

KLAUDIA BOROWIAK¹
STANISŁAWA KORSZUN²

¹ Katedra Ekologii i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

² Katedra Dendrologii i Szkółkarstwa, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Wstępne badania aktywności fotosyntezy jednorocznych roślin wybranych odmian winorośli

Preliminary studies on photosynthetic activity of one-year old plants of grapevine cultivars

Celem przeprowadzonego doświadczenia było określenie różnic w intensywności procesu fotosyntezy pomiędzy wybranymi odmianami jednorocznych roślin winorośli o różnym poziomie plonowania. Metodą nieinwazyjną dokonano pomiarów takich parametrów jak: intensywność fotosyntezy netto, przewodność aparatów szparkowych, stężenie wewnętrzne CO₂ i intensywność transpiracji. Wykonano również dodatkowe pomiary parametrów charakteryzujących stan fizjologiczny roślin — zawartości chlorofilu, powierzchni liścia, specyficznej powierzchni liścia. Badania wykonano dwukrotnie na roślinach jednorocznych, w okresie wegetacyjnym 2010 roku. Wyniki badań powiązano ze średnim plonem z jednej rośliny w wieku produkcyjnym. Stwierdzono istotne różnice w poziomie intensywności fotosyntezy pomiędzy odmianami, jak również różnice w poziomach pozostałych badanych parametrów. Wykazano, że wysoka zawartość chlorofilu nie zawsze jest powiązana z poziomem aktywności fotosyntezy. Świadczy to o wysokiej wydajności fotosyntezy dla odmian o niskiej zawartości chlorofilu i odwrotnie. Poziom intensywności fotosyntezy powiązany był z powierzchnią liści. Na podstawie przeprowadzonych wstępnych badań jednorocznych roślin winorośli stwierdzono, że wysoki poziom badanych parametrów (tj. intensywność fotosyntezy, zawartość chlorofilu) odmiany Vertes Csillaga może być powiązany z dużym plonowaniem roślin w wieku produkcyjnym.

Słowa kluczowe: winorośl, intensywność fotosyntezy netto, przewodność aparatów szparkowych, wewnętrzne stężenie CO₂, transpiracja, zawartość chlorofilu, powierzchnia liści

The aim of the presented study was determination of differences in photosynthetic activity between ten grapevine cultivars with various level of berries yield. The analysis of photosynthetic rate, stomatal conductance, internal CO₂ concentration, transpiration rate was done on one-year old plants. The additional measurements were performed for chlorophyll content, leaf area and specific leaf area. The measurements were carried out twice during the 2010 growing season. The results were related to the mean level of grape yield of mature plants. Significant differences in photosynthetic activity were noticed between the cultivars. The other measured parameters were significantly differentiated, as well. The high chlorophyll content has not been always connected with high photosynthetic activity. It suggests high photosynthesis efficiency for the cultivars with low chlorophyll content. High

photosynthetic rate was usually related to high leaf area. High photosynthetic activity of the cv. Vertes Csillaga was probably connected with high grape yield of the cultivar.

Key words: grapevine, net photosynthetic rate, stomatal conductance, internal CO₂ concentration, transpiration rate, chlorophyll content, leaf area

WSTĘP

Szerokie możliwości zastosowania winogron wpływają na wzrastające zainteresowanie uprawą winorośli nie tylko w Europie, ale również w Polsce. Jagody winorośli to nie tylko owoce deserowe, ale i surowiec do wyrobu soków oraz win. W ostatnim czasie można zaobserwować wiele produktów spożywczych, do których wyrobu wykorzystano winogrona np. mussli, słodycze, ciasta. Na rynku znajdują się też soki produkowane z odmian zarówno o zielonych, jak i czerwonych owocach. Popularny staje się ocet winny oraz olej spożywczy produkowany z nasion winogron. Świadomość prozdrowotnych wartości odżywczych winogron w diecie współczesnego człowieka jest coraz większa.

Plonowanie owoców winorośli jest powiązane z cechami odmianowymi, na które wpływa wiele czynników. Na plonowanie poszczególnych odmian ma również wpływ intensywność fotosyntezy organów asymilacyjnych roślin, która z kolei jest uzależniona od czynników zewnętrznych, jak i wewnętrznych.

Do zewnętrznych czynników zaliczyć można dostęp wody, promieniowanie słoneczne, temperaturę czy nawożenie. Downton i in. (1987) stwierdzili brak zmian poziomu intensywności fotosyntezy roślin winorośli w warunkach niedoboru wody, podczas gdy Escalona i in. (2003), Williams (1996) oraz Schultz (1996) zaobserwowali znaczny wzrost aktywności fotosyntetycznej liści podczas nawadniania. Niski potencjał wody w liściach powoduje natychmiastową inhibicję procesu fotosyntezy (Larcher, 2003). Wykazano również, że wysokie temperatury mogą powodować zmniejszenie intensywności procesu fotosyntezy u winorośli (Wang i in., 2010). Z drugiej strony Kadir i in. (2007) na podstawie badań fluorescencji chlorofilu wskazują na większą odporność winorośli na wysokie temperatury, co sprzyja produkcji winorośli na terenach narażonych na podwyższoną temperaturę w wyniku zmian klimatycznych. Zasobność w składniki pokarmowe wpływa również na proces fotosyntezy, co dotyczy zwłaszcza tych składników, które bezpośrednio lub pośrednio uczestniczą w tym procesie. Należą do nich: azot, potas, fosfor, żelazo, magnez i mangan. Istnieje wyraźna zależność między zaopatrzeniem roślin w wymienione składniki a intensywnością fotosyntezy. Niedobór azotu powoduje zmniejszenie intensywności procesu fotosyntezy. Większość ogólnej ilości azotu w liściach znajduje się w chloroplastach, stąd też istotna rola tego pierwiastka w procesie fotosyntezy. Potas spełnia w fotosyntezie rolę aktywatora enzymów uczestniczących w reakcjach fazy świetlnej, np. w fosforylacji fotosyntetycznej.

