.

### **Osiągnięcie:**

Udowodniono korzystny wpływ szczepionek zawierających grzyby AMF na drzewa jabłoni rosnące na stanowiskach ze stwierdzoną chorobą replantacyjną. Badane szczepionki ze względu na łatwość aplikacji (np. możliwość stosowania wraz z fertygacją), ograniczenie stresu roślin (susza, przesadzanie) oraz choroby replantacyjnej mogą znaleźć szerokie zastosowanie w szkółkach drzewek owocowych. Dodatkowym atutem stosowania szczepionek jest możliwość ograniczenia stosowania nawozów sztucznych, a więc pośrednio – ochrona środowiska.

### 5.3. Sadownictwo ekologiczne

Problematyka rolnictwa, a w szczególności sadownictwa ekologicznego interesuje mnie od dawna i jest mi bliska także od strony praktycznej (pracowałem jako inspektor ds. certyfikacji gospodarstw ekologicznych). W 2009 roku złożyłem wniosek i otrzymałem **grant zamawiany** pt. „*Właściwości prozdrowotne produktów i przetworów uzyskanych metodami ekologicznymi i konwencjonalnymi – analiza porównawcza*”. Projekt ten finansowany był przez Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi (decyzja RR-re-401-25-173/09).

Jak dotąd było to jedno z większych badań porównawczych żywności ekologicznej i konwencjonalnej w Polsce. W eksperymencie typu ‘*on farm survey*’ porównano 66 plantacji ekologicznych i konwencjonalnych zlokalizowanych w czterech województwach, produkujących 6 ważnych gospodarczo gatunków owoców i warzyw. W projekcie udział wzięły także dwa zakłady przemysłu przetwórczego.

W pierwszej części projektu analizowano właściwości fizyko-chemiczne gleb objętych produkcją konwencjonalną i ekologiczną: ich skład granulometryczny, odczyn, zawartość substancji organicznej, ogólne stężenie soli (EC), zawartość rozpuszczalnych form makroskładników (P, K, Mg, Ca i S) oraz mikroskładników (B, Mo, Cu, Zn, Mn i Fe). Na podstawie dostarczonych przez rolników ankiet monitorowany był płodozmian stosowany w badanych gospodarstwach. Wyniki przedstawiono w publikacji (A.7)

W części drugiej badano i porównywano parametry jakościowe ziemiopłodów produkowanych metodami konwencjonalnymi i ekologicznymi: suchą masę, zawartość witaminy C, zawartość azotynów i azotanów oraz zawartość polifenoli. Ponadto oceniona została dorodność – średnia masa owoców i korzeni badanych warzyw.

W części trzeciej skupiono się na opisie jakości soków uzyskanych z surowca eko i konwencjonalnego. Porównywano: zawartość suchej, ekstraktu, zawartość kwasów organicznych, cukrów, białka, błonnika pokarmowego, składników mineralnych: makro (N, P, K, Ca, Mg) oraz mikroelementów (As, Cd, Cr Pb, Fe, Zn, Cu). Analizowano także zawartość substancji biologicznie czynnych: witaminy C, związków fenolowych, a w wybranych sokach - zawartość karotenoidów oraz antocyjanów. Wykonano także ocenę zdolności do neutralizacji wolnego rodnika metodą DPPH oraz FRAP.

Na podstawie analiz gleby można stwierdzić wyższą zawartość substancji organicznej w przypadku upraw ekologicznych. Analiza pobranych do badań próbek glebowych z plantacji owocowych i warzywnych zarówno ekologicznych, jak i konwencjonalnych, wykazała, że zawartość wszystkich badanych metali ciężkich, tj.: kadmu, ołowiu, arsenu i chromu mieściła się w granicach wartości dopuszczalnych. Stwierdzono wyższą zawartość miedzi w glebie na niektórych plantacjach czarnej porzeczki ekologicznej.

Analizowany surowiec ekologiczny odznaczał się gorszą dorodnością, zawierał natomiast wyższą zawartością suchej masy. Ziemiopłody z upraw ekologicznych posiadały niższą zawartość azotanów.

