

Jacek Sosnowski*

**WPŁYW UŻYŹNIACZA GLEBOWEGO I ZRÓŻNICOWANYCH DAWEK
AZOTU NA WYDZIELANIE CO₂ Z GLEBY SPOD UPRAWY
FESTULOLIUM BRAUNII Z KONICZYNĄ ŁĄKOWĄ I LUCERNĄ
MIESZAŃCOWĄ**

**EFFECT OF SOIL'S FERTILIZER AND DIFFERENT NITROGEN DOSES
ON THE VALUE OF CO₂ EVOLUTION FROM SOIL IN CULTIVATION
OF FESTULOLIUM BRAUNII WITH RED CLOVER AND ALFALFA**

Słowa kluczowe: użyźniacz glebowy, wydzielanie CO₂, *Festulolium braunii*, gleba, azot.

Key words: soil's fertilizer, CO₂ evolution, *Festulolium braunii*, soil, nitrogen.

Streszczenie

Celem pracy była ocena wpływu użyźniacza glebowego i zróżnicowanych dawek azotu na respirację CO₂ gleby, pobranej spod uprawy mieszanek *Festulolium* z koniczyną łąkową i lucerną mieszańcową. Realizując założenia badawcze, od 2007 roku na obiektach doświadczalnych Katedry Łąkarstwa i Kształtowania Terenów Zieleni prowadzono uprawę 3 mieszanek *Festulolium Braunii* z *Trifolium pratense* L. i *Medicago sativa* ssp. *media*, o zróżnicowanym składzie komponentowym. Wszystkie obiekty doświadczalne zasilano fosforem i potasem. Dawki azotu podlegały zróżnicowaniu: N0 – obiekt kontrolny (bez nawożenia azotem), N1 – 60 kg N·ha⁻¹, N2 – 120 kg N·ha⁻¹. Ponadto obiekty oznaczone UG corocznie nawożono dodatkowo użyźniaczem glebowym, w dawce 0,9 l·ha⁻¹ rozcieńczony w 350 l wody, natomiast BUG tylko mineralnie.

Każdą kombinację doświadczalną prowadzono w trzech powtórzeniach, z których jesienią 2010 roku pobrano do analizy 3 próby glebowe. Aby określić tendencję zróżnicowania emisji CO₂ pod wpływem czynników doświadczalnych, uwzględniono jego kumulację początkową (3-dniowa inkubacja), podstawową (7-dniowa inkubacja) i długotrwałą (35-dniowa

* Dr inż. Jacek Sosnowski – Katedra Łąkarstwa i Kształtowania Terenów Zieleni, Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach; e-mail: laki@uph.edu.pl

inkubacją). Przeprowadzone badania wykazały, że użyźniacz glebowy stosowany w uprawach wieloletnich stymulował procesy zachodzące w glebie, intensyfikując jednocześnie jej aktywność biologiczną, o czym świadczy wzrost respiracji CO₂.

Summary

The aim of this study was to assess the impact of soil's fertilizer and different doses of nitrogen on soil CO₂ evolution, taken from the cultivation of mixtures Festulolium with clover and alfalfa. Realizing the research tasks, since 2007 on the experimental objects of Department of Grassland and Green Areas Creation the cultivation of three mixtures Festulolium braunii with Trifolium pratense L. and Medicago sativa ssp. media with different composition was carried out. All experimental objects were fed with phosphorus and potassium. The nitrogen was differentiated: N0 – control (without nitrogen fertilization), N1 – 60 kg N·ha⁻¹, N2 – 120 kg N·ha⁻¹. In addition, objects marked UG were annually fertilized with soil's fertilizer, at a dose of 0.9 l·ha⁻¹ diluted in 350 l of water, while BUG only mineral. Each experimental combination was performed in three replicants. In the autumn of 2010 three soil samples for the analysis were taken. To determine the differentiation trend in CO₂ emissions under the influence of experimental factors were included the initial accumulation (3-days incubation), primary accumulation (7-days incubation) and long-term accumulation (35-days incubation). The study showed that a soil's fertilizer used in perennial crops, stimulated processes occurring in the soil, while intensifying its biological activity, as evidenced the increase of CO₂ respiration.

