

WYSTĘPOWANIE GRZYBÓW TOKSYNOTWÓRCZYCH W GLEBACH I ICH WPŁYW
NA PRODUKTYWNOŚĆ BIOLOGICZNĄ AGROEKOSYSTEMÓW

Bolesław Smyk, Małgorzata Czachor, Nagy Halim Aziz

Katedra Mikrobiologii AR w Krakowie

Dotychczasowe badania z zakresu inżynierii ekologicznej i produktywności biologicznej ekosystemów wskazują, że z punktu widzenia produkcji biomasy jedynie ekosystemy polowe, głównie w zmianowaniach specjalistycznych, wydają się być bardzo wydajnymi układami w optymalnych warunkach przyrodniczych. Ich całkowita produkcja pierwotna netto przewyższa wszystkie inne ekosystemy lądowe [5, 7, 10, 13, 20]. Aby wykorzystać te potencjalne możliwości ekosystemów polowych, potrzebna jest nam większa znajomość przemian biochemicznych, zachodzących w glebach na tle oddziaływań czynników ograniczających ze strony roślin na drobnoustroje i sprzężonych z nimi czynników ekologicznych.

Rolnictwo światowe wkroczyło w gospodarke specjalistyczną. Znajduje to odbicie w zacieśnianiu doboru gatunków, poddawanych ostrej selekcji użytkowej. Pojawiają się tzw. płodozmiany specjalistyczne. Są to układy, w których struktura zasiewów wykazuje zdecydowaną dominację poszczególnych ziemiopłodów lub ich grup.

W perspektywie należy się liczyć z postępującą specjalizacją, która spowoduje dalsze skracanie rotacji, a tym samym - stopniowe pogarszanie się stanowisk przedplonowych i ujemne zmiany w produktywności biologicznej ekosystemów [5, 10, 14, 15, 20, 21].

W intensywnych zmianowaniach specjalistycznych stosuje się wysokie dawki nawozów mineralnych, a zwłaszcza azotowych. Nadto w uprawach monokulturowych następuje zwiększenie się podatności roślin na choroby i szkodniki, co w efekcie zmusza do stosowania dużych ilości środków chemicznych ochrony roślin (pestycydy). Należy przy tym zaznaczyć, że zastosowanie dużych ilości różnych chemicznych środków ochrony roślin jednocześnie oddziałuje niekorzystnie na mikrobiocenozy glebowe, wywołuje zaburzenia w równowadze biologicznej i stabilności ekologicznej ekosystemów [4, 5, 7]. Ulega wówczas modyfikacji skład jakościowy biocenoz - nastę-

puje recesja bakterii z rodzaju *Arthrobacter*, *Azotobacter* i *Streptomyces*, dotychczasowych dominantów z grupy mikroflory autochtonicznej, a dominację w mikrobiocenozach przejmują inne gatunki mikroorganizmów - głównie grzyby z klasy *Deuteromycetes*.

Powyższe zmiany w składzie biocenotycznym gleb mają zawsze charakter negatywny. Z reguły podlegają inaktywacji lub wręcz giną liczne gatunki mikroorganizmów autochtonicznych, związanych z metabolizmem azotowym i węglowym, a dominację w biocenozie przejmują gatunki o zmienionych właściwościach genetycznych. Jest to znany w ekotoksykologii efekt mutagennego oddziaływania różnych mutagenów chemicznych, jak np. nitrozoamin, mikotoksyn, pestycydów.

Z badań wielu autorów wynika, że stosowanie wysokich dawek mineralnych nawozów azotowych, a także niektórych pestycydów (herbicydy) powoduje powstawanie w glebach nitrozoamin, które odznaczają się działaniem mutagennym i fitotoksycznym stanowią potencjalne zagrożenie dla biocenoz glebowych [2, 3, 9, 16-19, 22]. Wpływają one również toksycznie na mikroorganizmy glebowe. Szczególnie wrażliwe na mutagenne działanie nitrozoamin są grzyby glebowe z klasy *Deuteromycetes* [2, 7, 9].

