

Endofity traw – zagrożenie naszych łąk i pastwisk ?

Barbara Wiewióra¹, Grzegorz Żurek²

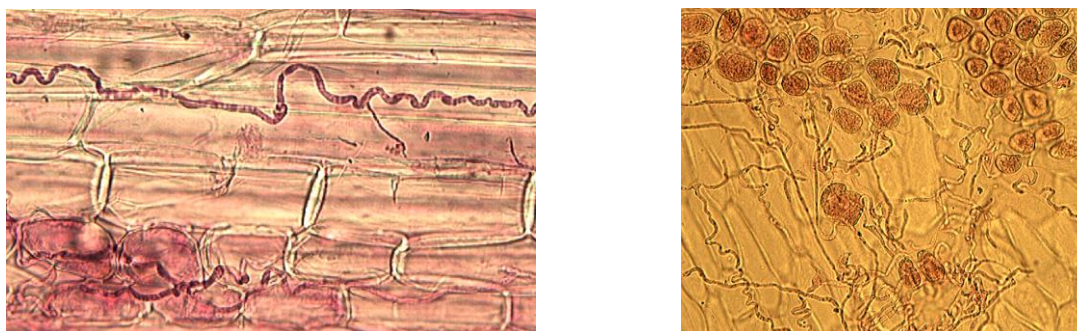
¹Zakład Nasiennictwa i Nasionoznawstwa

²Zakład Traw, Roślin Motylkowatych i Energetycznych

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin - Państwowy Instytut Badawczy, Radzików

e-mail: b.wiewiora@ihar.edu.pl; g.zurek@ihar.edu.pl

W Polsce trwałe użytki zielone zajmują powierzchnię ponad 3 mln ha i stanowią około 30% powierzchni kraju. Najważniejsze rolniczo i ekonomicznie gatunki traw występujące w runi użytków zielonych to: życica trwała (*Lolium perenne* L.), kostrzewa łąkowa (*Festuca pratensis* Huds.), kostrzewa czerwona (*Festuca rubra* L.) oraz kostrzewa trzcinowa (*Festuca arundinacea* Schreb.). Gatunki te uważane są za głównych gospodarzy grzybów endofitycznych, które należą do rodzaju *Neotyphodium* i są zdolne do bezobjawowego zasiedlania tkanek roślinnych. Do typowych endofitów zaliczane są gatunki z rodzaju *Neotyphodium lolii* Latch, Christensen & Samuels współżyjący z życicą trwałą, *N. coenophialum* Morgan-Jones & Gams współżyjący z kostrzewą trzcinową i *N. uncinatum* Gams, Petroni & Schmidt występujący w roślinach kostrzewy łąkowej. Ogólnie szacuje się że ok. 290 gatunków traw może być gospodarzami endofitów, a w skali całego świata grzyby te mogą zasiedlać od 20 – 30% gatunków traw. Grzyby te przenoszone są z nasionami, w których grzybnia zasiedla głównie warstwę aleuronową. Obecność charakterystycznie poskręcanej grzybni w roślinach lub nasieniu mówi nam o zasiedleniu traw przez endofity (ryc.1).



Ryc. 1. Charakterystyczna grzybnia *Neotyphodium* spp. w tkance liści (po lewej) i w nasieniu (po prawej).

Efekty współżycia tych grzybów z trawami mogą być zarówno dodatnie jak i ujemne. Do efektów dodatnich zalicza się wzbudzanie mechanizmów odporności traw na stresy abiotyczne (susze) i biotyczne (szkodniki, nicienie i choroby), a także wyższą wartość użytkową zasiedlonych przez endofity traw i większą ich konkurencyjność w stosunku do traw nie zasiedlonych. Jest to korzystne zwłaszcza w przypadku upraw trawnikowych. Ujemne skutki obecności endofitów w roślinach, to

