

Для доповнення колекції та її репрезентативності необхідно збагатити колекцію культиварами групи садових жоржин: німфейних, орхідеєподібних, помпонних, анемоноподібних, також змішаних (до цієї садової групи входять і розсічені).

Таким чином, з'ясовано, що колекція роду *Dahlia* Сав. в ботанічному саду Львівського національного університету ім. Івана Франка є підсумком багаторічної інтродукційної роботи. Досліджені сорти жоржин є перспективними для вирощування в умовах культури.

Поповнення колекції роду *Dahlia* залишається основним завданням науково-колекційної роботи як важливого способу збереження та збагачення рослинного різноманіття.

Література

1. Боса Н.І. Жоржини. – К. : К.П. "Дім, сад, город", 2004. – 30 с.
2. Васильченко И.П. Род Георгина. Флора СССР, 1959. – 25 с.
3. Дудик Ф.С. Культура жоржини. – К. : Вид-во АН УРСР, 1959. – 87 с.
4. Каталог растений Центрального ботанического сада им. Н.Н. Гришка / Афанасьева Е.В., Булах П.Е., Галицкая А.Ф. и др. – К. : Наук. думка, 1997. – 435 с.
5. Каталог цветочно-декоративных травянистых растений ботанических садов СНГ и стран Балтии / Совет ботан. садов России. Центральный ботан. сад АН Беларуси. – Мн. : С.С. Гальперин, 1997. – 476 с.
6. Поляков П.П. Систематика и происхождение сложноцветных, 1967. – 326 с.
7. Серебряков И.Г. Морфология вегетативных органов высших растений, 1952. – 126 с.
8. Хессайон Д.Г. Георгина // Все о цветах в вашем саду. – М. : Кладезь, 1997. – С. 136-139.
9. Яценко М.П. Георгины. Классификация // Цветоводство. 1985. – № 6. – С. 12-21.
10. Classification of Dahlias // The American Dahlia Society. – New York, 1979. – 67 p.

УДК 582.998

Krzysztof Pacewicz, Robert Maciorowski –
Akademia Rolnicza w Szczecinie

MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA PARAMETRÓW FOTOSYNTETYCZNYCH ROŚLIN NA PRZYKŁADZIE OLIWNIAKA WĄSKOLISTNEGO W OCENIE TRAFNOŚCI DOBORU DO REKULTYWACJI SKŁADOWISKA POPIOŁU Z WĘGLA BRUNATNEGO

Рекультивацию вугільних відвалів виконано за допомогою відповідних ґрунто-сумішей та посадкою рослин, які добре переносять високу кислотність. Тип ґрунтів і конкретне додавання мінеральних добрив сприяє кращому приживанню рослин та належному росту та розвитку. Одним з найпридатніших пропонованих для рекультивції видів є маслинка вузьколиста.

Streszczenie: Rekultywacja terenów składowisk popiołu z węgla brunatnego kopalni odkrywkowych jest wykonywana poprzez pokrycie terenu składowiska warstwą nadkładu i nasadzenie gatunków roślin dobrze znoszących wysokie pH gleby. Rodzaj nadkładu i ewentualny dodatek nawożenia mineralnego może przyczynić się do wyższej przeżywalności roślin i lepszego ich wzrostu i rozwoju. Jednym z gatunków zalecanych do rekultywacji tego typu terenów jest oliwnik wąskolistny.

Niniejsza praca ma na celu przedstawienie możliwości wykorzystania parametrów oceny fotosyntetycznej rośliny w postaci aktywność fazy świetlnej indukowanej fluorescencji takich jak maksymalna kwantowa produktywność PSII (Fv/Fm), względna kwantowa produktywność (ϕE_o) i wskaźnik vitalności (PI_{ABS}) do oceny kondycji roślin wykorzystanych do rekultywacji. Doświadczenie rekultywacyjne było przeprowadzone na terenie elektrowni Konin. Składało się z 17 poletek różniących się nadkładem i dodatkiem nawożenia mineralnego.