Czynnikami wewnętrznymi wpływającymi na aktywność fotosyntezy są między innymi układ chloroplastów, zawartość chlorofilu czy faza rozwoju organu asymilacyjnego (Kopcewicz i Lewak, 2002; Larcher, 2003).

W przypadku uprawy roślin w podobnych warunkach (nawadnianie, nasłonecznienie, temperatura, nawożenie) to czynniki wewnętrzne mają wpływ na zróżnicowanie poziomu intensywności fotosyntetycznej pomiędzy poszczególnymi gatunkami czy też odmianami.

Dotychczas nie prowadzono badań mających na celu określenie powiązania intensywności fotosyntetycznej z plonowaniem winorośli. Intensywność procesu fotosyntezy zmienia się w ciągu cyklu życiowego roślin. Celem prezentowanych badań była odpowiedź na następujące pytania: (i) czy istnieją różnice w intensywności procesu fotosyntezy pomiędzy odmianami winorośli we wczesnej fazie rozwojowej/pierwszym roku produkcji? (ii) czy intensywność fotosyntezy we wczesnej fazie rozwojowej jest powiązana z późniejszym plonowaniem poszczególnych odmian? (iii) czy intensywność fotosyntezy powiązana jest z innymi parametrami charakteryzującymi poszczególne odmiany?

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy

Badania wykonano w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym (RZD) w Baranowie Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, na wybranych odmianach winorośli zgromadzonych w kolekcji polowej. Od 2001 roku kolekcja zarejestrowana jest w Krajowym Centrum Roślinnych Zasobów Genowych Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie. Od 2010 roku w ramach programów Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi mających na celu utrzymanie w stanie żywym zasobów genowych roślin użytkowych i ich patogenów. W 2008 roku kolekcję zakwalifikowano do programu wieloletniego Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi „Ulepszanie Roślin dla Zrównoważonych AgroEkoSystemów, Wysokiej Jakości Żywności i Produkcji Roślinnej na Cele Nieżywnościowe”, którego merytorycznym koordynatorem oraz głównym wykonawcą jest Krajowe Centrum Roślinnych Zasobów Genowych Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie.

Do badań intensywności fotosyntezy wybrano ukorzenione sadzonki zdrewniałe następujących odmian: Baco Noir, Buffalo, Fredonia, Leon Millot, Maréchal Foch, Melinda (KM-289), Michigan, Refren (RF 16), Rosette i Vertes Csillaga. Doboru odmian dokonano na podstawie średniego plonowania z trzech poprzednich lat rośliny dorosłej uprawianej w kolekcji RZD Baranowo.

W dniu 10 maja 2010 roku ukorzenione rośliny posadzono do 3 dm³ pojemników wypełnionych torfem wysokim. Podłoże o jednakowej wadze dodawano indywidualnie do pojemników. Nawożenie zostało opracowane według wymagań pokarmowych wskazanych przez Hoffmanna i Korszun (1990 a i b, 1992).

Do doświadczenia użyto 10 roślin z każdej odmiany, które zostały umieszczone w tunelu foliowym. Rośliny podlewano wodą wodociągową w zależności od potrzeb.

Badania intensywności fotosyntezy

Badania intensywności fotosyntezy na tych samych roślinach i liściach wykonano przenośnym urządzeniem do pomiaru intensywności fotosyntezy CI-340aa (CID Biosciences Inc., USA) 8 lipca (termin 1) oraz 28 lipca 2010 roku (termin 2). Do analiz wybrano w pełni rozwinięte liście bez oznak starzenia się oraz mechanicznych uszkodzeń.

W celu wyeliminowania zewnętrznych czynników wpływających na intensywność fotosyntezy zastosowano stałe warunki w komorze pomiarowej, w której umieszczano badany liść. Wprowadzano stałe stężenie CO₂ (330 μmol CO₂·mol⁻¹ powietrza), poziom promieniowania aktywnego fotosyntetycznie (1000 μmol·m⁻²·s⁻¹) oraz temperaturę (30°C). Badania przeprowadzono w godzinach 10⁰⁰–14⁰⁰. Wykonano pomiar następujących parametrów: intensywność fotosyntezy netto (Pn), przewodność aparatów szparkowych (gs), wewnętrzne stężenie CO₂ (Ci) oraz wskaźnik transpiracji liści (E).

Pozostałe parametry charakteryzujące stan fizjologiczny roślin

Wykonano również badania zawartości chlorofilu *a+b*, *a* oraz *b* w świeżej masie metodą opracowaną przez Shoaf i Lium (1976) oraz Hiscox i Israelstam (1978).