1. WPROWADZENIE

Powodzenie uprawy roślin zależy głównie od zawartości i przyswajalności składników pokarmowych tworzących środowisko glebowe, a to wiąże się między innymi z utrzymaniem właściwej żyzności i aktywności biologicznej gleby [Sparling 1995]. Trawczyński [2006] twierdzi, że poprawy żyzności gleby można dokonać stosując preparaty nawozowe, które w swoim składzie zawierają mikroorganizmy intensyfikujące procesy mineralizacji próchnicznych związków organicznych. Według Brake i in. [1999] oraz Sokołowskiej i in. [2004] występowanie mikroorganizmów w glebie zależy od jej struktury, rodzaju, stopienia uwilgotnienia, temperatury, dostępności składników pokarmowych oraz rodzaju prowadzonej uprawy.

Dąbek-Szreniawska [2002] i Ilnicki [2002] uważają, że o biologicznej czynności gleby informuje intensywność respiracji dwutlenku węgla, która w wielu badaniach [Bolton i in. 1993; Alef 1995; Brake i in. 1999; Weigel i in.1999; Maliszewska-Kordybach i Smreczak 2003; Tołoczko i Niewiadomski 2010], jest uznawana za metodę oznaczenia aktywności metabolicznej mikroorganizmów glebowych.

Biorąc powyższe pod uwagę, podjęto badania, których celem była ocena wpływu użyźniacza glebowego i zróżnicowanych dawek azotu na respirację CO₂ gleby, pobranej spod uprawy mieszanek *Festulolium* z koniczyną łąkową i lucerną mieszańcową.

2. METODYKA BADAŃ

Realizując wskazany we Wprowadzeniu cel badawczy, od 2007 roku na obiektach doświadczalnych Katedry Łąkarstwa i Kształtowania Terenów Zieleni UPH w Siedlcach (współrzędna geograficzna: 52.169°N, 22.280°E), uprawiano 3 następujące mieszanki:

- 1) M1 – *Festulolium braunii* (odmiana Felopa) 50%, *Trifolium pratense* L. (odmiana Tena) 50%,
- 2) M2 – *Festulolium braunii* (odmiana Felopa) 50%, *Medicago sativa ssp. media* (odmiana Tula) 50%,
- 3) M3 – *Festulolium braunii* (odmiana Felopa) 50%, *Trifolium pratense* L. (odmiana Tenia) 20%, *Medicago sativa ssp. media* (odmiana Tula) 25%.

Gleba, na której uprawiano mieszanki, należała do rzędu kulturoziemnych, typu hortisole, wytworzonych z piasku gliniastego. Jej skład granulometryczny przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Skład granulometryczny gleby spod upraw eksperymentalnych

Table 1. Granulometric composition of soil from the experimental crop

Procentowy udział frakcji ziemistych o średnicy w mm								
1–0,1	0,1–0,05	0,05–0,02	0,02–0,06	0,06–0,002	<0,002	suma frakcji 0,1 – 0,02	suma frakcji <0,02	grupa granulometryczna
76%	9%	5%	4%	4%	2%	14%	10%	psg

Na podstawie analizy wykonanej w Okręgowej Stacji Chemicznej w Wesolej stwierdzono, że badana gleba odznaczała się odczynem obojętnym i średnim poziomem zawartości próchnicy (tab. 2). Ponadto glebę charakteryzowała bardzo duża zawartość fosforu, duża zawartość magnezu oraz średnia przyswajalnych form potasu oraz azotu ogólnego, azotanowego i amonowego.

Tabela 2. Skład chemiczny gleby przed założeniem doświadczenia

Table 2. The chemical composition of the soil before the establish, of the experiment

pH w KCl	Zawartość składników przyswajalnych, mg·100 g ⁻¹ gleby			Zawartość, %		Zawartość, mg·kg ⁻¹ s.m.	
	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	N-og.	próchnica	N-NO ₃	N-NH ₄
6,99	90,0	19,0	8,4	0,18	3,78	10,10	7,47
niepewność wyników *							
± 3 %	± 20 %	± 20 %	± 20 %	± 20%	± 17 %	± 22 %	± 25 %

* Niepewność rozszerzona obliczana z użyciem współczynnika rozszerzenia 2, co daje poziom ufności 95%.