Wstęp. Odkrywkowe kopalnie węgla brunatnego powodują znaczną degradację krajobrazu. W wyniku zdjęcia wierzchniej warstwy zakrywającej pokłady węgla, a następnie jego wydobywania powstają zagłębienia o głębokości kilkudziesięciu metrów i powierzchni wielu kilometrów kwadratowych. Popiół powstający w wyniku spalania węgla jest odpadem który jest trudny w zagospodarowaniu (Jusaitis i Pillman 1997, Scheetz i Earle 1998, Michalski 2004). Częściowo wykorzystywany jest jako materiał na podbudowę dróg lub innych celów budowlanych. Nieodebrany popiół jest transportowany systemem rurociągów do wyrobiska w postaci pulpy. Pulpa popiołowa jest mieszaniną popiołu i wody. Woda znajdująca się w pulpie odparowuje, a na dnie wyrobiska osadza się skała popiołowa stopniowo wypełniając je. Po jego całkowitym wypełnieniu powstaje kilkadziesiąt metrów sięgająca w głąb warstwa skały popiołowej.

Popioły wytwarzane przez elektrownie Pątnów, Adamów, Konin zaliczane są do krzemianowo – wapniowych, zawierają 39-63 % SiO_2 , 28-36 % CaO i dominują w nich minerały krzemu, wapnia oraz glinu i żelaza. Odczyn skały popiołowej jest silnie zasadowy; pH w H_2O wynosi w granicach 8,8-12,3, natomiast w 1 M KCL od 8,5 do 12,2. Skład granulometryczny jest zbliżony do piasków gliniastych pylastych lub piasków gliniastych, czasami glin piaszczystych ze względu na duże ilości frakcji pylastych (22-39 %) sprzyjających pyleniu. Właściwości fizyczne a przede wszystkim niższa gęstość właściwa i objętościowa, niż gleb mineralnych stwarzają warunki wodne niekorzystne dla wzrostu roślin, dodatkowo pogłębiane zachodzącymi procesami hydratacyjnymi. Znaczna ilość wchłoniętej przez nie wody jest niedostępna dla roślin. Maksymalna higroskopowość analizowanej skały popiołowej wynosi od 6-11 %, natomiast efektywna retencja użyteczna kształtuje się w granicach 8-16 % (Gilewska 2000). Inną negatywną cechą jest, typowy dla odpadów paleniskowych deficyt azotu, brak materii organicznej oraz niedobór form fosforu przyswajalnego dla roślin (Łączny i Adamski 2002, Gilewska 2003).

Według Bendera i Gilewskiej (1997) podstawowym elementem właściwie zaprojektowanej rekultywacji biologicznej skały popiołowej powinna być naprawa wadliwego chemizmu skały popiołowej, poprzez wprowadzenie zwiększonego nawożenia mineralnego, którego działanie ma charakter dwutorowy: dostarczenie roślinom składników pokarmowych oraz zmianę relacji między kationami a anionami w podłożu. Drugim elementem właściwie przeprowadzonej rekultywacji jest dobór odpowiednich gatunków roślin dostosowanych do specyficznych warunków fizyko-chemicznych podłoża tzn. roślin kalcyfilnych takich jak: jesion wyniosły, jesion pensylwański, klon zwyczajny, klon jesionolistny, oliwnik wąskolistny, robinia akacjowa, karagana syberyjska, tamaryszek kaspijski.

Doświadczenie, wg założeń opracowanych przez Bendera i Gilewską przy współpracy Elektrowni Adamów, założone zostało w 1999 roku i obejmowało 3 warianty (łącznie 17 powierzchni eksperymentalnych):

- варіант ze skałą popiołową
- варіант ze skałą popiołową pokrytą warstwą osadów ściekowych
- варіант ze skałą popiołową pokrytą warstwą gliny zwałowej szarej.

Czynnikiem różnicującym było również nawożenie mineralne, zwane w terminologii rekultywacji naprawą chemizmu gruntu. Więźba sadzenia drzew i krzewów na tak przygotowanych powierzchniach eksperymentalnych wynosiła 2,5 m × 1 m. Na każdej z 17 powierzchni wysadzono po 366 sztuk w układzie drzewo – krzew.

Dominującymi gatunkami drzew tworzącymi trzon drzewostanu wykształconego na analizowanych powierzchniach w wyniku przeprowadzonej rekultywacji biologicznej były: klon jesionolistny (*Acer negundo*) i robinia akacjowa (*Robinia pseudoacacia*) – drzewa pochodzenia północnoamerykańskiego oraz oliwnik wąskolistny (*Eleagnus angustifolius*) pochodzący z rejonu zachodniej i środkowej Azji.

Celem pracy była ocena stanu roślin oliwnika wąskolistnego na poszczególnych wariantach doświadczenia na podstawie parametrów fotosyntetycznych aktywności fazy świetlnej indukowanej fluorescencji takich jak: maksymalna kwantowa produktywność PSII (F_v/F_m), względna kwantowa produktywność (ϕE_o) i wskaźnik witalności (PI_{ABS}). Założono, że parametry fotosyntezy w sposób bardziej czuły określają kondycję roślin, a przez to pozwolą ocenić skuteczność wybranego rodzaju rekultywacji terenu.

