

AKTYWNOŚĆ MIKROBIOLOGICZNA I ENZYMATYCZNA GLEBY POD UPRAWĄ KUKURYDZY W ZALEŻNOŚCI OD ZRÓŻNICOWANEGO NAWOŻENIA AZOTEM

**Małgorzata NATYWA, Aleksandra SAWICKA,
Agnieszka WOLNA-MARUWKA**

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Katedra Mikrobiologii Ogólnej i Środowiskowej

Słowa kluczowe: dehydrogenazy, gleba, kukurydza, mikroorganizmy, nawożenie azotowe

Streszczenie

Celem podjętych badań było określenie wpływu zróżnicowanego nawożenia azotem na dynamikę wzrostu wybranych grup drobnoustrojów i aktywność dehydrogenaz w glebie pod uprawą kukurydzy z przeznaczeniem na kiszonkę. Doświadczenie zlokalizowano na terenie Zakładu Doświadczalno-Dydaktycznego Złotniki, należącego do Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Eksperyment obejmował 8 poletek doświadczalnych, na których wysiano kukurydzę. Połowa poletek była deszczowana w okresie letnim. Badania przeprowadzono w latach 2007–2008. Próbkę gleb do analiz pobierano w 6 terminach w okresie wegetacji kukurydzy: przed siewem nasion i azotu, w fazie 2–3 liści, w fazie 7–8 liści, w fazie wyrzucania wiech, w fazie dojrzałości mleczonej i po zbiorze roślin. Do oznaczenia aktywności dehydrogenaz wykorzystano metodę Thalmanna, natomiast liczebność poszczególnych grup drobnoustrojów (bakterii, promieniowców i grzybów) określona została na odpowiednich podłożach wybiórczych. Stwierdzono istotny wpływ zróżnicowanego nawożenia azotem oraz fazy rozwojowej kukurydzy na liczebność drobnoustrojów i aktywność enzymów w glebie. Większą liczebność badanych grup drobnoustrojów odnotowano latem, natomiast mniejszą – wiosną (faza 2–3 liści). Aktywność dehydrogenaz była najwyższa wiosną (przed siewem roślin) i latem, natomiast najniższa – wiosną, ale w fazie 2–3 liści. Duże dawki azotu nie wpływały stymulująco na liczebność drobnoustrojów i aktywność enzymów (z wyjątkiem II roku analiz, gdy aktywność dehydrogenaz była wyższa na obiektach nawożonych intensywnie).

Adres do korespondencji: mgr M. Natywa, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Katedra Mikrobiologii Ogólnej i Środowiskowej, ul. Szydlowska 50, 60-656 Poznań; tel. +48 (61) 845-67-22, e-mail: mnatywa@up.poznan.pl

