

JANUSZ AUGUSTYNOWICZ<sup>1</sup>, STEFAN PIETKIEWICZ<sup>2</sup>, MOHAMED HAZEM KALAJI<sup>2</sup>,  
STEFAN RUSSEL<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Institut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach

<sup>2</sup>Katedra Fizjologii Roślin

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

<sup>3</sup>Samodzielny Zakład Biologii Mikroorganizmów

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

## WPLYW NAWOŻENIA OSADEM ŚCIEKOWYM NA WYBRANE PARAMETRY BIOLOGII GLEBY ORAZ WYDAJNOŚCI APARATU FOTOSYNTETYCZNEGO ŚLĄZOWCA PENSYLWAŃSKIEGO (*SIDA HERMAPHRODITA* (L.) RUSBY)

**Streszczenie.** Z powodu budowy coraz większej liczby oczyszczalni ścieków narastającym problemem jest utylizacja osadów ściekowych. Wydaje się, że spośród znanych sposobów ich zagospodarowania najbardziej racjonalne jest ich rolnicze wykorzystanie, które przynosi podwójną korzyść: roślinność wykorzystuje składniki pokarmowe zawarte w osadzie ściekowym oraz oczyszcza glebę traktowaną osadem z metali ciężkich i innych zanieczyszczeń. Celem badań przedstawionych w niniejszej pracy była ocena wpływu nawożenia osadem ściekowym pochodzącym z komunalnej oczyszczalni ścieków na wybrane parametry fizjologiczne związane z wydajnością aparatu fotosyntetycznego ślazuca pensylwańskiego (*Sida hermaphrodita* (L.) Rusby) oraz na biologię gleby pod jego uprawą. Badania przeprowadzono w 2007 roku na terenie Instytutu Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach, w doświadczeniu dwuczynnikowym w układzie losowanych bloków z trzema powtórzeniami. Badania obejmowały następujące warianty: kontrolny bez nawożenia azotem oraz z 0% i 100% udziałem azotu pochodzącego z osadu ściekowego w dawce ogólnej 170 kg N na 1 ha. Nawożenie potasowe wynosiło 240 kg N na 1 ha w każdym wariantcie. W trzech terminach: 2 lipca (początkowa faza wzrostu), 2 sierpnia (pełnia wzrostu) oraz 17 października (końcowa faza wzrostu) przeprowadzono analizy fizjologiczne roślin, określając względną zawartość chlorofilu i pulę zredukowanych plastochinonowych akceptorów elektronów (Area). W maju, lipcu i sierpniu natomiast oznaczono parametry mikrobiologiczne gleby: ogólną liczebność bakterii i liczebność grzybów. Stwierdzono, że zróżnicowane nawożenie nie wpływa na wielkość względnej zawartości chlorofilu w liściach ślazuca pensylwańskiego w początkowej i środkowej fazie okresu wegetacji. Stymulujący wpływ osadu ściekowego zaobserwowano w przypadku wydajności aparatu fotosyntetycznego ślazuca pensylwańskiego mierzonego za pomocą wskaźnika Area pod koniec okresu wegetacji. Analiza stanu mi-

krubiologicznego gleby nawożonej osadem ściekowym świadczy o stymulującym wpływie tegoż osadu na wielkość mierzonych parametrów mikrobiologicznych.

**Słowa kluczowe:** roślina energetyczna, osad ściekowy, ślazuwiec pensylwański, chlorofil, Area, liczebność bakterii, liczebność grzybów

## Wstęp

Zgodnie z DYREKTYWĄ (2001) w sprawie promocji energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych na wewnętrznym rynku energii elektrycznej każde z państw członkowskich Unii Europejskiej miało do 2010 r. zwiększyć udział energii z odnawialnych źródeł w całkowitym zużyciu energii brutto do 12%, natomiast cała Wspólnota do 22,1%. 23 sierpnia 2001 r. została zatwierdzona przez Sejm Rzeczypospolitej Polskiej STRATEGIA ROZWOJU ENERGETYKI ODNAWIALNEJ (2001), promująca rozwój odnawialnych źródeł energii w naszym kraju i wskazująca podstawowe cele i warunki rozwoju energetyki odnawialnej w Polsce do roku 2020. Dokument ten zakłada zwiększenie udziału energii ze źródeł odnawialnych w bilansie paliwowo-energetycznym kraju do 7,5% (340 PJ) do 2010 roku i do 14% do 2020 roku. Oznacza to trzykrotne zwiększenie w stosunku do roku 1999 (2,5% – 105 PJ). Jednym z odnawialnych źródeł energii jest biomasa, pozyskiwana między innymi z tzw. roślin energetycznych, jak np.: słonecznik bulwiasty, ślazuwiec pensylwański, rdest sachaliński, mozga trzciniowa, miskant olbrzymi czy wierzba krzewiasta.