Następstwem chemicznej ingerencji człowieka w układy biocenotyczne intensywnych zmianowań specjalistycznych jest powstawanie wśród autochtonicznych, saprofitycznych grzybów mutantów o nowych właściwościach biologicznych w zakresie syntezy mikotoksyn. Są to substancje toksyczne, odznaczające się silnym działaniem bakterio- i grzybobójczym oraz fitotoksycznym, a także mutagennym, teratogennym i ko-karcinogennym (rakotwórczym).

Sumujące działanie pestycydów, nitrozoamin i mikotoksyn może stanowić potencjalne zagrożenie dla biocenoz klimaksowych i produktywności biologicznej ekosystemów polowych [3, 4, 6, 15, 23]. Stąd pełniejsze poznanie udziału mikroflory w przemianach i transformacjach biochemicznych - na tle oddziaływań czynników ograniczających ze strony roślin i sprzężonych z nimi czynników ekologicznych i ekotoksykologicznych - może przyczynić się do podniesienia produktywności biologicznej ekosystemów polowych.

Celem niniejszych badań było poznanie występowania grzybów toksynotwórczych w różnych glebach wraz z określeniem ich wpływu na rośliny uprawne i produktywność biologiczną ekosystemów polowych.

Materiał i metody badawcze

Obiekty badawcze

Doświadczenia przeprowadzono w latach 1975-1985. Badaniami objęto wybrane gleby uprawne, należące do gospodarstw indywidualnych, położonych na terenie woje-

wództwa krakowskiego i rzeszowskiego o różnych układach płodozmiennych oraz obiekty doświadczalne, położone na terenach RZD Akademii Rolniczej w Krakowie (Prusy i Mydlniki) i RZD Brozanki koło Mielnika, należące do WSR w Pradze - Suchdole; a także obiekty doświadczalne (doświadczenia łanowe) Kombinatu PGR Góra Ropczycka koło Sędziszowa Młp. i Kombinatu PGR Moszczaniec, woj. krośnieńskie.

W badaniach uwzględniono również gleby znajdujące się pod kulturami przemysłowymi (bawełna) i pastewnymi (lucerna) w Saka (Egipt). W szczególności badaniami objęto gleby pochodzące spod następujących roślin uprawnych:

- a) zbożowe - pszenica, jęczmień, owies, żyto,
- b) motylkowe - koniczyna, lucerna,
- c) okopowe - ziemniaki, buraki,
- d) przemysłowe - rzepak, tytoń, bawełna.

Badania mikrobiologiczne i toksykologiczne

Poboru prób gleby do badań mikrobiologicznych i izolacji z nich grzybów toksynotwórczych wraz z oceną ich toksynotwórczości dokonano przy pomocy współcześnie stosowanych metod w mikrobiologii ekologicznej [1, 4, 6, 7, 17, 18, 20]. W hodowli grzybów toksynotwórczych stosowano następujące podłoża wybiórcze: Joffe'a, Tatsuno, Daviesa i Eldridge'a [7, 19, 20, 22].

Zastosowane w oznaczeniach analitycznych metabolitów grzybów toksynotwórczych standardy mikotoksyn pochodziły z firm Fluka, Buchs, Suisse i Sigma Chem. Comp., St. Luis, USA.

Określenie wpływu mikotoksyn na mikroorganizmy glebowe i rośliny uprawne (wpływ na kiełkowanie nasion, wysokość pędu i przyrost biomasy) oparto na znanych metodach mikrobiologicznych i biologicznych stosowanych w doświadczalnictwie rolniczym [5, 7, 17-20].

WYNIKI BADAŃ

Występowanie grzybów toksynotwórczych w glebie

Na tle uzyskanych wyników badań mikrobiologicznych przeprowadzonych w różnych glebach ekosystemów polowych, ze specjalnym uwzględnieniem ekologii grzybów toksynotwórczych można by stwierdzić, że w badanych glebach, a zwłaszcza intensywnych zmianowań specjalistycznych, występują grzyby toksynotwórcze z rodzaju *Alternaria*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium* i *Trichoderma*.

