

ZMIANY SKŁADU GATUNKOWEGO ROŚLIN PRZEZNACZONYCH NA CELE ENERGETYCZNE NA POLACH WYŁĄCZONYCH Z PRODUKCJI ROLNEJ NAWADNIANYCH ŚCIEKAMI*

Stanisław Włodek, Tomasz Sekutowski, Andrzej Biskupski¹
¹Institut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy
Zakład Herbologii i Technik Uprawy Roli

Janusz Smagacz
Zakład Systemów i Ekonomiki Produkcji Roślinnej

Katarzyna Pawęska
Instytut Inżynierii Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Streszczenie. W latach 2010-12 przeprowadzono doświadczenie z nawadnianiem pola wyłączzonego z produkcji rolnej. Nie użytkowane rolniczo grunty zostały zasiedlone samoistnie przez zbiorowisko roślin w którym przeważającą część stanowiła nawłóć (*Solidago*) – gatunek, który może być z powodzeniem wykorzystywany w agroenergetyce. Celem przeprowadzonego doświadczenia było zbadanie czy systematyczne wprowadzanie ścieków na odłóg w istotny sposób różnicuje skład florystyczny oraz biomasę gatunku dominującego – nawłoci. Na glebie płowej wytworzonej z piasku gliniastego, stosowano dwie dawki polewowe: 10 mm oraz 20 mm na poletkach o powierzchni 1m². Efekty nawadniania wstępnie oczyszczonymi ściekami bytowo-gospodarczymi porównywano z obiektem bez nawodnień (kontrola). W okresie wegetacyjnym, od maja do września zastosowano w sumie 21 dawek polewowych w odstępach 7 dniowych. Nawadnianie przyczyniło się do wzrostu liczby pędów nawłoci (obsady) na jednostce powierzchni. Obsada pozostałych gatunków porastających odłóg ulegała zmianom. Najliczniejsza grupa, do której należały następujące gatunki: *Agropyron repens*, *Rumex crispus*, *Taraxacum officinale*, *Artemisia vulgaris*, *Trifolium repens*, wyraźnie zwiększyła swoją obsadę pod wpływem stosowania nawadniania. Druga grupa, do której należały takie gatunki jak: *Poa pratensis*, *Calamagrostis epigejos*, *Tanacetum vulgare*, *Achillea millefolium*, zmniejszyła swoją obsadę. Dla dawek polewowych wynoszących 10 mm, zwiększenie liczby roślin gatunków reagujących pozytywnie na nawodnienia było mniejsze od spadku obsady roślin zmniejszających swoją obsadę. Inaczej sytuacja kształtowała się w przypadku dawek polewowych wynoszących 20 mm. Stąd ogólna liczba roślin nawadnianych dawkami 10 mm zmniejszyła się w porównaniu do obiektu kontrolnego, na-

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 2.6 w programie wieloletnim IUNG PIB

tomiast wzrosła na poletkach nawadnianych dawkami w wysokości 20 mm. Nawadnianie spowodowało istotny wzrost biomasy nawłoci jako gatunku dominującego w stosunku do biomasy pozostałych taksonów.