WSTĘP

Mikroorganizmy odgrywają ważną rolę w przemianach składników gleby, mających znaczenie pokarmowe dla roślin, dlatego też znajomość ich rozmieszczenia i działalności w tym środowisku stała się niezbędna do zapewnienia optymalnych warunków dobrego rozwoju i plonowania upraw roślinnych [DRAŻKIEWICZ, 1989]. Współdziałanie mikroorganizmów i roślin wyższych doprowadza do powstania pewnego rodzaju równowagi w układach biocenotycznych w środowiskach glebowych, którą zakłóca każdy nowy dopływ substancji chemicznej lub gwałtowna zmiana właściwości fizyczno-chemicznych gleby. Gleba, w odróżnieniu od innych tworów geologicznych, cechuje się tzw. aktywnością biologiczną, o której decydują m.in. mikroorganizmy glebowe i wydzielane przez nie enzymy [KIELISZEWSKA-ROKICKA, 2001]. Poziom aktywności enzymatycznej gleb stanowi czuły wskaźnik ich żywności i urodzajności oraz informuje o zmianach ekologicznych środowiska glebowego [BIELIŃSKA, BARAN, DOMŻAŁ, 2000]. Liczebność drobnoustrojów w glebie oraz aktywność enzymów zależy od wielu czynników (np. pH gleby, stosunków wodno-powietrznych, zawartości materii organicznej), które w znacznym stopniu są kształtowane przez system uprawy gleby, m.in. jej nawożenie i rodzaj stosowanego nawozu [BIELIŃSKA, MOCEK, 2003; GOSTKOWSKA i in., 1998]. BARABASZ i VOŘIŠEK [2002] uważają, że zabiegi agrotechniczne, takie jak nawożenie (w tym nawożenie organiczne oraz mineralne azotem), mają istotne znaczenie dla aktywności mikroorganizmów glebowych. Racjonalne nawożenie mineralne ma korzystny wpływ na plonowanie roślin, jednak pod wpływem nieprawidłowych zabiegów agrotechnicznych i nieracjonalnego nawożenia może dojść do zaburzenia w funkcjonowaniu całych agrosystemów i przyczynić się do powstawania w środowiskach glebowych różnych związków (m.in. mykotoksyn i nitrozoamin) lub nagromadzenia amoniaku, co może wpłynąć niekorzystnie na rozwój części mikroflory [BARABASZ i in., 2002; NOWAK, 1998].

METODY BADAŃ

Badania przeprowadzono w latach 2007–2008. Doświadczenie zlokalizowano na terenie Zakładu Dydaktyczno-Doświadczalnego Złotniki, należącego do Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, na glebie płowej typowej, klasy bonitacyjnej IVa i IVb, kompleksu przydatności rolniczej żytniego bardzo dobrego i żytniego dobrego. Eksperyment obejmował 8 poletek doświadczalnych założonych w układzie bloków losowanych. Powierzchnia poletka wynosiła 24 m². Na poletkach wysiano kukurydzę odmiany Clarica (FAO 220) z przeznaczeniem na kiszonkę. Jako nawóz zastosowano saletrę amonową w czterech dawkach: 0, 80, 160 i 240 kg N·ha⁻¹. Na połowie poletek zastosowano zabieg deszczowania w okresie letnim. Próbkę gleb do analiz pobierano z losowo wybranych miejsc z warstwy or-

nej międzyrzędzi (0–20 cm) w 6 terminach w okresie wegetacji kukurydzy: przed siewem nasion i azotu, w fazie 2–3 liści, w fazie 7–8 liści, w fazie wyrzucania wiech, w fazie dojrzałości mlecznej i po zbiorze roślin. Średnia temperatura oraz suma opadów w okresie wegetacyjnym (IV–X) pierwszego roku analiz (2007) wynosiła 16,3°C oraz 315,6 mm, natomiast w drugim roku analiz – odpowiednio 16,1°C i 316,8 mm (tab. 1).

Tabela 1. Przebieg warunków atmosferycznych w ZDD Złotniki w latach 2007 i 2008

Table 1. Weather conditions in Złotniki Experimental Station in the years 2007 and 2008

Miesiąc Month	Temperatura, °C Temperature, °C		Opady, mm Precipitations, mm	
	2007	2008	2007	2008
	I	4,6	2,4	76,3
II	1,4	4,4	54,0	15,4
III	7,9	5,4	65,3	54,8
IV	12,7	10,0	7,4	77,5
V	17,0	16,2	73,1	9,5
VI	20,6	20,6	44,3	8,4
VII	19,9	22,2	72,2	46,6
VIII	20,5	19,7	65,7	88,6
IX	14,6	14,4	32,6	16,8
X	9,0	9,9	20,3	69,4
XI	2,8	5,4	46,6	20,5
XII	1,5	0,0	36,7	0,0
Średnia Mean				
I–XII	11,0	10,9	–	–
IV–X	16,3	16,1	–	–
Suma opadów Total precipitations				
I–XII	–	–	594,5	480,3
IV–X	–	–	315,6	316,8