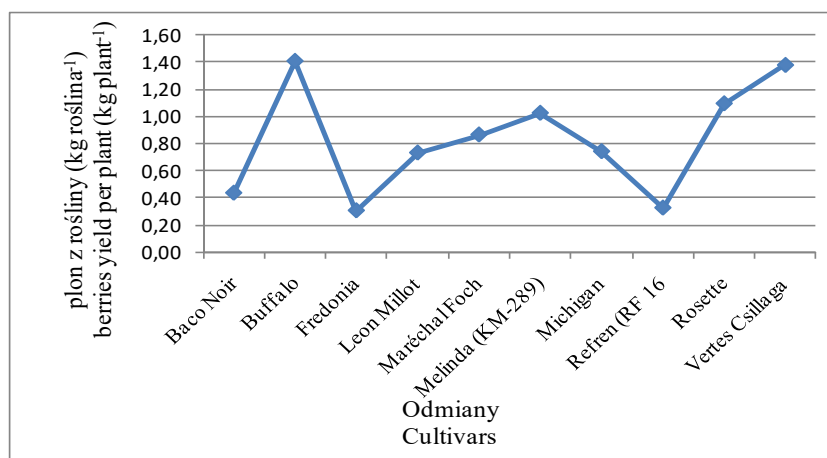
Przeprowadzono także pomiary powierzchni liści za pomocą przenośnego urządzenia Ci-202 (CID Bio-sciences Inc., USA). Obliczono wskaźnik specyficznej powierzchni liścia (SLA — specific leaf area) na podstawie wagi i wielkości blaszki liściowej (Garnier i in., 2001).

Analiza statystyczna

Uzyskane wyniki poddano dwuczynnikowej analizie wariancji za pomocą programu Statistica 9.1. Czynniki różnicujące badaną cechę to odmiana oraz termin pomiaru. Istotność różnic pomiędzy parami czynników zbadano za pomocą testu Tukeya i zaprezentowano w formie graficznej dla lepszej interpretacji wyników.

WYNIKI I DYSKUSJA

W badaniach wykorzystano dwie odmiany o stosunkowo wysokim plonie (średnio ±1,4 kg/roślinę), pięć odmian o plonowaniu na średnim poziomie (0,7–1,1 kg/roślinę) oraz trzy odmiany o stosunkowo niskim plonowaniu 0,3–0,4 kg/roślinę (rys. 1).



Rys. 1. Średnie plony wybranych odmian winorośli z kolekcji z lat 2007–2009
Fig. 1. Mean grape yield of the investigated grapevine cultivars from collection in 2007–2009

Parametry aktywności fotosyntetycznej

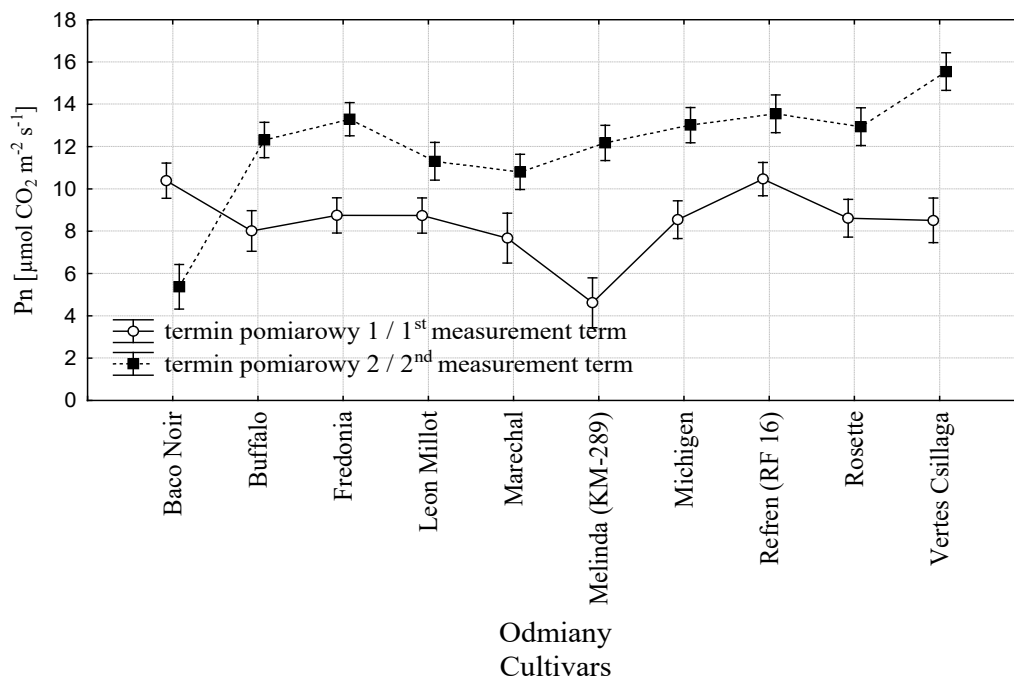
Dwuczynnikowa analiza wariancji wykazała istotny wpływ odmiany i terminu badań na parametry intensywności fotosyntezy poszczególnych odmian winorośli (tab. 1).

Tabela 1

Statystyki testowe F oraz poziomy istotności dwuczynnikowej analizy wariancji dla podstawowych parametrów aktywności fotosyntezy z odmianą i terminem badań jako czynnikami różnicującymi (*p=0,001, **p=0,01)

Test statistics and significance levels of ANOVA for basic photosynthesis activity parameters with cultivar and term of investigation as determining factors (*p=0,001, **p=0,01)

