

Występowanie drobnoustrojów pektynolitycznych w glebie w systemie ekologicznym i konwencjonalnym

Barbara Breza-Boruta

Katedra Mikrobiologii i Technologii Żywności – Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy
ul. Bernardyńska 6/8, 85-029 Bydgoszcz, Polska

Abstrakt. Celem badań było oznaczenie liczebności drobnoustrojów o właściwościach pektynolitycznych w glebie pod uprawą ziemniaka w ekologicznym i konwencjonalnym systemie gospodarowania. Próbkę glebową do analiz mikrobiologicznych pobierano trzy- lub czterokrotnie w ciągu trzech lat. Liczbę drobnoustrojów zdolnych do hydrolizy pektyn określono metodą posiewu wgłębnego na podłożach o pH 5,2 i pH 8,0. Stwierdzono znaczne zróżnicowanie poziomu liczebności drobnoustrojów pektynolitycznych w porównywanych systemach uprawy. Liczebność mikroorganizmów hydrolizujących pektyny przez liazy pektynowe była większa w uprawie ekologicznej niż konwencjonalnej, natomiast hydrolizujących pektyny przez enzymy z grupy poligalakturonaz – nieznacznie wyższa w glebie z systemu konwencjonalnego. Istotny wpływ na rozwój drobnoustrojów miał termin pobierania próbek. Zdecydowanie mniejszą liczbę drobnoustrojów pektynolitycznych stwierdzono na początku wegetacji roślin (I–II termin). Jednak wraz z rozwojem roślin, liczebność ich wzrastała, uzyskując najwyższy poziom w okresie dojrzałości bulw do zbioru.

słowa kluczowe: drobnoustroje pektynolityczne, gleba, system uprawy, ziemniak

WSTĘP

Mikroorganizmy glebowe są odpowiedzialne za ciągłość przemiany materii i dostępność składników pokarmowych dla roślin, decydując o żyzności i produktywności ekosystemów polowych. Dostające się do gleby złożone substancje organiczne ulegają przemianom (hydrolizie, mineralizacji) przede wszystkim przy udziale enzymów pochodzenia drobnoustrojowego (Acosta-Martinez i in., 2007; Bielińska i in., 2000).

Autor do kontaktu:

Barbara Breza-Boruta
e-mail: breza@utp.edu.pl
tel. +48 52 3749535

Praca wpłynęła do redakcji 8 lipca 2013 r.

Pektyny należą do wielkocząsteczkowych związków organicznych i stanowią wraz z celulozą, skrobią, hemicelulozą, ligniną i innymi główną masę materii organicznej, która ulega całkowitej lub częściowej mineralizacji. Węgiel zmagazynowany w tych związkach może trafić ponownie do obiegu w wyniku enzymatycznego rozkładu przez wyspecjalizowane grupy fizjologiczne drobnoustrojów pektynolitycznych, celulolitycznych, amylolitycznych i innych (Russel i in., 2005; Solbak i in., 2005). Pektyny są poligalakturonidami zbudowanymi z nierozgałęzionych łańcuchów kwasu D-galakturonowego połączonego wiązaniami α -1,4-glikozydowymi. Rozkład pektyn zachodzi z udziałem enzymów pektynolitycznych, do których należą enzymy deestryfikujące (pektynomeryloesteraza – PME) i depolimeryzacyjne (m.in. poligalakturonaza – PG i liaza pektynowa – LP). Zależnie od charakteru enzymów rozkładających pektyny na mniejsze cząsteczki powstają różne produkty rozkładu, a głównym z nich jest kwas galakturonowy (Favela-Torresi in., 2006; Selivanovi in., 2008).

