Olsza sercowata czy lipa holenderska? Ocena stresu po przesadzeniu metodą fluorescencji chlorofilu *a*

Marek Kościesza, Mateusz Korbik*, Tatiana Swoczyna, Piotr Latocha

Katedra Ochrony Środowiska i Dendrologii, Instytut Nauk Ogrodniczych, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, ul. Nowoursynowska 166, 02-787 Warszawa

Department of Environment Protection and Dendrology, Institute of Horticultural Sciences, Warsaw University of Life Sciences – SGGW, ul. Nowoursynowska 166, 02-787 Warszawa, Poland

*Autor korespondencyjny: mateusz_korbik@sggw.edu.pl

Italian alder or common lime? Post-planting stress evaluation using chlorophyll *a* fluorescence method

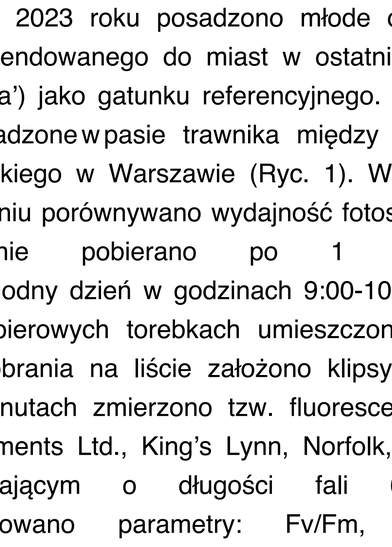
In the context of the climate change adaptation of cities, urban tree planting is one of the key solutions which are implemented to improve the living conditions of residents. The success of establishing new trees and their subsequent growth depends, among others, on the proper selection of tree species which can easy tolerate the post-planting stress. In 2023 we compared photosynthetic efficiency of young trees of Italian alder (*Alnus cordata* (Loisel.)Duby) and common lime (*Tilia ×europaea* L. 'Pallida') in the first growing season after planting. Trees were planted in a lawn strip in a street of heavy traffic in Warsaw. A non-invasive chlorophyll *a* fluorescence method was used to assess the photosynthetic efficiency five times during the growing season. Analysed chlorophyll a fluorescence parameters indicated higher photosynthetic efficiency in Italian alder. This species showed higher values of maximum quantum efficiency of photosystem II, density of reaction centres per cross section, electron transport chain efficiency between photosystems I and II and oxygen evolving complex, as well as lower energy dissipation rate per active reaction centre of photosystem II. Some of these parameters decreased in common lime on the last date (September 8th) which indicated a shortening of the growing season in this species. Taking into account high photosynthetic efficiency in Italian alder in the difficult first season after planting, *Alnus cordata* seems to be a promising species for urban planting.

WSTĘP

W kontekście adaptacji miast do zmiany klimatu zadrzewianie jest jednym z kluczowych działań, mających na celu poprawienie warunków życia mieszkańców. Sukces przyjmowania się nowych drzew i ich późniejsze przetrwanie zależy m.in. od zastosowania gatunków, które dobrze tolerują stres związany z przesadzeniem do nowego miejsca. Jednym z typowych gatunków stosowanych obecnie do nasadzeń miejskich jest lipa holenderska (*Tilia ×europaea* L. 'Pallida'), natomiast w ostatnim okresie wśród gatunków polecanych do sadzenia w miastach wymienia się olszę sercowatą (*Alnus cordata* (Loisel.)Duby), pochodzącą z południa Europy. Zastosowanie szybkiej i nieinwazyjnej metody fluorescencji chlorofilu *a* umożliwia wgląd w funkcjonowanie aparatu fotosyntetycznego rośliny w obliczu stresu. Metoda ta była już wielokrotnie stosowana do badania stresu termicznego, suszy, nadmiaru radiacji, zasolenia i innych czynników stresowych środowiska. W przypadku nowo posadzonych drzew zespół czynników może oddziaływać synergistycznie lub addytywnie, wywołując obniżenie wydajności fotosyntetycznej, co z kolei może obniżać zdolności drzewa do aklimatyzacji w nowym miejscu i ewentualnej regeneracji tkanek po akcji transplantacji. W naszym badaniu wykorzystaliśmy metodę fluorescencji chlorofilu a do zbadania, u którego z zastosowanych w doświadczeniu gatunków stres po przesadzeniu wpłynął w mniejszym stopniu na wydajność fotosyntetyczną.