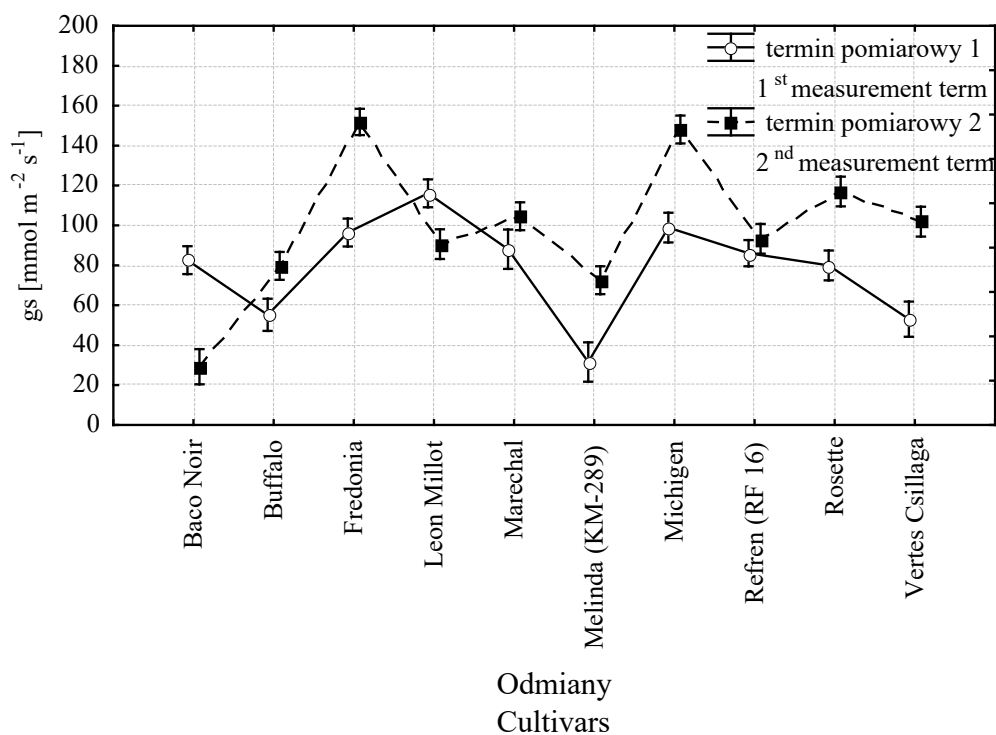
Parametr Parameter	Odmiana Cultivar	Termin badań Term of investigation	Interakcje Interactions
Intensywność fotosyntetyczna Photosynthetic rate	27,264*	302,75*	25,10*
Przewodność aparatów szparkowych Stomatal conductance	88,28*	134,53*	42,68*
Wewnętrzne stężenie CO ₂ Internal CO ₂ concentration	17,76*	9,95**	9,81*
Intensywność transpiracji Transpiration rate	50,60*	69,41*	32,04*



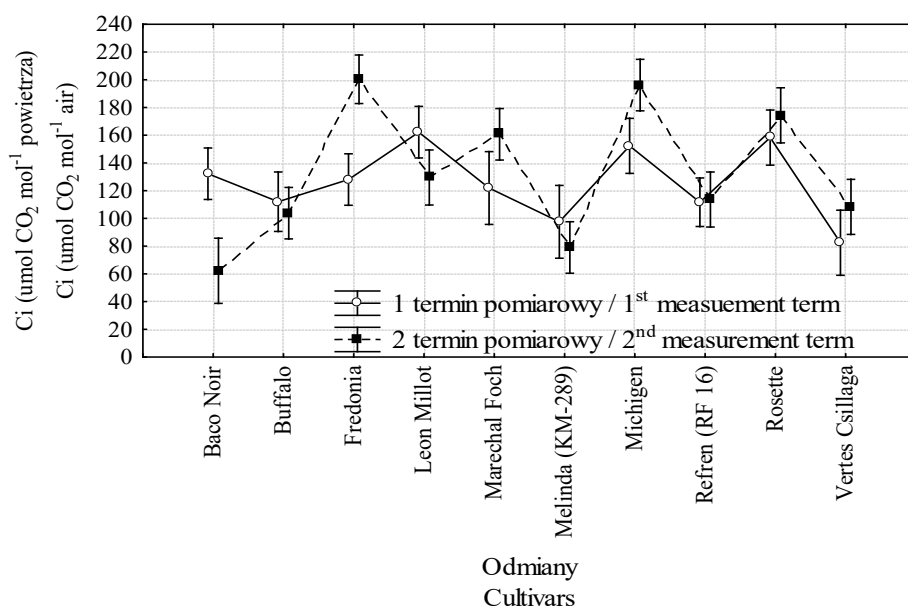
Rys. 2. Intensywność fotosyntezy netto (Pn) wybranych odmian winorośli w dwóch terminach pomiarowych. Wąsy oznaczają 0,95 przedziały ufności
Fig. 2. Net photosynthetic rate (Pn) of the grapevine cultivars in two measurement times. Vertical bars present 0,95 confidence intervals

Stwierdzono wyższy poziom badanego parametru w terminach badawczych we wszystkich odmianach, poza Baco Noir, gdzie zanotowano wyraźny spadek. Największą intensywność fotosyntezy w pierwszym terminie odnotowano u odmiany Refren (RF 16) i Baco Noir, natomiast najniższą u odmiany Melinda (KM-289). W drugim terminie największe wartości stwierdzono u odmiany Vertes Csillaga i Refren (RF 16), najniższe u Baco Noir oraz stosunkowo niski poziom był w liściach odmiany Maréchal Foch i Leon Millot (rys. 2).

Intensywność fotosyntezy powiązana była najczęściej z przewodnością aparatów szparkowych. W przypadku odmiany Vertes Csillaga, gdzie odnotowano najwyższą intensywność fotosyntezy w drugim terminie nie zaobserwowano najwyższego poziomu przewodności aparatów szparkowych, podobnie dla odmiany Refren (RF 16). Niski poziom intensywności fotosyntezy oraz przewodności aparatów szparkowych zaobserwowano u odmiany Melinda (KM-289), natomiast wysokie poziomy obu parametrów u odmiany Fredonia. U odmiany Michigan zanotowano intensywność fotosyntezy netto na średnim poziomie, stwierdzono natomiast wyjątkowo wysoką przewodność aparatów szparkowych (rys. 3).