Poziom aktywności enzymatycznej gleb stanowi certyfikator wskaźnik ich żyzności i urodzajności oraz informuje o zmianach ekologicznych środowiska glebowego (Bielińska i in., 2000). Skład ilościowy i jakościowy mikroorganizmów oraz intensywność katalizowanych przez nie procesów zależy od wielu czynników abiotycznych, np. odczynu gleby, wilgotności, zawartości C organicznego, a te w znacznym stopniu kształtowane są przez stosowany system uprawy. Zabiegi agrotechniczne, zwłaszcza nawożenie, mają ogromne znaczenie dla aktywności mikroorganizmów glebowych. Zbyt intensywne nawożenie mineralne oraz stosowanie pestycydów w celu chemicznej ochrony roślin może prowadzić do pogorszenia zarówno biologicznych, jak i fizykochemicznych właściwości gleb (Mijangos i in., 2006). W systemie uprawy ekologicznej zasobność gleby w makro- i mikroskładniki utrzymywana jest dzięki stałemu dopływowi do gleby materii organicznej w formie obornika, gnojowicy, kompostu oraz resztek pozbiorowych pozostających na polach (Flis-Bujak i in.,

2006). Rezygnacja ze stosowania chemicznych środków ochrony roślin, które, jak wiadomo, przyczyniają się do degradacji gleby, jest jednym z ważnych warunków, jaki należy spełniać w ekologicznej uprawie roślin (Acosta-Martinez i in., 2007). Martyniuk i in. (2007) oraz Frąc i in. (2011) stwierdzili, że gleby w systemie ekologicznym wykazują wyższą aktywność mikrobiologiczną i biochemiczną niż gleby w systemie konwencjonalnym.

Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu systemu uprawy (ekologicznego i konwencjonalnego) ziemniaka na liczebność drobnoustrojów hydrolizujących pektyny przez egzoenzymy z grupy poligalakturonaz i liaz pektynowych w glebie.

MATERIAŁ I METODY

Materiałem do badań były próbki gleby pobrane z pól dwóch gospodarstw rolnych różniących się systemem produkcji: ekologiczny i konwencjonalny, zlokalizowanych w Kiełpinie (woj. kujawsko-pomorskie). Pobrane próbki należały do typu gleby płowej wytworzonej z piasku gliniastego mocnego, należącej do kompleksu żytniego dobrego. Zawartość węgla organicznego w badanych glebach wahała się od 13,4 do 19,6 g·kg⁻¹, a azotu ogólnego od 0,64 do 0,94 g·kg⁻¹ s.m. gleby. Podstawowe właściwości fizykochemiczne gleby przedstawiono w tabeli 1. Rośliną uprawianą w porównywanych systemach produkcji był ziemniak odmiany Aster. W gospodarstwie ekologicznym uprawę prowadzono zgodnie z zasadami tego systemu, bez nawożenia mineralnego i chemicznej ochrony roślin. Do nawożenia zastosowano kompost, mączkę bazaltową oraz torf, zaś do ochrony roślin tylko Novodor przeciwko stonce ziemniaczanej. W systemie uprawy konwencjonalnej stosowano zarówno nawożenie organiczne w postaci obornika, jak i mineralne NPK, a do ochrony ziemniaka wykorzystano fungicydy: Sandofan Manco 64 WP i Curzate M 72,5 WP oraz preparat Bancol do zwalczania stonki ziemniaczanej. Ważniejsze elementy agrotechniki ziemniaka w porównywanych systemach zestawiono w tabeli 2.

Próbki gleby do analiz mikrobiologicznych pobierano przez trzy kolejne lata z warstwy ornej 0–20 cm w czterech terminach: bezpośrednio przed sadzeniem (z wyjątkiem I roku badań) i trzykrotnie w ciągu sezonu wegetacyjnego, tj. w fazie wschodów, kwitnienia oraz dojrzałości bulw do zbioru. W badanych próbkach oznaczono również odczyn (pH w H₂O i KCl) oraz wilgotność. Liczbę drobnoustrojów zdolnych do hydrolizy pektyn określono metodą posiewu wgłębnego zawiesin glebowych według Hankina i in. (1971) na podstawie wydzielanych enzymów z grupy poligalakturonazy i liaz pektynowej na podłożach o zróżnicowanym odczynie pH 5,2 oraz pH 8,0. Analizy wykonano w czterech powtórzeniach, a liczbę drobnoustrojów przeliczono na 1 g s.m. gleby i wyrażono w jtk (jednostki tworzące kolonie).

Otrzymane wyniki liczby drobnoustrojów opracowano statystycznie metodą analizy wariancji (ANOVA), przyjmując za czynnik I system uprawy, a za czynnik II – termin analizy. Pojedyncze analizy z każdego roku badań wykonano według modelu całkowicie losowego, zaś średnie z lat według modelu mieszanego. Istotność różnic pomiędzy średnimi obiektowymi zweryfikowano za pomocą półprzedziału istotności Tukeya (NIR_{0,05}). Do obliczeń użyto programu STATISTICA firmy StatSoft Polska.