Oznaczenia mikrobiologiczne, tj. liczebność 3 grup drobnoustrojów, oznaczono na podłożach wybiórczych. Określono: ogólną liczebność bakterii na 2-procentowym podłożu agarowym na wyciągu glebowym po 14 dniach inkubacji w temperaturze 28°C [LÖCHNIS, 1920], liczebność promieniowców na podłożu Pochona [GRABIŃSKA-ŁONIEWSKA, 1999] po 7 dniach inkubacji w temperaturze 24°C, liczebność grzybów na podłożu Martina [MARTIN, 1950] po 7 dniach inkubacji w temperaturze 24°C. Posiewy zostały wykonane w 5 powtórzeniach, a liczbę poszczególnych grup drobnoustrojów przeliczono na 1 g s.m. gleby i wyrażono w jednostkach tworzących kolonie (jtk). Aktywność dehydrogenazy ustalono kolorymetrycznie za pomocą spektrofotometru Novaspec II firmy Pharmacia Biotech przy długości fali 485 nm po 24 h czasie inkubacji w temperaturze 30°C z roztwo-

rem TTC wg metody Thalmanna [THALMANN, 1968]. Aktywność enzymów wyrażono ilością powstałego 2,3,5-trifenyloformazanu ($\mu\text{g TPF}\cdot\text{g}^{-1}$ s.m. gleby). W badanych próbkach oznaczono pH w H_2O za pomocą pH-metru Piccolo firmy Hanna Instruments. Analizę statystyczną wyników wykonano z wykorzystaniem programu Statistica 8.0. Różnice między średnimi oceniano testem Tukeya.

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Zaobserwowano istotny wpływ nawożenia azotem oraz fazy rozwojowej kukurydzy na liczebność poszczególnych grup drobnoustrojów i aktywność enzymów. W I roku analiz (2007) stwierdzono największą liczebność bakterii i promieniowców latem, natomiast aktywność enzymów najwyższa była wiosną – przed siewem kukurydzy i także w okresie letnim. Największą liczebność grzybów odnotowano jesienią po zbiorze kukurydzy. Najmniejszą liczebność badanych grup drobnoustrojów oraz zmniejszenie aktywności dehydrogenaz odnotowano wiosną (faza 2–3 i 7–8 liści). W II roku analiz (2008) stwierdzono największą liczebność bakterii wiosną (faza 7–8 liści), natomiast pozostałych grup drobnoustrojów oraz aktywność enzymów – latem (wyrzucanie wiech, dojrzałość mleczna). Najmniejszą liczebność mikroorganizmów oraz aktywność dehydrogenaz zaobserwowano wiosną i jesienią (przed siewem, faza 2–3 liści, po zbiorze). Dawka azotu wywarła istotny wpływ na dynamikę wzrostu mikroorganizmów i aktywność enzymów. Liczebność drobnoustrojów na poszczególnych obiektach glebowych z różnymi dawkami azotu była zróżnicowana. W I roku analiz zaobserwowano, że duże dawki nawozu nie wpływają korzystnie na zwiększenie liczebności drobnoustrojów, z wyjątkiem grzybów, których liczebność zwiększała się wraz ze zwiększającą się dawką azotu. Duże dawki nawozu spowodowały obniżenie aktywności dehydrogenaz. W II roku analiz zaobserwowano wyższą aktywność enzymów na obiektach nawożonych dużymi dawkami azotu (160 i $240 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$). Liczebność bakterii tylko w okresie wiosennym była większa na obiektach z największą dawką nawozu. Duże dawki azotu nie wpływały korzystnie na zwiększenie liczebności promieniowców i grzybów (tab. 2).