Słowa kluczowe: ścieki, odłóg, nawadnianie, nawłóć, biomasa

Wstęp

Ostatnie dziesięciolecie to okres dynamicznych zmian w wielu dziedzinach i gałęziach gospodarki. W rolnictwie zmiany relacji cen pomiędzy produktami rolnymi a środkami produkcji zmniejszyły opłacalność uprawy roślin, co w konsekwencji przyczyniło się do wyłączenia części gruntów z produkcji rolnej. Duże zmiany zaszły w infrastrukturze sanitarnej polskiej wsi. Nastąpił dynamiczny przyrost liczby gospodarstw domowych korzystających z wodociągów (Rocznik Statystyczny, 2011). Miał on wpływ na zwiększenie zużycia wody oraz ilości produkowanych ścieków, które stanowią poważny problem zwłaszcza w miejscowościach o rozproszonej zabudowie, gdyż doprowadzenie ich do zbiorczej oczyszczalni wymaga budowy rozległych i kosztownych sieci kanalizacyjnych. W ciągu kilkudziesięciu lat powstał bogaty dorobek dotyczący rolniczego wykorzystania ścieków do nawodnień (Boćko, 1970; Kutera, 1988; Paluch i in., 2006; Licznar, 2010; Strzelczyk i in., 2011). Z wielu powodów nie znalazł on dotychczas szerokiego zastosowania w praktyce. W związku z koniecznością ograniczenia emisji dwutlenku węgla do atmosfery obecnie istnieje duże zapotrzebowanie na energię pozyskiwaną z odnawialnych źródeł, równocześnie od dawna znane są rozwiązania techniczne umożliwiające korzystanie z tych zasobów (Włodek i in., 2004). Jednym z podstawowych źródeł energii odnawialnej w naszych warunkach glebowo-klimatycznych jest biomasa roślinna. Czynnikiem ograniczającym poziom plonowania roślin są niewłaściwe stosunki powietrzno wodne, przeważnie okresowe niedobory opadów oraz niska żyzność gleby. Wymienione mankamenty mogą być niwelowane przez nawadnianie ściekami, które uzupełnia niedobory wodne oraz wnosi składniki pokarmowe poprawiając żyzność gleby.

Celem pracy było określenie wpływu systematycznego nawodnienia ściekami odłogu na skład gatunkowy, plonowanie roślin oraz określenie ich przydatności do pozyskiwania energii.

Metodyka

Badania prowadzono w latach 2010-2012 w warunkach glebowo-klimatycznych Dolnego Śląska w miejscowości Biskupice Oławskie (N:50° 59'49"; E:17° 39'50"), położonej przy granicy z województwem opolskim. W jednoczynnikowym doświadczeniu założonym na glebie płowej wytworzonej z piasku gliniastego, porównywano następujące warianty:

- A – kontrola bez nawadniania,
- B – nawadnianie dawką 10 mm,
- C – nawadnianie dawką 20 mm.

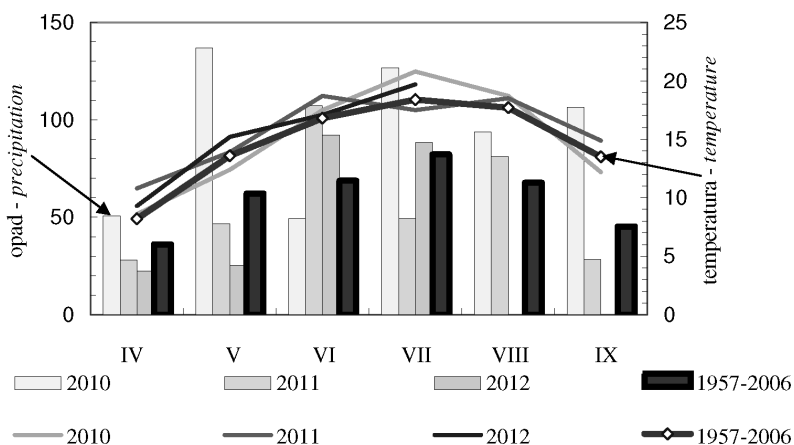
Doświadczenie założono w czterech powtórzeniach na poletkach o wymiarach 1 x 1 m, w warunkach spełniających wymogi zapewniające ochronę wód gruntowych przed zanieczyszczeniem (Rozporządzenie Ministra Środowiska, 2006). Obrzeża nawadnianych pole-

tek otoczono krawężnikami z folii zabezpieczającymi poletka przed spływami wody. Nawadnianie prowadzono systematycznie w odstępach siedmiodniowych. W sezonie wegetacyjnym w okresie od maja do września 2010 i 2011 roku wprowadzono na powierzchnię poletek przewidziane w schemacie dawki wstępnie oczyszczonych ścieków. W sumie przeprowadzono 21 nawodnień. W roku 2012 od maja do lipca poletka nawadniano 12 razy. W pobliżu doświadczenia mierzono sumę dobową opadów. Natomiast przy opracowaniu wyników korzystano ze średnich dobowych temperatur powietrza notowanych w odległości około 14 km od doświadczenia na posterunku meteorologicznym położonym w SD IUNG-PIB w Jelczu Laskowicach.