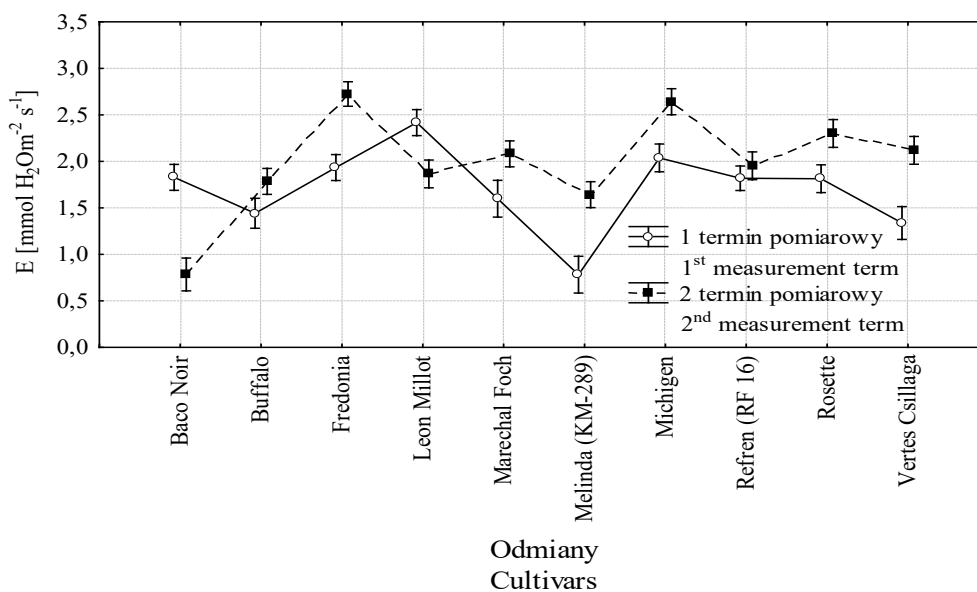


Rys. 3. Przewodność aparatów szparkowych (gs) wybranych odmian winorośli w dwóch terminach pomiarowych. Wąsy oznaczają 0,95 przedziały ufności
 Fig. 3. Stomatal conductance (gs) of the grapevine cultivars in two measurement times. Vertical bars present 0.95 confidence intervals



Rys. 4. Wewnętrzne stężenie CO₂ (Ci) wybranych odmian winorośli w dwóch terminach pomiarowych. Wąsy oznaczają 0,95 przedziały ufności

Fig. 4. Internal CO₂ concentration (Ci) of the grapevine cultivars in two measurement times. Vertical bars present 0.95 confidence intervals



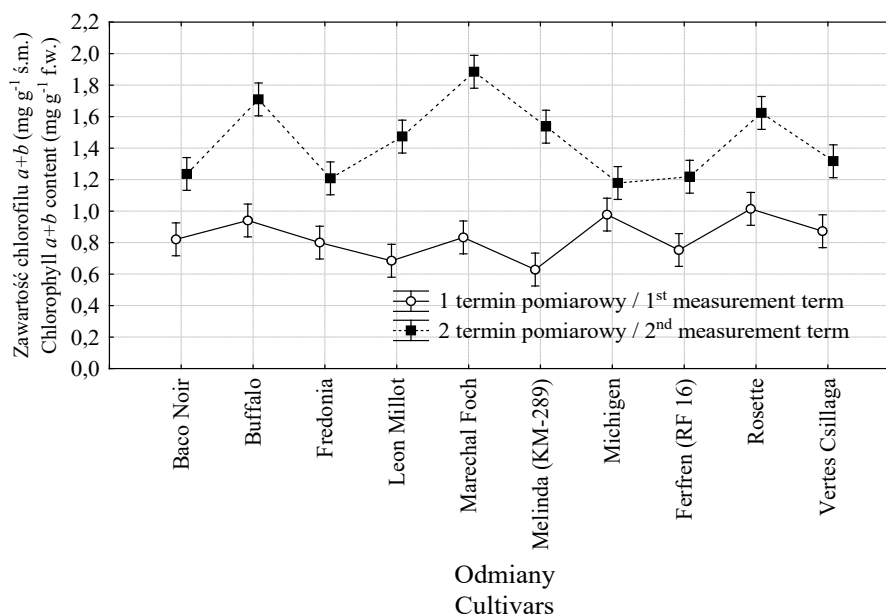
Rys. 5. Intensywność transpiracji liści (E) odmian wybranych winorośli w dwóch terminach pomiarowych. Wąsy oznaczają 0,95 przedziały ufności

Fig. 5. Transpiration rate (E) of the grapevine cultivars in two measurement times. Vertical bars present 0.95 confidence intervals

W przypadku odmiany Vertes Csillaga, gdzie zanotowano wysoki poziom intensywności fotosyntezy, a stosunkowo niską przewodność aparatów szparkowych, oznaczono bardzo niski poziom wewnętrznego CO₂. Świadczy to o szybkim wykorzystaniu CO₂ w procesie fotosyntezy. Podobnie było u odmiany Refren (RF 16). Odmiana Michigan, która charakteryzowała się wysokim poziomem przewodności aparatów szparkowych, nie wykazywała pełnego wykorzystania magazynowanego CO₂, co mogło być przyczyną nie najwyższej intensywności fotosyntezy w porównaniu do innych dominujących pod tym względem odmian (rys. 4). Podobne tendencje zaobserwowano dla wskaźnika intensywności transpiracji (rys. 5).

Pozostałe parametry

Podobnie jak w przypadku intensywności fotosyntetycznej w drugim terminie badawczym stwierdzono wyższy poziom chlorofilu *a+b* oraz *a* we wszystkich odmianach winorośli. W pierwszym terminie badawczym najwyższe poziomy chlorofilu *a+b* wykazano u odmiany Buffalo, Michigan oraz Rosette. W drugim terminie ponownie dla odmian Buffalo i Rosette oraz Maréchal Foch (rys. 6).