Coraz większą popularnością wśród badaczy roślin energetycznych cieszy się obecnie ślazuwiec pensylwański (*Sida hermaphrodita* (L.) Rusby) pochodzący z Ameryki Północnej, gdzie występuje w warunkach naturalnych (KARPOWICZ 1973, RUTKOWSKI 1998). Różne gatunki z rodzaju *Sida* spotkać można również na pustynnych i półpustynnych terenach Afryki, Australii i Wysp Zielonego Przylądka (CLEMENT 1957, PODBIELKOWSKI 1974).

Ślazuwiec pensylwański należy do rodziny ślazuwcowatych (*Malvaceae*). Roślina ta charakteryzuje się okrągłymi, pustymi w środku łodygami o średnicy od 5 do 30 mm, których wysokość w końcowym okresie wegetacji może przekraczać 400 cm. Liście mają kształt dłoniastokłapowany (najczęściej 5-7 kłap) i wykazują stosunkowo dużą zmienność głębokości wcięć, intensywności zabarwienia, charakteru powierzchni i wielkości. Wierzchołek pędu kwiatowego ślazuwca pensylwańskiego zakończony jest kwiatostanem typu podbaldacha. Rozmnażanie tej rośliny energetycznej może odbywać się zarówno w sposób generatywny, poprzez wysiew nasion, jak i wegetatywny, za pomocą sadzonek z odcinków korzeni, przez dzielenie podziemnej części, a nawet przez sadzonki zielne, otrzymywane z zielonych pędów nadziemnych. W przeciętnych warunkach meteorologicznych rośliny w roku zasiewu (wiosną) osiągają około 80 cm wysokości, zaś w sprzyjających warunkach agroekologicznych ich wysokość może przekraczać 150 cm. W kolejnych latach wiosenne odrastanie roślin w polskich warunkach klimatycznych rozpoczyna się najczęściej w kwietniu. Rośliny rosną szybko i przed fazą kwitnienia ich dobowe przyrosty dochodzą do 5-6 cm. W zależności od sposobu rozmnażania różnie rozwija się system korzeniowy ślazuwca. Rozmnażanie generatywne prowadzi do wykształcenia głębokiego, palowego systemu korzeniowego, wegeta-

Augustynowicz J., Pietkiewicz S., Kalaji M.H., Russel S., 2010. Wpływ nawożenia osadem ściekowym na wybrane parametry biologii gleby oraz wydajności aparatu fotosyntetycznego ślazuwca pensylwańskiego (*Sida hermaphrodita* (L.) Rusby). *Nauka Przym. Technol.* 4, 6, #99.

---

tywne zaś splota rozmieszczenie korzeni, powodując horyzontalny, szerszy ich układ. Korzeń główny roślin pochodzących z rozmnożenia generatywnego po kilku latach może sięgać do 250-300 cm w głąb gleby (BORKOWSKA i STYK 2003).

Celem badań roślin energetycznych jest opracowanie takiego sposobu ich uprawy, który umożliwi uzyskanie maksymalnego przyrostu biomasy. Można tutaj wyróżnić dwa takie sposoby: tradycyjny, polegający na dostarczaniu azotu z konwencjonalnych źródeł, takich jak nawozy mineralne, lub z użyciem uciążliwego odpadu, jakim jest osad ściekowy.

Przywracanie glebie składników zgromadzonych w osadach ściekowych jest nie tylko właściwe z gospodarczego punktu widzenia, lecz także niezbędne do zachowania i odtwarzania równowagi ekologicznej. Skład mineralny i organiczny osadów z komunalnych oczyszczalni ścieków jest zbliżony do składu glebowej substancji organicznej – próchnicy (BĄCZALSKA 1998). Dzięki temu możliwe jest ich przyrodnicze, w tym rolnicze wykorzystanie. Osady przeznaczone do wykorzystania nieprzemysłowego powinny spełniać wymagania dotyczące ich składu chemicznego oraz stanu sanitarnego. Ograniczenie dotyczy m.in. zawartości metali ciężkich ze względu na ich toksyczne oddziaływanie na organizmy żywe oraz zdolność do bioakumulacji (BIEŃ 2002).

Do określania sprawności aparatu fotosyntetycznego oraz oceny stanu fizjologicznego wszelkich organizmów fotosyntetyzujących (roślin wyższych, glonów, porostów i bakterii fotosyntetyzujących) wykorzystywane są pomiary fluorescencji chlorofilu *a* (KALAJI i PIETKIEWICZ 2004, KALAJI i RUTKOWSKA 2004). Ich wykonanie jest łatwe, nieinwazyjne i szybkie (w zależności od metody trwa od paru sekund do kilku minut). Metoda ta jest bardzo czuła i umożliwia wykrywanie zmian w ogólnym statusie bioenergetycznym rośliny. Dotyczy to bezpośrednio lub pośrednio wszystkich etapów fazy świetlnej procesu fotosyntezy – fotolizy wody, transportu elektronów, powstawania gradientu pH w błonach tylakoidów i syntezy ATP (KALAJI i ŁOBODA 2007, MURKOWSKI 2002).

