

Wpłynęło 31.01.2012 r.
Zrecenzowano 15.02.2012 r.
Zaakceptowano 27.02.2012 r.

A – koncepcja
B – zestawienie danych
C – analizy statystyczne
D – interpretacja wyników
E – przygotowanie maszynopisu
F – przegląd literatury

Możliwość wykorzystania jarych roślin oleistych w procesie rekultywacji terenów kopalnianych

Krzysztof KLIMONT¹⁾ BCDE,
Zofia BULIŃSKA-RADOMSKA¹⁾ A, Henryk WOŚ²⁾ F

¹⁾ Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – PIB w Radzikowie
Krajowe Centrum Roślinnych Zasobów Cenowych

²⁾ Hodowla Roślin Strzelce Sp. z o.o., Grupa IHAR

Streszczenie

W latach 2007–2010 badano możliwość wykorzystania jarych roślin oleistych do rekultywacji wapna poflotacyjnego, użyźnionego osadami ścieków komunalnych na poeksploatacyjnym terenie Kopalni Siarki „Jeziórko”. Wapno nawieziono osadami ściekowymi w dawce $500 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Co roku wiosną stosowano także nawożenie mineralne (w $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$): N – 70, P – 32,7 i K – 83. Oceniano 5 gatunków roślin oleistych: rzepak jary (*Brassica napus* L. ssp. *oleifera* Metzg), gorczyca jasna (*Sinapis alba* L.), słonecznik zwyczajny oleisty (*Helianthus annuus* L.), len zwyczajny oleisty (*Linum usitatissimum* L.) i lniankę siewną jarą (*Camelina sativa* (L.) Crantz). Badano wschody, plon nasion, fazy rozwojowe, wysokość roślin i ich wyleganie oraz przydatność roślin oleistych do rekultywacji wapna poflotacyjnego przez ocenę ich bujności. Wykazano przydatność rzepaku jarego i gorczycy białej ze względu na bardzo dobre i wyrównane wschody nasion, odporność na niedobór wody i zaskorupianie się podłoża, małą skłonność do wylegania i dość dobry plon nasion. Rośliny słonecznika bardzo dobrze rozwijały się na bezglebowym podłożu, tworząc zwarte, bujne, wyrównane łany i były odporne na suszę. Testowane odmiany lnu wykazywały bardzo dobre wschody nasion, intensywny i wyrównany wzrost oraz trwałość i bujność podczas letnich upałów i długotrwałej suszy. Lnianka siewna rozwijała się nieco słabiej, wykazała się mniej dynamicznym wzrostem i przez to skłonnością do zachwaszczania się, a także nieznacznie niższym wskaźnikiem bujności roślin w warunkach długotrwałego niedoboru wody ze względu na słabiej rozwinięty system korzeniowy w stosunku do pozostałych badanych taksonów. Osady ściekowe wraz z porastającą roślinnością wpływają korzystnie na kształtowanie się chemicznych właściwości wapna poflotacyjnego, zwiększenie zawartości substancji organicznej oraz przyswajalnych składników pokarmowych: P, K i Mg.

Słowa kluczowe: wapno poflotacyjne, osady ściekowe, rekultywacja, jare rośliny oleiste, proces glebotwórczy



Wstęp

Właściwości fizyczne i chemiczne bezglebowego gruntu wapna poflotacyjnego sprawiają, że nie jest ono dobrym podłożem do szybkiego wznowienia życia biologicznego i procesów glebotwórczych, jednak wprowadzenie do niego osadów ścieków komunalnych i odtworzenie szaty roślinnej dynamizuje te procesy [KLIMONT i in. 2002; SIUTA 2004]. Pierwszorzędного znaczenia nabiera zatem dobór odpowiednich gatunków roślin użytkowych do rekultywacji tych terenów [GÓRAL 2001]. Wyniki badań prowadzonych przez SIUTĘ i in. [1996] wykazały, że kupkówka pospolita (*Dactylis glomerata* L.) i lucerna mieszańcowa (*Medicago media* Pers.) należą do gatunków najbardziej przydatnych do rekultywacji bezglebowego gruntu wapna poflotacyjnego wzbogaconego osadem ściekowym. Z kolei prace KLIMONTA [2007a] wskazują, że do tych gatunków należą również m.in. kostrzewa trzcinowa (*Festuca arundinacea* Schreb.), topinambur – słonecznik bulwiasty (*Helianthus tuberosus* L.), trzcinnik piaszkowy (*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth), rdest ostrokończysty (*Polygonum cuspidatum* Sieb. et Zucc.), spartina sercowata (*Spartina pectinata* Link.) i sylfia przerośnięta (*Sylphium perfoliatum* L.). Według innych doniesień KLIMONTA [2007b] oraz KLIMONTA i BULIŃSKIEJ-RADOMSKIEJ [2010], również wybrane gatunki roślin miododajnych okazały się przydatne do rekultywacji terenów pokopalnianych, a wśród nich rośliny oleiste – gorczyca jasna (*Sinapis alba* L.) i rzepak jary (*Brassica napus* L. ssp. *oleifera* Metzg.). Z roślin oleistych najbardziej polecana do rekultywacji jest lnianka siewna (*Amelina sativa* (L.) Crantz) ze względu na małe wymagania glebowe i wodne oraz odporność na choroby i szkodniki. Również gorczyca jasna (*Sinapis alba* L.) dobrze znosi gorsze gleby, ale jest wrażliwa na niskie pH. Z kolei len zwyczajny oleisty (*Linum usitatissimum* L.) wymaga raczej gleb żyznych, ale rozwija się dobrze także na glebach gorszych i w kulturze o pH co najmniej obojętnym [ZAJĄC 2004].