WYNIKI

Wyniki analiz mikrobiologicznych z każdego roku badań przedstawiono w tabeli 3. Stwierdzono zróżnicowanie liczebności drobnoustrojów pektynolitycznych w poszczególnych fazach wzrostu ziemniaka i w zależności od stosowanego systemu uprawy. Liczba mikroorganizmów hydrolizujących pektyny przez enzymy z grupy poligalakturonaz wynosiła od 11,2 do 72,8·10⁵ jtk g⁻¹ s.m. gleby w systemie ekologicznym oraz od 19,3 do 89,8·10⁵ jtk w systemie konwencjonalnym. W I i II roku badań w każdym analizowanym terminie więcej mikroorganizmów produkujących poligalakturonazy wyizolowano z gleby z uprawy konwencjonalnej, natomiast już w trzecim roku – w okresie kwit-

Tabela 1. Podstawowa charakterystyka badanych gleb z ekologicznego (E) i konwencjonalnego (K) systemu uprawy
Table 1. Basic characteristics of the soils from organic (E) and conventional (K) cropping systems.

System/rok System/year	% frakcji granulometrycznych % granulometric fraction [mm]				C org.	N ogólny Total N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	
	1–0,1	0,1–0,02	< 0,02	< 0,002						
	[g · kg ⁻¹ s.m.]									
E	I	62	22	16	9	18,2	0,801	0,011	0,233	0,030
K		59	25	16	9	19,6	0,941	0,044	0,246	0,041
E	II	61	21	18	9	16,9	0,700	0,014	0,167	0,066
K		68	14	18	11	19,1	0,862	0,056	0,207	0,039
E	III	62	22	16	9	18,2	0,638	0,008	0,187	0,051
K		66	14	18	11	13,4	0,857	0,042	0,207	0,045

Tabela 2. Nawożenie i wybrane elementy agrotechniki uprawy ziemniaka w różnych systemach gospodarowania
Table 2. Fertilization and some elements of potato cultivation in different cropping systems.

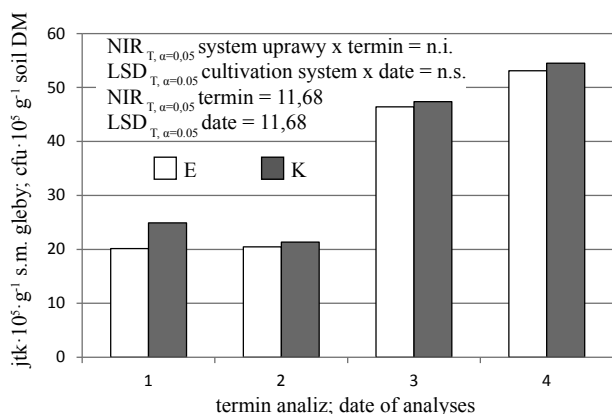
Elementy agrotechniki Elements of cultivation	System uprawy Farming system	
	ekologiczny organic	konwencjonalny conventional
Przedplony w latach Forecrops in years		
I	żyto ozime + poplon (gorczyca) winter rye + aftercrop (mustard)	pszenżyto ozime winter triticale
II	żyto ozime + poplon (gorczyca) winter rye + aftercrop (mustard)	żyto ozime winter rye
III	żyto ozime + poplon (gorczyca) winter rye + aftercrop (mustard)	pszenica ozima winter wheat
Nawożenie organiczno- -mineralne (I–III rok) Mineral and organic fertilization (I–III year)	kompost; compost (20 t·ha ⁻¹) mączka bazaltowa; basalt dust (300 kg·ha ⁻¹) torf; peat (5–15 t·ha ⁻¹)	obornik; manure (25 t·ha ⁻¹) saletra amonowa; ammonium nitrate (100 kg·ha ⁻¹) superfosfat pylisty (200 kg·ha ⁻¹) ordinary superphosphate sól potasowa; potassium salt (200 kg·ha ⁻¹) ekolist dolistnie (3,5–5 l·ha ⁻¹) foliar fertilisation with Ekolist
Fungicydy Fungicides	-	Sandofan Manco 64 WP (2 kg·ha ⁻¹) Curzate M 72,5 WP (2 kg·ha ⁻¹)
Ochrona przed stonką ziemniaczaną Against Colorado potato beetle	Nowodor (4 l·ha ⁻¹)	Bancol (0,4 kg·ha ⁻¹)
Odchwaszczanie Weed control	mechaniczne (3 x obredlanie + 2 x bronowanie) mechanical (3 x earthing + 2 x harrowing)	mechaniczne (3 x obredlanie + 2 x bronowanie) mechanical (3 x earthing + 2 x harrowing)