Wszystkie objekty doświadczalne nawożono fosforem (46-procentowym superfosfa-tem) w dawce 80 kg P₂O₅·ha⁻¹ i potasem (60-procentowa sól potasowa) w ilości 120 kg K₂O·ha⁻¹. Z kolei azot (34-procentowa saletra amonowa), podlegał następującemu zróżnicowaniu: N0 – obiekt kontrolny (bez azotu), N1 – 60 kg N·ha⁻¹, N2 – 120 kg N·ha⁻¹. Objekty oznaczone symbolem UG (tab. 3–5) zasilano corocznie dodatkowo użyźniaczem glebowym, w dawce 0,9 l·ha⁻¹, rozcieńczonym w 350 l wody.

Według Trawczyńskiego [2006] zastosowany w eksperymencie użyźniacz zawierał drożdże, bakterie kwasu mlekowego, bakterie fotosyntetyczne oraz *Azotobacter*, *Pseudomonas* i promieniowce. Ponadto występowały w nim następujące makro- i mikroelementy: potas (3500 mg·l⁻¹), azot (1200 mg·l⁻¹), siarka (1000 mg·l⁻¹), fosfor (500 mg·l⁻¹), sód (200 mg·l⁻¹), magnez (100 mg·l⁻¹), cynk (20 mg·l⁻¹), mangan (0,3 mg·l⁻¹).

Jesienią w roku 2010 pobrano z każdej kombinacji po 3 próby glebowe. Chcąc wykluczyć zmienność fotoperiodyczną, istotnie wpływającą na kumulację dwutlenku węgla [Krysiak i in. 2010], a także nieszczelności układów przy pomiarach *in situ* [Janssens i in. 2000; Krysiak i in. 2010], emisję CO₂ oznaczano w warunkach laboratoryjnych (*in vitro*) metodą Barana [2000]. Aby określić tendencję zróżnicowania wydzielanego gazu pod wpływem czynników doświadczalnych, uwzględniono jego kumulację początkową (3-dniowa inkubacja), podstawową (7-dniowa inkubacja) i długotrwałą (35-dniowa inkubacja) [Mercik i in. 1999].

Wyniki badań oceniono statystycznie, według analizy wariancji. Zróżnicowanie średnich weryfikowano testem Tukey'a, przy poziomie istotności p ≤ 0,05.

3. WYNIKI I DYSKUSJA

Według Dilly [2003] oraz McInain i Martens [2005], oddychanie glebowe (respiracja) jest miarą mineralizacji węgla organicznego, jak również metodą oceny dynamiki rozkładu związków organicznych i ich dostępności dla drobnoustrojów. Badania wykazały, że wydłużanie okresu inkubacji prób glebowych (tab. 3–5), wielokrotnie zwiększyło wydzielanie CO₂ z ok. 37 mg CO₂·kg⁻¹ – respiracja początkową do ok. 430 mg CO₂·kg⁻¹ – respiracja długotrwała. Wartości te były zróżnicowane zależnie od rodzaju uprawy (składu mieszanki) i nawożenia. Ponadto zastosowanie preparatu mikrobiologicznego do zasilania mieszanek motylkowo-trawiających istotnie zwiększało (średnio o ok. 25 %) wartość wydzielonego dwutlenku węgla przez analizowany materiał glebowy, co jak podają Cieślińska i in. [1998] oraz Papińska i in. [2010] łączy się z intensyfikacją procesów mineralizacji glebowych substancji organicznych, prowadzonej przez drobnoustroje. Kuczewski i Nowak [2001] wskazują, że na wydzielanie CO₂, wpływa również zawartość materii organicznej w glebie, której ilość, jak twierdzą Sosnowski i Jankowski [2010], pod wpływem użyźniacza się zwiększa.