Wyżej wymienione grzyby toksynotwórcze posiadają uzdolnienia do syntezy zarówno *in vitro*, jak i *in vivo* różnych substancji toksycznych, zwanych mikotoksynami

(zestawienie). Przedstawione grzyby toksynotwórcze wytwarzają m. in. następujące mikotoksyny: gliotoksyna, aflatoksyny, ochratoksyny, territrem, zearalenon, scirpenol, dikumarol, kwas penicylinowy. Mikotoksyny te odznaczają się działaniem bakterio- i grzybobójczym, fitotoksycznym, a także mutagennym, teratogennym i karcinogennym.

Mikotoksyny wytwarzane przez grzyby toksynotwórcze izolowane z gleby ekosystemów polowych*

Oznaczenie taksonomiczne	Mikotoksyny
<i>Alternaria longipes</i> T. et W.	alternariol
<i>Aspergillus chevalieri</i> Thom a. Church	gliotoksyna
<i>Aspergillus flavus</i> Link	aflatoksyny B ₁ , B ₂ , G ₁ , G ₂
<i>Aspergillus ochraceus</i> Thom	kwas kojowy
<i>Aspergillus terreus</i> Thom	ochratoksyny A i B
<i>Aspergillus versicolor</i> Vuill./Tirab.	territrem
<i>Fusarium graminearum</i> Schw.	(mitotoksyna tremorgenna)
<i>Fusarium nivale</i> (Fr.) Ces.	sterigmatocystyna
<i>Fusarium scirpi</i> Lemb. et al.	zearalenon (zearalenol)
<i>Fusarium sporotrichioides</i> Sherb.	niwalenol
<i>Penicillium citrinum</i> Thom	scirpenol
<i>Penicillium cyclopium</i> Westling	sporofuzaryna
<i>Penicillium jensenii</i> Thom	cytrynina
<i>Penicillium patulum</i> Bain.	kwas penicylinowy
<i>Penicillium rubrum</i> , Stoll	dikumarol
<i>Penicillium rugulosum</i> Thom	penitrem A penitrem B
<i>Penicillium tardum</i> Thom	rubratoksyny A i B
<i>Penicillium viridicatum</i> Thom	rugulozyna
	rugulozyna
	wirydykatyna
	cytrynina
<i>Trichoderma viride</i> Pers. ex Fr.	ochratoksyny A i B
	gliotoksyna

* Częstotliwość występowania grzybów toksynotwórczych jest uzależniona od zastosowanych zabiegów agrotechnicznych (głównie chemizacja) i rodzaju uprawianych roślin.

Wpływ chemizacji i roślin uprawnych na występowanie grzybów toksynotwórczych

Z danych uzyskanych na podstawie badań mikrobiologicznych, ekologicznych i ekotoksykologicznych wynika, że zastosowane zabiegi agrotechniczne (chemizacja - stosowanie chemicznych środków ochrony roślin + wysokie dawki mineralnych nawozów azotowych) i rośliny uprawne (głównie zbożowe) wywierają w badanych zmianowaniach specjalistycznych selekcyjny wpływ na kształtowanie się składu ilościowego i jakościowego biocenozy klimaksowej. Zaobserwowano przy tym, że wzrosła liczebność mikroflory przy uprawach roślin okopowych, przemysłowych i pastewnych (ko-

niczyna i lucerna) towarzyszy wzrost ilościowy i jakościowy ich biomasy, co wpływa korzystnie na stabilność ekologiczną i produktywność biologiczną badanych agrocenoz, natomiast przy uprawach roślin zbożowych (jęczmień, pszenica) zarówno w naszych warunkach ekologicznych, jak i na terenie Egiptu - stwierdzono występowanie grzybów toksynotwórczych. Dość licznie występują grzyby toksynotwórcze w uprawie bawełny.

Wpływ badanych mikotoksyn na mikroorganizmy glebowe

Na podstawie uzyskanych wyników przeprowadzonych badań nad wpływem wybranych mikotoksyn (w tym także „surowych” - nie oczyszczonych mikotoksyn) na mikroorganizmy glebowe - można stwierdzić, że wywierają one toksyczny wpływ na wszystkie mikroorganizmy glebowe. Szczególnie wrażliwe na działanie wyżej wymienionych mikotoksyn są asymilatory azotu atmosferycznego (symbiotyczne i asymbiotyczne) oraz mikroorganizmy czynne w metabolizmie węglowym gleby.