W sezonie wegetacyjnym prowadzono obserwacje stanu roślin oraz dokonano oceny stopnia pokrycia poletek poszczególnymi gatunkami, metodą ilościową podając gatunek i liczbę w szt. m² (Domaradzki i in. 2001). Po zbiorze oznaczono plon roślin oraz zawartość w nim nawłoci, określono wartość opalową biomasy roślin oraz przeprowadzono próbę wytwarzania pelet. Dla plonu roślin obliczono NIR_(0,05) przy pomocy analizy wariancji programem Anovan.

Wyniki badań

Warunki atmosferyczne w sezonach wegetacyjnych lat 2010-2012 znacznie odbiegały od przeciętnych występujących w wieloleciu 1956–2005 (rys. 1). W przeważającej liczbie miesięcy średnie temperatury powietrza były wyższe od średnich wieloletnich. Bardziej zróżnicowane były opady. W roku 2010 suma opadów atmosferycznych znacznie przewyższała średnią wieloletnią. Natomiast w latach 2011 i 2012 opady były zbliżone do przeciętnych.



Rysunek 1. Średnie miesięczne sumy opadów i temperatury powietrza w latach 2010-2012 oraz we wieloleciu 1957-2006

Figure 1. Average monthly precipitation sums and air temperature in 2010-2012 and for period of 1957-2006

Systematyczne, cotygodniowe wprowadzanie ścieków na odłóg w okresie wegetacji dostarczyło w latach 2010 i 2011 w zależności od dawki polewowej 210 i 420 mm wody. W roku 2012, w którym nawadnianie zakończono pod koniec lipca, dostarczono w sumie 120 i 240 mm wody na poletko o powierzchni 1 m². W porównaniu z ilością opadów atmosferycznych była to znacząca ilość wody dorównująca w niektórych miesiącach sumie miesięcznej opadów. Pomimo okresowych obfitych opadów, przekraczających znacznie średnie z wielolecia, w żadnym czasie nie zaobserwowano wśród roślin objawów świadczących o nadmiarze wody. Kilkakrotnie terminy systematycznych nawodnień wypadły bezpośrednio po intensywnych opadach, rzędu 20-30 mm na dobę, pomimo to nie było problemów z wsiąkaniem wody w glebę. Dawka polewowa 10 mm wsiąkała do gleby w ciągu kilku minut. Podobnie było z drugą dawką polewową stosowaną po upływie kilkunastu minut na poletkach z 20 mm normą nawodnienia.

W pierwszym roku prowadzenia doświadczenia wśród roślin porastających odłóg dominowały pod względem liczebności trzy gatunki: nawłóć (*Solidago sp.*), perz właściwy (*Agropyron repens*) oraz wiechlina łąkowa (*Poa pratensis*), których obsada liczyła odpowiednio 80, 70 i 60 szt·m⁻² (tab. 1). W tym przypadku zostało potwierdzone spostrzeżenie Roli J. i Roli H. (2010), którzy zauważają, że grunty wyłączone z produkcji rolnej zasiedlane są w krótkim czasie nawłocią, która według wymienionych autorów stanowi biowskaźnik występowania odłogów. Mniej liczną grupę stanowiły takie gatunki jak: trzcinnik piaskowy (*Calamagrostis epigejos*), ostrożeń polny (*Cirsium arvense*) i wrotycz pospolity (*Tanacetum vulgare*). Natomiast pozostałe gatunki, których liczebność na 1 m² nie przekraczała 10 sztuk, zostały określone jako towarzyszące.