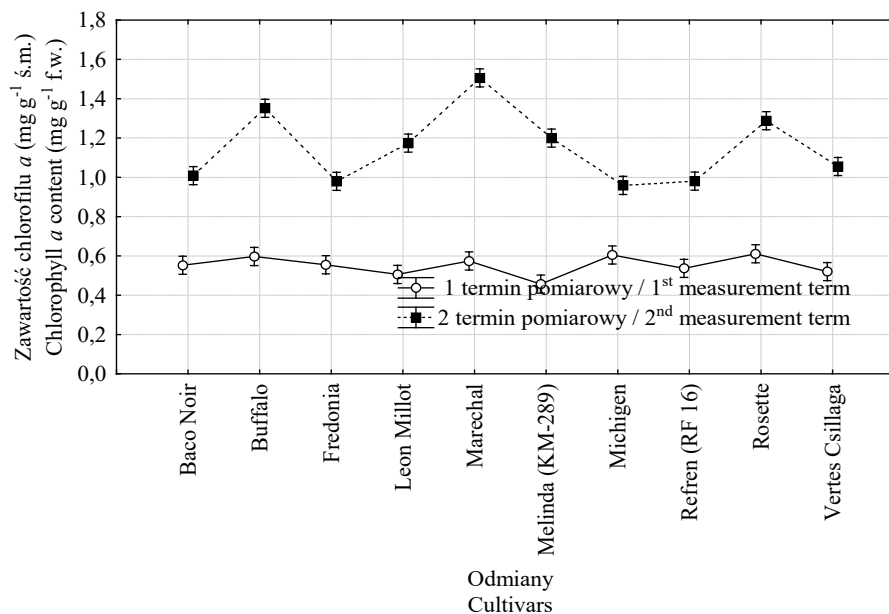


Rys. 6. Zawartość chlorofilu *a+b* w liściach wybranych odmian winorośli w dwóch terminach pomiarowych. Wąsy oznaczają 0,95 przedziały ufności

Fig. 6. Chlorophyll *a+b* content in leaves of the grapevine cultivars in two measurement times. Vertical bars present 0,95 confidence intervals

Podobne tendencje zanotowano dla zawartości chlorofilu *a* (rys. 7). Porównując zawartość chlorofilu z parametrami aktywności fotosyntetycznej można stwierdzić, że nie zawsze najwyższa intensywność fotosyntezy powiązana była z najwyższą zawartością chlorofilu *a+b* oraz *a*. Pomimo wysokiego poziomu intensywności fotosyntezy nie stwierdzono

wysokiego poziomu zawartości chlorofilu $a+b$, a oraz b w liściach odmiany Vertes Csillaga (rys. 2, 6, 7 i 8). Podobne tendencje, w szczególności w drugim terminie badawczym, wykazała odmiana Refren (RF 16) oraz Fredonia. Niski poziom intensywności fotosyntezy odmiany Baco Noir powiązany był z niskim poziomem chlorofilu.

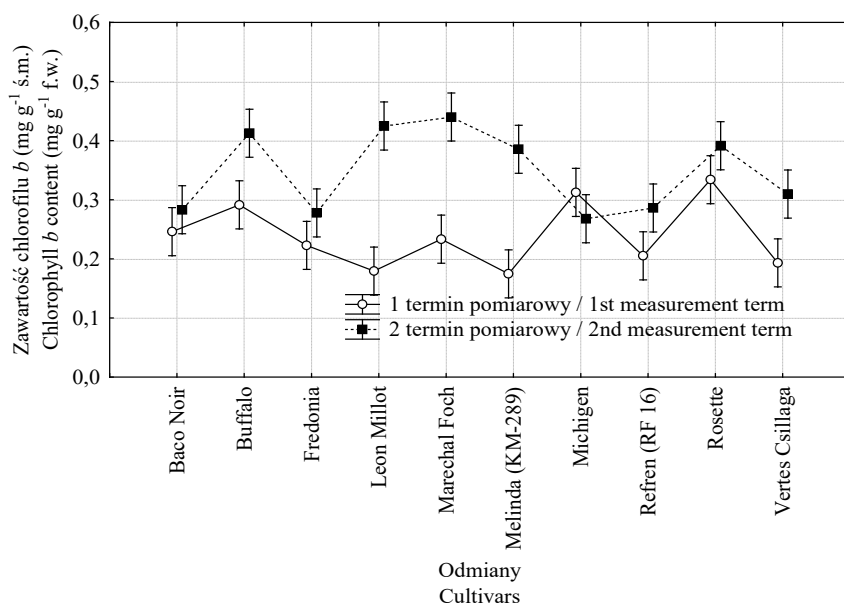


Rys. 7. Zawartość chlorofilu a w liściach wybranych odmian winorośli w dwóch terminach pomiarowych. Wąsy oznaczają 0,95 przedziały ufności