Wpływ mikotoksyn na kiełkowanie nasion, wysokość i przyrost biomasy roślin

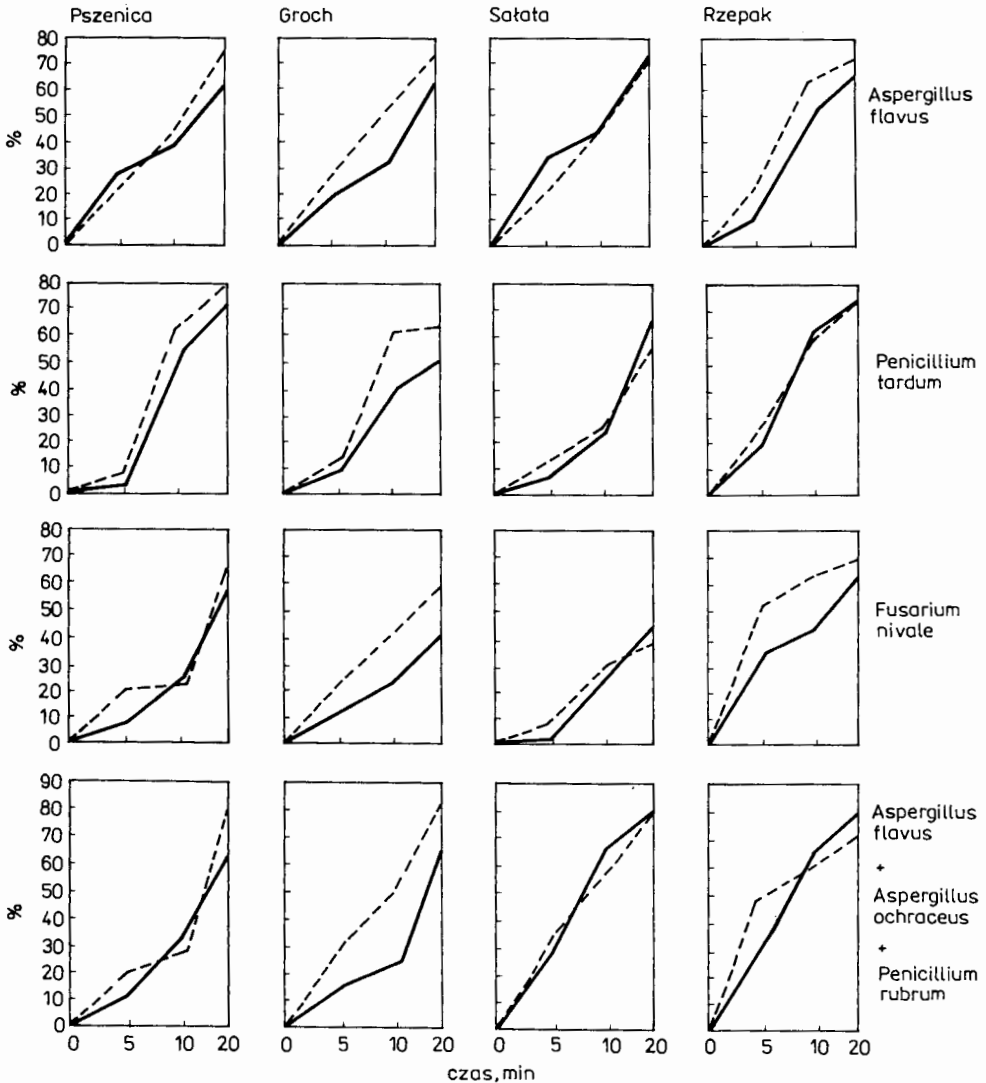
Badane metabolity grzybów toksynotwórczych - mikotoksyny, wywierają hamujący wpływ na energię i zdolność kiełkowania nasion grochu, rzepaku, sałaty i pszenicy. Zahamowanie energii kiełkowania u badanych roślin uprawnych wynosiło od 34 do 100%.