Celem przeprowadzonych badań była ocena wykorzystania jarych roślin oleistych do rekultywacji bezglebowego podłoża wapna poflotacyjnego, użyźnionego osadem ściekowym na powierzchni po otworowej eksploatacji siarki.

Materiał i metody badań

Badania prowadzono na terenie poeksploatacyjnym Kopalni Siarki „Jeziórko” koło Tarnobrzega, pokrytym wapnem poflotacyjnym, które jest odpadem poprodukcyjnym z pobliskiej Kopalni Siarki „Machów”, transportowanym z użyciem hydrotransportu. Zdeponowane na powierzchni ok. 50 ha odpady miały średnio 1,5 m miąższości (od 1 do 6 m). Według GOŁDY [2007], wapno poflotacyjne można uznać za gliny średnie pylaste o pH ok. 7,3, zawierające następujące frakcje: piasek – 39%, pył – 27% i części spławialne – 34% (w tym 7% iltu koloidalnego). Wiosną 2002 r. grunty te użyźniono powierzchniowo osadami ścieków komunalnych w dawce 500 m³·ha⁻¹ i wymieszano z nimi dokładnie ciężką broną talerzową. Zastosowane partie osadów ściekowych zostały przebadane przez Sanepid pod względem chemicznej, bakteriologicznej i parazytologicznej zgodności z obowiązującymi przepisami i mogły zostać wykorzystane rolniczo [KLIMONT 2011]. Następnie zastosowano nawożenie mineralne (w kg·ha⁻¹): N – 70, P – 32,7

i K – 83. Na tak przygotowane podłoże wysiano mieszankę traw z roślinami motylkowatymi: kostrzewa łąkowa (*Festuca pratensis* Huds.), życica trwała (*Lolium perenne* L.), koniczyna łąkowa (*Trifolium pratense* L.), lucerna mieszańcowa (*Medicago media* Pers.). Każdego roku wyrosłą runę zbierano poprzez wykaszanie kosiarką rotacyjną. Jesienią 2006 r. po uprzednim wykoszeniu runi zastosowano glebogryzarkę, likwidując zadarnienie (głębokość 12 cm), a przed zimą kultywator o łapach sztywnych – gruber (głębokość pracy ok. 15 cm). Wiosną 2007 r. wyrównano powierzchnię ciężką broną zębową, a następnie broną lekką oraz ręcznie wysiano nawozy mineralne w dawce (w $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$): N – 68, P – 13,1 i K – 68,9. Na tak przygotowanej powierzchni założono 8 doświadczeń, każde o powierzchni 50 m^2 , na których wysiano nasiona 5 gatunków roślin oleistych: rzepaku jarego (*Brassica napus* L. ssp. *oleifera* Metzg) odm. Heros, gorczycy jasnej (*Sinapis alba* L.) odm. Borowska, słonecznika zwyczajnego oleistego (*Helianthus annuus* L.) odm. Wielkopolski i Lech, lnu zwyczajnego oleistego (*Linum usitatissimum* L.) odm. Szafir, Oliwin i Jantarol, lnianki siewnej jarej (*Camelina sativa* (L.) Crantz) odm. Borowska. Nasiona badanych roślin wysiewano w rzędy w terminach 26.04.2007 r., 10.04.2008 r., 17.04.2009 r. i 22.04.2010 r. (rzepak, gorczyca, lnianka i len), a słonecznika w podanych latach o tydzień później. Co roku pobierano cztery próby w celu określenia wartości każdej cechy badanych gatunków i odmian. Badano wschody polowe po miesiącu od daty wysiewu, plon nasion w warunkach wilgotności 12%, wysokość roślin przez określenie wartości tej cechy przed zbiorem na 10 wybranych roślinach w próbie, wyleganie w 9-stopniowej skali według „Listy opisowej odmian” [COBORU 2007], fazy rozwojowe oraz przydatność badanych gatunków i odmian do rekultywacji wapna poprzez ocenę ich bujności w 10-stopniowej skali według GÓRALA [GÓRAL, ROLA 2001]. Glebotwórcze oddziaływanie roślin oleistych na wapno określano, oznaczając zawartość materii organicznej i składników pokarmowych: P, K i Mg oraz wartość pH w poziomie organiczno-próchnicznym wapna, na którym uprawiane były rośliny oleiste. Wariant kontrolny stanowiło wapno poflotacyjne bez nawożenia osadami ściekowymi i nawozami mineralnymi oraz nieporośnięte żadnymi roślinami.