nienia i dojrzałości bulw do zbioru, liczba drobnoustrojów była istotnie większa w uprawie ekologicznej. W systemie tym odnotowano wówczas dwukrotnie więcej badanych drobnoustrojów niż w dwóch poprzednich latach.

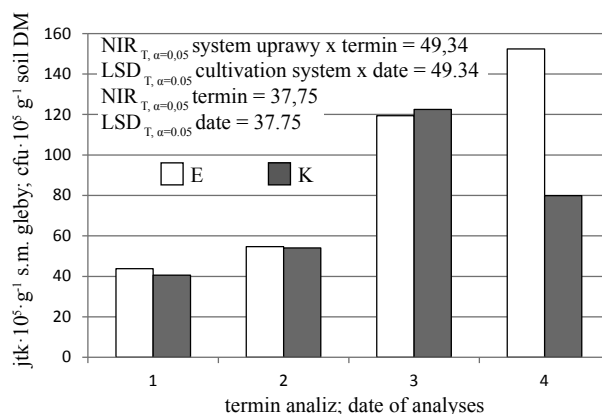
Znacznie więcej aktywnych pektynolitycznie drobnoustrojów charakteryzowało się wydzielaniem liazy pektynowej. Ich liczba dochodziła w glebie spod uprawy ekologicznej do $205,4 \cdot 10^5$ jtk, zaś w uprawie konwencjonalnej maksymalnie do $129,6 \cdot 10^5$ jtk g⁻¹ s.m. gleby. Średnio ze wszystkich terminów analiz w pierwszym roku badań najwięcej mikroorganizmów wydzielających liazy pektynowe stwierdzono w glebie gospodarstwa konwencjonalnego, natomiast w drugim i trzecim roku w uprawie ekologicznej. Istotnym czynnikiem wpływającym na dynamikę rozwoju drobnoustrojów pektynolitycznych okazał się termin pobierania próbek, odpowiadający fazom rozwojowym ziemniaka. Najszybszy wzrost liczby drobnoustrojów wraz z upływem okresu wegetacji stwierdzono w systemie ekologicznym dla szczepów produkujących liazy pektyno-

we (z wyjątkiem wschodów w II roku). W każdym badanym roku najmniej mikroorganizmów z tej grupy wykryto w pierwszym terminie analiz – przed sadzeniem. Tendencje w dynamice rozwoju drobnoustrojów pektynolitycznych najlepiej widoczne są na rysunkach 1 i 2, na których przedstawiono średnie uzyskane w porównywanych systemach uprawy dla czterech terminów II i III roku badań. W przypadku drobnoustrojów produkujących poligalakturonazy zaobserwowano intensywny rozwój w dwóch ostatnich terminach w obu porównywanych systemach (rys. 1), zaś dla grupy wytwarzającej liazy pektynowe w glebie w systemie konwencjonalnym odnotowano spadek liczebności pod koniec wegetacji (rys. 2).

W przeprowadzonych badaniach oprócz analiz mikrobiologicznych określono również zawartość wody w próbkach glebowych oraz odczyn (pH) gleby (tab. 4). Gleba w systemie ekologicznym charakteryzowała się wyraźnie wyższym odczynem i z reguły wyższą wilgotnością (dla większości analizowanych terminów) niż gleba w systemie konwencjonalnym.