Materiał i metody. Pomiary fotosyntetyczne oliwnika wąskolistnego przeprowadzono w latach 2005-2007 na 17 poletkach (15 × 50 m) wytyczonych na zrehabilitowanym składowisku mokrego odpopielania elektrowni "Adamów" w Turku (Tab. 1).

Tabl. 1. Schemat doświadczenia

Wariant	Nazwa warstwy	Grubość pokrycia (cm)	Nawożenie (kg/ha)		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	popiół	0	300	100	100
2	popiół	0	300	0	0
3	popiół	0	0	0	0
4	osad ściekowy	25	300	100	100
5	osad ściekowy	25	100	0	0
6	osad ściekowy	25	0	0	0
7	osad ściekowy	50	0	0	0
8	glina + osad	25	0	0	0
9	glina	25	300	100	100
10	popiół	dołki z gliną	300	100	100
11	popiół	dołki z osadem	300	100	100
12	glina	50	0	0	0
13	glina	50	300	100	100
14	glina	50	300	0	0
15	glina	50	200	100	100
16	glina	50	100	100	100
17	osad	50	300	0	0

Aktywność fazy świetlnej fotosyntezy oceniano metodą indukowanej fluorescencji chlorofilu przy pomocy fluorymetru polowego PEA firmy Hansatech. Czas pomiaru wynosił 3 s, czas adaptacji ciemieniowej 20 min., a natężenie światła wysycającego $3000 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Następnie wyznaczono parametry fluorescencji (Fv/Fm; zgodnie z metodą zaproponowaną przez Strassera- tzw. JIP test (Strasser i Strasser 1995; Strasser i in. 1998, Srivastava i in. 1999). Pomiary wykonano na 6 roślinach.

Omówienie wyników. O przebiegu reakcji fazy świetlnej fotosyntezy uzyskujemy informacje na podstawie pomiarów wskaźników indukowanej fluorescencji. Niekorzystne zmiany środowiska które nie są widoczne jeszcze na podstawie zewnętrznych cech rośliny takich jak kolor liści ich wygląd itp. będą widoczne poprzez różnice w parametrach procesu fotosyntezy. Aktywność procesów fotosyntetycznych rośliny bada się często oceniając przy pomocy technik fluorescencyjnych fazę świetlną fotosyntezy, zachodzącą w granach chloroplastów. Pomiary indukcji fluorescencji chlorofilu pozwalają in vivo monitorować oddziaływanie różnych czynników stresowych na proces fotosyntezy (Havaux i Lannoye 1985, Krupa i Baszyński 1989, Lichtenthaler 1988, Skórska 2000, Murkowski 2002). Ze względu na swoją czułość, szybkość wykonania i interpretacji wyników można je wykorzystać jako tzw. metody screeningowe. Dotychczasowe badania wskazują na możliwość wykorzystania tych technik do oceny wpływu produktów odpadowych z przemysłu (Maciorowski i in. 2003) i kompostów z osadów ściekowych (Maciorowski i Wołoszyk 2003) na wzrost i rozwój roślin, czy też do oceny rozwoju roślin na terenach rekultywowanych (Stankowski i in. 2004).

Parametr FV/FM jest proporcjonalny do wydajności kwantowej reakcji fotochemicznych fotosystemu II i jest miernikiem utylizacji światła w pierwotnych reakcjach fotosyntezy, natomiast parametr ϕE_0 opisuje względną kwantową wydajność fotochemiczną fotosystemu II w danych warunkach świetlnych. Oba te parametry można zaliczyć do grupy tzw. kwantowych produktywności fotosystemu II. Parametr PIABS można określić jako tzw. indeks witalności informujący o współdziałaniu pomiędzy fazą świetlną fotosyntezy a reakcjami fazy ciemnej, czyli cyklem Calvina i jest miernikiem potencjalnej aktywności fotochemicznej w danych warunkach świetlnych.