Zróżnicowanie dawek azotu w kombinacjach nawozowych różnicowało omawianą cechę jedynie przy respiracji początkowej i długotrwałej (tab. 3 i 5). W tych wypadkach zastosowanie azotu mineralnego powodowało zwiększenie ilości wydzielonego dwutlenku węgla. Nie

stwierdzono jednak istotnych różnic w respiracji między obiektami zasilanymi dawkami azotu 60 i 120 kg. Z kolei rodzaj uprawy jedynie przy oddychaniu początkowym (tab. 3) istotnie wpływał na intensywność wydzielanego CO₂. Z badań wynika, że największa kumulacja gazu (40,08 mg CO₂·kg⁻¹) wystąpiła w próbach pobranych spod uprawy trójkomponentowej mieszanki M3 (*Festulolium braunii* z *Trifolium pratense* L. i *Medicago sativa* ssp. *media*), najmniejsza zaś (35,21 mg CO₂·kg⁻¹) z obiektów obsianych *Festulolium braunii* i *Trifolium pratense* L.

Tabela 3. Respiracja początkowa [mg CO₂·kg⁻¹] materiału glebowego w zależności od zastosowanego nawożenia i rodzaju mieszanki

Table 3. Initial respiration [mg CO₂·kg⁻¹] of the soil material in depending on the used fertilization and type of mixtures

Mieszanka	Dawka azotu	Użyźniacz glebowy		Średnia
		UG	BUG	
M1	N0	35,05	33,30	35,30
	N1	35,59	33,84	34,71
	N2	37,39	35,64	36,51
M2	N0	36,25	34,50	35,87
	N1	40,45	38,70	39,42
	N2	39,47	37,82	38,64
M3	N0	38,31	37,56	37,93
	N1	40,99	39,89	40,44
	N2	42,00	41,78	41,89
Średnia dla mieszanek				
M1		36,01	34,42	35,21
M2		39,05	37,00	38,02
M3		40,43	39,74	40,08
Średnia dla dawki azotu				
	N0	36,53	35,12	35,84
	N1	39,01	37,47	38,24
	N2	39,62	38,41	39,01
	Średnia	38,38	37,00	37,69
NIR_{0,05}:				
użyźniacz glebowy (A) – 1,27				
dawka azotu (B) – 2,29				
mieszanka (C) – 2,01				
Współdziałanie:				
(AxB) – 1,80				
(AxC) – 2,40				
(BxC) – 1,22				
(AxBxC) – 2,89				

Objaśnienia: BUG – kombinacja bez użyźniacza glebowego; UG – kombinacja z użyźniaczem glebowym; N0 – obiekt kontrolny (bez azotu); N1 – 60 kg N·ha⁻¹; N2 – 120 kg N·ha⁻¹; M1 – *Festulolium braunii*, *Trifolium pratense* L.; M2 – *Festulolium braunii*, *Medicago sativa* ssp. *media*; M3 – *Festulolium braunii*, *Trifolium pratense* L., *Medicago sativa* ssp. *media*.

Tabela 4. Respiracja podstawowa [mg CO₂·kg⁻¹] materiału glebowego w zależności od zastosowanego nawożenia i rodzaju mieszanki

Table 4. Primary respiration [mg CO₂·kg⁻¹] of the soil material in depending on the used fertilization and type of mixtures

Mieszanka	Dawka azotu	Użyźniacz glebowy		Średnia
		UG	BUG	
M1	N0	103,71	67,80	85,75
	N1	101,28	72,30	86,79
	N2	126,35	79,60	102,97
M2	N0	101,22	72,34	86,78
	N1	103,75	67,82	85,78
	N2	110,43	73,23	91,83
M3	N0	103,75	67,83	85,79
	N1	110,42	73,23	91,82
	N2	126,30	79,67	102,98
Średnia dla mieszanek				
	M1	109,44	73,23	91,33
	M2	105,13	71,13	88,13
	M3	113,49	73,57	93,53
Średnia dla dawki azotu				
	N0	102,89	69,32	86,10
	N1	105,15	71,11	88,13
	N2	121,02	77,50	99,26
	Średnia	109,68	72,64	91,16
NIR_{0,05}:				
użyźniacz glebowy (A) – 30,77				
dawka azotu (B) – n.in.				
mieszanka(C) – n.in.				
Współdziałanie:				
(AxB) – 20,10				
(AxC) – 34,18				
(BxC) – 16,45				
(AxBxC) – 37,79				