Duża liczebność drobnoustrojów oraz wysoka aktywność dehydrogenaz w okresie letnim może mieć związek z większym wydzielaniem korzeniowym przez rośliny. Wydzieliny korzeniowe są doskonałym źródłem pokarmu dla drobnoustrojów, szczególnie bytujących w ryzosferze. Podobne wyniki uzyskali również BIELIŃSKA i LIPECKI [1998], KOPER, PIOTROWSKA i URBANOWSKI [1999] oraz NATYWA i SAWICKA [2008]. W okresie wiosennym czynnikiem sprzyjającym może być natomiast optymalna temperatura w warunkach dostatecznej wilgotności [KOPER, PIOTROWSKA, URBANOWSKI, 1999]. Jesienią czynnikiem stymulującym namnażanie się drobnoustrojów może być dopływ świeżej masy organicznej w postaci resztek poźniwnych. Według VETANOVETZA i PETERSONA [1992], nawożenie

Tabela 2. Wpływ różnych dawek azotu na liczebność mikroorganizmów oraz aktywność dehydrogenaz w glebie pod uprawą kukurydzy na kiszonkę
Table 2. The effect of differentiated nitrogen fertilisation on the number of microorganisms and dehydrogenases activity in soil under maize cropped for silage

Faza rozwojowa kukurydzy Growth phase of maize	Dawka azotu N dose kg	Liczba The number of						Aktywność dehydrogenaz	
		bakterii bacteria $\cdot 10^5$		promieniowców actinomycetes $\cdot 10^4$		grzybów fungi $\cdot 10^3$		2007	2008
		2007	2008	2007	2008	2007	2008		
Przed siewem Before sowing	0	29,35 a	57,09 a-c	57,75 a-d	26,62 a	5,73 a-d	11,66 a	3,16 d-f	2,02 a-c
	80	31,90 a	81,29 a-c	57,47 a-c	32,34 ab	5,81 a-c	12,98 ab	2,82 c-f	3,84 c-i
	160	43,70 a	78,39 a-c	73,59 a-e	32,42 ab	31,93 a-c	14,15 a-c	3,58 c-f	4,76 e-i
	240	35,15 a	102,52 a-c	61,10 a-d	42,57 a-c	19,98 ab	10,45 a	3,89 g-f	3,03 b-f
Faza 2-3 liści Phase of 2-3 leaves	0	31,61 a	57,20 a-c	35,20 a-c	157,15 e-i	10,83 ab	61,50 f	1,11 a	1,55 ab
	80	222,80 c	57,44 a-c	42,64 a-c	141,70 d-i	9,37 ab	28,01 a-d	1,04 a	2,31 a-d
	160	78,28 ab	60,54 a-c	20,54 ab	217,89 ij	12,17 ab	40,33 b-f	1,13 ab	2,59 a-d
	240	129,07 ab	81,96 a-c	25,91 ab	109,11 b-g	5,86 ab	41,93 c-f	1,00 a	3,70 c-i
Faza 7-8 liści Phase of 7-8 leaves	0	89,71 ab	91,74 a-c	163,39 f-h	193,20 h-j	11,23 a	22,74 a-d	2,11 a-e	0,70 a
	80	75,50 ab	130,19 cd	91,78 a-f	145,63 d-i	4,73 a	23,40 a-d	1,76 a-d	2,34 a-d
	160	67,86 ab	102,94 a-c	149,76 e-h	90,87 a-f	13,60 ab	17,43 a-d	1,39 a-c	2,19 a-d
	240	105,34 a-c	180,09 d	115,61 c-g	73,07 a-d	6,19 ab	20,26 a-d	1,48 a-c	2,80 b-e
Wyrzucanie wiech Phase of tasselling	0	220,74 c	105,33 a-d	61,31 a-d	185,70 g-j	11,48 ab	55,94 ef	2,82 c-f	2,11 a-d
	80	89,34 ab	73,95 a-c	73,48 a-e	168,59 f-j	26,51 ab	31,43 a-e	1,83 a-d	4,56 e-i
	160	153,69 a-c	97,57 a-c	65,89 a-e	206,57 ij	21,12 ab	26,86 a-d	2,10 a-e	4,98 g-i
	240	177,27 bc	76,65 a-c	106,97 b-g	189,50 h-j	60,16 a-c	45,21 d-f	0,75 a	3,62 c-i
Dojrzałość mleczna Milk maturity stage	0	138,97 a-c	121,22 b-d	213,42 h	140,46 d-i	47,70 a-c	30,02 a-e	3,59 ef	4,90 e-i
	80	81,73 ab	53,08 ab	92,83 a-f	116,33 c-h	63,44 a-c	20,74 a-d	3,53 c-f	3,53 c-i
	160	72,27 ab	109,35 a-d	178,81 gh	139,42 d-i	74,46 a-c	18,72 a-d	3,17 d-f	5,35 i
	240	63,82 ab	45,04 a	142,29 d-h	177,77 g-j	53,92 a-c	28,62 a-e	1,21 ab	5,09 h-i
Po zbiorze After harvest	0	82,40 ab	49,87 ab	31,22 a-c	239,87 j	91,23 bc	15,87 a-c	2,65 b-f	2,90 b-e
	80	130,85 a-c	69,32 a-c	76,29 a	97,55 a-f	90,01 a-c	5,23 a	1,16 ab	3,13 b-g
	160	83,73 ab	48,75 ab	64,96 a-d	84,49 a-e	117,93 c	15,56 a-c	1,21 ab	3,99 d-i
	240	83,64 ab	39,26 a	16,43 a	179,07 g-j	243,27 d	12,59 ab	0,93 a	3,17 b-h