Celem badań przedstawionych w niniejszej pracy była ocena wpływu nawożenia osadem ściekowym pochodzącym z komunalnej oczyszczalni ścieków na wybrane parametry fizjologiczne, związane z wydajnością aparatu fotosyntetycznego ślazuwca pensylwańskiego (*Sida hermaphrodita* (L.) Rusby) oraz na biologię gleby pod jego uprawą.

## Material i metody

W 2007 r. w Instytucie Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach k. Warszawy przeprowadzono dwuczynnikowe doświadczenie w trzech powtórzeniach w układzie losowym. Powierzchnia pojedynczego poletka wynosiła 6,25 m<sup>2</sup>. W każdym powtórzeniu zastosowano dziewięć roślin. Poletka nawożono na początku okresu wegetacji roślin maksymalną dopuszczalną dawką azotu, wynoszącą 170 kg/ha (USTAWA... 2000). Stosowano następujące kombinacje nawozowe:

1. Wariant kontrolny, bez nawożenia azotem („0”).
2. 100% N z osadu, 0% N z nawozu mineralnego („100% osad”).
3. 0% N z osadu, 100% N z nawozu mineralnego („0% osad”).

Jako mineralny nawóz azotowy stosowano saletrę amonową. Osad ściekowy pochodził z gminnej oczyszczalni ścieków w Falentach i spełniał wymagania dotyczące możliwości wykorzystania go w rolnictwie.

Dodatkowo każdą kombinację nawozową, łącznie z kombinacją „0”, wzbogacono mineralnym nawozem potasowym (sól potasowa) w ilości 240 kg K na 1 ha. Dawkę nawozu potasowego wyznaczono na podstawie potrzeb pokarmowych roślin oraz zawartości potasu w osadzie ściekowym. Nie stosowano natomiast nawożenia fosforowego, gdyż uznano, iż występująca w osadzie ilość fosforu jest wystarczająca do zaspokojenia potrzeb roślin.

Doświadczenie założono na glebie określonej jako czarna ziemia zdegradowana (tab. 1).

Tabela 1. Charakterystyka gleby pod uprawą ślazuwca pensylwańskiego  
Table 1. Characteristics of soil for Virginia mallow cultivation

Poziom	Głębokość (cm)	pH		C	N	C : N
		H <sub>2</sub> O	KCl	% ogółem		
A	0-30	5,16	4,71	1,38	0,09	15,33
C	30-60	5,05	4,8	2,38	0,15	15,86
Ak	60-80	5,83	5,18	1,01	0,04	25,25
C	80-150	5,84	5,16	0,47	0,02	23,5

W maju, lipcu i sierpniu, w trzech powtórzeniach, oznaczono parametry mikrobiologiczne gleby: ogólną liczebność bakterii i liczebność grzybów, wyrażone za pomocą jednostek tworzących kolonie (jtk). Analizy wykonywano, stosując metodę posiewu rozcieńczeń glebowych, na odpowiednich dla każdej grupy mikroorganizmów stałych podłożach selektywnych. Liczebność bakterii oznaczano na podłożu BUNTA-ROVIRY (1955), a liczebność grzybów na podłożu MARTINA (1950). Pomiary wskaźników fizjologicznych charakteryzujących aparat asymilacyjny ślazuwca pensylwańskiego przeprowadzono w trzech terminach: 2 lipca, 2 sierpnia oraz 17 października. Za wskaźniki fizjologicznej aktywności aparatu asymilacyjnego przyjęto:

- pulę zredukowanych plastochinonowych akceptorów elektronów (Area), zalecany jako jeden z najlepszych indykatorów wydajności aparatu asymilacyjnego (KALAJI i ŁOBODA 2007), mierzony techniką detekcji i analizy sygnału fluorescencji chlorofilu *a* za pomocą fluorymetru HandyPEA;
- względną zawartość chlorofilu, zmierzoną za pomocą aparatu Minolta SPAD 502 Meter.

Pulę zredukowanych plastochinonowych akceptorów elektronów (Area) mierzono na trzech poziomach łanu (górnym, środkowym i dolnym), zawartość chlorofilu oznaczano w dziesięciu losowo wybranych liściach roślin z poszczególnych kombinacji nawozowych.

Otrzymane wyniki poddano analizie wariancji. W celu ustalenia istotności różnic między wartościami badanych parametrów z różnych kombinacji nawozowych zastosowano test Tukeya (przy poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ ).