Obliczeń statystycznych dokonano metodą analizy wariancji przez syntezę z lat badań, a różnice między średnimi dla odmian słonecznika zwyczajnego i lnu zwyczajnego oceniono testem Tukeya ($\text{NIR}\alpha = 0,05$).

Wyniki badań i dyskusja

Przebieg pogody w latach badań był zróżnicowany (tab. 1) i wpływał na wzrost i rozwój ocenianych gatunków roślin oleistych. Pierwszy rok badań (2007) był dostatecznie obfity w opady, mimo niedoborów w miesiącach wiosennych. Korzystne warunki do wegetacji roślin wystąpiły w ciepłym i obfitym w opady 2008 r., natomiast trzeci rok badań (2009) był chłodny późną wiosną, upalny latem, szczególnie w pierwszej połowie lipca, gdy średnia dobowa temperatura przez kilka kolejnych dni przekraczała 25°C , był jednocześnie bardzo obfity w opady w drugiej połowie września, październiku i listopadzie, co umożliwiło dostateczne uwil-

Tabela 1. Suma opadów miesięcznych ΣP oraz średnia miesięczna temperatura powietrza T w latach 2007–2010Table 1. Monthly rainfall total ΣP and mean air temperature T in years 2007–2010

Miesiąc Month	Lata Years							
	2007		2008		2009		2010	
	ΣP [mm]	T [°C]	ΣP [mm]	T [°C]	ΣP [mm]	T [°C]	ΣP [mm]	T [°C]
Styczeń January	48,0	2,7	29,4	0,4	18,9	-2,8	23,8	-7,6
Luty February	22,1	-0,2	11,7	2,3	18,4	-0,8	29,2	-1,8
Marzec March	26,5	6,8	45,8	3,8	66,4	2,2	16,6	3,6
Kwiecień April	19,6	9,6	59,0	9,4	7,6	11,6	34,1	9,4
Maj May	32,4	15,9	74,3	13,5	72,6	13,7	168,4	14,0
Czerwiec June	53,4	19,0	29,4	18,2	89,2	16,4	44,8	17,8
Lipiec July	103,8	19,4	99,4	18,8	71,7	20,0	125,7	21,2
Sierpień August	58,3	19,2	31,0	18,9	57,8	18,7	106,1	19,5
Wrzesień September	106,8	12,9	83,3	12,7	44,7	15,5	88,9	12,3
Październik October	31,3	8,1	36,8	9,8	101,2	7,3	9,2	5,6
Listopad November	20,6	1,0	19,2	5,0	48,7	5,4	48,2	6,5
Grudzień December	10,1	-1,3	37,1	0,9	49,7	-1,1	34,3	-4,7
Suma/średnia Sum/average	532,9	9,4	556,4	9,5	646,9	8,8	729,3	8,0

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMiGW-PIB [2007–2010].

Source: own elaboration based on Institute of Meteorology and Water Management – National Research Institute [IMiGW 2007–2010] data.

gotnienie podłoża i stworzyło korzystne warunki do wzrostu i rozwoju roślin w 2010 r. Z kolei czwarty, ostatni rok (2010) charakteryzował się ciepłą, obfitą w opady wiosną oraz deszczowym i ciepłym latem, co sprzyjało wegetacji roślin i uzyskaniu dużych plonów nasion.

Wyniki czteroletnich badań, podjętych w związku z oceną możliwości uprawy i przydatności wybranych gatunków roślin oleistych do rekultywacji wapna poflotacyjnego użyźnionego osadem ściekowym, wskazują, że wschody polowe były bardzo dobre i dobre, w miarę wyrównane, mało zróżnicowane między badanymi odmianami w obrębie gatunku i między gatunkami (tab. 2, 3). Najlepiej wschodziły nasiona gorczycy jasnej (*Sinapis alba* L.) i rzepaku jarego (*Brassica napus* L. ssp. *oleifera* Metzg), nieco gorzej lnu zwyczajnego oleistego (*Linum usitatissimum* L.) w kolejności odmian: Szafir, Jantarol, Oliwin, następnie słonecznika zwyczajnego oleistego (*Helianthus annuus* L.) odm. Lech i Wielkopolski, a naj słabiej lnianki siewnej jarej (*Camelina sativa* (L.) Crantz). Rozpatrując wschody polowe nasion badanych gatunków i odmian w latach badań, odnotowano, że naj słabsze były w 2009 r. ze względu na niedostateczne opady lub ich brak w kwietniu, to jest w okresie siewów, natomiast w latach 2007 i 2008 były zdecydowanie lepsze, a najlepsze w 2010 r. ze względu na bardzo korzystne warunki agrometeorologiczne (tab. 4).