Ocenę parametrów fotosyntetycznych porównano z wysokością roślin uzyskaną na poszczególnych wariantach doświadczenia (Tab. 2) (Pacewicz i in. 2006) Dzięki temu można było ocenić jak pomiary procesów fotosyntezy wykonane w kolejnych latach badań odnoszą się do sumarycznego stanu wykorzystania otoczenia przez rośliny. Różnice w wysokości roślin należy traktować jako efekt możliwości wykorzystania różnych nadkładów i nawożenia mineralnego w rekultywacji składowiska. Wysokość roślin jest oceną zawierającą całościowy wpływ otoczenia, natomiast parametry fotosyntetyczne oceniają chwilową kondycję roślin. Dzięki temu można spróbować odpowiedzieć na pytanie czy po sześciu do ośmiu latach od założenia doświadczenia różnice w efektywności dobo-

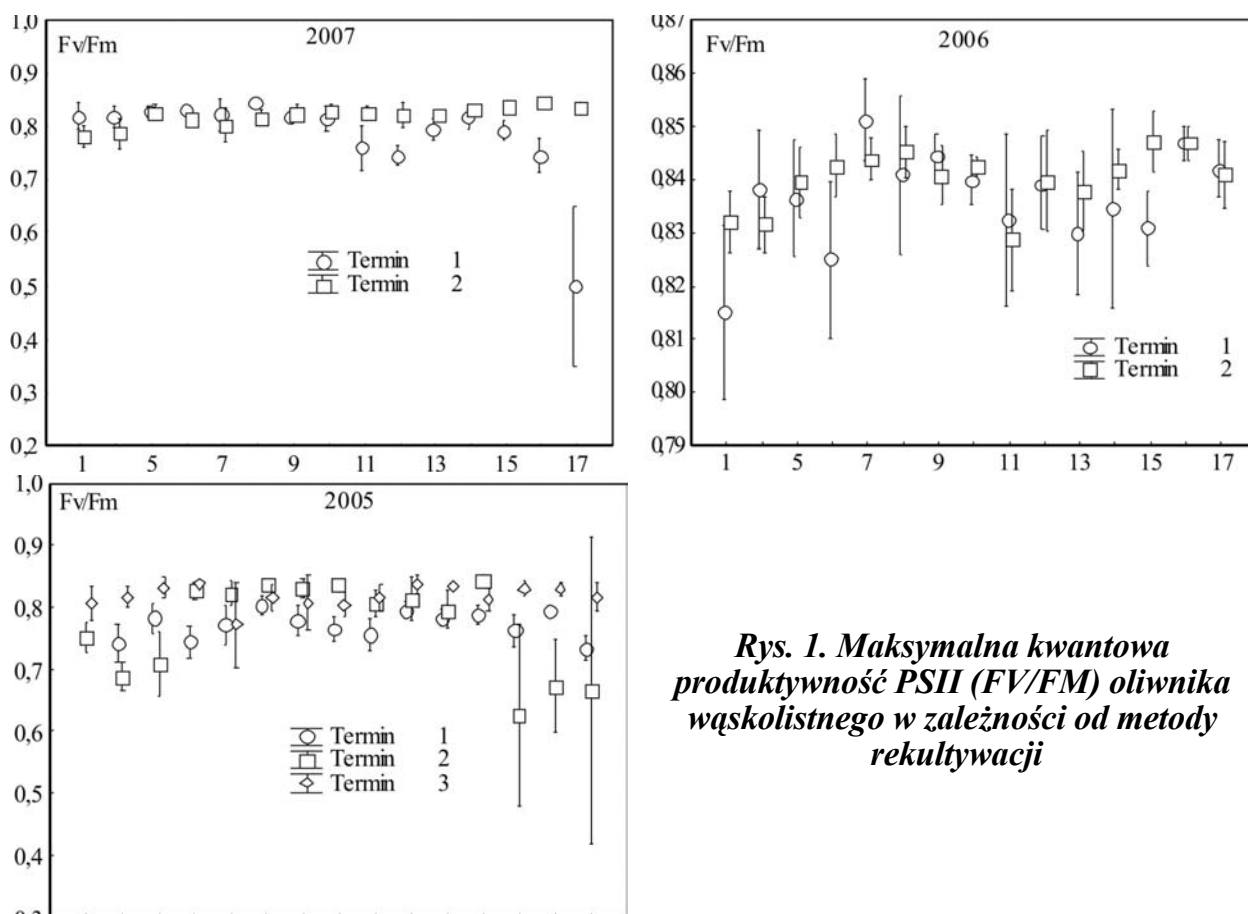
ru metody rekultywacji przekładają się również na chwilowe parametry procesów fotosyntetycznych.