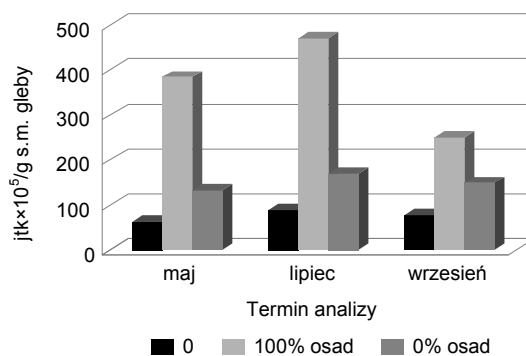
## Wyniki i dyskusja

Przeprowadzona analiza statystyczna dla wartości globalnych (średnich z trzech pomiarów) wyników doświadczenia wykazała istotne różnice tylko w przypadku ogólnej liczebności bakterii pod wpływem osadu ściekowego. Istotny wpływ osadu ściekowego na wartości ogólnej liczby bakterii określono przy prawdopodobieństwie  $p = 0,9962$  (NIR = 113,06, średnie: 367,89 – dla kombinacji z osadem, 113,33 – dla kombinacji bez osadu).

Nie wykazano natomiast istotnych statystycznie różnic ze względu na zastosowane kombinacje nawozowe dla pozostałych badanych parametrów. Zaobserwowano jedynie tendencje wpływu tych kombinacji, jednak ze stosunkowo małym prawdopodobieństwem ( $p = 0,65-0,95$ ), które nie pozwalało na wyciągnięcie statystycznie istotnych wniosków.

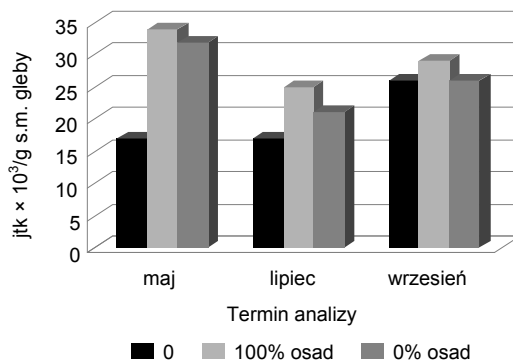
Największą liczebność bakterii zaobserwowano w próbkach gleby z kombinacji nawozowej, w której azot pochodził z osadu ściekowego (rys. 1). Najmniejsze wartości badanego wskaźnika otrzymano na kombinacji zerowej. Tendencja ta utrzymywała się przez cały okres wegetacji. Na uwagę zasługuje fakt, iż największe wartości jtk bakterii w kombinacjach nawozowych zanotowano w terminie lipcowym, najmniejsze zaś, poza kombinacją zerową, w terminie wrześniowym.

Największą liczebność grzybów, podobnie jak bakterii, zanotowano w glebie z kombinacji nawozowej „100% osad” we wszystkich trzech terminach pomiarowych (rys. 2). Pod koniec okresu wegetacji zaobserwowano stosunkowo wysokie wartości



Rys. 1. Zmiany ogólnej liczebności bakterii w próbkach gleby pod uprawą ślazuowca pensylwańskiego nawożonego osadem ściekowym

Fig. 1. Changes of total number of bacteria of Virginia mallow fertilized with sludge during vegetation

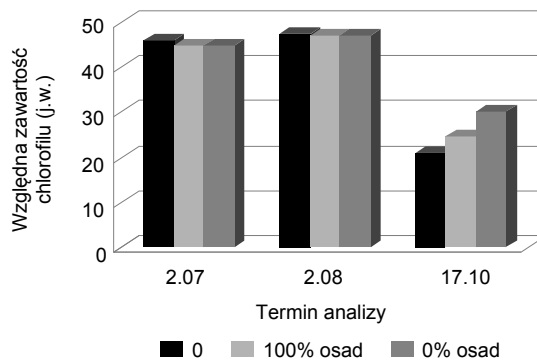


Rys. 2. Zmiany liczebności grzybów w próbkach gleby pod uprawą ślazuwa pensylwańskiego nawożonego osadem ściekowym

Fig. 2. Changes of total number of fungi of Virginia mallow fertilized with sludge during vegetation

badanego wskaźnika. Może to być spowodowane sprzyjającymi warunkami atmosferycznymi dla rozwoju grzybów. Warto zwrócić również uwagę na fakt, iż w początkowym okresie wegetacji różnice pomiędzy wartościami badanego wskaźnika z kombinacji nawożonych azotem a kombinacją zerową są największe.