Soki z czarnych porzeczek i buraków czerwonych uzyskane z surowca ekologicznego posiadały wyższą zawartość ekstraktu. W przypadku większości gatunków udowodniono wyższą zawartość kwasów organicznych w sokach ekologicznych. Przetwory ekologiczne zawierały niższe stężenia azotanów, a wyższe makroelementów – fosforu, potasu i wapnia.

Zawartość polifenoli w sokach konwencjonalnych była niższa niż dla ekologicznych. Za wyjątkiem marchwi, wyższe wartości FRAP odnotowano dla soków ekologicznych. Świadczy to o wyższej wartości biologicznej soków uzyskiwanych z surowca ekologicznego.

### **Osiągnięcie:**

Od realizacji projektu minęły 4 lata, z perspektywy czasu, projekt ten należy uznać za duży sukces. Jego wynikiem jest wydanie 9 publikacji w tym 4, które znajdują się w czasopismach z Listy Filadelfijskiej (A.4 – A.7). Jedna z prac zamieszczona w *Biological Agriculture and Horticulture* przez dłuższy okres była najczęściej czytana i pobieraną (2266 pobrań, stan na 01.12.2014) pracą z zakresu rolnictwa ekologicznego, obecnie znajduje się na 2. miejscu (A.4). O sukcesie można mówić także w sferze popularyzacji nauki o rolnictwie ekologicznym. Wyniki pracy prezentowane były także w formie referatu podczas obrad plenarnych w trakcie Międzynarodowego Kongresu Ogrodniczego (IHC 2010, Lizbona). Myślę, że przedstawienie wyników tak szerokiemu gronu było swoistą reklamą polskiego rolnictwa ekologicznego.

Wyniki badań wykorzystano także w trakcie konferencji (III.B.32 do III.B.36), szkoleń i seminariów dla rolników ekologicznych: Małopolska Konferencja Ekologiczna (MODR Karniowice, 2011) oraz Nowoczesne Rolnictwo Ekologiczne (OODR Łosiów, 2012). Wyniki

prezentowane były także w czasopiśmie *Polish Food* kolportowanym przez Ministerstwo Spraw Zagranicznych RP w polskich ambasadach.

\*\*\*

Do prac badawczych włączam studentów działających w Kole Naukowym Ogrodników (sekcja sadownicza) oraz będących pod moją opieką naukową magistrantów, honorując ich udział współautorstwem opublikowanych później prac oryginalnych. Mój dorobek liczy **101 prac**, w których samodzielny lub pierwszym autorem jestem w 67 przypadkach. W tej liczbie 38 artykułów to oryginalne prace badawcze, a 1 posiada charakter przeglądowy. Poza tym opublikowałem **48 komunikatów** (streszczenia, doniesienia i krótkie artykuły konferencyjne) oraz 17 artykułów popularnonaukowych. 13 artykułów opublikowałem w czasopismach indeksowanych w *Journal Citation Reports*, 14 publikacji znalazło się w czasopismach indeksowanych na liście B Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego, a 3 to recenzowane manuskrypty pokonferencyjne. Pełny wykaz prac zamieściłem w Załączniku nr 3 oraz 6.

W trakcie badań **współpracowałem** z innymi jednostkami Wydziału Ogrodniczego Uniwersytetu Rolniczego, a także Collegium Medicum Uniwersytetu Jagiellońskiego (Katedra Bromatologii oraz Instytut Mikrobiologii) oraz Instytutem Fizyki Jądrowej PAN. Podczas pracy naukowej byłem **kierownikiem** dwóch projektów badawczych: grantu zamawianego z Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi (2009) oraz projektu badawczego własnego NCN (2010-2013). Byłem także **głównym wykonawcą** w trzech innych projektach finansowanych przez KBN/NCN. W latach 1996-2002 byłem też kierownikiem tematu badań własnych Katedry Sadownictwa i Pszczelnictwa UR w Krakowie, a od roku 2003 jestem wykonawcą badań w ramach działalności statutowej. Pracowałem też jako członek redakcji czasopisma *Folia Horticulturae*.