Tabela 2. Plon nasion oraz wybrane cechy rolniczo-użytkowe gatunków i odmian roślin z rodziny kapustowatych (*Brassicaceae*), rosnących na bezglebowym podłożu wapna poflotacyjnego, użyźnionego osadem ściekowym w dawce $500 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ (2007–2010)

Table 2. Yield of seeds and selected usable agricultural features of *Brassicaceae* family species and cultivars grown on soilless ground of post-flotation lime fertilized with sewage sludge at a rate of $500 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ (2007–2010)

Gatunek rośliny (odmiana) Species (cultivar)	Cecha Trait				
	wschody polowe seedlings [%]	plon nasion seed yield [t·ha ⁻¹]	wysokość roślin height of plants [cm]	wyleganie lodging [1–9°]	bujność roślin plant luxuriance [0–9°]
Rzepak jary Spring rape (Heros)	95,5	1,67	101,0	7,8 ¹⁾	8,2
Gorczyca jasna White mustard (Borowska)	98,0	1,73	89,2	8,1	8,5
Lnianka siewna False flax (Borowska)	78,8	1,52	57,2	6,0	7,8

¹⁾ Wyleganie rzepaku określa się w % – miarą jest ugięcie łanu roślin, określone przez porównanie wysokości łanu roślin przed zbiorem do wysokości roślin $\times 100$.

¹⁾ Field deflection is an evaluation test for lodging of oilseed rape (determined by the ratio of plant canopy height before harvest to the plant height $\times 100$).

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

Tabela 3. Plon nasion oraz wybrane cechy rolniczo-użytkowe odmian słonecznika zwyczajnego oleistego (*Helianthus annuus* L.) i lnu zwyczajnego (*Linum usitatissimum* L.), rosnących na bezglebowym podłożu wapna poflotacyjnego, użyźnionego osadem ściekowym w dawce $500 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ (2007–2010)

Table 3. Yield of seeds and selected usable agricultural traits of oilseed sunflower (*Helianthus annuus* L.) and oilseed flax (*Linum usitatissimum* L.) cultivars growing on soilless ground of post-flotation lime fertilized with $500 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ sewage sludge (2007–2010)

Odmiana Cultivar	Cecha Trait				
	wschody polowe seedlings [%]	plon nasion seed yield [t·ha ⁻¹]	wysokość roślin height of plants [cm]	wyleganie lodging [1–9°]	bujność roślin plant luxuriance [0–9°]
Słonecznik zwyczajny (<i>Helianthus annuus</i> L.) Oilseed sunflower (<i>Helianthus annuus</i> L.)					
Wielkopolski	85,3	1,66	102,2	8,7	8,3
Lech	87,7	1,92	89,5	8,7	8,8
NIR _{0,05} LSD _{0,05}	r.n. n.s.	0,22	7,6	–	–
Len zwyczajny (<i>Linum usitatissimum</i> L.) Oilseed flax (<i>Linum usitatissimum</i> L.)					
Szafir	89,2	1,81	55,2	7,5	8,8
Oliwin	88,1	1,61	53,5	7,9	8,2
Jantarol	88,3	1,55	54,6	7,0	8,2
NIR _{0,05} LSD _{0,05}	r.n. n.s.	0,19	r.n. n.s.	–	–

Objaśnienie: r.n. – różnice nieistotne. Explanation: n.s. – non-significant differences.

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

Tabela 4. Plon nasion oraz wybrane cechy rolniczo-użytkowe gatunków i odmian roślin z rodziny kapustowatych, odmian słonecznika zwyczajnego (oleistego) i lnu zwyczajnego (oleistego), rosnących na bezglebowym podłożu wapna poflotacyjnego, użyźnionego osadem ściekowym w dawce $500 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ w poszczególnych latach zbioru (2007–2010)

Table 4. Yield of seeds and selected usable agricultural traits of Brassica family species and cultivars, oilseed sunflower cultivars and oil flax cultivars, growing on soil-less ground of post-flotation lime fertilized with $500 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ sewage sludge, in particular years of harvest (2007–2010)