możliwość wystąpienia groźnych chorób u zwierząt żywionych takimi trawami. Choroby te są efektem spożywania paszy zawierającej metabolity grzybów endofitycznych. Naukowcy zidentyfikowali kilka alkaloidów odpowiedzialnych za słaby rozwój zwierząt pasących się lub karmionych trawami zasiedlonymi przez endofity. Wśród tych związków są alkaloidy sporyszowe (klawiny, kwas lizergowy i jego amidy, ergopeptyny), które są odpowiedzialne za “fescue toxicosis” u zwierząt hodowlanych. Toksyny te są produkowane przez endofity zasiedlające kostrzewę trzcinową i życicę trwałą, odpowiednio *N. coenophialum* i *N. lolii*. Objawy toksyczności chronicznej powodowanej przez tę grupę metabolitów (spadek masy ciała, zmniejszenie produkcji mleka, zmniejszenie przyrostów dobowych) występują przy dawce $0,2\text{--}0,4\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, zaś objawy chorobowe przy dawkach $0,3\text{--}0,5\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (dla koni) i $0,4\text{--}0,7\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (dla bydła).

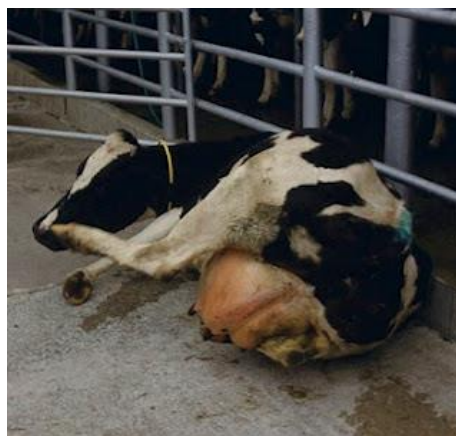


<http://www.aes.auburn.edu>



<http://utbfc.utk.edu>

Po raz pierwszy w symbiotycznych roślinach życicy trwałej zidentyfikowano także lolitrem (diterpeny indolu, paxilina, paxitriole, lolitriol) i fakt ten powiązano z neurotoksycznością dla zwierząt, powodującą tzw. “ryegrass staggers”, czyli kołowaczna rajgrasowa. Choroba objawia się spadkiem produkcji mleka oraz zaburzeniami ze strony układu nerwowego (m.in.: porażenie tylnych kończyn, spazmy).



<http://horses.thathorse.com/ryegrass-staggers/>

Z danych literaturowych wynika, że karmienie bydła paszą zawierającą już $0,05 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ergowaliny może istotnie wpływać na fizjologię zwierzęcia (np. wzrost temperatury ciała u bydła poddanego działaniu wysokiej temperatury powietrza w czasie upalnego lata). Progowe zawartości ergowaliny w diecie, które wywołują objawy kliniczne w USA zostały oszacowane na poziomie $0,4\text{--}0,7 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ u bydła, $0,3\text{--}0,5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ u koni i $0,8\text{--}1,2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ u owiec. Graniczne wartości dla tego alkaloidu mogą jednak się zmieniać, ponieważ środowisko również odgrywa rolę w rozwoju klinicznych objawów choroby powodowanej przez ergowalinę. Jakkolwiek już stężenie na poziomie $0,2\text{--}0,3 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ może powodować wymierne efekty fizjologiczne np. zmniejszeniem produkcji mleka, czy zmniejszeniem masy ciała i dlatego może być potencjalną przyczyną wpływającą na wydajność zwierząt gospodarskich.