Największe wartości względnej zawartości chlorofilu w liściach ślazuwa pensylwańskiego nawożonego osadem ściekowym zaobserwowano w sierpniowym terminie pomiaru (2.08) (rys. 3), najmniejsze zaś pod koniec okresu wegetacji (17.10). Należy zwrócić uwagę na fakt, że w początkowych dwóch okresach pomiarowych różnice między wartościami badanego wskaźnika we wszystkich kombinacjach nawozowych były znikome, natomiast w końcowej fazie wegetacji (17.10) różnice te były większe.



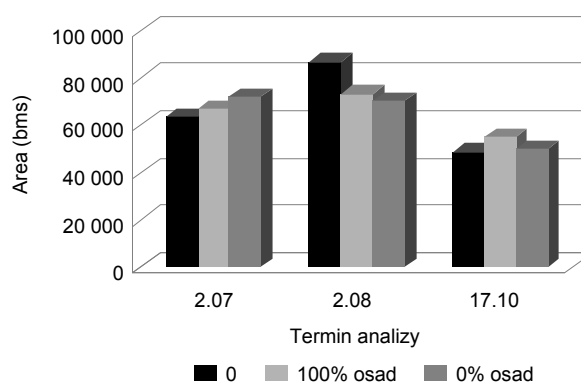
Rys. 3. Zmiana w okresie wegetacji względnej zawartości chlorofilu w liściach ślazuwa pensylwańskiego nawożonego osadem ściekowym

Fig. 3. Changes of relative chlorophyll content of Virginia mallow fertilized with sludge during vegetation

Augustynowicz J., Pietkiewicz S., Kalaji M.H., Russel S., 2010. Wpływ nawożenia osadem ściekowym na wybrane parametry biologii gleby oraz wydajności aparatu fotosyntetycznego ślazuwca pensylwańskiego (*Sida hermaphrodita* (L.) Rusby). *Nauka Przyr. Technol.* 4, 6, #99.

W terminie październikowym największe wartości względnej zawartości chlorofilu zanotowano dla kombinacji „0% osad”.

Największą sumaryczną wartość wskaźnika Area w początkowym okresie wegetacji (2.07) zanotowano w liściach ślazuwca pensylwańskiego nawożonego nawozem mineralnym (rys. 4). Pod koniec okresu wegetacji (17.10) sytuacja odwróciła się i zaobserwowano stymulujące działanie osadu ściekowego. W tym terminie największą sumaryczną wartość Area stwierdzono w liściach badanej rośliny z kombinacji „100% osad”.



Rys. 4. Zmiana w okresie wegetacji sumarycznego wskaźnika Area w liściach ślazuwca pensylwańskiego nawożonego osadem ściekowym

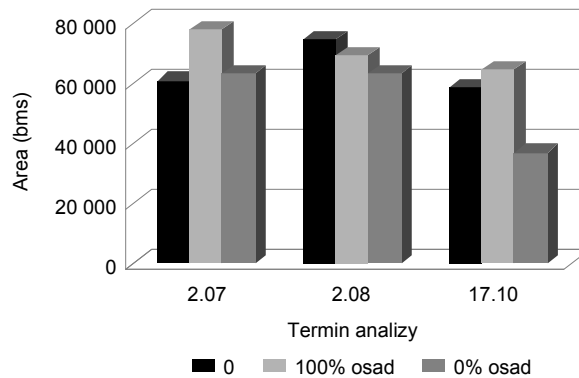
Fig. 4. Changes of global Area index of Virginia mallow fertilized with sludge during vegetation

Badania dolnej warstwy liści ślazuwca pensylwańskiego wykazały stymulujący wpływ osadu ściekowego na wartości Area wyłącznie w początkowym (2.07) i końcowym (17.10) okresie wegetacji (rys. 5). W terminie sierpniowym (2.08) maksymalną wartość puli zredukowanych inhibitorów elektronów zaobserwowano w liściach z kombinacji „0”. W tym okresie jednakże różnice pomiędzy wartościami badanego wskaźnika dla poszczególnych kombinacji są niewielkie.

W środkowej warstwie liści ślazuwca pensylwańskiego nie zaobserwowano wpływu osadu ściekowego na wartości Area (rys. 6). Największe wartości Area w terminie lipcowym (2.07) oraz październikowym (17.10) zanotowano dla kombinacji z nawozem mineralnym („0% osad”). W środkowej fazie wegetacji ślazuwca pensylwańskiego (2.08) największe wartości puli zredukowanych inhibitorów elektronów uzyskano dla kombinacji zerowej.