Objaśnienia: średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie na poziomie prawdopodobieństwa $\alpha = 0,05$.

Explanations: means marked with the same letters did not differ significantly at $\alpha = 0,05$.

azotem mineralnym zwiększa populację bakterii, promieniowców i grzybów w wyniku poprawienia zasobności gleb w azot oraz powoduje zmianę właściwości fizycznych i chemicznych. Zbyt duże dawki azotu mogą doprowadzić m.in. do nagromadzenia toksycznych substancji, np. amoniaku zatruwającego rośliny i ograniczającego rozwój pewnych grup drobnoustrojów, a także wpływać na zmniejszenie pH gleby, co jest istotne dla aktywności enzymów [BRZEZIŃSKA, WŁODARCZYK, 2005; TREVORS, 1984; VON MERSI, SCHINNER, 1991]. Wyższą aktywność enzymów w II roku badań na obiektach intensywnie nawożonych można tłumaczyć większą wartością pH gleby na tych obiektach (tab. 3). Na podstawie badań prze-

Tabela 3. Wartości pH na poszczególnych obiektach glebowych w latach 2007 i 2008

Table 3. pH in particular soil objects in the years 2007 and 2008

Faza rozwojowa kukurydzy Growth phase of maize	Dawka azotu, kg N dose, kg	pH _{H2O}	
		2007	2008
Przed siewem Before sowing	0	6,93 c	7,10 a
	80	6,80 bc	7,14 a
	160	5,82 abc	6,81 a
	240	5,96 abc	6,72 a
Faza 2–3 liści Phase of 2–3 leaves	0	6,63 abc	5,75 a
	80	6,08 abc	6,61 a
	160	5,66 abc	6,05 a
	240	5,54 abc	6,38 a
Faza 7–8 liści Phase of 7–8 leaves	0	6,37 abc	6,12 a
	80	5,77 abc	6,76 a
	160	5,30 ab	6,60 a
	240	5,09 a	6,74 a
Wyrzucanie wiech Phase of tasselling	0	6,20 abc	6,25 a
	80	6,04 abc	7,03 a
	160	6,20 abc	6,64 a
	240	5,60 abc	6,79 a
Dojrzałość mleczna Milk maturity stage	0	6,00 abc	5,85 a
	80	6,34 abc	7,08 a
	160	5,82 abc	6,27 a
	240	5,31 ab	6,74 a
Po zbiorze After harvest	0	6,65 abc	6,45 a
	80	6,51 abc	7,14 a
	160	6,04 abc	6,92 a
	240	5,60 abc	6,96 a

Objaśnienia, jak pod tabelą 2.