Nawadnianie ściekami wpłynęło w znaczący sposób na liczebność roślin porastających odłóg. Wśród gatunków najliczniej porastających odłóg najbardziej na nawadnianie ściekami zareagował perz właściwy (*A. repens*). W pierwszym roku liczebność tego gatunku na obiekcie nawadnianym dawkami 10 mm wzrosła o około 50% a dawką 20 mm ponad 100%. Podobnie było w latach następnych, przy czym w roku 2012 na poletkach nawadnianych dawką 20 mm liczebność roślin była trzykrotnie większa niż na kontroli bez nawadniania. Również nawłóć (*Solidago sp.*) w latach 2010 i 2011 zwiększyła swoją liczebność na skutek nawadniania, jednak w tym przypadku różnice nie były tak duże. W trzecim roku zaobserwowano nieznaczny spadek liczby roślin nawłoci na poletkach nawadnianych, jednak wyraźnie dało się zauważyć że nawadniane rośliny zwiększyły swoją biomasa (były większe i dorodniejsze).

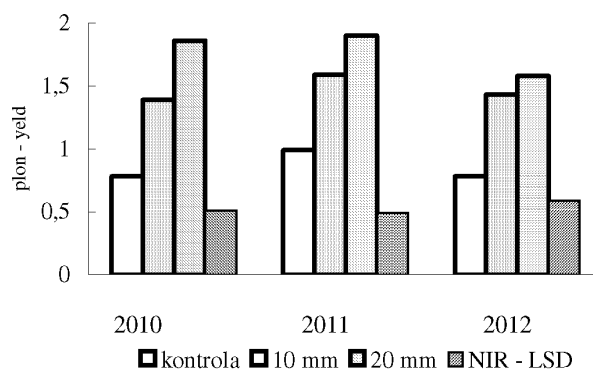
W grupie roślin licznie zasiedlających odłóg wyraźnie zmniejszyła obsadę wiechlina łąkowa (*P. pratensis*). Podobnie na nawadnianie ściekami zareagowały takie gatunki jak: trzcinnik piaskowy (*C. epigejos*), wrotycz pospolity (*T. vulgare*) oraz krwawnik pospolity (*A. millefolium*). W pierwszych dwóch latach bardzo mocno na nawadnianie zareagowały szczaw kędzierzawy (*R. crispus*) oraz koniczyna biała (*T. repens*), zwiększając kilkakrotnie obsadę. Wymienione gatunki w trzecim roku wypadły ze zbiorowiska roślin nie nawadnianych oraz wyraźnie ograniczyły liczebność na pozostałych obiektach. Przyczyną takich zmian mógł być nietypowy przebieg pogody w okresie zimowym, w którym występowały okresowe, kilkunastodniowe ocieplenia i ochłodzenia. Średnia dobową temperatura powietrza wahała się od plus 9,5 do minus 11,5°C. W trzecim roku na poletkach doświadczalnych, niezależnie od dawki polewowej, pojawiła się pokrzywa zwyczajna (*U. Dioica*). Na obiekcie nie nawadnianym 3 sztuki na jednostce powierzchni, na nawadnianych dawkami 10 i 20 mm odpowiednio 12 i 16 roślin omawianego gatunku (tab. 1).

Tabela 1
 Wykaz gatunków występujących na odłogu nawadnianym ściekami (szt. m⁻²)
 Table 1
 List of species occurring in the fallow irrigated with sewage (pcs. m⁻²)