Gatunek (odmiana) Species (cultivar)	Lata Years	Cecha Trait				
		wschody polowe seedlings [%]	plon nasion seed yield [$\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$]	wysokość roślin height of plants [cm]	wyleganie lodging [1–9°]	bujność luxuriance [0–9°]
Rzepak jary Spring rape (Heros)	2007	96,8	1,49	95,6	7,6	7,8
	2008	96,2	1,80	110,2	8,0	8,5
	2009	90,5	1,41	82,1	8,2	7,8
	2010	98,5	1,98	116,1	7,4	8,7
NIR _{0,05} LSD _{0,05}		5,6	0,35	7,2	–	–
Gorczyca jasna White mustard (Borowska)	2007	98,0	1,72	82,5	8,2	8,2
	2008	98,0	1,65	90,3	7,9	8,8
	2009	96,5	1,37	79,8	8,5	8,1
	2010	99,5	2,18	104,2	7,8	8,9
NIR _{0,05} LSD _{0,05}		r.n. n.s.	0,35	7,2	–	–
Lnianka siewna False flax (Borowska)	2007	77,7	1,61	55,6	5,9	7,8
	2008	79,3	1,46	56,8	5,8	7,9
	2009	69,7	1,19	47,9	6,9	7,4
	2010	88,5	1,82	68,5	5,4	8,1
NIR _{0,05} LSD _{0,05}		8,5	0,30	6,5	–	–
Słonecznik zwyczajny Oilseed sunflower (Wielkopolski)	2007	86,4	1,70	100,3	8,8	8,4
	2008	85,5	1,51	103,2	8,6	8,0
	2009	78,8	1,41	89,0	8,9	8,0
	2010	90,5	2,02	116,3	8,5	8,8
NIR _{0,05} LSD _{0,05}		6,5	0,35	7,2	–	–
Słonecznik zwyczajny Oilseed sunflower (Lech)	2007	89,9	1,79	90,2	8,6	8,8
	2008	88,3	1,98	89,7	8,9	8,9
	2009	78,8	1,50	78,0	8,8	8,5
	2010	93,8	2,41	100,1	8,5	9,0
NIR _{0,05} LSD _{0,05}		6,5	0,35	7,2	–	–
Len zwyczajny Oilseed flax (Szafir)	2007	91,8	1,92	55,3	7,5	9,0
	2008	87,2	1,56	51,8	7,6	8,6
	2009	84,3	1,48	48,4	7,6	8,6
	2010	93,5	2,28	65,3	7,3	9,0
NIR _{0,05} LSD _{0,05}		5,6	0,30	5,4	–	–
Len zwyczajny Oilseed flax (Oliwin)	2007	86,0	1,61	53,2	8,1	8,2
	2008	88,2	1,60	53,9	7,9	8,1
	2009	85,2	1,38	46,8	8,3	8,0
	2010	93,0	1,85	60,1	7,3	8,5
NIR _{0,05} LSD _{0,05}		5,6	0,30	5,4	–	–
Len zwyczajny Oilseed flax (Jantarol)	2007	88,0	1,42	55,5	7,0	8,1
	2008	88,2	1,63	53,5	7,0	8,2
	2009	84,3	1,23	49,8	7,4	8,0
	2010	92,7	1,92	59,6	6,6	8,5
NIR _{0,05} LSD _{0,05}		5,6	0,30	5,4	–	–

Objaśnienie: r.n. – różnice nieistotne. Explanation: n.s. – differences insignificant.

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

Wśród gatunków z rodziny kapustowatych (*Brassicaceae*) największy plon w czteroletnim okresie wydała gorczyca jasna – 1,73 t·ha⁻¹, mniejszy rzepak jary – 1,67 t·ha⁻¹, a najmniejszy Inianka siewna jara – 1,52 t·ha⁻¹ (tab. 2). Plon słonecznika zwyczajnego oleistego odm. Lech – 1,92 t·ha⁻¹ – był istotnie większy niż odm. Wielkopolski – 1,66 t·ha⁻¹ (tab. 3). Spośród badanych trzech odmian Inu zwyczajnego (oleistego) najwyższej plonował Szafir – 1,81, a istotnie niżej Oliwin – 1,61 t·ha⁻¹ i Jantarol – 1,55 (tab. 3).

Wysokość roślin z rodziny kapustowatych wynosiła średnio w badanym okresie: rzepaku jarego – 101,0, gorczycy jasnej – 89,2, a Inianki siewnej – 57,2 cm (tab. 2). Rośliny słonecznika zwyczajnego odm. Wielkopolski osiągnęły 102,2 cm i były istotnie wyższe niż odm. Lech – 89,5 cm (tab. 3). Wszystkie rośliny badanych odmian Inu osiągnęły podobną wysokość rzędu 53–55 cm, a oceniane różnice były nieistotne (tab. 3).

Wśród badanych gatunków roślin oleistych najmniejszą podatnością na wyleganie wykazały się rośliny obydwu odmian słonecznika, bo aż 8,7° w 9-stopniowej skali (tab. 3). Również odmiany Inu okazały się mało podatne na wyleganie, które wynosiło od 7,0 do 7,9° (tab. 3), natomiast wśród roślin kapustowatych najbardziej podatna na wyleganie okazała się Inianka – 6,0°, a najmniej podatna gorczyca – 8,1° (tab. 2).