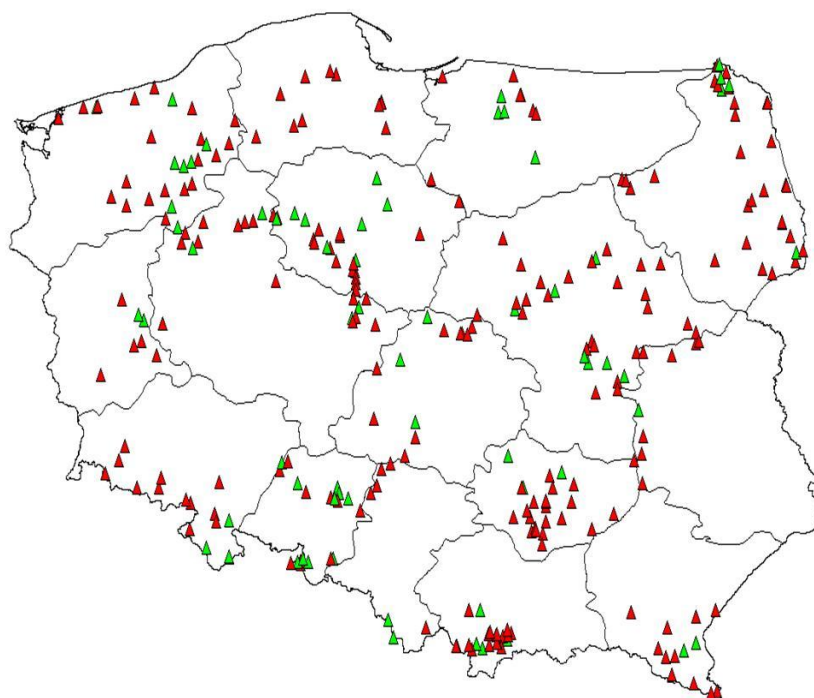
W wielu krajach, np.: Nowej Zelandii, czy Stanach Zjednoczonych, choroby zwierząt wywoływane przez endofity stanowią poważny problem, jednak okres, w którym alkaloidy występują w trawach w najwyższych stężeniach, może nie pokrywać się z czasem wystąpienia objawów chorobowych u zwierząt. Powodem tego jest kumulowanie alkaloidów w tkance tłuszczowej. Stopniowe uwalnianie ich z tkanki tłuszczowej (np. pod wpływem wysokiej temperatury) tłumaczy również występowanie objawów chorobowych przez pewien czas u zwierząt przeniesionych z pastwiska o dużej zawartości tego alkaloidu, na pastwisko wolne od niego. Alkaloidy wpływają również na pobieranie pokarmu przez zwierzęta. Badania przeprowadzone w USA wykazały, że bydło wypasane na pastwiskach, gdzie rośliny były zakażone endofitami, spędzało mniej czasu na pobieraniu pokarmu niż bydło wypasane na terenach wolnych od endofitów. Wynika z tego, iż bydło preferowało rośliny wolne od grzybów endofitycznych. Pobieranie przez zwierzęta paszy zawierającej szkodliwe dla nich alkaloidy, nie pozostaje również bez wpływu na wydajność oraz jakość produktów pochodzenia zwierzęcego. Wyniki badań uzyskane w Australii wskazują, że bydło wypasane na pastwiskach porośniętych życicą trwałą z wysoką zawartością lolitremu B, wytwarza mleko gorszej jakości - zawierające mniej tłuszczu i białka oraz więcej komórek somatycznych, niż mleko pochodzące od zwierząt, które wypasane były na pastwiskach wolnych od endofitów. Z punktu widzenia obecności w runi pastwisk traw zainfekowanych przez grzyby endofityczne, najważniejsze jest monitorowanie występowania i ilości lolitremu B oraz ergowaliny.

Ważnymi czynnikami warunkującymi proces produkcji alkaloidów przez grzyby endofityczne, są warunki klimatyczne (przede wszystkim ilość opadów atmosferycznych i temperatura powietrza) panujące na terenie, na którym występują trawy zasiedlone przez endofity. Na stężenie alkaloidów w roślinie wpływa zarówno genotyp rośliny, rodzaj komórki, jak i pora roku oraz abiotyczne warunki środowiska. Wyniki badań szklarniowych wykazały, że koncentracja alkaloidów sporyszowych, do których należy ergowalina, w kostrzewie łąkowej, była istotnie wyższa przy zwiększonej dawce nawozów azotowych oraz była wyższa w pochwach liściowych w porównaniu do blaszek liściowych.

Wzmożona produkcja alkaloidów przez grzyby endofityczne następuje wtedy, gdy roślina zasiedlona przez endofita zostaje poddana stresowi suszy. W ostatnich latach znaleźć można wiele informacji na temat ocieplenia klimatu, które w Polsce wyniosło 0,9°C średniorocznej temperatury powietrza, a także o występujących w naszym kraju suszach, które obejmowały znaczne obszary. Na pastwiskach coraz częściej obserwuje się miejsca, w których pomimo długich okresów suszy rosną zielone rośliny. Może to być spowodowane m.in. zasiedleniem ich przez grzyby endofityczne. W świetle tych danych problem endofitów nabiera coraz większego znaczenia, gdyż na terenach objętych głęboką suszą będą przeżywały tylko trawy zasiedlone przez endofity, a to może stanowić zagrożenie dla zwierząt.