1–4 – patrz tab. 3; see Table 3



1–4 – patrz tab. 3; see Table 3

Rys. 1. Dynamika rozwoju mikroorganizmów pektynolitycznych PG (wydzielających poligalakturonazy) w glebie pod uprawą ziemniaka w systemie ekologicznym (E) i konwencjonalnym (K). Średnie dla czterech terminów z II i III roku badań
 Fig. 1. Growth dynamics of pectinolytic microorganisms PG (group secreting polygalacturonases) in soil under potato grown in organic and conventional (K) cropping system. Means for four times from 2nd and 3rd years of the study.

Rys. 2. Dynamika rozwoju mikroorganizmów pektynolitycznych PL (wydzielających liazy pektynowe) w glebie pod uprawą ziemniaka w systemie ekologicznym (E) i konwencjonalnym (K). Średnie dla czterech terminów z II i III roku badań
 Fig. 2. Growth dynamics of pectinolytic microorganisms PL (group secreting pectin lyases) in soil under potato grown in organic (E) and conventional (K) cropping systems. Means for four times from 2nd and 3rd years of the study.

Tabela 3. Liczebność drobnoustrojów pektynolitycznych w glebie ($\cdot 10^5$ jtk $\cdot g^{-1}$ s.m. gleby) pod uprawą ziemniaka w zależności od systemu uprawy
 Table 3. Number of pectinolytic microorganisms in soil ($\cdot 10^5$ cfu $\cdot g^{-1}$ soil DM) under potato depending on the cropping systems.

Wydzieliny Secretions	System (A) ³	Termin analizy; Date of analyses ¹ (B)													
		I rok; I year ²				II rok; II year				III rok; III year				średnia mean	
		2	3	4	średnia mean	1	2	3	4	średnia mean	1	2	3		4
PG	E	11,2 b	18,2 ab	29,8 a	19,7	22,2 b	15,2 b	20,0 b	34,9 a	23,1	18,2 b	25,7 b	72,8 a	71,3 a	47,0
	K	31,4 b	19,3 b	89,8 a	46,8	25,8 b	22,8 b	44,0 a	52,2 a	36,2	24,0 b	19,9 b	50,7 a	56,8 a	37,9
	średnia mean	21,3	18,7	59,8	33,3	24,0	19,0	32,0	43,6	29,7	22,1	22,8	61,8	64,1	42,5
	A × B	r.i.	r.n.	r.i.	r.i.	r.n.	r.n.	r.i.	r.n.	r.i.	r.n.	r.n.	r.i.	r.i.	r.i.
PL	E	28,0 c	66,2 b	129,2 a	74,5	33,2 b	15,2 b	98,9 a	99,3 a	61,6	54,5 d	94,2 c	139,9 b	205,4 a	123,5
	K	27,0 b	106,4 a	125,5 a	86,3	33,2 b	22,8 b	115,5 a	34,8 b	51,6	48,0 b	85,2 b	129,6 a	125,0 a	96,9
	średnia mean	27,5	86,3	127,4	80,4	33,2	19,0	107,2	67,1	56,6	51,2	89,7	134,7	165,2	110,2
	A × B	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.i.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.

Wartości liczbowe w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie w danym roku wg testu Tukeya ($\alpha = 0,05$); Data in rows marked with different letters are significantly different in years acc. to Tukey test ($\alpha = 0,05$)

¹ termin analizy; date of analyses: 1 – przed sadzeniem, before planting; 2 – faza wschodów ziemniaka, emergence phase; 3 – faza kwitnienia, flowering phase; 4 – dojrzałość bulw do zbioru, potato tuber maturity phase

² w I roku badań nie pobierano próbek gleby w 1. terminie; no samples in first year in first date of analyse

E – ekologiczny system uprawy, organic system; K – konwencjonalny system uprawy, conventional system

A × B – interakcja system × termin analizy; interaction system × date of analyses

r.i. – różnice istotne wg testu Tukeya ($\alpha = 0,05$); significant differences acc. to Tukey test ($\alpha = 0,05$)

r.n. – różnice nieistotne wg testu Tukeya ($\alpha = 0,05$); insignificant differences acc. to Tukey test ($\alpha = 0,05$)

PG – poligalakturonazy, polygalacturonases; PL – liazy pektynowe, pectin lyases

Tabela 4. Odczyn (pH) i wilgotność gleby w porównywanych systemach uprawy, ekologicznym (E) i konwencjonalnym (K)
Table 4. Reaction (pH) and moisture content of soil in compared cropping systems, organic (E) and conventional (K).