Obserwacje wykonywane corocznie na przełomie maja i czerwca wykazały, że spośród badanych roślin najmniej dynamicznie rozwijała się Inianka siewna, co mogło mieć związek między innymi ze słabszymi wschodami polowymi tego gatunku. Pozostałe taksony rozwijały się bujnie, chociaż wystąpiły nieznaczne, ale istotne różnice w rozwoju w ciągu 4 lat badań (tab. 4). Czteroletnie obserwacje wskazują, że wśród badanych gatunków i odmian roślin oleistych najbardziej przydatne do rekultywacji bezglebowego gruntu wapna poflotacyjnego na podstawie wskaźnika bujności okazały się: słonecznik zwyczajny odm. Lech, len zwyczajny odm. Szafir i gorczyca jasna, nieco mniej słonecznik odm. Wielkopolski, len odm. Oliwin i Jantarol oraz rzepak jary, a najmniej, ale wciąż przydatna Inianka siewna (tab. 2, 3).

Największe plony nasion wszystkich badanych gatunków roślin oleistych i ich odmian uzyskano w obfitym w opady i ciepłym, w całym sezonie wegetacyjnym, 2010 r., a najmniejsze w 2009 r. ze względu na niedostatek opadów w całym okresie wegetacji, szczególnie w okresie wiosennym (tab. 4). Świadczyć to może, że ilość wody w podłożu wapna poflotacyjnego jest głównym czynnikiem wpływającym na wzrost i rozwój oraz plonowanie uprawianych na nim gatunków roślin.

Badania KLIMONTA i BULIŃSKIEJ-RADOMSKIEJ [2010], dotyczące zastosowania wybranych gatunków roślin miododajnych z rodziny *Brassicaceae* do rekultywacji omawianego podłoża, wykazały, że bardzo dobrze kiełkują i prawidłowo rosną one na wapnie poflotacyjnym, użyźnionym osadem ściekowym. Plony nasion roślin oleistych, uzyskane na bezglebowym podłożu wapna poflotacyjnego były (w zależności od gatunku) o ok. 30–40% mniejsze od osiągniętych na odpo-

wiednich dla danego gatunku kompleksach przydatności rolniczej gleb. Rośliny testowanych taksonów były niższe o 10–20% oraz mniej podatne na wyleganie [BUDZYŃSKI 2010; COBORU 2007; 2008; 2009; 2010; OLEKSY 2010; TOBOŁA 2010a, b; WOŚ 2010; ZAJĄC 2004]. Nasiona roślin oleistych, uzyskane z roślin zastosowanych do rekultywacji terenów przemysłowych, mogą z powodzeniem zostać wykorzystane jako surowiec do produkcji paliw alternatywnych (biopaliw ciekłych), czyli mieszanek estrów olejów rolniczych z olejem napędowym do silników wysokoprężnych [WOŚ 2002; WÓJCICKI, 2007]. Rośliny oleiste znajdują nowe alternatywne zastosowanie jako źródło odnawialnej energii do produkcji oleju napędowego. Na gruntach marginalnych, gdzie występuje deficyt wody, polecane są takie gatunki, jak: katrań abisyński (*Crambe abyssinica* Hochst.), miesięcznica roczna (*Lunaria annua* L.) i lnianka siewna (*Camelina sativa* Crantz) [NALBORCZYK 1999]. W krajach UE, będących największymi producentami biodiesla, zapotrzebowanie na oleje techniczne systematycznie zwiększa się i według prognoz będzie się zwiększać, dlatego grunty przemysłowe i skażone mogą być z powodzeniem wykorzystane pod uprawę roślin oleistych z przeznaczeniem do celów nieżywnościowych [WALSKI 2010].

Wapno poflotacyjne zastosowane do rekultywacji terenów po otworowej eksploatacji siarki, użyżnione osadami ścieków komunalnych, wraz z porastającymi je roślinami oleistymi stworzyło warunki do zainicjowania życia biologicznego w martwym podłożu. Dzięki temu zawartość substancji organicznej zwiększyła się z $10,5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ w wariancie kontrolnym do $36,6 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ pod uprawą roślin oleistych w poziomie organiczno-próchnicznym. Wytworzona substancja organiczna stworzyła kompleks sorpcyjny, który ułatwia magazynowanie składników pokarmowych i wody. Zawartość przyswajalnego P zwiększyła się do 47,4, K do 96,4 i Mg do $21,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, podczas gdy w wariancie kontrolnym wynosiła odpowiednio 9,2, 15,9 i $8,6 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (tab. 5). Podobne zmiany składu chemicznego bezglebowego podłoża wapiennego obserwowano w przypadku rekultywacji z zastosowaniem innych wybranych roślin użytkowych [KLIMONT 2007; KLIMONT i in. 2002] i roślin miododajnych [KLIMONT 2007b; KLIMONT, BULIŃSKA-RADOMSKA 2010].