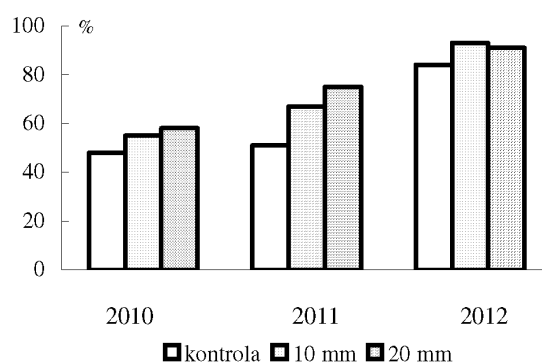
Wyszczególnienie, Specification	Lata, Years								
	2010			2011			2012		
	Dawki nawodnieniowe (mm) Irrigation dose (mm)								
	0	10	20	0	10	20	0	10	20
Nawłóć <i>Solidago sp.</i>	80	96	103	209	262	235	205	191	183
Perz właściwy <i>Agropyron repens</i>	70	110	150	68	109	166	57	105	177
Szczaw kędzierzawy <i>Rumex crispus</i>	5	20	30	3	22	35	-	12	10
Mniszek pospolity <i>Taraxacum officinale</i>	3	10	10	4	11	12	6	-	-
Bylica pospolita <i>Artemisia vulgaris</i>	10	10	20	11	12	19	24	12	16
Koniczyna biała <i>Trifolium repens</i>	5	10	15	5	11	18	-	2	4
Wiechlina łąkowa <i>Poa pratensis</i>	60	40	50	57	38	42	44	19	12
Trzcinnik piaskowy <i>Calamagrostis epigejos</i>	30	10	10	32	8	5	29	8	-
Ostrożeń polny <i>Cirsium arvense</i>	30	-	-	15	-	-	-	-	-
Wrotycz pospolity <i>Tanacetum vulgare</i>	30	5	3	27	1	1	8	-	-
Krwawnik pospolity <i>Achillea millefolium</i>	10	3	2	7	3	3	10	5	2
Koniczyna polna <i>Trifolium arvense</i>	5	-	-	1	-	-	-	-	-
Mleczeń polny <i>Sonchus arvensis</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Dziurawiec zwyczajny <i>Hypericum perforatum</i>	2	1	1	1	2	-	-	-	-
Skrzyp polny <i>Equisetum arvense</i>	2	1	1	2	1	-	4	2	-
Pokrzywa zwyczajna <i>Urtica dioica</i>	-	-	-	-	-	-	3	12	16
Suma	343	316	395	442	480	536	390	368	420

Wprowadzanie ścieków na kilkuletni odłóg w istotny sposób zwiększyło plon biomasy roślin (rys. 2). Z poletek nie nawadnianych w okresie badań uzyskiwano plon w granicach 0,8 do 1,0 kg·m⁻², natomiast na nawadnianych dawką 10 mm od 1,4 do 1,6 kg·m⁻². Zwięk-

szczenie dawki polewowej do 20 mm spowodowało wzrost plonu o $0,5 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ w pierwszym roku oraz w następnych latach odpowiednio o $0,3$ i $0,2 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$. W okresie badań nastąpił wzrost udziału nawłoci (*Solidago sp.*) w ogólnej masie plonu zarówno z upływem lat jak i na skutek nawadniania (rys. 3).



Rysunek 2. Wpływ nawadniania na plon biomasy roślin ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ s.m.)
Figure 2. The effect of irrigation on the plant biomass yield ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ d.m.)



Rysunek 3. Udział nawłoci (*Solidago sp.*) w całkowitej masie plonu (%).
Figure 3. Contribution of goldenrod (*Solidago sp.*) in the total weight yield (%)

Stosowanie ścieków do nawodnień roślin uprawnych często budzi obawy o możliwość zakażenia bakteriami chorobotwórczymi. W przypadku wykorzystania roślin na cele energetyczne takie zagrożenie nie występuje. Przy odpowiednio dobranej dawce polewowej również nie ma obawy o możliwość zanieczyszczenia wód gruntowych składnikami pokarmowymi zawartymi w ściekach. Na podstawie badań prowadzonych przez Nowaka i Kuczewskiego (2002) w miejscowości Brzeźno (N:51° 21'45", E:16° 52'18") stwierdzo-