Zainteresowanie prowadzeniem badań nad gatunkami grzybów endofitycznych zasiedlających trawy w Europie jest stosunkowo niskie. Jest to związane z rzadkim występowaniem przypadków chorób, wywoływanych przez alkaloidy wytwarzane przez endofity wśród bydła w Europie. Jednakże, europejskie trwałe użytki zielone, istotne z punktu widzenia produkcji zwierzęcej, zawierają w składzie runi gatunki traw (np. *L. perenne*, *F. arundinacea*) powszechnie zasiedlane przez grzyby z rodzaju *Neotyphodium*, a liczba gatunków traw zasiedlonych przez nie w Europie jest większa niż w przypadku innych kontynentów. Europejskie trwałe użytki zielone wykazują dużą różnorodność gatunkową, co może ograniczać potencjalny negatywny wpływ endofitów na zwierzęta.

W Polsce badania nad grzybami z rodzaju *Neotyphodium* były prowadzone dotychczas na niewielką skalę, chociaż wynika z nich że mikroorganizmy te zasiedlają nasiona i rośliny powszechnie występujących gatunków traw. W badaniach przeprowadzonych w IHAR-PIB stwierdzono, że grzyby te często zasiedlają gatunki traw, zwłaszcza te o znacznej wartości żywieniowej. W trakcie tych badań przeanalizowano trawy zebrane na ponad 300 użytkach zielonych w Polsce i stwierdzono, że rośliny z 230 miejsc są zasiedlone przez te grzyby, co stanowi ponad 76% (ryc. 2). Obecność grzybów endofitycznych obserwowano w roślinach ekotypów: życicy trwałej, życicy wielokwiatowej (*Lolium multiflorum* Lam.), kostrzewy łąkowej, kostrzewy czerwonej (*Festuca rubra* L.), kostrzewy trzcinowej, kostrzewy nitkowatej (*F. capillata* Lam.), kostrzewy olbrzymiej (*F. gigantea* L.), kostrzewy owczej (*F. ovina* L.), tymotki łąkowej (*Phleum pratense* L.), wiechliny łąkowej (*Poa pratensis* L.) oraz śmiałka darniowego (*Deschampsia caespitosa* (L.) P.B.). Gatunkami najczęściej zasiedlanymi przez endofity na krajowych trwałych użytkach zielonych były *Lolium perenne* (ponad 30% frekwencja endofitów), *L. multiflorum* (75%), *Festuca pratensis* (74,5%), *F. arundinacea* (37%), *F. rubra* (ponad 40%) i *F. ovina* (23,5%). Wymienione trzy pierwsze gatunki należą do najwartościowszych traw pastewnych i są jednocześnie stałymi komponentami niemalże wszystkich mieszanek siewnych dostępnych na rynku krajowym.



Ryc. 2. Rozmieszczenie miejsc, z których pochodziły badane na obecność endofitów ekotypy traw (czerwony trójkąt – endofity obecne, zielony – endofitów brak).

Nasze dotychczasowe badania wskazują, że grzyby z rodzaju *Neotyphodium* zasiedlają również nasiona polskich odmian i mieszanek traw pastewnych. Przebadaliśmy ponad 360 prób nasion odmian i rodów różnych gatunków traw i stwierdziliśmy, że nasiona te zasiedlone są na poziomie średnio 6,2-6,8% dla *F. rubra* i *P. pratensis*, średnio 9,1% dla *F. arundinacea*, 12,5-14,2% odpowiednio dla *L. perenne* i *F. pratensis* i 32,6% dla nasion *F. ovina*. Przeprowadziliśmy także analizy nasion traw wchodzących w skład 10 mieszanek łąkowo-pastwiskowych dostępnych na rynku, które zostały zakupione w losowo wybranych sklepach branży ogrodniczo-nasiennej na terenie województw: mazowieckiego i podlaskiego. Uzyskane wyniki wykazały, że we wszystkich badanych mieszkankach, niezależnie od ich przeznaczenia i składu gatunkowego, obecne były nasiona zasiedlone przez grzyby z rodzaju *Neotyphodium*. Mieszanek charakteryzowały się zróżnicowanym stopniem zasiedlenia wahającym się od 8,5% do 33,5%. Badania wykonane na komponentach gatunkowych mieszanek wskazały, że endofity występowały najczęściej w ziarniakach życicy trwałej (w 9 mieszkankach na 10 badanych) i kostrzewy czerwonej (w 5 mieszkankach na 7 badanych).