Explanations as in Table 2.

prowadzonych przez KUCHARSKIEGO i in. [1996] stwierdzono, że liczebność i aktywność drobnoustrojów była bardziej związana z kompleksem przydatności rolniczej gleb niż z dawką azotu mineralnego. KUCHARSKI [1997] stwierdził ponadto, że w przypadku nawożenia mineralnego zbyt duże dawki azotu ($240 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) prowadzą do znacznego ograniczenia aktywności dehydrogenaz, co także potwierdzają autorki tej pracy. Pod wpływem stosowania zbyt dużych dawek nawozów azotowych modyfikacji ulega skład jakościowy biocenozy – następuje recesja bakterii z rodzajów *Arthrobacter*, *Azotobacter*, *Streptomyces* – dotychczasowych dominantów z grupy mikroflory autochtonicznej, a dominację w mikrobiocenozach przejmują inne gatunki – głównie grzyby z klasy *Deuteromycetes* [SMYK, CZACHOR, AWIZ, 1989]. Według KOZANECKIEJ, REKOSZ-BURLAGI i RUSSELA [1996], czynnikiem wpływającym na kształtowanie się zespołów drobnoustrojów glebowych, oprócz pH, może być także zawartość substancji organicznej i poszczególnych pierwiastków, temperatura oraz sposób uprawy i ochrony roślin. Na podstawie dwukrotnych w okresie wegetacji kukurydzy oznaczeń zawartości węgla i azotu, stwierdzono, że termin pobierania próbek i dawka azotu nie wpływają istotnie na zawartość tych pierwiastków w glebie (tab. 4). Niemniej korzystne właściwości chemiczne gleby mogą wpływać stymulująco na jej aktywność mikrobiologiczną i enzymatyczną.

Tabela 4. Zawartość węgla ogółem, azotu ogółem oraz stosunek węgla do azotu na poszczególnych obiektach glebowych

Table 4. The content of total organic carbon, total nitrogen and carbon to nitrogen ratio in particular soil objects

Faza rozwojowa kukurydzy Growth phase of maize	Dawka azotu N dose kg	Zawartość, $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$		Content, $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$		C:N	
		N		C			
		2007	2008	2007	2008	2007	2008
Wyrzucanie wiech Phase of tasselling	0	0,48 a	0,77 a	5,30 a	8,93 a	11,04 a	11,55 a
	80	0,52 a	0,79 a	5,89 a	9,21 a	11,25 a	11,65 a
	160	0,54 a	0,87 a	5,94 a	10,17 a	11,50 a	11,60 a
	240	0,55a	0,78 a	6,23 a	9,01 a	11,35 a	11,55 a
Po zbiorze After harvest	0	0,53 a	0,93 a	6,30 a	10,75 a	11,81 a	11,55 a
	80	0,52 a	0,74 a	5,70 a	8,44 a	11,74 a	11,40 a
	160	0,48 a	0,71 a	6,23 a	8,75 a	11,27 a	12,30 a
	240	0,56 a	0,78 a	6,91 a	8,86 a	12,34 a	11,30 a

Objaśnienia, jak pod tabelą 2.

Explanations as in Table 2.