no, że nawadnianie gleby wstępnie oczyszczonymi ściekami nie wpływa na jakość odcieków odprowadzanych z użytkowanego w ten sposób terenu. Na wymienionym obiekcie w okresie wegetacji stosowano w odstępach 22 dni kilkakrotnie większe dawki polewowe wynoszące około 100 mm, natomiast w okresie zimowym zmniejszono je o połowę. O znikomym zagrożeniu przedostania się zanieczyszczeń ze ścieków do wód gruntowych świadczą badania modelowe przeprowadzone w warunkach laboratoryjnych na sztucznym profilu gleby piaskowej (Baranowski i Włodek, 1976). Dawki wody 10 i 30 mm wprowadzone na powierzchnię gleby wyraźnie zwiększały zawartość wody jedynie w wierzchniej warstwie profilu. Na głębokość 55 cm docierała niewielka ilość wody powodująca nieznaczny, kilkuprocentowy wzrost wilgotności gleby. W warunkach połowych zasięg frontu zwilżania był z pewnością znacznie mniejszy, ze względu na parowanie i ewapotranspirację.

Wartość opałowa biomasy roślinnej zebranej z odłogu wynosiła $15,3 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ i była porównywalna z wartością opałową słomy. Użycie wymienionej biomasy do pilotażowej produkcji pelet dało pozytywny rezultat. Uzyskany produkt nie różnił się zasadniczo od wyprodukowanego ze słomy zbożowej. Do próby wytwarzania pelet użyto zrolowaną w balot biomasę uzyskaną ze ściętych wiosną roślin pokrywających wieloletni odłóg, na którym gatunkiem dominującym była nawłóć. Niewątpliwą zaletą zbieranej z odłogu biomasy była możliwość uzyskania surowca roślinnego o niskiej zawartości wody. Aby taki efekt osiągnąć, zbiór roślin należy przeprowadzić najlepiej wiosną, w terminie poprzedzonym okresem bezopadowym. Zbliżone efekty można uzyskać zimą, po okresie charakteryzującym się mroźnym i suchym powietrzem (Biskupski i in., 2012).

Wnioski

1. Odłogi mogą być miejscem wykorzystania ścieków do nawodnień roślin wytwarzających biomasę nadającą się do pozyskiwania energii.
2. Zachodzące na skutek nawodnień zmiany w składzie gatunkowym roślinności pokrywającej odłóg są korzystne, oceniając je pod kątem przydatności do produkcji pelet jako nośnika energii.
3. Mając na uwadze działania zmierzające do ograniczenia rozprzestrzeniania się nawłóci celowym byłoby sprawdzenie możliwości dwukrotnego zbioru roślin w okresie wegetacyjnym, nie dopuszczając roślin do wydania nasion. Uzyskaną w ten sposób biomasę o dużej zawartości wody należałoby przetestować pod kątem przydatności do produkcji biogazu – perspektywicznego źródła energii odnawialnej.