System System	Rok Year	pH		Wilgotność; Moisture [%]			
		H ₂ O	KCl	termin; date of analyses			
				1	2	3	4
E	I	5,9	5,0	- ¹	10,7	9,3	11,0
K		5,7	4,9	-	7,2	9,3	12,3
E	II	6,9	6,3	9,7	12,8	7,3	14,1
K		6,5	5,9	9,6	12,4	9,1	13,8
E	III	6,7	6,0	17,4	12,4	10,7	12,4
K		5,6	4,9	16,7	12,0	11,2	12,0

¹ w I roku badań nie pobierano próbek gleby w 1 terminie; no analyses were made in the 1 date 1 year of study

1–4 – patrz tab. 3; see Table 3

DYSKUSJA

Na podstawie wyników opisanych w artykule oraz prezentowanych w literaturze (Breza-Boruta, 2013; Breza-Boruta, Paluszak, 2006) dotyczących występowania grup fizjologicznych mikroorganizmów uczestniczących w przemianach węgla (pektynolityczne, celulozowe, amylozowe) w porównywanych systemach uprawy należy stwierdzić, że na ogół korzystniejsze warunki do ich rozwoju panowały w uprawie ziemniaka systemem ekologicznym niż konwencjonalnym. Według Dąbek-Szreniawskiej i in. (2000) liczebność drobnoustrojów w glebie w uprawie ekologicznej jest bardziej wyrównana, ponieważ niezbędne składniki odżywcze mogą one czerpać z rozkładanej substancji organicznej przez cały okres wegetacji.

Intensywność degradacji połączeń organicznych występujących w glebie na drodze mikrobiologicznej jest niezmiernie istotna w warunkach nawożenia organicznego, zwłaszcza w ekologicznym systemie gospodarowania bazującym na tym źródle składników pokarmowych (Mijangos in., 2006; Frąć i in., 2011). Również Flis-Bujak i in. (2006) stwierdzili, że uprawa ekologiczna oparta na wprowadzeniu dużej ilości substancji organicznej do gleby wzbogaca ilościowo i jakościowo mikroflorę danej gleby w stosunku do uprawy konwencjonalnej.

Im wyższa liczebność mikroorganizmów, tym intensywniej przebiegają w glebie procesy rozkładu substancji organicznej, m.in. na drodze celulozowej, pektynolizy, amylozowej, dzięki czemu różne formy składników odżywczych z rozkładanych nawozów organicznych i resztek roślinnych są udostępniane roślinom. Grupa drobnoustrojów hydrolizujących pektyny stanowi część zespołu rozkładającego inne związki i należą do niego zarówno bakterie, promieniowce, jak i grzyby (Sunnotel, Nigam, 2002). Związki pektynowe mogą być rozkładane jeszcze w okresie życia rośliny przez drobnoustroje na niej pasożytujące, jak np. bakterie z rodzaju *Erwinia*. Wśród saprofitycznych drobnoustrojów pektynolitycznych, biorących udział

w pierwszych stadiach rozkładu resztek roślinnych i rozluźniających ich tkanki, występują bakterie tlenowe i bez-tlenowe (*Bacillus* sp., *Pseudomonas* sp., *Flavobacterium* sp., *Propionibacterium* sp. i inne), promieniowce z rodzaju *Streptomyces*, a przede wszystkim grzyby pleśniowe (Gierasimiuk, Strzelczyk, 2003; Golińska, Dahm, 2011; Redlak i in., 2001).

Prezentowane w pracy wyniki wskazują, że istotny wpływ na dynamikę rozwoju drobnoustrojów pektynolitycznych miał termin pobierania prób, odpowiadający stadium rozwojowym ziemniaka. Najwyższy wzrost ich populacji odnotowano pod koniec wegetacji w czasie dojrzalności bulw do zbioru. Ten silny rozwój bakterii mógł być spowodowany m.in. zmieniającymi się w czasie rozwoju roślin ziemniaka składem i ilością uwalnianych przez nie wydzielin korzeniowych. Autorzy podobne tendencje opisali również dla rozwoju innych grup fizjologicznych drobnoustrojów, które badali w porównywanych systemach uprawy (Breza-Boruta, 2013; Breza-Boruta, Paluszak, 2006).