Objaśnienia: BUG – kombinacja bez użyźniacza glebowego; UG – kombinacja z użyźniaczem glebowym; N0 – obiekt kontrolny (bez azotu); N1 – 60 kg N·ha⁻¹; N2 – 120 kg N·ha⁻¹; M1– *Festulolium braunii*, *Trifolium pratense* L., M2 – *Festulolium braunii*, *Medicago sativa* ssp. *media*; M3 – *Festulolium braunii*, *Trifolium pratense* L., *Medicago sativa* ssp. *media*.

Tabela 5. Respiracja długotrwała [mg CO₂·kg⁻¹] badanego materiału glebowego w zależności od zastosowanego nawożenia i rodzaju mieszanki

Table 5. Long-term respiration [mg CO₂·kg⁻¹] of the soil material in depending on the used fertilization and type of mixtures

Mieszanka	Dawka azotu	Użyźniacz glebowy		Średnia
		UG	BUG	
M1	N0	408,40	338,00	373,20
	N1	456,70	362,01	409,35
	N2	605,71	456,85	531,28
M2	N0	408,43	338,93	373,68
	N1	490,26	386,20	438,23
	N2	456,00	362,97	409,48
M3	N0	408,00	338,91	385,48
	N1	605,72	386,23	495,97
	N2	490,26	456,89	473,57
Średnia dla mieszanek				
M1		490,27	385,62	437,94
M2		451,56	362,70	407,13
M3		501,32	394,01	447,66
Średnia dla dawki azotu				
N0		408,27	338,61	373,44
N1		517,56	378,17	447,86
N2		517,32	425,57	471,44
Średnia		481,05	380,78	430,91
<p>NIR_{0,05}: użyźniacz glebowy (A) – 100,05 dawka azotu (B) – 74,31 mieszanka (C) – n.in.</p> <p>Współdziałanie: (AxB) – 91,18 (AxC) – 89,10 (BxC) – 120,72 (AxBxC) – 72,79</p>				

Objaśnienia: BUG – kombinacja bez użyźniacza glebowego; UG – kombinacja z użyźniaczem glebowym; N0 – obiekt kontrolny (bez azotu); N1 – 60 kg N·ha⁻¹; N2 – 120 kg N·ha⁻¹; M1– *Festulolium braunii*, *Trifolium pratense* L., M2 – *Festulolium braunii*, *Medicago sativa* ssp. *media*; M3 – *Festulolium braunii*, *Trifolium pratense* L., *Medicago sativa* ssp. *media*.

4. WNIOSKI

1. Niezależnie od dawki azotu, dodatek użyźniacza glebowego zwiększał wydzielanie CO₂ z prób glebowych pobranych spod wszystkich mieszanek.
2. Nawożenie azotem mineralnym zwiększyło respirację początkową i długotrwałą w porównaniu z obiektem N0 (bez azotu). Wielkość dawki azotu nie miała istotnego znaczenia.

3. Największą kumulację CO₂ w oddychaniu początkowym wykazały próbki gleby pobrane spod uprawy *Festulolium braunii* z *Trifolium pratense* L. i *Medicago sativa* ssp. *medica* – mieszanka M3, a najmniejszą próbkę spod uprawy *Festulolium braunii* z *Trifolium pratense* L – mieszanka M1.
4. Użyźniacz glebowy w uprawach wieloletnich zasila aktywność biologiczną gleby, czego wskaźnikiem jest wydzielanie CO₂.