Tabela 5. Zawartość przyswajalnego P, K, Mg i materii organicznej w podłożu wapna poflotacyjnego, wzbogaconego osadem ścieków komunalnych (2007–2010)
Table 5. Contents of assimilable P, K, Mg and organic matter in post-flotation lime ground fertilized with municipal sewage sludge (2007–2010)

Grupa roślin Group of plants	Dawka osadów ściekowych Dose of sewage sludge [$\text{m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$]	Poziom glebowy Soil level	pH w 1n KCl pH in 1n KCl	Zawartość Content			substancja organiczna organic matter [$\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$]
				P	K	Mg	
Kontrola Control	0	OA	7,27	9,2	15,9	8,6	10,5
Rośliny oleiste Oil crops	500	OA	7,11	47,4	96,4	21,5	36,6

Objaśnienie: OA – poziom organiczno-próchniczny. Explanation: OA – organic humus level.

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

Wnioski

1. Rośliny słonecznika zwyczajnego oleistego (*Helianthus annuus* L.) bardzo dobrze rozwijały się na bezglebowym podłożu, tworząc co roku zwarte, bujne i wyrównane łany, a dzięki silnemu systemowi korzeniowemu dobrze wykorzystywały wodę z podłoża i były odporne na suszę.
2. Gorczyca jasna (*Sinapis alba* L.) i rzepak jary (*Brassica napus* L. ssp. *oleifera* Metzg) okazały się bardzo przydatne do rekultywacji bezglebowego gruntu ze względu na bardzo dobre i wyrównane wschody, dynamiczny rozwój, odporność na zaskorupienie podłoża, małe skłonności do wylegania i dość dobry plon nasion.
3. Wszystkie odmiany lnu (*Linum usitatissimum* L.) wykazywały corocznie dobre, wyrównane wschody nasion, intensywny i wyrównany wzrost, małą podatność na wyleganie oraz wysoki wskaźnik bujności.
4. Lnianka siewna (*Camelina sativa* Crantz) okazała się mniej przydatna do rekultywacji ze względu na gorsze wschody, mniejszą dynamikę rozwoju, większą podatność na wyleganie i niższy stopień bujności.
5. Osady ściekowe wraz z porastającymi jarymi roślinami oleistymi wpłynęły na inicjację życia biologicznego w martwym podłożu wapna poflotacyjnego, a wytworzona masa organiczna stworzyła kompleks sorpcyjny, gromadzący składniki pokarmowe i wodę.

Bibliografia

- BUDZYŃSKI W. 2010. Kapusta rzepak. W: Rośliny oleiste – uprawa i zastosowanie. Pr. zbior. Red. W. Budzyński, T. Zając. Poznań. PWRiL s. 15–107.
- COBORU 2007. Lista opisowa odmian. Rośliny rolnicze. Cz. 2. Słupia Wielka ss. 146.
- COBORU 2008. Lista opisowa odmian. Rośliny rolnicze. Cz. 2. Słupia Wielka ss. 148.
- COBORU 2009. Lista opisowa odmian. Rośliny rolnicze. Cz. 2. Słupia Wielka ss. 154.
- COBORU 2010. Lista opisowa odmian. Rośliny rolnicze. Cz. 2. Słupia Wielka ss. 124.
- GOŁDA T. 2007. Wykorzystanie szlamów poflotacyjnych rudy siarkowej do rekultywacji terenów poeksploatacyjnych w górnictwie otworowym siarki. Inżynieria Ekologiczna. Nr 19 s. 79–88.
- GÓRAL S. 2001. Roślinność zielna w ochronie i rekultywacji gruntów. Inżynieria Ekologiczna. Nr 3 s. 161–178.
- GÓRAL S., ROLA S. 2001. Trawy na popiołach elektrociepłowni nawożonych osadami ściekowymi. Inżynieria Ekologiczna. Nr 3 s. 146–150.
- IMiGW 2007–2010. Zapiski agrometeorologiczne Stacji Meteorologicznej w Sandomierzu. Sandomierz ss. 100.
- KLIMONT K. 2007a. Ocena przydatności wybranych gatunków roślin użytkowych do rekultywacji terenów zdewastowanych przez przemysł i gospodarkę komunalną. Problemy Inżynierii Rolniczej. Nr 2 s. 27–36.
- KLIMONT K. 2007b. Przydatność wybranych gatunków roślin miododajnych do rekultywacji osadników wapna poflotacyjnego wzbogaconego osadami ścieków komunalnych. Biuletyn IHAR. Nr 244 s. 249–257.