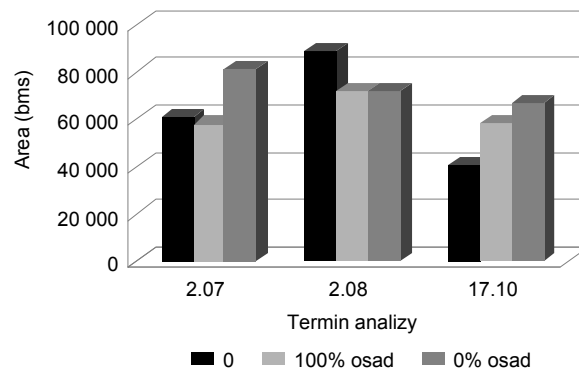
W przypadku górnej warstwy liści ślazuwca pensylwańskiego, podobnie jak dla warstwy środkowej, nie zaobserwowano stymulującego działania osadu ściekowego na badany wskaźnik (rys. 7).

Detekcja i analiza parametrów fluorescencji chlorofilu *a* może służyć jako bardzo precyzyjne narzędzie badania reakcji fotosyntezy w warunkach stresowych oraz oceny oddziaływania niekorzystnych czynników środowiska na rośliny (KUCKENBERG i IN. 2009, KALAJI i IN. 2004). Wartość parametru Area jest proporcjonalna do wielkości puli



Rys. 5. Zmiana w okresie wegetacji wskaźnika Area w dolnej warstwie liści ślazuwca pensylwańskiego nawożonego osadem ściekowym

Fig. 5. Changes of Area index for Virginia mallow lower layer of canopy leaves fertilized with sludge during vegetation



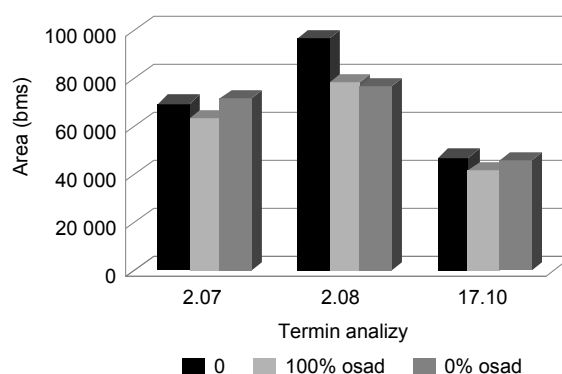
Rys. 6. Zmiana w okresie wegetacji wskaźnika Area w środkowej warstwie liści ślazuwca pensylwańskiego nawożonego osadem ściekowym

Fig. 6. Changes of Area index for Virginia mallow central layer of canopy leaves fertilized with sludge during vegetation

akceptorów elektronów w PSII. Jednostką tego parametru jest bitomilisekunda (bms), tj. iloczyn sygnału fluorescencji mierzonej w bitach przez czas przejścia od fluorescencji minimalnej ( $F_0$ ) do fluorescencji maksymalnej ( $F_M$ ), wyrażony w milisekundach. Im szybciej następuje wzrost  $F_0$  do  $F_M$  (szybsza redukcja puli akceptorowej w PSII), tym mniejsza jest powierzchnia nad krzywą indukcji FL chlorofilu. W przypadku zablokowania transportu elektronów od centrów reakcji do plastochinonów (np. podczas stresu) wartość parametru Area ulega zmniejszeniu (KALAJI i ŁOBODA 2009). Wartość parametru



Augustynowicz J., Pietkiewicz S., Kalaji M.H., Russel S., 2010. Wpływ nawożenia osadem ściekowym na wybrane parametry biologii gleby oraz wydajności aparatu fotosyntetycznego ślazuwca pensylwańskiego (*Sida hermaphrodita* (L.) Rusby). *Nauka Przyr. Technol.* 4, 6, #99.



Rys. 7. Zmiana w okresie wegetacji wskaźnika Area w górnej warstwie liści ślazuwca pensylwańskiego nawożonego osadem ściekowym

Fig. 7. Changes of Area index for Virginia mallow upper layer of canopy leaves fertilized with sludge during vegetation

Area informuje też o ilości dostępnych akceptorów w PSII (KRAUSE i WEISS 1991). Nasze wyniki wykazały stymulujący wpływ osadu ściekowego na wydajność aparatu fotosyntetycznego ślazuwca pensylwańskiego pod koniec okresu wegetacji, co świadczy o pozytywnym działaniu azotu z osadu na przemianę energii słonecznej w chemiczną w fotoukładzie II (PSII). To z kolei może powodować zwiększenie transportu elektronów w membranach tylakoidów i wytwarzania energii biochemicznej potrzebnej do asymilacji dwutlenku węgla w fazie niezależnej od światła fotosyntezy.