MATERIAŁY I METODY

W 2023 roku posadzono młode drzewa olszy sercowatej (*Alnus cordata*), gatunku rekomendowanego do miast w ostatnich latach, oraz lipy holenderskiej (*Tilia ×europaea* 'Pallida') jako gatunku referencyjnego. Drzewa zostały pozyskane z komercyjnych szkółek i posadzone w pasie trawnika między jezdniami ruchliwej trasy – Al. Gen. Władysława Sikorskiego w Warszawie (Ryc. 1). W tym samym sezonie bezpośrednio po wiosennym sadzeniu porównywano wydajność fotosyntetyczną drzew. W trakcie sezonu wegetacyjnego 5-krotnie pobierano po 1 liściu z 6 drzew każdego gatunku w pogodny dzień w godzinach 9:00-10:00 rano, następnie dostarczono je do laboratorium w papierowych torebkach umieszczonych zbiorczo w torbie foliowej. W ciągu godziny od pobrania na liście założono klipsy zaciemniające powierzchnię próbki i po kolejnych 20 minutach zmierzono tzw. fluorescencję szybką fluorymetrem Handy-PEA (Hansatech Instruments Ltd., King's Lynn, Norfolk, Wielka Brytania) przy oświetleniu próbki światłem wysycającym o długości fali 660 i natężeniu 3444 µmol m^{-2} s^{-1}. Analizowano parametry: Fv/Fm, ψEo, RC/CS0, DI0/RC, VK/VJ oraz PIABS (Tabela 1, Ryc. 2). Analizy statystyczne i wykresy wykonano przy zastosowaniu oprogramowania *STATISTICA version 13.0* software (TIBCO Software Inc. (2017). Sprawdzono normalność rozkładu danych, a wobec jej braku gatunki porównywano za pomocą testu *U* Manna-Whitneya, natomiast terminy za pomocą testu Kruskalla Wallisa przy poziomie istotności P=0,05.

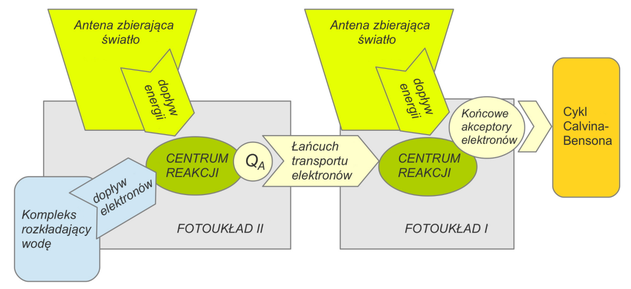


Ryc. 1. Rozmieszczenie drzew doświadczalnych przy Al. Gen. Władysława Sikorskiego w Warszawie. *Tilia ×europaea* 'Pallida' – oznaczenia zielone, *Alnus cordata* – oznaczenia pomarańczowe.

Źródło: *mapa.um.warszawa.pl*, opracowanie własne.

Tabela 1. Analizowane parametry fluorescencji chlorofilu *a* i ich interpretacja.