Należy dodać, że silniejszemu rozwojowi mikroorganizmów pektynolitycznych sprzyjała również większa wilgotność gleby w systemie ekologicznym w czasie wegetacji roślin, na co także zwrócili uwagę w swoich badaniach Martyniuk i in. (2007). Kolejnym czynnikiem sprzyjającym rozwojowi i aktywności drobnoustrojów glebowych w systemie ekologicznym był odczyn gleby (lekko kwaśny lub obojętny) w porównaniu z konwencjonalnym (lekko kwaśny). Ten korzystniejszy odczyn zapewne jest następstwem większej ilości materii organicznej z nawozów organicznych i poplonów oraz niestosowania nawożenia mineralnego. Czynniki te zapewne spowodowały, że rozwój drobnoustrojów hydrolizujących pektyny przez liazy pektynowe był zdecydowanie intensywniejszy w glebie z systemu ekologicznego niż konwencjonalnego. W przypadku drobnoustrojów produkujących poligalakturonazy już takich tendencji nie stwierdzono, bowiem wyniki z trzyletnich obserwacji wskazują na większą ich liczebność w glebie z gospodarstwa konwencjonalnego o pH 5,6–6,5.

Pomimo powszechnie panującej opinii o pozytywnych aspektach uprawy ekologicznej, należy dokonywać ciągłego monitorowania zmian zachodzących w środowisku glebowym m.in. dotyczących składu ilościowego i jakościowego występujących mikroorganizmów oraz ich aktywności enzymatycznej. Utrzymanie gleb uprawnych w ich optymalnym stanie równowagi powinno być celem nadrzędnym współczesnych systemów gospodarowania (Flis-Bujak i in., 2006; Mijangos i in., 2006).

WNIOSKI

1. System uprawy ziemniaka kształtował liczebność drobnoustrojów pektynolitycznych w glebie w poszczególnych fazach wzrostu rośliny, jak również wpływał na wilgotność i odczyn gleby.

2. W obu badanych systemach uprawy, ekologicznym i konwencjonalnym, wśród drobnoustrojów pektynolitycznych zdecydowanie liczniej występowały bakterie hydrolizujące pektyny przez liazy pektynowe, zwłaszcza pod koniec wegetacji roślin. Ich ilość była 2-krotnie wyższa niż mikroorganizmów wydzielających poligalakturonazy.

3. Dynamika rozwoju glebowych drobnoustrojów hydrolizujących pektyny zależała od fazy rozwoju ziemniaka. Zdecydowanie najwięcej zarówno mikroorganizmów wydzielających liazy pektynowe, jak i poligalakturonazy odnotowano pod koniec wegetacji roślin.