Tab. 2. Wysokość roślin oliwnika wąskolistnego oraz odchylenie standardowe i współczynnik zmienności w zależności od wariantu nadkładu i nawożenia mineralnego

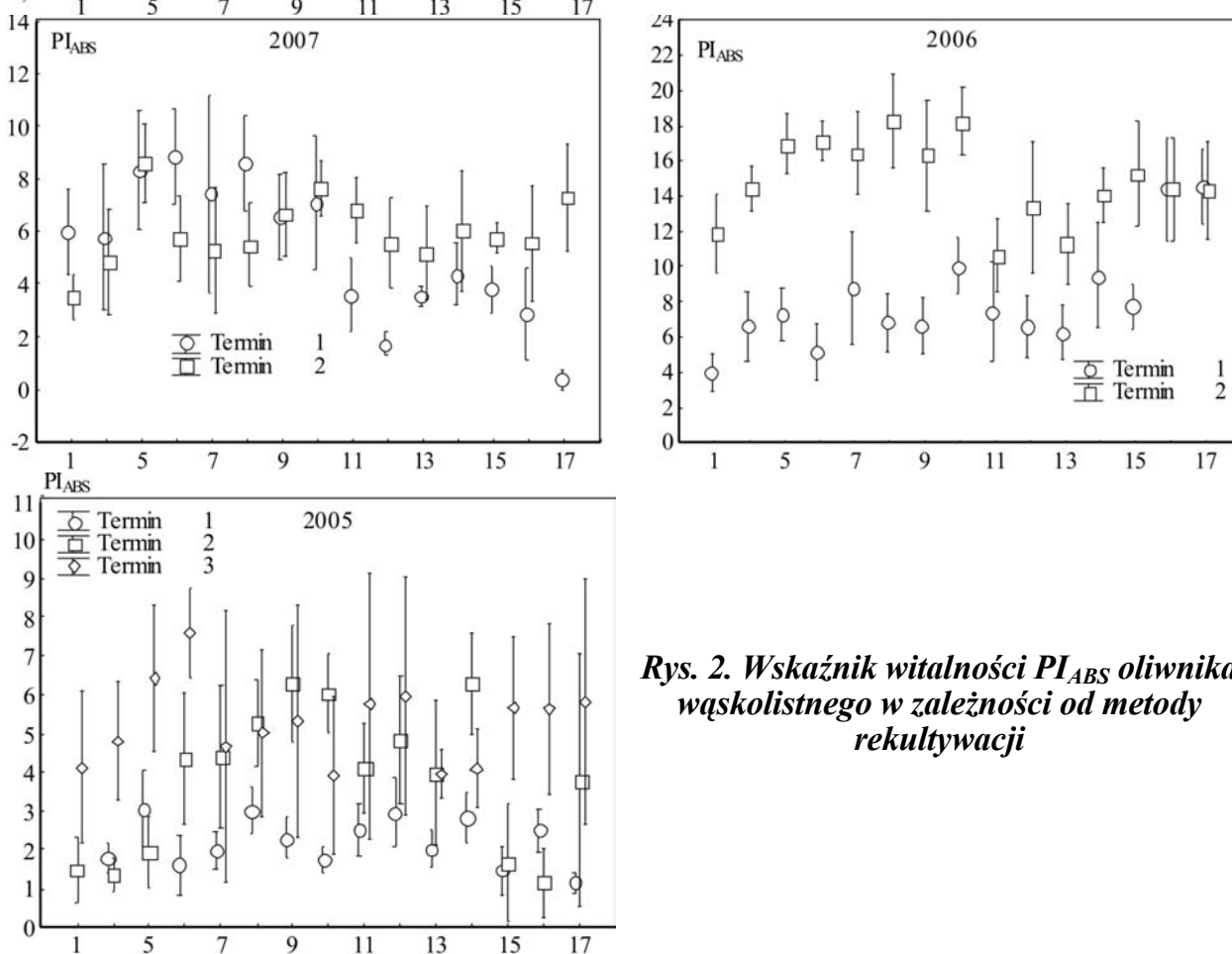
L.p.	Wariant	N-P-K	Średnia	S	CV%
1	popiół 0	3-1-1	84	13	15
2	popiół 0	3-0-0			
3	popiół 0	0-0-0			
4	osad 25	3-1-1	205	35	17
5	osad 25	1-0-0	208	47	23
6	osad 25	0-0-0	190	41	22
7	osad 50	0-0-0	242	33	13
8	głina+osad 25	0-0-0	359	42	12
9	głina 25	3-1-1	333	30	9
10	dołki z gliną	3-1-1	219	33	15
11	dołki z osadem	3-1-1	272	64	24
12	głina 50	0-0-0	389	39	10
13	głina 50	3-0-0	406	45	11
14	głina 50	3-1-1	365	62	17
15	głina 50	2-1-1	406	72	18
16	głina 50	1-1-1	421	40	9
17	osad 50	3-1-1	270	39	15