Parametry fluorescencji	Znaczenie	Wartości korzystne
F_0	fluorescencja początkowa otrzymana z zaciemnionej próbki	niższe
$F_K = F_{300}$	fluorescencja po 300 µs otrzymana z zaciemnionej próbki	oceniane względem innych parametrów
$F_J = F_{2ms}$	fluorescencja po 2 ms otrzymana z zaciemnionej próbki	oceniane względem innych parametrów
$F_I = F_{30ms}$	fluorescencja po 30 ms otrzymana z zaciemnionej próbki	oceniane względem innych parametrów
F_M	fluorescencja maksymalna otrzymana z zaciemnionej próbki	oceniane względem innych parametrów
$V_K = (F_{300} - F_0)/(F_m - F_0)$	względna fluorescencja zmienna przy 300 µs po naświetleniu zaciemnionej próbki	oceniane względem innych parametrów
$V_J = (F_{2ms} - F_0)/(F_m - F_0)$	względna fluorescencja zmienna przy 2 ms po naświetleniu zaciemnionej próbki	niższe
$V_I = (F_{30ms} - F_0)/(F_m - F_0)$	względna fluorescencja zmienna przy 30 ms po naświetleniu zaciemnionej próbki	oceniane względem innych parametrów
V_K / V_J	wydajność przepływu elektronów z kompleksu rozkładającego wodę do centrum reakcji fotoukładu II	niższe
$F_v/F_m = (F_m - F_0)/F_m$	maksymalna wydajność kwantowa fotoukładu II	wyższe
$\psi_o = 1 - V_J$	prawdopodobieństwo, że wychwycony elektron zostanie przekazany poza Q_A, do łańcucha transportu elektronów	wyższe
DI_0/RC	wielkość energii rozproszonej (utraconej) w postaci ciepła w stosunku do puli aktywnych centrów reakcji fotoukładu II	niższe
RC/CS_0	gęstość aktywnych centrów reakcji fotoukładu II (redukujących plastochinon Q_A) przypadająca na powierzchnię próbki	wyższe
PI_{ABS}	wskaźnik witalności (potencjał) do pobrania i przekazania energii od fotonów absorbowanych przez fotoukład II do redukcji akceptorów elektronów między fotoukładami	wyższe