Literatura

- Baranowski, R.; Wołek, S. (1976). *Modelowe badania infiltracji wody w profilu gleby piaskowej. Pam. Puł.*, z.66, 33-43.
- Biskupski, A.; Rola, J.; Sekutowski, T.; Kaus, A.; Wołek, S. (2012). Wstępne wyniki dotyczące technologii zbioru biomasy *Solidago sp.* i jej przetwarzania do celów opałowych. *Zesz. Nauk. UP Wrocław* nr 584, 7-15.
- Boćko, J. (1970). Pola nawadniane jako oczyszczalnie ścieków. *Gosp. Wod.* 8/9, 312-314.
- Domaradzki, K.; Badowski, M.; Filipiak, K.; Franek, M.; Gołębiowska, H.; Kieloch, R.; Kucharski, M.; Rola, H.; Rola, J.; Sadowski, J.; Sekutowski, T.; Zawerbny, T. (2001). *Metodyka Doświadczeń Biologicznej Oceny Herbicydów, Bioregulatorów i Adiuwantów. Cz. 1. Doświadczenia Polowe.* Wyd. IUNG Puławy, 167.
- Kutera, J. (1988). *Wykorzystanie ścieków w rolnictwie.* PWRiL Warszawa. 509 ss ISBN 83-09-01222-5.
- Licznar, M.; Drozd, J.; Licznar, S. E.; Weber, J.; Bekier, J.; Tyszka, R.; Walenczak, K.; Szadorski, J.; Pora, E. (2010). Wpływ wieloletniego stosowania ścieków komunalnych na wybrane właściwości gleb pól irygacyjnych. *Woda – Środowisko – Obszary Wiejskie t.10, z.3 (31)*, 129-137.
- Licznar, M.; Drozd, J.; Licznar, S.E.; Weber, J.; Bekier, J.; Tyszka, R.; Walenczak, K.; Szadorski, J.; Pora, E. (2010). Wpływ wieloletniego stosowania ścieków komunalnych na wybrane właściwości gleb pól irygacyjnych. *Woda – Środowisko – Obszary Wiejskie t.10, z.3 (31)*, 129-137.
- Nowak, I.; Kuczewski, K. (2002). *Oczyszczanie ścieków bytowo-gospodarczych w oczyszczalni roślino-glebowej.* Wyd. Akademii Rolniczej we Wrocławiu, 92. ISBN 83-87866-84-9.
- Paluch, J.; Paruch, A.; Pulikowski, K. (2006). *Przyrodnicze wykorzystanie ścieków i osadów.* Akademia Rolnicza Wrocław. ss.129.
- Rola J.; Rola H. (2010). *Solidago spp.* biowskaźnikiem występowania odłogów na gruntach rolnych. *Fragm. Agron.* 27(3) 2010, 122-131.
- Strzelezyk, M. (2011). Wstępne wyniki badań redukcji ładunku zanieczyszczeń w ściekach wiejskich wykorzystywanych do nawadniania roślin energetycznych. *Nauka Przym. Technol. tom 5*, zeszyt 4, ISSN 1897-7820.
- Wołek, S.; Biskupski, A.; Pabin, J. (2004). Techniczne możliwości pozyskiwania energii z biomasy. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Opolskiego. Nauki techniczne 21*, 213-217.
- Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej 2010. Główny Urząd Statystyczny.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 r w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego. Dz. U. Nr 137, poz. 984.

CHANGES IN SPECIES COMPOSITION OF PLANTS USED FOR ENERGY PURPOSES IN THE FALLOW IRRIGATED WITH SEWAGE

Abstract. In 2010-12 research related to irrigation of fallows was carried out. Fallows were spontaneously settled by plants which mainly consisted of goldenrods (*Solidago sp.*) – a species which can be successfully used in agro-energy. The objective of the conducted research was to verify if sewage systematically delivered to a fallow fundamentally differentiates the floristic composition and biomass of the dominant species – goldenrod. Two irrigation rates: 10 mm and 20 mm on the patches of 1m² each were applied on the fawn soil formed by clay sand. The effects of irrigation with initially purified sewage were compared to the object without irrigation (control). In the vegetative season, from May to September, 21 irrigation rates of sewage in total were applied with 7 days intervals. The irrigation contributed to the increase of the goldenrod shoots number (plants) on the area unit. The rest of species covering the fallow changed. The biggest group with the following species: *Agropyron repens*, *Rumex crispus*, *Taraxacum officinale*, *Artemisia vulgaris*, *Trifolium repens*, significantly increased its plants number due to irrigation. However, the second group with such species as: *Poa pratensis*, *Calamagrostis epigejos*, *Tanacetum vulgare*, *Achillea millefolium*, decreased its plants number. For the irrigation doses of 10 mm, the increase of the number of plants of species reacting positively to irrigation was lower than the decrease of plants which decreased its number of plants. The situation connected with doses of 20 mm irrigation was different. Hence, the total number of plants irrigated with doses of 10 mm diminished comparing to the control object, however, it increased on the patches irrigated with 20 mm doses. The irrigation caused significant increase of the goldenrod biomass as a dominant species in relation to the biomass of other taxons.

Key words: wastewater, fallow, irrigation, goldenrod, biomass

Adres do korespondencji:

Stanisław Włodek; e-mail: s.wlodek@iung.wroclaw.pl
Zakład Herbologii i Technik Uprawy Roli
Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa
Państwowy Instytut Badawczy
ul. Orzechowa 61
50-540 Wrocław