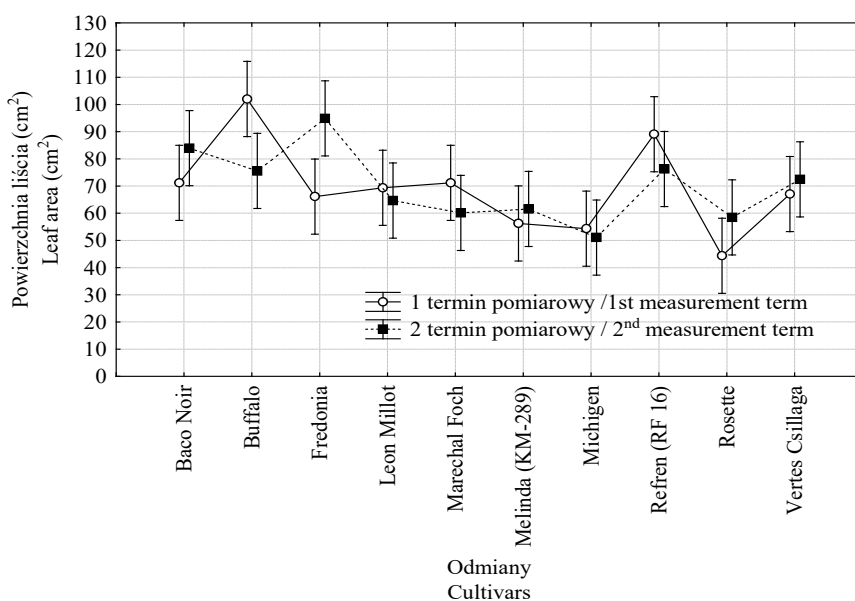
Fig. 7. Chlorophyll a content in leaves of the grapevine cultivars in two measurement times. Vertical bars present 0.95 confidence intervals

Przeprowadzone badania wykazały, że powierzchnia liści była powiązana z intensywnością fotosyntezy — dużą powierzchnię liści wykazano u odmiany Buffalo, Fredonia, Refren (RF 16) oraz Vertes Csillaga (rys. 9). Podobne wyniki uzyskali Craver i Nevo (1990) oraz Morgan i LeCain (1991) w badaniach nad powiązaniem intensywności fotosyntezy i wielkości liści wybranych genotypów pszenicy. Odnotowano również odwrotną tendencję, gdzie wielkość liści nie była powiązana z intensywnością fotosyntezy (Sirohi i Ghildiyal, 1975; Rawson i in., 1983; LeCain i in., 1989).

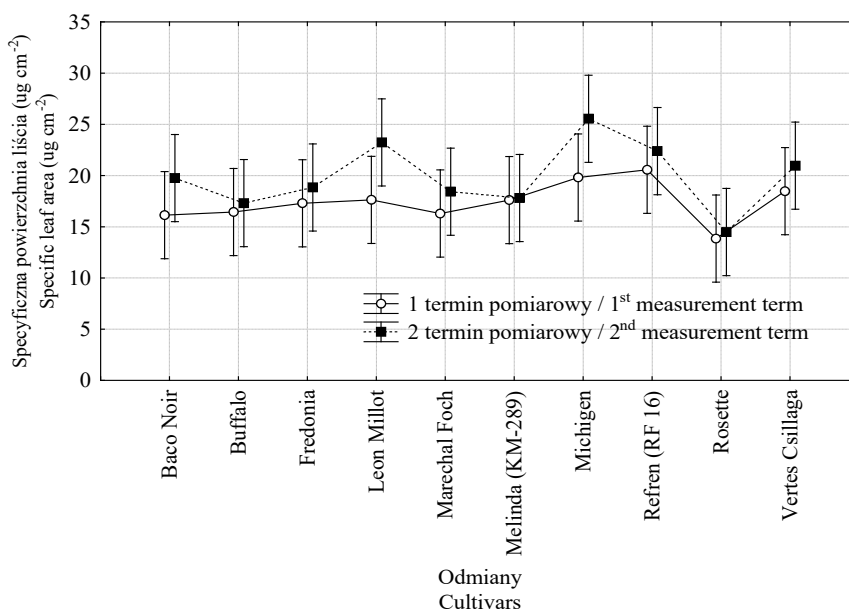
Zawartość chlorofilu w liściach nie była powiązana z wielkością liścia. Podobny brak powiązań można stwierdzić dla parametru specyficznej powierzchni liścia (SLA). Odmiana Rosette, u której stwierdzono średni poziom intensywności fotosyntezy wykazała najmniejsze wartości wskaźnika SLA. W przypadku odmiany Refren (RF 16), u której odnotowano najwyższy poziom intensywności fotosyntezy w pierwszym terminie badawczym stwierdzono wysoki poziom wskaźnika SLA (rys. 10).



Rys. 8. Zawartość chlorofilu b w liściach wybranych odmian winorośli w dwóch terminach pomiarowych. Wąsy oznaczają 0,95 przedziały ufności
Fig. 8. Chlorophyll b content in leaves of the grapevine cultivars in two measurement times. Vertical bars present 0.95 confidence intervals



Rys. 9. Powierzchnie liści wybranych odmian winorośli w dwóch terminach pomiarowych. Wąsy oznaczają 0,95 przedziały ufności
Fig. 9. Leaf areas of the grapevine cultivars in two measurement times. Vertical bars present 0.95 confidence intervals



Rys. 10. Specyficzna powierzchnia liści wybranych odmian winorośli w dwóch terminach pomiarowych. Wąsy oznaczają 0,95 przedziały ufności

Fig. 10. Specific leaf areas of the grapevine cultivars in two measurement times. Vertical bars present 0.95 confidence intervals

Intensywność fotosyntezy u młodych roślin nie zawsze u wszystkich odmian może być powiązana z przyszłym ich plonowaniem. U odmiany Refren (RF 16), która charakteryzowała się wysoką intensywnością fotosyntezy jednorocznych roślin, stwierdzono stosunkowo niskie plonowanie w produkcji przemysłowej. Podobne tendencje wykazała odmiana Fredonia, odwrotnie niż odmiana Buffalo. W przypadku odmiany Vertes Csillaga zanotowano zarówno wysokie plonowanie, jak i wysoki poziom intensywności fotosyntezy.