Znaczne zasiedlenie materiału siewnego mieszanek pastewnych dostępnych na rynku krajowym może być przyczyną niezamierzonego wprowadzenia endofitów na tereny dotychczas wolne od nich w

trakcie zakładania, bądź renowacji istniejących łąk i pastwisk. Jeżeli zaś wprowadzimy z nasionami endofity produkujące szkodliwe dla zwierząt alkaloidy, to jednocześnie stworzymy zagrożenie dla zwierząt hodowlanych. Badania przeprowadzone na pastwiskach obsianych *L. perenne* wykazały, że nawet jeżeli pastwisko zakładane było przy użyciu materiału siewnego wolnego od endofitów lub zasiedlonego w niewielkim stopniu, to w kolejnych latach użytkowania stopień zasiedlenia nasion wzrastał. Zjawisko to można tłumaczyć pozostałością w glebie nasion zakażonych endofitami, lub selektywnością bydła w zjadaniu roślin zawierających endofity, szczególnie tych, które są zdolne do produkcji alkaloidów.

Przeprowadzone badania potwierdzają, że endofity zasiedlające trawy na terenie Polski są zdolne do produkowania ergowaliny, która jest jednym z trzech alkaloidów, obok lolitremu i peraminy, najczęściej wytwarzanych przez *N. coenophialum* i *N. lolii*. Wymienione gatunki endofitów zasiedlają zarówno trawy z rodzaju *Festuca*, jak i należące do rodzaju *Lolium*. Trawy te dosyć często występują w runi łąk i pastwisk na terenie naszego kraju, więc z dużym prawdopodobieństwem można przyjąć, że alkaloid ten może stanowić największe zagrożenie dla wypasanego bydła. Badania wykonane w IHAR-PIB wykazały, że spośród 11 gatunków traw zasiedlonych przez endofity, tylko w przypadku grzybów endofitycznych zasiedlających rośliny *Poa pratensis* i *Phleum pratense* nie stwierdzono, aby wytwarzały one ergowalinę. W przypadku pozostałych badanych prób obserwowano znaczne zróżnicowanie w ilości produkowanego alkaloidu wahające się średnio od 0,011 mg·kg⁻¹ dla *Lolium multiflorum* do 0,868 mg·kg⁻¹ dla *Festuca arundinacea*. Jednocześnie stwierdzaliśmy znaczne ilości ergowaliny dla poszczególnych badanych prób np. 1,517 mg·kg⁻¹ dla próby *F. arundinacea*, czy 1,058 mg·kg⁻¹ dla próby *Lolium perenne*. Uzyskane w naszych badaniach wyniki przedstawione powyżej, dotyczące zawartości ergowaliny w roślinach traw sugerują, że w niektórych przypadkach mogłoby to spowodować wystąpienie objawów chorobowych u bydła. Do tej pory brak jest krajowych doniesień o wystąpieniu u bydła chorób powodowanych przez alkaloidy wytwarzane przez grzyby endofityczne, jednak określenie przyczyn np. słabszej wydajności czy jakości mleka jest trudne. Wpływ na ten stan może mieć wiele czynników, a więc nie można wykluczyć, że również endofity mogą odgrywać tu znaczną rolę.

Przedstawione fakty powinny skłonić zarówno naukowców, jak i hodowców bydła do podjęcia prac mających na celu określenie, czy w niektórych przypadkach do zachorowań zwierząt oraz spadku ich wydajności nie przyczyniły się endofity traw i wytwarzane przez nie szkodliwe alkaloidy.