Jako asystent byłem opiekunem 4 prac magisterskich, a już jako adiunkt - promotorem **21 prac magisterskich** oraz **26 inżynierskich** ukończonych na Wydziale Ogrodniczym Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie. Obecnie opiekuję się 3 pracami magisterskimi i 5 inżynierskimi. Zrecenzowałem 9 prac naukowych, przede wszystkim artykułów publikowanych w czasopismach z list A i B.



## 6. WYKAZ DOROBKU NAUKOWEGO

Tabela 6.1. Liczba publikacji z podziałem na oryginalne prace twórcze, artykuły przeglądowe, prace i streszczenia konferencyjne oraz artykuły popularno-naukowe

<b>Rodzaj publikacji</b>	<b>Liczba</b>	<b>Suma IF</b>	<b>Suma pkt. z roku opublikowania pracy</b>
Oryginalne prace twórcze opublikowane w czasopismach z listy JCR	13	11,399	260
Oryginalne prace twórcze opublikowane w czasopismach spoza listy JCR	21		82
Rozdziały w monografiach	3		15
Prace w materiałach konferencyjnych	3		30
Streszczenia w materiałach konferencyjnych (doniesienia)	47		
Artykuły popularno-naukowe	17		
<b>Publikacje łącznie</b>	<b>101</b>	<b>11,399</b>	<b>387</b>

Tabela 6.2. Zestawienie publikacji oryginalnych z podziałem ze względu na miejsce habilitanta wśród współautorów

<b>Rodzaj publikacji</b>	<b>Prace samodzielne</b>	<b>Pierwszy autor</b>	<b>Drugi autor</b>	<b>Trzeci lub dalszy autor</b>	<b>Łącznie</b>
Oryginalne prace twórcze	3	17	10	3	33
Rozdziały w monografiach	1	2			3
Prace w materiałach konferencyjnych		3			3
Streszczenia w materiałach konferencyjnych (doniesienia)		26	17	5	48
Artykuły popularno-naukowe	13	2	1	1	17
<b>Publikacje łącznie</b>	<b>17</b>	<b>50</b>	<b>28</b>	<b>9</b>	

Tabela 6.3. Zestawienie czasopism, w których opublikowano oryginalne prace twórcze przed i po uzyskaniu stopnia doktora (pkt. zgodna z rokiem opublikowania)

Czasopismo	Przed uzyskaniem stopnia doktora		Po uzyskaniu stopnia doktora			Łączna suma pkt.
	N	Suma pkt.	N	Suma IF*	Suma pkt.	
Acta Scientiarum Polonorum ser. Hortorum Cultus			3	2,073	60	60
Biological Agriculture and Horticulture			2	0,762	40	40
Fresenius Environmental Bulletin			1	0,716	15	15
Journal of Elementology			1	0,643	15	15
Journal of Medicinal Food			1	1,699	25	25
Journal of Plant Nutrition			1	0,536	20	20
Journal of Toxicology and Environmental Health. Part. A			1	1,637	25	25
Polish Journal of Environmental Studies			1	0,947	10	10
South African Journal of Enology and Viticulture			2	2,386	50	50
Acta Horticulturae			3		30	30
Bromatologia. Chemia Toksykologiczna			1		4	4
Electronic Journal of Polish Agricultural Universities			1		4	4
Folia Horticulturae	1	6	3		24	30
Folia Univ. Agric. Stetin. Ser. Agricultura			1		4	4
Journal of Fruit and Ornamental Plant Research			1		4	4
Nawozy i Nawożenie			2		4	4
Plodovodstvo			1		2	2
Postępy Fitoterapii			1		4	4
Sodininkysté ir daržininkysté			3		6	6
Vegetable Crops Research Bulletin			2		12	12
Zesz. Nauk. AR Kraków	2	4				4
Zesz. Probl. Post. Nauk. Roln.			1		4	4
<b>RAZEM</b>	<b>3</b>	<b>10</b>	<b>33</b>	<b>11,399</b>	<b>362</b>	<b>372</b>

Kielce, 10 lutego 2015