PIŚMIENNICTWO

- Acosta-Martinez V., Mikha M.M., Vigil M.F., 2007.** Microbial communities and enzyme activities in soils under alternative crop rotations compared to wheat-fallow for the Central Great Plains. *Appl. Soil Ecol.*, 37: 41-52.
- Bielińska E.J., Baran S., Domżał H., 2000.** Zastosowanie wskaźników enzymatycznych do oceny wpływu rocznych zabiegów agrotechnicznych na poprawę właściwości gleby lekkiej. *Fol. Univ. Stetin.*, 211 Agricultura, 84: 35-40.
- Breza-Boruta B., 2013.** Effect of cropping system on development dynamics of cellulolytic microorganisms in soil. *Environ. Protect. Natur. Res.*, 24, 2(56): 41-44.
- Breza-Boruta B., Paluszak Z., 2006.** Occurrence of amylolytic microorganisms in soil depending on the type of cultivation. *Ecohydrol. Hydrobiol.*, 6: 175-180.
- Dąbek-Szreniawska M., Wyczółkowski A.I., Jończyk K., Kuś J., 2000.** Współzależności między nawożeniem, systemem uprawy, wodoodpornością agregatów glebowych a liczebnością drobnoustrojów. *Acta Agrophys.*, 38: 47-57.
- Favela-Torres E., Volke-Sepúlveda T., Viniegra-González G., 2006.** Production of hydrolytic depolymerising pectinases. *Food Technol. Biotechnol.*, 44: 221-227.
- Flis-Bujak M., Dąbek-Szreniawska M., Żukowska G., 2006.** Wpływ systemu produkcji roślinnej na substancję organiczną oraz aktywność enzymatyczną asparaginazy i ureazy gleby płowej. *Acta Agrophys.*, 8: 559-568.
- Frać M., Lipiec J., Rutkowska A., Oszust K., Półtorak M., 2011.** Właściwości mikrobiologiczne gleby pod uprawą pszenicy ozimej w systemach ekologicznym i konwencjonalnym. *Acta Agrophys.*, 18: 245-254.
- Gierasimiuk J., Strzelczyk E., 2003.** Cellulolytic and pectolytic activity of bacilli isolated from the root-free soil and the rhizosphere of different forest trees. *Fol. Forest. Polonica*, 45: 15-26.
- Golińska P., Dahm H., 2011.** Enzymatic activity of actinomycetes from the genus *Streptomyces* isolated from the bulk soil and rhizosphere of the *Pinus sylvestris*. *Dendrobiology*, 65: 37-46.
- Hankin L., Zucker M., Sands D.C., 1971.** Improved solid medium for the detection and enumeration of pectolytic bacteria. *Appl. Microbiol.*, 22(2): 205-209.
- Marytyniuk S., Księżniak A., Jończyk K., Kuś J., 2007.** Charakterystyka mikrobiologiczna gleby pod pszenicą ozimą uprawianą w systemie ekologicznym i konwencjonalnym. *J. Res. Appl. Agric. Engin.*, 52: 113-116.
- Mijangos I., Perez R., Albizu I., Garbisu C., 2006.** Effects of fertilization and tillage on soil biological parameters. *Enz. Microbiol. Technol.*, 40: 100-106.
- Redlak K., Dahm H., Ciesielska A., Strzelczyk E., 2001.** Enzymatic activity of ectendomycorrhizal fungi. *Biol. Fertil. Soils*, 33: 83-90.
- Russel S., Górska E., Wyczółkowski A.I., 2005.** Enzymy biorące udział w hydrolizie celulozy. *Acta Agrophys.*, 3: 27-36.
- Selivanov N.Y., Sorokina I.V., Selivanova O.G., Sokolov O.I., Ignatov V.V., 2008.** Investigation of enzymatic degradation of pectin polysaccharides under limiting conditions. *Biochemistry (Moscow)*, 73: 80-86.
- Solbak A.I., Richardson T.H., McCann R.T., Kline K.A., Bartnek F., Tomlinson G., Tan X., Parra-Gessert L., Frey G.J., Podar M., 2005.** Discovery of pectin-degrading enzymes and directed evolution of a novel pectate lyase for processing cotton fabric. *J. Biol. Chem.*, 280: 9431-9438.
- Sunnotel O., Nigam P., 2002.** Pectinolytic activity of bacteria isolated from soil and two fungal strains during submerged fermentation. *World J. Microbiol. Biotechnol.*, 18: 835-839.

B. Breza-Boruta

OCCURRENCE OF PECTINOLYTIC MICROORGANISMS IN SOIL CULTIVATED UNDER ORGANIC AND CONVENTIONAL CROPPING SYSTEMS

Summary

The objective of this study was to determine the number of microorganisms with pectinolytic properties in soil under potato cultivation in different cropping system, organic and conventional. Soil samples for microbiological analyses were collected three or four times during three years. The number of pectinolytic microorganisms was determined based on the secreted enzymes of the group: polygalacturonases and pectin lyases in solid culture medium using the soil solution method. The results indicate a considerable differentiation of the count level of pectinolytic microorganisms in the compared cropping systems. It appears that more microorganisms capable of pectin decomposition by pectin lyases were associated with organic farming as compared with conventional system. In contrast, a slightly higher number of microorganisms hydrolyzed pectins by means of enzymes from the group of polygalacturonases were determined in the soil cultivated conventionally. The time of sampling had a significant effect on microbial development. Definitely lower number of pectinolytic microorganisms was determined at the beginning of the plant growth (I-II date of analyses). However, their quantitative composition increased along with the growth period, reaching the highest level at tuber harvest maturity.

key words: pectinolytic microorganisms, soil, cropping system, potato