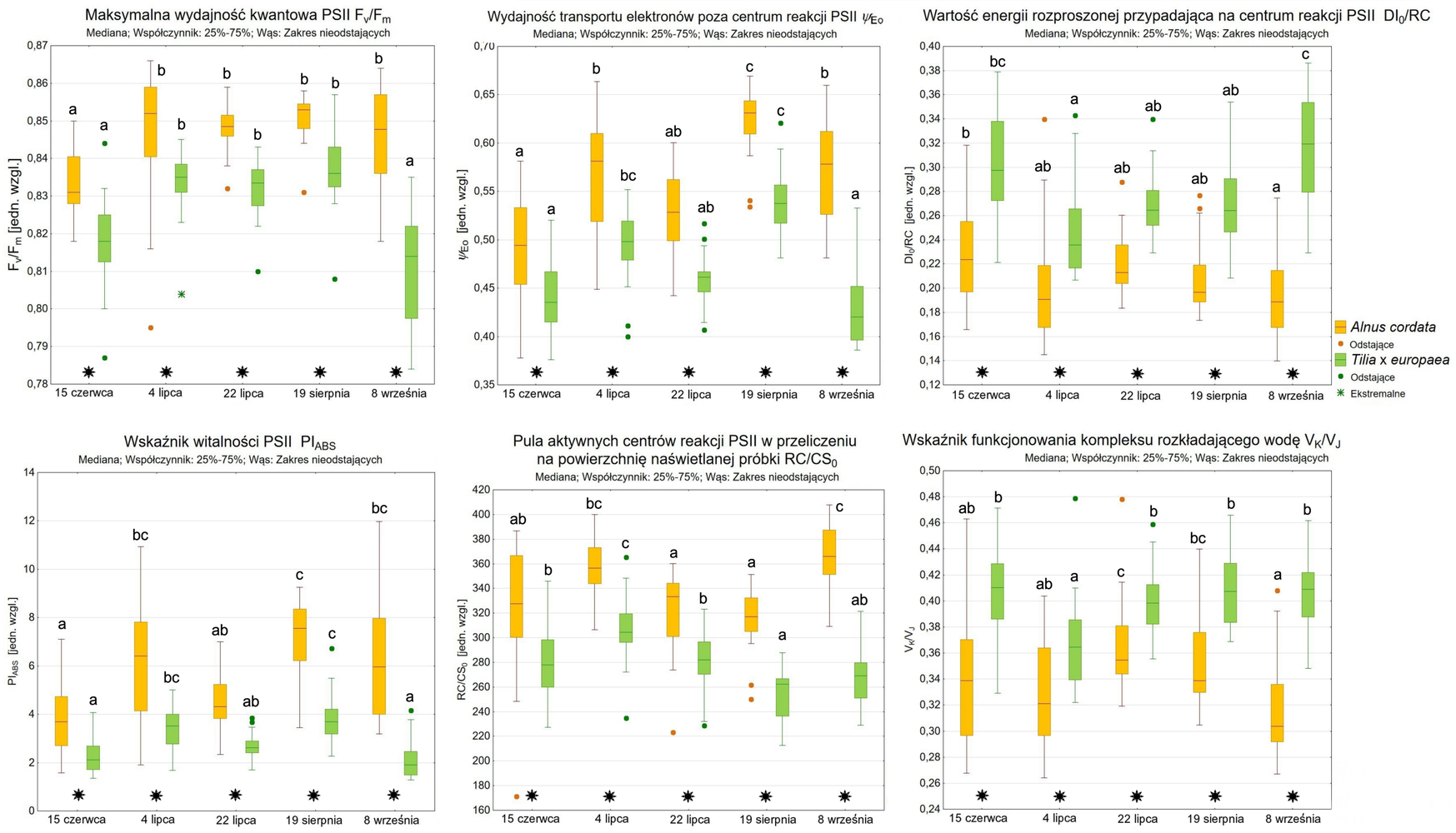
Ryc. 2. Uproszczony schemat przepływów energii i elektronów wokół centrów reakcji fotoukładu II i fotoukładu I.

WYNIKI

Analizowane parametry fluorescencji chlorofilu wskazały na większą wydajność fotosyntetyczną olszy. Wyrażało się to wyższymi wartościami maksymalnej wydajności kwantowej, większą liczbą aktywnych centrów reakcji w przeliczeniu na badaną próbkę, wyższą sprawnością łańcucha transportu elektronów pomiędzy fotoukładami II i I oraz kompleksu rozkładającego wodę, a także mniejszą ilością energii rozpraszanej w postaci ciepła (Ryc. 3). Wskaźnik witalności PIABS również potwierdził większą wydajność aparatu fotosyntetycznego u olszy. Niektóre z tych parametrów u lipy holenderskiej uległy dalszemu pogorszeniu w ostatnim terminie – 8 września, co wskazuje na skrócenie okresu wegetacyjnego u tego gatunku.

WNIOSKI

1. **Olsza sercowata charakteryzowała się wyższą sprawnością przekazywania energii absorbowanej w fazie świetlnej fotosyntezy we wszystkich analizowanych strukturach fotoukładu II niż lipa holenderska.**
2. **Różnice te miały miejsce we wszystkich terminach pomiarów.**
3. **Biorąc pod uwagę wysoką sprawność fotosyntetyczną w trudnym pierwszym sezonie po posadzeniu olsza sercowata okazała się obiecującym gatunkiem dla zadrzewiania miast.**



Ryc. 3. Parametry fluorescencji chlorofilu a u *Alnus cordata* i *Tilia ×europaea* 'Pallida' w trakcie sezonu wegetacyjnego w pierwszym roku po posadzeniu. * wskazuje istotną statystycznie różnicę pomiędzy gatunkami, małe litery a, b, c wskazują istotnie statystyczne różnice wewnątrz gatunku pomiędzy terminami.