- KLIMONT K. 2011. Rekultywacyjna efektywność osadów ściekowych na bezglebowym podłożu wapna poflotacyjnego i popiołów paleniskowych. *Problemy Inżynierii Rolniczej*. Nr 2 s. 165–176.
- KLIMONT K., BULIŃSKA-RADOMSKA Z. 2010. Ocena przydatności wybranych gatunków roślin miododajnych oraz użytkowych form *Salix* spp. do rekultywacji terenów zdewastowanych przez przemysł siarkowy. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*. Z. 555 s. 517–528.
- KLIMONT K., GÓRAL S., JOŃCA M. 2002. Rekultywacyjna efektywność osadów ściekowych na podłożu wapna poflotacyjnego. *Biuletyn IHAR*. Nr 223/224 s. 415–425.
- NALBORCZYK E. 1999. Rośliny alternatywne rolnictwa XXI wieku i perspektywy ich wykorzystania. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*. Z. 468 s. 17–30.
- OLEKSY A. 2010. Len oleisty. W: *Rośliny oleiste – uprawa i zastosowanie*. Pr. zbior. Red. W. Budzyński, T. Zając. Poznań. PWRiL s. 125–141.
- SIUTA J. 2004. Uwarunkowania i sposoby przyrodniczego użytkowania osadów ściekowych. *Inżynieria Ekologiczna*. Nr 9 s. 7–42.
- SIUTA J., WASIAK G., CHŁOPECKI K., KAZIMIERCZUK M., JOŃCA M., MAMEŁKA D., SUŁEK S. 1996. Przyrodniczo-techniczne przetwarzanie osadów ściekowych na kompost. Synteza wyników programu KBN. Warszawa. *Inżynieria Ochrony Środowiska* ss. 40.
- TOBOŁA P. 2010a. Gorczyce – biała, sarepska, czarna. W: *Rośliny oleiste – uprawa i zastosowanie*. Pr. zbior. Red. W. Budzyński, T. Zając. Poznań. PWRiL s. 109–124.
- TOBOŁA P. 2010b. Słonecznik oleisty. W: *Rośliny oleiste – uprawa i zastosowanie*. Pr. zbior. Red. W. Budzyński, T. Zając. Poznań. PWRiL s. 205–217.
- WALSKI A. 2010. Uwarunkowania zewnętrzne produkcji rzepaku w Polsce. Wyzwania na rok 2010. *Nasz Rzepak*. Nr 1(23) s. 5–7.
- WOŚ H. 2002. Na olej i biopaliwo. *Biopaliwa*. Z. 1 s. 12–13.
- WOŚ H. 2010. Lnianka siewna. W: *Rośliny oleiste – uprawa i zastosowanie*. Pr. zbior. Red. W. Budzyński, T. Zając. Poznań. PWRiL s. 169–179.
- WÓJCICKI Z. 2007. Energia odnawialna, biopaliwa i ekologia. *Problemy Inżynierii Rolniczej*. Nr 2 s. 5–18.
- ZAJĄC T. 2004. Współczesne uwarunkowania uprawy i wykorzystania lnu oleistego (*Linum usitatissimum* L.). *Postępy Nauk Rolniczych*. Z. 2 s. 77–91.

Krzysztof Klimont, Zofia Bulińska-Radomska, Henryk Woś

**THE PROSPECTS FOR USING SPRING OILSEED PLANTS
TO RECLAMATION PROCESS
OF SOIL ON THE POST-MINING TERRAINS**

Summary

The prospects of using spring oilseed plants for reclamation of post-flotation lime soil, fertilized with municipal sewage sludge on post-exploitation terrains of Jeziórka Sulfur Mine, were investigated in the years 2007–2010. Post-flotation lime was fertilized with sewage sludge at a dose of $500 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Every year in spring the mineral fertili-

zation was also applied at the following rates: 70 kg nitrogen, 75 kg P₂O₅, 100 kg K₂O₅ per 1 ha, respectively. Five species of spring oilseed plants were evaluated: oilseed rape (*Brassica napus* L. ssp. *oleifera* Matzg.), white mustard (*Synapsis alba* L.), oilseed sunflower (*Helianthus annuus* L.), oilseed flax (*Linum usitatissimum* L.) and spring false flax (*Camelina sativa* L. Cranz). Field germination, seed yield, development phases, plant height and lodging were investigated, as well as the suitability of oilseed plants to reclamation of post-flotation lime was evaluated on the basis of their exuberance. The suitability of spring oilseed rape and white mustard was confirmed considering their very good and equalized seed germination, resistance to water shortage and ground encrustment, small susceptibility to lodging and decent yield of seeds. Likewise, the sunflower plants developed quite well on the soilless ground, creating compact, luxuriant, draught resistant canopy. Tested oilseed flax cultivars showed very good seed germination, intensive and even growth, stability and luxuriance during sweltering summer and long-lasting drought, owing to well developed root system. False flax proved to be worse developing, at lower growth dynamics, and thus – with some tendency to weeding; also a little worse luxuriance index resulted from poorly developed root system – as compared to other taxa tested. Sewage sludges, together with growing flora, positively affected the chemical properties of post-flotation lime, increasing the content of organic matter and available nutrients (P, K and Mg).

Key words: post-flotation lime, sewage sludge, soil reclamation, spring oilseed plants, soil-forming process

Adres do korespondencji:

dr inż. Krzysztof Klimont
ul. Słowackiego 19, 27-600 Sandomierz
tel. 15 833-23-27; e-mail: k.klimont@op.pl