PIŚMIENNICTWO

- ALEF K. 1995. Dehydrogenase activity. In: Method in Applied Soil Microbiology and Biochemistry (Eds K. Alef, P. Nannipieri). Academic Press, London: 228–231.
- BARAN S. 2000. Ocena stanu degradacji i rekultywacji gleb. Wyd. AR w Lublinie: 63–65.
- BOLTON H., SMITH J.L., LINK S.O. 1993. Soil microbial biomass and activity of a disturbed and undisturbed shrub-steppe ecosystem. *Soil Biol. Biochem.* 25: 545–552.
- BRAKE M., HÖPER H., JORGENSEN R.G. 1999. Lad use-induced changes in activity and biomass of microorganisms in raised bog peats at different depths. *Soil Biol. Biochem.* 31: 1489–1497.
- CIEŚLIŃSKA Z., MITKOWSKI Z., TURBIAK J. 1998. Zmiany aktywności biologicznej w glebach mineralno-murszowych i torfowo-murszowych płytkich po wykonaniu orki agromelioracyjnej w warunkach braku wód gruntowych. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.* 460: 177–189.
- DĄBEK-SZRENIAWSKA M. 2002. Charakterystyka mikrobiologiczna gleb torfowo-murszowych poddanych osuszaniu i nawilżaniu. *Acta Agrophysica* 68: 21–28.
- DILLY O. 2003. Regulation of the respiratory quotient of soil microbiota by availability of nutrients. *FEMS Microbiol. Ecol.* 43: 375–381.
- ILNICKI P. 2002. Torfowiska i torfy. Wyd. AR im. A. Cieszkowskiego w Poznaniu: 35–42.
- JANSSENS I.A., KOWALSKI A.S., LONGDOZ B., CEULEMANS R. 2000. Assessing forest soil efflux: an in situ comparison of four techniques. *Tree Physiology*, vol. 20: 23–32.
- KRYSIAK S., TOŁOCZKO W., NIEWIADOMSKI A. 2010. Respiracja CO₂ w glebach ekosystemów polnych wytworzonych ze skał macierzystych różnego pochodzenia. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych* 42: 44–150.
- KUCZEWSKI K., NOWAK I. 2001. Zanieczyszczenia mikrobiologiczne gleby na terenie roślinno-glebowej oczyszczalni ścieków. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.* 475: 147–154.
- MALISZEWSKA-KORDYBACH B., SMRE CZAK B. 2003. Habitat function of agricultural soils as affected by heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons contamination. *Environ. International* 28: 719–728.
- MCLAIN J.E.T., MARTENS D.A. 2005. Nitrous oxide flux from soil amino acid mineralization. *Soil Biol. Biochem.* 37: 289–299.
- MERCIK S., STĘPIEŃ W., FIGAT E. 1999. Zawartość oraz dynamika rozkładu organicznych

- związków węgla i azotu w zależności od wieloletniego nawożenia mineralnego i organicznego. Zesz. Prob. Post. Nauk Rol. 467: 159–167.
- PAPIŃSKA E., MICHALSKA-HEJDUK D., NIEWIADOMSKI A., TOŁŁOCZKO W. 2010. Wydzielanie CO₂ z gleb leśnych i łąkowych w Bolimowskim Parku Krajobrazowym. Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych 42: 136–143.
- SOKOŁOWSKA Z., SZAJDAK L., MATYKA-SARZYŃSKA D. 2004. Impact of the degree of secondary transformation on acid-base properties of organic compounds in mucks. Geoderma 127: 80–90.
- SOSNOWSKI J., JANKOWSKI K. 2010. Wpływ użyźniacza glebowego na skład florystyczny i plonowanie mieszanek kostrzycy Brauna z koniczyną łąkową i lucerną mieszańcową. Łąkarstwo w Polsce 13: 157–166.
- SPARLING G.P. 1995. The substrate induced respiration. In: Method in Applied Soil Microbiology and Biochemistry (Eds K. Alef, P. Nannipieri). Academic Press, London: 397–404.
- TOŁŁOCZKO W., NIEWIADOMSKI A. 2010. Łatwy sposób oznaczania ilości CO₂ uwalnianego z gleby. Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych 42: 151–157.
- TRAWCZYŃSKI C. 2006. Zastosowanie użyźniacza glebowego w agrotechnice ziemniaka. Wyd. Wieś Jutra 2: 44–45.
- WEIGEL A., RUSSEL S., MERCIK S., KÖRSCHENS M., KUBÁT J., POWLSON D.S. 1999. Biomass and its biological activity in relation to the soil organic carbon content in long-term fertilization experiments from four European countries. Zesz. Prob. Post. Nauk Rol. 465: 505–516.