WNIOSKI

1. Odczyn gleby oraz jej właściwości chemiczne wpływały na kształtowanie się liczebności drobnoustrojów oraz aktywność enzymów.
2. Faza rozwojowa kukurydzy oraz dawka azotu wpływały istotnie na dynamikę wzrostu poszczególnych grup drobnoustrojów oraz aktywność enzymatyczną gleby.
3. Największą liczebność drobnoustrojów i aktywność enzymów odnotowano latem, a najmniejszą wiosną i jesienią.
4. Większe dawki azotu spowodowały zwiększenie liczebności grzybów (w I roku badań) oraz dehydrogenaz (w II roku badań).
5. Większe dawki saletry amonowej wpłynęły na zmniejszenie liczebności bakterii i promieniowców oraz zmniejszenie aktywności dehydrogenaz (w I roku badań).

LITERATURA

- BARABASZ W., VOŘÍŠEK K., 2002. Bioróżnorodność mikroorganizmów w środowiskach glebowych. W: Aktywność drobnoustrojów w różnych środowiskach. Pr. zbior. Red. W. Barabasz. Kraków: AR s. 23–34.
- BARABASZ W., ALBIŃSKA D., JAŚKOWSKA M., LIPIEC J., 2002. Biological effects of mineral nitrogen fertilization on soil microorganisms. *Pol. J. Env. St.* vol. 11 no. 3 s. 193–198.
- BIELIŃSKA E.J., LIPECKI J., 1998. Wpływ sposobu utrzymania gleby w sadzie jabłoniowym na możliwości ograniczenia degradacji chemicznej i biologicznej. *Ann. UMCS* 6 s. 1–7.
- 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 Agricult.* 84 s. 35–40.
- BIELIŃSKA E.J., MOCEK A., 2003. Aktywność enzymatyczna gleby użytkowanej sadowniczo jako wskaźnik stanu środowiska wywołany stosowaniem ściółek z tworzyw sztucznych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* z. 492 s. 25–37.
- BRZEZIŃSKA M., WŁODARCZYK T., 2005. Enzymy wewnątrzkomórkowych przemian redoks (oksydo-reduktazy). *Acta Agrophys. Rozpr. Monogr.* 3 s. 11–26.
- DRAŹKIEWICZ M., 1989. Relacje pomiędzy fazą stałą gleby a mikroorganizmami. *Post. Mikrobiol.* 28 2–4 s. 161–172.
- GOSTKOWSKA K., FURCZAK J., DOMŻAŁ H., BIELIŃSKA E.J., 1998. Suitability of some biochemical and microbiological tests for the degradation degree of podzolic soil on the background of it differentiated usage. *Pol. J. Soil Sci.* 30 (2) s. 69–78.
- GRABIŃSKA-ŁONIEWSKA A., 1999. Ćwiczenia laboratoryjne z mikrobiologii ogólnej. Warszawa: Ofic. Wydaw. PW ss. 223.
- KIELISZEWSKA-ROKICKA B., 2001. Enzymy glebowe i ich znaczenie w badaniach aktywności biologicznej gleby. W: *Drobnoustroje środowiska glebowego*. Pr. zbior. Red. H. Dahn, A. Pokojska-Burdziej. Toruń: Wydaw. A. Marszałek s. 37–47.
- KOPER J., PIOTROWSKA A., URBANOWSKI S., 1999. Changes of soil enzymatic activity caused by a long-term organic-mineral fertilization during plant vegetation. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* z. 465 s. 495–505.