Można też twierdzić, że osad ściekowy działa stymulująco na liczebność bakterii i grzybów w glebie pod uprawą ślazuwca pensylwańskiego. W badaniach WOLNEJ-MARUWKI i IN. (2004) osady ściekowe wprowadzone do gleb również miały stymulujący wpływ na ogólną liczebność bakterii i grzybów glebowych. Podobny wpływ na mikroflorę glebową zaobserwowano w wielu innych badaniach, np. WYSZKOWSKIEJ i IN. (2002) oraz GOSTKOWSKIEJ i IN. (1997). W przypadku względnej zawartości chlorofilu zaobserwowano, podobnie jak u AUGUSTYNOWICZA i IN. (2008), zwiększenie ilości chlorofilu w liściach badanej rośliny na wszystkich kombinacjach nawozowych w środku okresu wegetacji (2.07) ślazuwca pensylwańskiego.

## Wnioski

1. Osad ściekowy w dawce nawozowej działa stymulująco na wartości ogólnej liczebności bakterii i liczebność grzybów w glebie pod uprawą ślazuwca pensylwańskiego.

2. Nie wykazano stymulującego wpływu osadu ściekowego na wielkość względnej zawartości chlorofilu w liściach ślazuwca pensylwańskiego.

3. Pod koniec okresu wegetacji osad ściekowy wpływał stymulująco na wydajność aparatu fotosyntetycznego ślazuwca pensylwańskiego określonego za pomocą puli zredukowanych plastochinonowych akceptorów elektronów (Area).

## Literatura

- AUGUSTYNOWICZ J., PIETKIEWICZ S., KALAJI M., RUSSEL S., 2008. Wpływ preparatów EM na wybrane parametry fizjologiczne i produkcję biomasy przez rośliny energetyczne na przykładzie słonecznika bulwiastego (topinambura). W: Wielokierunkowość badań w rolnictwie i leśnictwie. T. 2. UR, Kraków: 9-24.
- BĄCZAŁSKA D., 1998. Ocena możliwości składowania skratek pochodzących z Grupowej Oczyszczalni Ścieków we Włocławku na miejskim wysypisku komunalnym. W: Osady ściekowe w praktyce. Materiały Konferencji Naukowo-Technicznej, Częstochowa-Ustroń.
- BIEŃ J.B., 2002. Osady ściekowe. Teoria i praktyka. PCz, Częstochowa: 34-56.
- BORKOWSKA H., STYK B., 2003. Ślazuwiec pensylwański. W: Rośliny energetyczne. Red. B. Kościak. Wyd. AR, Lublin.
- BUNT J.S., ROVIRA A.D., 1955. Microbiological studies of some subantarctic soils. *J. Soil Sci.* 6, 1: 119-128.
- CLEMENT I.D., 1957. Studies in *Sida* (Malvaceae). *Contrib. Greg. Herb.* 180.
- DYREKTYWA 2001/77/EC Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 27 września 2001 r. w sprawie promocji energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych na wewnętrznym rynku energii elektrycznej. 2001. Dz.U. UE 27.10.2001, 283/33.
- GOSTKOWSKA K., SZWED A., FURCZAK J., IGLIK H., 1997. Zmiany ilościowe i jakościowe organizmów w glebie użytkowanej sadowniczo wzbogaconej odpadami organicznymi. W: Drobnoustroje w środowisku. Występowanie, aktywność i znaczenie. Red. W. Barabasz. Wyd. AR, Kraków: 181-194.
- KALAJI M.H., ŁOBODA T., 2007. Photosystem II of barley seedlings under cadmium and lead stress. *Plant Soil Environ.* 53: 511-516.
- KALAJI M.H., ŁOBODA T., 2009. Fluorescencja chlorofilu w badaniach stanu fizjologicznego roślin. Wyd. SGGW, Warszawa.
- KALAJI M.H., PIETKIEWICZ S., 2004. Some physiological indices to be exploited as a crucial tool in plant breeding. *Plant Breed. Seeds Sci.* 49: 19-39.
- KALAJI M.H., RUTKOWSKA A., 2004. Reakcje aparatu fotosyntetycznego siewek kukurydzy na stres solny. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 496: 545-558.
- KALAJI M.H., WOLEJKO E., ŁOBODA T., PIETKIEWICZ S., WYSZYŃSKI Z., 2004. Fluorescencja chlorofilu – nowe narzędzie do oceny fotosyntezy roślin jęczmienia, rosnących przy różnych dawkach azotu. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 496: 375-383.
- KARPOWICZ L., 1973. Słownik nazw roślin obcego pochodzenia. Wyd. UW, Warszawa.
- KRAUSE G.H., WEISS E., 1991. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 42: 313-349.
- KUCKENBERG J., TARTACHNYK I., NOGA G., 2009. Temporal and spatial changes of chlorophyll fluorescence as a basis for early and precise detection of leaf rust and powdery mildew infections in wheat leaves. *Precis. Agric.* 10: 34-44.
- MARTIN J.P., 1950. Use of acid rose bengale and streptomycin in the plate method for estimating soil fungi. *Soil Sci.* 6: 215-233.
- MURKOWSKI A., 2002. Oddziaływanie czynników stresowych na luminescencję chlorofilu w aparacie fotosyntetycznym roślin uprawnych. Monografia 61. Instytut Agrofizyki PAN, Lublin.
- PODBIELKOWSKI Z., 1974. Fitogeografia części świata. PWN, Warszawa.
- RUTKOWSKI L., 1998. Klucz do oznaczania roślin naczyniowych Polski niżowej. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- STRATEGIA ROZWOJU ENERGETYKI ODNAWIALNEJ. 2001. M.P. 25, poz. 365.
- USTAWA z dnia 26 lipca 2000 r. o nawozach i nawożeniu. 2000. Dz.U. 89, poz. 991.
- WOLNA-MARUWKA A., SAWICKA A., CZEKAŁA J., 2004. Wpływ nawożenia osadem ściekowym na rozwój drobnoustrojów w glebie pod uprawą gorczycy białej. *Pr. Kom. Nauk Roln. Kom. Nauk Leśn. PTPN* 97: 257-267.