Maksymalna kwantowa produktywność PSII (F_v/F_m) wahała się w poszczególnych latach w granicach 0,7 do 0,8 nie wykazując różnic pomiędzy badanymi metodami rekultywacji (Rys. 1). W roku 2007 odnotowano najniższe różnice jedynie dla poletek nr 16 i 17 wskaźnik był dużo niższy. Było to spowodowane częściowym zalaniem tych poletek przez wody ze zbiornika z osadzającą się pulpą popiołową, która w wyniku dużych opadów przelała się z niego zalewając te dwa warianty. uzyskane wyniki świadczą o tym, że rośliny uzyskiwały chwilowe parametry fotosyntezy zbliżone do siebie niezależnie od modelu rekultywacji pomimo, że wysokość roślin wyraźnie różnicowała metody rekultywacji na trzy grupy. Najniższe rośliny były na trzech wariantach gdzie nie było nadkładu, a jedynie dla wariantu 2 i 3 zastosowano nawożenie mineralne. Rośliny z tych wariantów miały skrajnie osłabiony wzrost, a oznaki wegetacji zamierały tuż po wiośnie na większości z nich. Drugą grupę stanowiły warianty gdzie zastosowano do rekultywacji warstwę osadów ściekowych lub dołków z osadem ściekowym lub gliną. Rośliny oliwnika na tych wariantach osiągały wysokość 2-3 metrów i nie miały widocznych oznak nekroz liści. Trzecią grupę stanowiły warianty z nadkładem gliny. Wysokość roślin były tu zdecydowanie najwyższe wahając się do 3 do 4 metrów.

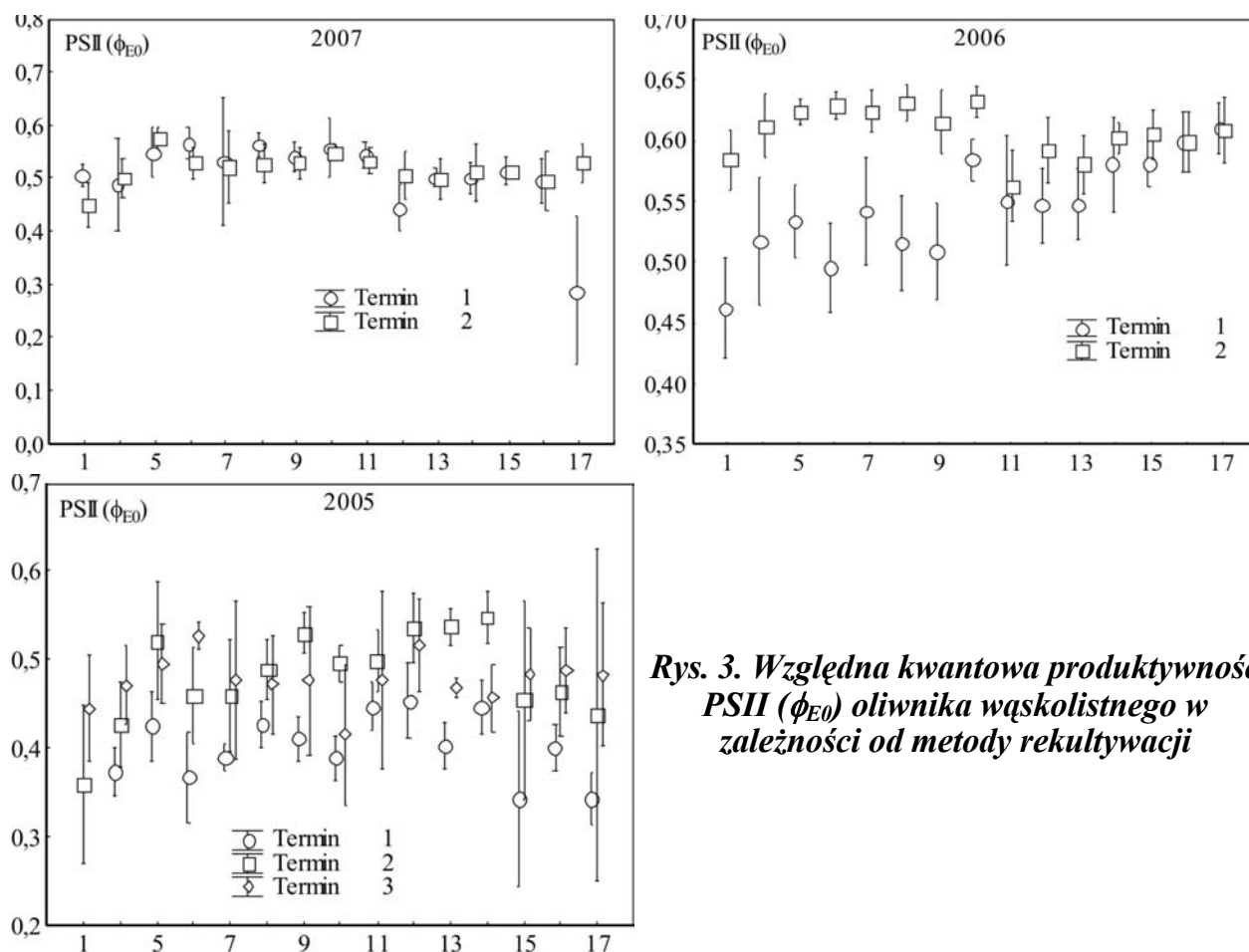
Zarówno wskaźnik witalności jak i względna kwantowa produktywność PSII nie były zróżnicowane ze względu na metodę rekultywacji (Rys. 2 i 3). Wskaźnik witalności zmieniał się w zależności od roku badań i terminu pomiaru w zakresie od 1 do 19, natomiast względna kwantowa produktywność w zakresie od 0,35 do 0,65.