Zaopatrzenie poszczególnych organów w asymilaty uzależnione jest od wielu czynników. Stwierdzono na przykład, że u roślin zbożowych fotoasymilaty z dolnych liści transportowane są do korzeni, z kolei u roślin z rodziny *Fabaceae* produkty fotosyntezy z pojedynczego liścia rozdysponowywane są pomiędzy pozostałe organy — kwiaty czy owoce (Larcher, 2003). Stąd wynikają również różnice w zestawionych powyżej wynikach badań, w których budowa liści, rozmieszczenie chloroplastów oraz dystrybucja fotoasymilatów może wpływać na aktywność fotosyntezy i późniejsze plonowanie. Niezbędne jest przeprowadzenie dalszych badań intensywności fotosyntetycznej roślin w fazie plonowania, jak również budowy anatomicznej liści w celu odpowiedzi na inne pytania związane z różnicami pomiędzy odmianami winorośli a plonowaniem i aktywnością fotosyntezy.

WNIOSKI

1. Badania wykazały istotne różnice międzyodmianowe u jednorocznych roślin winorośli w parametrach charakteryzujących intensywność procesu fotosyntezy.
2. Stwierdzono, że wysoki poziom intensywności fotosyntezy w liściach nie zawsze jest powiązany z zawartością chlorofilu.
3. Odmiany Buffalo, Fredonia, Refren (RF 16) oraz Vertes Csillaga wykazały wysoki poziom intensywności fotosyntezy powiązany z większym przyrostem liści i specyficzną powierzchnią liścia.
4. Wysoki poziom badanych parametrów roślin odmiany Vertes Csillaga sugeruje związek z większym plonowaniem roślin w wieku produkcyjnym.

LITERATURA

- Craver B. F., Nevo E. 1990. Genetic diversity of photosynthetic characters in native populations of *Triticum dicoccoides*. *Photosynth. Res.* 25: 119 — 128.
- Downton W. J. S., Grant W. J. R., Loveys B. R. 1987. Diurnal changes in the photosynthesis of field grown grape vines. *New Phytol.* 105: 71 — 80.
- Escalona J. M., Flexas J., Medrano H. 2003. From leaf photosynthesis to grape yield: influence of soil water availability. *Vitis* 42 (2): 57 — 64.
- Garnier E., Shipley B., Roumet C., Laurent G. 2001. A standardized protocol for the determination of specific leaf area and leaf dry matter content. *Funct. Ecol.* 15: 688 — 695.
- Hiscox J. D., Israelstam G. F. 1978. A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. *Can. J. Bot.* 5: 1332 — 1334.
- Hoffmann M., Korszun S. 1990 a. Zmiany zawartości pobierania i przemieszczania N, P, K, Ca i Mg w winorośli odm. Schuyler rozmnażanej *in vitro* w I roku uprawy. *PTPN. Pr. Komis. Nauk Rol. Leś.* 69: 33 — 42.
- Hoffmann M., Korszun S. 1990 b. Wymagania pokarmowe winorośli odm. Skarb Panonii w pierwszym roku uprawy. *PTPN. Pr. Komis. Nauk Rol. Leś.* 69: 43 — 52.
- Hoffmann M., Korszun S. 1992. Uprawa winorośli z sadzonek zielnych i metodą *in vitro* w nieogrzewanym tunelu foliowym. *PTPN. Pr. Komis. Nauk Rol. Leśn.* 73: 25 — 31.
- Kadir S., Von Weihe M., Al-Khatib K. 2007. Photochemical Efficiency and Recovery of Photosystem II in Grapes After Exposure to Sudden and Gradual Heat Stress. *J. Amer. Society Hort. Sci.* 132: 764 — 769.
- Kopcewicz J., Lewak S. 2000. *Fizjologia roślin*. Wydawnictwo naukowe PWN, Warszawa, ss. 806.
- Lamber H., Chapin F.S., Pons T. 1998. *Plant physiological ecology*, Springer Publishing, New York, ss. 540.
- Larcher W. 2003. *Physiological plant ecology*. Springer, Berlin: 513 pp.
- LeCain D. R., Morgan J. A., Zerbi G. 1989. Leaf anatomy and gas exchange in nearly isogenic semi dwarf and tall winter wheat. *Crop Sci.* 29: 1246 — 1251.
- Morgan J. A., LeCain D. R. 1991. Leaf gas exchange and related leaf traits among 15 winter wheat genotypes. *Crop Sci.* 31: 443 — 448.
- Rawson H. M., Hindmarsh J. H., Fischer R. A., Stockman Y.R. 1983. Changes in leaf photosynthesis with plant ontogeny and relationships with yield per year in wheat cultivars and 120 progeny. *Aust. J. Plant Physiol.* 10: 503 — 514.
- Schultz H. R. 1996. Water relations and photosynthetic response of two grapevine cultivars of different geographical origin during water stress. *Acta Hort.* 427: 251 — 266.
- Shoaf T. W., Lium B. W. 1976. Improved extraction of chlorophyll a and b from algae using dimethyl sulphoxide. *Limnol. Oceanogr.* 21: 926 — 928.
- Sirohi G. S., Ghildiyal M. C. 1975. Varietal differences in photosynthetic carboxylases and chlorophylls in wheat varieties. *Indian J. Exp. Biol.* 13: 42 — 44.

- Wang L. J., Fan L., Loescher W., Duan W., Liu G.-J., Cheng J.-S., Luo H.B., Li S.-H. 2010. Salicylic acid alleviates decrease in photosynthesis under heat stress and accelerates recovery in grapevine leaves. *Plant Biol.* 10: 34 — 44.
- Williams L. E. 1996. Grape. In: Zamski E. (ed.) *Photoassimilate distribution in plants and crops: source-sink relationships*. Marcel Dekker, New York: 851 — 881.