Augustynowicz J., Pietkiewicz S., Kalaji M.H., Russel S., 2010. Wpływ nawożenia osadem ściekowym na wybrane parametry biologii gleby oraz wydajności aparatu fotosyntetycznego ślazuwca pensylwańskiego (*Sida hermaphrodita* (L.) Rusby). *Nauka Przyr. Technol.* 4, 6, #99.

---

WYSZKOWSKA J., KUCHARSKI J., JASTRZĘBSKA E., 2002. Wpływ osadów ściekowych na liczebność drobnoustrojów glebowych. W: *Rola drobnoustrojów w kształtowaniu środowiska. Materiały 37. Sympozjum Mikrobiologicznego UW-M, Olsztyn*. Red. J. Wyszowska, E. Jastrzębska. UW-M, Olsztyn: 119-120.

#### MICROBIOLOGICAL STATE OF SOIL AND EFFICIENCY OF PHOTOSYNTHETIC APPARATUS OF VIRGINIA MALLOW (*SIDA HERMAPHRODITA* (L.) RUSBY) FERTILIZED WITH SLUDGE OBTAINED FROM WASTEWATER TREATMENT STATIONS

**Summary.** Sludge utilization is a growing problem due to an increase of the amount of newly built wastewater treatment plants. It seems the most rational way to use this sludge is to utilize it in agricultural systems, which meets two goals simultaneously: plants (crops) use mineral nutrients from the sludge and purify sludge treated soil from heavy metals and other contaminations. The aim of the experiment was to investigate the effects of fertilization with sludge obtained from municipal wastewater treatment plant on chosen physiological parameters related to photosynthetic apparatus efficiency of Virginia mallow (*Sida hermaphrodita* (L.) Rusby) plant and on biology of soil. The experiment was conducted in 2007 at the Institute of Land Reclamation and Grassland (IMUZ) in a two factorial randomized blocks designed with 3 replicates. The experiment involved the following treatments: control without additional nitrogen fertilization and others with 0% and 100% share of nitrogen from a sludge within total rate 170 kg N/ha. Potassium fertilization was 240 kg/ha for each variant. Physiological analyses involving relative chlorophyll content and a pool of reduced plastoquinone electron acceptors (Area) were performed on three dates: July 2<sup>nd</sup> (initial growth phase), August 2<sup>nd</sup> (full growth stage) and October 17<sup>th</sup> (the final growth stage). In May, July and August there were determined microbiological parameters of soil: total number of bacteria and number of fungi. Our results showed that differentiated fertilization level did not affect the relative chlorophyll content in Virginia mallow leaves in the first and second period of vegetation. Stimulatory effect of sludge on efficiency of photosynthetic apparatus measured as Area index was found at the end of the vegetation period. Similar effect was observed in the case of microbiological state of soil fertilized with the sludge.

**Key words:** energetic plant, sewage sludge, Virginia mallow, chlorophyll, area, total number of bacteria, total number of fungi

*Adres do korespondencji – Corresponding address:*

Janusz Augustynowicz, Instytut Technologiczno-Przyrodniczy, Falenty, al. Hrabka 3, 05-090 Raszyn, Poland, e-mail: j.augustynowicz@itep.edu.pl

*Zaakceptowano do druku – Accepted for print:*

16.11.2010

*Do cytowania – For citation:*

Augustynowicz J., Pietkiewicz S., Kalaji M.H., Russel S., 2010. Wpływ nawożenia osadem ściekowym na wybrane parametry biologii gleby oraz wydajności aparatu fotosyntetycznego ślazuwca pensylwańskiego (*Sida hermaphrodita* (L.) Rusby). *Nauka Przyr. Technol.* 4, 6, #99.