Rys. 1. Maksymalna kwantowa produktywność PSII (F_v/F_m) oliwnika wąskolistnego w zależności od metody rekultywacji



Rys. 2. Wskaźnik witalności PI_{ABS} oliwnika wąskolistnego w zależności od metody rekultywacji



Rys. 3. Względna kwantowa produktywność PSII (Φ_{E0}) oliwnika wąskolistnego w zależności od metody rekultywacji

Podsumowanie. Ocena parametrów fotosyntetycznych takich jak maksymalna kwantowa produktywność PSII, względna kwantowa produktywność PSII i wskaźnik witalności PI_{ABS} nie mogą stanowić podstawy do oceny doboru metody rekultywacji w wieloletnim doświadczeniu. Wskaźniki te są dobrymi indykatorami chwilowego stresu roślin i mogą wychwycić zmiany gdy te nie są jeszcze widoczne w podstawowych cechach biometrycznych takich jak wysokość roślin, turgor liści czy też ich przebarwienia. Jednak ocena długofalowa i kompleksowa metody rekultywacji terenu musi opierać się na analizie cech które są w stanie w sposób sumaryczny "zakumulować" stopień dopasowania rodzaju nadkładu jako metody rekultywacji. W szczególności metody oparte na wskaźnikach fotosyntetycznych tracą na znaczeniu w kolejnych latach doświadczenia, gdy rośliny już na tyle rozwiną się, że aparat fotosyntetyczny zaczyna pracować podobnie niezależnie od badanego wariantu.

Literatura

1. **Bender J., Gilewska M.** 1997. Podsumowanie końcowe z rekultywacji składowisk popiołowych prowadzonej w latach 1994-1997. Katedra Rekultywacji AR Poznań (Maszynopis).
2. **Gilewska M.** 2000. Rekultywacja biologiczna składowisk popiołów elektrowniowych. *Konf. Nauk. – Tech. "Tereny zdegradowane – możliwości ich rekultywacji"*, 26-27 października, Szczecin. Seria "Nauka – Gospodarcze", 65-74 Gilewska M. 2003. Rekultywacja biologiczna gruntów składowisk popiołowych ZE PAK S. A. X Jubileuszowa Międzynarodowa Konferencja "Popioły z Energetyki". BIG Sp. z o. o: 331-342.