Literatura wykorzystana w artykule

1. Aldrich C.G., Paterson J.A., Tate J.L., Kerley M.S. 1993. The effects of endophyte infected tall fescue consumption on diet utilization and thermal regulation in cattle. *J. Anim. Sci.* 71: 164–170.
2. Ball O.J.P., Prestidge R.A., Sprosen J.M. 1995. Interrelationships between *Acremonium lolii*, Peramine, and Lolitrem B in Perennial Ryegrass. *Applied and Environmental Microbiology* 61(4): 1527 – 1533.
3. Bony S., Delatour P. 2000. Relevance and impact of grass endophyte toxins in Europe. *Proceedings of the 4th International Neotyphodium/Grass Interaction Symposium*. 207-218.
4. Čagaš B., Hofbauer J. 1991. *Acremonium coenophialum* Morgan-Jones et W. Gams a obsah alkaloidu u koštravy rákosovile, *Genet. a Šlecht.* 27 (2-3): 205 — 212.
5. Clay K., Schardl C. 2002. Evolutionary Origins and Ecological Consequences of Endophyte Symbiosis with Grasses. *The American Naturalist (Supplement)* 160: 99-127.
6. Cornell C.N., Lueker J.V., Garner G.B., Ellis J.L. 1990. Establishing ergovaline levels for fescue toxicosis, with and without endoparasites, under controlled climatic conditions. In: Joost R.E., Quisenberry S.E. (Eds.). *Proceedings of the International Acremonium/Grass Interactions*. Louisiana Agricultural Experiment Station, Baton Rouge: 75-79.
7. Dahl Jensen A.M., Mikkelsen L., Roulund N. 2007. Variation in genetic markers and ergovaline production in endophyte (*Neotyphodium*) – infected fescue species collected in Italy, Spain and Denmark. *Crop Sci.* 47: 139 – 147.
8. Fletcher L. R., Lane G. A., Baird D. B., Davies E. 2000. Seasonal variations of alkaloids concentrations in two perennial ryegrass-endophyte associations. *Proceedings of the 4th International Neotyphodium/Grass Interactions Symposium*. 535- 542.
9. Funk C.R., Belanger F.C., Murphy J.A. 1994. Role of endophytes in grasses used for turf and soil conservation. In: *Biotechnology of endophytic fungi of grasses*. Bacon Ch.W., White J.F.Jr. (eds). CRC Press., Boca Raton: 201-209.
10. Hopkins A. A., Alison M. W. 2006. Stand persistence and animal performance of tall fescue endophyte combinations in South Central USA. *Agronomy Journal*, 98: 1221-1226.
11. Hume D. E., Barker D. J. 2005. Growth and management of endophytic grasses in pastoral agricultures. *Neotyphodium* in cool-season grasses. Blackwell Publ. 201-223.
12. Leuchtmann A. 1992. Systematics, distribution and host specificity of grass endophytes. *Natural Toxins* 1: 150 - 162.
13. Lyons P.C., Plattner R.D., Bacon C.W. 1986. Occurrence of peptide and clavinet ergot alkaloids in tall fescue grass. *Science* 232: 487 - 489.
14. Łabędzki L. 2004. Problematyka susz w Polsce. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie* 4(1): 47 - 66.
15. Malinowski D. P., Belesky D. P. 2000. Adaptations of endophyte-infected cool-season grasses to environmental stresses: mechanisms of drought and mineral stress tolerance. *Crop Sci.* 40: 923 - 940.
16. Miyazaki S., Ishizaki I., Ishizaka M., Kanbara T., Ishiguro-Takeda Y. 2004. Lolitrem B residue in fat tissues of cattle consuming endophyte-infected perennial ryegrass straw. *J Vet Diagn Invest* 16:340-342.
17. Oliveira J.A., Rottinghaus G.E., González E. 2003. Ergovaline concentration in perennial ryegrass infected with a lolitrem B-free fungal endophyte in north-west Spain. *New Zealand Journal of Agricultural Research* Vol. 46: 117 - 122.
18. Pańka D., Łukanowski A. 2000. Occurrence of *Acremonium lolii* in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) cultivated in the Kujawy and Pomerania region of Poland. *Proc. of the 4th International Neotyphodium/Grass Interactions Symposium*, Soest, Germany: 419 - 421.
19. Pańka D., Sadowski C. 2002. Occurrence of fungal endophytes in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) cultivars in Poland. In: *Multi-functional grasslands quality forages, animal products and landscapes*. Durand J.L. et al., (eds.). *Grassland science in Europe*. Vol. 7: 540 - 541.
20. Pańka D., Podkówka L., Lamparski R. 2004. Preliminary observations on the resistance of meadow fescue (*Festuca pratensis* Huds.) infected by *Neotyphodium uncinatum* to diseases and pests and native value. In: *Proc. of the 5th International Symposium on Neotyphodium/Grass Interactions*. Kallenbach R et al. (eds.). Fayetteville, AR USA, May 23-26, 2004, 401:88 - 90.
21. Pańka D., Żurek G. 2005. Występowanie grzybów endofitycznych w trawach gazonowych a ich podatność na stres suszy. *Łąkarstwo w Polsce*, 8, 45 - 54.
22. Peters C.W., Grigsby K.N., Aldrich C.G., Paterson J.A., Lipsey R.J., Kerley M.S., Garner G.B. 1992. Performance, forage utilization, and ergovaline consumption by beef cows grazing endophyte fungus infected tall fescue, endophyte tall fescue, or orchardgrass pastures. *J. Anim. Sci.* 70: 1550 - 1561.
23. Petroni O. 1986. Taxonomy of endophytic fungi of aerial plant tissues. In *Microbiology of Phyllosphere*. Cambridge. Cambridge University Press: 175-187.
24. Porter J.K. 1994. Chemical constituents of grass endophytes. In: C.W. Bacon and J.F. White , Jr. (ed) *Biotechnology of endophytic fungi of grasses*. CRC Press, Boca Raton, FL: 103 - 123.
25. Reed K. 2002. The significance of the ryegrass endophyte, *Neotyphodium lolii*, In Victorian pasture. www.animalwelfare.org.au/comm/download/abs02.html.
26. Salminen S. O., Richmond D. S., Grewal S. K., Grewal P. S. 2005. Influence of temperature on alkaloid levels and fall armyworm performance in endophytic tall fescue and perennial ryegrass. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 115: 417-426.