- KOZANECKA T., REKOSZ-BURLAGA H., RUSSEL S., 1996. Aktywność mikrobiologiczna w sadzie jabłoniowym w zależności od sposobu jej utrzymania, nawożenia azotem i wapnowania. *Rocz. Gleb.* 47 Supl. s. 75–84.
- KUCHARSKI J., CIEĆKO Z., NIEWOLAK T., NIKLEWSKA-LARSKA T., 1996. Aktywność drobnoustrojów w glebach zaliczanych do różnych kompleksów przydatności rolniczej nawożonych azotem mineralnym. *Acta Acad. Agricult. Tech. Olst. Agricult.* no. 62 s. 25–35.
- KUCHARSKI J., 1997. Relacje między aktywnością drobnoustrojów a żyznością gleby. W: *Drobnoustroje w środowisku. Występowanie, aktywność i znaczenie*. Pr. zbior. Red. W. Barabasz. Kraków: AR s. 327–347.
- LÖCHNIS F., 1920. *Landwirtschaftlich bakteriologisches Praktikum*. Berlin: 2 Aufl. Bomtraeger ss. 165.
- MARTIN J.P., 1950. Use of acid, rose bengal and streptomycin in the plate method for estimating soil fungi. *Soil Sci.* 69 s. 215–232.
- NATYWA M., SAWICKA A., 2008. Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotem na aktywność dehydrogenazy w glebie pod uprawą kukurydzy. *Ekol. Tech.* vol. 16 nr 5A s. 111–116.
- NOWAK A., 1998. *Mikrobiologia dla kierunków rolniczego, ogrodniczego i ochrona środowiska*. Szczecin: AR ss. 122.
- SMYK B., CZACHOR M., AWIZ N.H., 1989. Występowanie grzybów toksynotwórczych w glebach i ich wpływ na produktywność biologiczną agrosystemów. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* z. 380 s. 143–150.
- THALMANN A., 1968. Zur Methodik der Bestimmung der Dehydrogenase Aktivität in Boden Mittels Triphenyltetrazoliumchlorid (TTC). *Landwirsch. Forsch.* 21 s. 249–284.
- TREVORS J.T., 1984. Effect of substrate concentration, inorganic nitrogen, O₂ concentration, temperature and pH on dehydrogenase activity in soil. *Plant Soil* 77 s. 285–293.
- VETANOVETZ R., PETERSON J., 1992. Effect of carbon source and nitrogen on urease activity in a sphagnum peat medium. *Comm. Soil Sci. Pl. Anal.* 23 s. 379–388.
- VON MERSI W., SCHINNER F. 1991. An improved and accurate method for determining the dehydrogenase activity of soil with idonitrotetrazolium chloride. *Biol. Fertil. Soils* 11 s. 216–220.

Małgorzata NATYWA, Aleksandra SAWICKA, Agnieszka WOLNA-MARUWKA

**MICROBIAL AND ENZYMATIC ACTIVITY
IN THE SOIL UNDER MAIZE CROP
IN RELATION TO DIFFERENTIATED NITROGEN FERTILISATION**

Key words: dehydrogenases, maize, microorganisms, nitrogen fertilisation, soil

S u m m a r y

The aim of undertaken study was to determine the effect of differentiated nitrogen fertilisation on the growth dynamics of selected soil microorganisms and dehydrogenases activity under maize cropped for silage. The experiment was carried out in Złotniki Experimental Station, Poznań University of Life Sciences and included 8 experimental plots sown with maize. One half of the plots were sprinkle irrigated in the summer period. The studies were carried out in the years 2007–2008. Soil samples for analyses were taken on 6 sampling occasions during the vegetation season: before sowing (control), in the phase of 2–3 leaves, in the phase of 7–8 leaves, in the phase of tasselling, in the milk maturity stage and after harvest. Thalmann's method was used to determine dehydrogenase activity and the total number of bacteria, actinomycetes and fungi was determined on appropriate selective

media. Significant effect was found of differentiated nitrogen fertilization and the development stage of maize on the number of microorganisms and dehydrogenases activity in the soil. The highest number of microorganisms was recorded in the summer time, while the lowest – in spring (in the phase of 2–3 leaves). The highest activity of dehydrogenases was noted in the spring – before sowing and in the summer, while the lowest – in the spring but in the phase of 2–3 leaves. Higher nitrogen doses did not stimulate microbial and enzymatic activity with the exception of the second study year when the activity of dehydrogenases was higher in intensively fertilised objects.

Recenzenci:

doc. dr hab. Maria Król

prof. dr hab. Stefan Russel

Praca wpłynęła do Redakcji 14.09.2009 r.