3. Havaux M., Lannoye R. 1985. In vivo chlorophyll fluorescence and delayed light emission as rapid screening techniques for stress tolerance in crop plants. *Z. Pflanzenzüchtg.* 95: 1-13.
4. Jusaitis M., Pillman A. 1997. Revegetation of waste fly ash lagoons. I. Plant selection and surface amelioration. *Waste Management & Research*, 15:307-321.
5. Krupa Z., Baszyński T. 1989. Environmental stresses as a factors modifying the structure of the light-harvesting chlorophyll a/b protein complex II. *Photosynthetica* 23: 695-698.
6. Lichtenthaler H.K. 1988. In vivo chlorophyll fluorescence as a tool for stress detection in plants. In: Application of chlorophyll fluorescence. Ed. Lichtenthaler H.K., Kluwer Academic Publishers Dordrecht: 129-142.
7. Łączny J., Adamski M. 2002. Model matematyczny oddziaływania składowisk odpadów elektrownianych na środowisko. Zakład Narodowy im. Ossolińskich. Wydawnictwo PAN, Wrocław, Warszawa-Kraków.
8. Maciorowski R., Stankowski S., Niedźwiecki E., Malinowski R. 2003. Wpływ produktu z oczyszczania gazów spalinowych SO₂ i NO_x na procesy fotosyntetyczne roślin pszenżyta i pszenicy, ze szczególnym uwzględnieniem wpływu siarki. *Folia Univ. Agric. Stetin., Agric.* 91: 63-68.
9. Maciorowski R., Wołoszyk CZ. 2003. Bezpośredni i następny wpływ kompostów sporządzonych na bazie komunalnego osadu ściekowego na fotosyntezę rzepaku jarego i pszenicy ozimej. *Zesz. Prob. Post. Nauk Roln.*: 494: 273-286.
10. Michalski A. 2004. Zagospodarowanie terenów pogórnich kopalń węgla brunatnego "Adamów" S.A. w Turku i "Konin" S.A. w Kleczewie. *Rocz. Glebozn.*, 55(2): 281-290.
11. Murkowski A., 2002. Oddziaływanie czynników stresowych na luminescencję chlorofilu w aparacie fotosyntetycznym roślin uprawnych. *Acta Agrophysica, Monografie* 61.
12. Pacewicz K., Wróbel M., Wieczorek T., Gilewska M., Otremba K. 2006. Charakterystyka wzrostu drzew klonu jesionolistnego, oliwnika wąskolistnego i robinii akacjowej na składowisku popiołów elektrownianych. *Acta Sci. Pol. Form. Circumiec.* – 2006, 5 (1), S. 87-98.
13. Scheetz B.E., Earle R., 1998. Utilization of fly ash. *Current Opinion in Solid State & Materials Science*, 3: 510-520.
14. Skórska E. 2000. Reakcja wybranych roślin uprawnych na promieniowanie UV-B. *Rozprawy*, nr 192. AR Szczecin.
15. Stankowski S., Łączny J.M., Maciorowski R., Matejczyk M. 2004. The effect of ashes from power plant and organic wastes on the grass growth and the water quality, short communication. *Forstliche Schriftenreihe, Universität für Bodenkultur Wien*, Bd. 18, 2004: 66-71.
16. Strasser R.J., Schwarz B., Eggenberg P. 1998. Fluorescence routine tests to describe the behaviour of a plant in its environment. In: Application of chlorophyll fluorescence. Ed. Lichtenthaler H.K., Kluwer Academic Publishers Dordrecht: 181-187.
17. Strasser B.J., Strasser R.J. 1995. Measuring fast fluorescence transient to address environmental questions: The JIP test. In: Photosynthesis: from light to biosphere. Ed. P. Mathias. Kluwer Academic Publishers Dordrecht: 977-980.
18. Srivastava A., Strasser R.J., Govindjee. 1999. Greening of peas: parallel measurements of 77 K emission spectra, OJIP chlorophyll a fluorescence transient, period four oscillation of the initial fluorescence level, delayed light emission, and P700. *Photosynthetica* 37(3): 365-392.

УДК 630.237:582.632.2

Доц. І.В. Красноштан, канд. біол. наук –

Уманський державний педагогічний університет ім. Павла Тичини

ЗМІНИ ВМІСТУ ФОСФОРУ В ЛИСТІ QUERCUS ROBUR ВНАСЛІДОК ІНІЦЮВАННЯ РЕПРОДУКТИВНОГО ПРОЦЕСУ

Наведено результати трирічних досліджень зміни вмісту фосфору в листі віргінських культур *Quercus robur* внаслідок стимулювання репродуктивного процесу водним розчином хлорхолінхлориду. Проаналізовано вплив фенологічного етапу росту пагонів на початок оброблення крон, концентрації діючої речовини та умов року досліджень на кількісний вміст фосфору.

Ключові слова: фосфор, концентрація, вегетація, пагони, листя.