27. Vázquez de Aldana B. R., García Ciudad A., Zabalgogazcoa I., García Criado B. 2001. Ergovaline levels in cultivars of *Festuca arundinacea*. *Animal Feed Science and Technology*. 93: 169 - 176.
28. Wiewióra B. 2011. Grzyby endofityczne z rodzaju *Neotyphodium* występujące w trawach wieloletnich w Polsce oraz ich znaczenie dla upraw pastewnych i trawnikowych. Monografie i Rozprawy Naukowe IHAR-PIB Nr 38: 1-115.
29. Wiewióra B., Prończuk M., Ostrowska A., Żurek G. 2008. Endophyte occurrence in breeding strains of meadow fescue (*Festuca pratensis* Huds.) cv. 'PASJA'. *Phytopatologia Polonica* 46: 5 – 11.
30. Wiewióra B., Żurek G., Żurek M. 2010. Ocena zasiedlenia przez grzyby endofityczne nasion wybranych mieszanek traw pastewnych dostępnych na rynku krajowym. *Biuletyn IHAR* 256: 183-191.
31. Yates S.G., Plattner R.D., Garner G.B. 1985. Detection of ergopeptide alkaloids in endophyte-infected, toxic KY-31 tall fescue by mass spectrometry/mass spectrometry. *J. Agric. Food Chem.* 33: 719 - 722.
32. Zabalgogazcoa I., Bony S. 2005. *Neotyphodium* research and application in Europe. *Neotyphodium* in cool-season grasses. Blackwell Publ. 27-33.
33. Zabalgogazcoa I., Vazquez de Aldana B. R., Ciudad G., Criado G. 2003. Fungal endophytes in grasses from semiarid permanent grasslands of western Spain. *Grass and forage science* 58: 94-97.
34. Zientarski J. 1996. Alkaloidy związane z zasiedleniem traw przez grzyby endofityczne. *Biul. IHAR* 199: 179 - 183.
35. Żurek M. 2009. Ocena zagrożenia związanego z występowaniem grzybów endofitycznych w runi wybranych trwałych użytków zielonych na terenie województwa mazowieckiego. Praca magisterska wykonana w Szkole Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie w Międzywydziałowym Studium Ochrony Środowiska. 10.07.2009r.
36. Żurek M., Ochodzki P., Wiewióra B. 2010. Ocena zawartości ergowaliny w trawach runi wybranych trwałych użytków zielonych na terenie województwa mazowieckiego. *Biuletyn IHAR* 257/258: 39-47.
37. Żurek M., Wiewióra B., Żurek G., Prończuk M. 2011. Occurrence of endophyte fungi on grasses in Poland – Review. *Fungal Ecology* 5: 353-356.