Z danych przedstawionych na rysunku 1 wynika, że badane mikotoksyny wywierają również toksyczny wpływ na młode rośliny. Objawia się to wyraźną recesją długości pędów i biomasy roślin.

Stwierdzono, że u 7-dniowych roślin (grochu, pszenicy, rzepaku i sałaty) poddanych działaniu ekstraktów z grzybów toksynotwórczych przez 5 i 10 minut wystąpiło osłabienie wzrostu i degeneracja pędu od 5 do około 90%. Po 20-minutowym działaniu rośliny więdły i w wielu przypadkach całkowicie zamierały.

Wpływ mikotoksyn na stabilność ekologiczną i produktywność biologiczną ekosystemów polowych

Uzyskane wyniki, świadczące o silnym toksycznym wpływie mikotoksyn - metabolitów grzybów toksynotwórczych zarówno na mikroorganizmy glebowe (m. in. niszczą symbiotyczne i asymbiotyczne asymilatory azotu atmosferycznego), jak i na rośliny uprawne (m. in. wpływają szkodliwie na kształtowanie się zjawisk mitozy, wzrost i rozwój roślin, blokada syntezy niektórych auksyn, jak np. a - NAA - hormonu, wy-



Rys. 1. Recesja długości pędów i biomasy roślin na skutek działania ekstraktów z grzybów toksynotwórczych (w procentach w stosunku do kontroli)
 - - - - recesja długości pędów, ——— recesja biomasy roślin

wojącego powstawanie korzeni u roślin uprawnych), wskazując na ich istotny udział w kształtowaniu stabilności ekologicznej i produktywności biologicznej.

Sumujące się działanie pestycydów, nitrozoamin i mikotoksyn może stanowić poważne zagrożenie dla biocenoz glebowych, powodując naruszenie stabilności ekologicznej - prowadzące do groźnego w swych skutkach biologicznych zjawiska, znanego pod nazwą „zmczenia gleb”, wywołującego duże straty w produkcji roślinnej.

WNIOSKI

Na podstawie uzyskanych wyników z przeprowadzonych badań można by wysnuć następujące wnioski:

1. W badanych glebach intensywnych zmianowań specjalistycznych stwierdzono występowanie grzybów toksynotwórczych z rodzaju *Alternaria*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium* i *Trichoderma* - odznaczających się dużymi uzdolnieniami w zakresie syntezy mikotoksyn.

Metabolity grzybów toksynotwórczych zaliczane są do silnych inhibitorów - trucizn środowiskowych. Odznaczają się one wyraźnym bakterio- i grzybobójczym, mutagenym i fitotoksycznym działaniem w stosunku do mikroorganizmów i roślin uprawnych.

2. Badane mikotoksyny wywierają hamujący wpływ na energię i zdolność kiełkowania nasion oraz przyrost biomasy roślin uprawnych.

3. W badanych warunkach środowiskowych intensywnych zmianowań specjalistycznych niektóre rośliny uprawne, jak jęczmień, pszenica i żyto oraz bawełna, wywierają selekcyjny wpływ na zmiany jakościowe mikrobiocenozy klimaksowych. W wymienionych glebach stwierdzono stosunkowo liczne występowanie grzybów toksynotwórczych, posiadających uzdolnienia do syntezy *in vivo* oraz *in vitro* różnych mikotoksyn.

4. Uzyskane wyniki badań ekologicznych, ekotoksykologicznych i agrotechnicznych wskazują, że sumujące się działanie pestycydów, nitrozoamin i mikotoksyn, występujących w intensywnych zmianowaniach specjalistycznych może stanowić potencjalne zagrożenie dla stabilności ekologicznej i produktywności biologicznej ekosystemów polowych.

LITERATURA

1. Atlas R., Bartha R.: *Microbial ecology: fundamentals and applications*. Reading, Mass., 1981.
2. Ayanaba A., Verstraete W., Alexander M.: Formation of dimethylnitrosamine, a carcinogen and mutagen in soils treated with nitrogen compounds. *Soil Science Society of America Proceedings*, 37, 4, 565-568, 1973.
3. Callen D. F.: Microbial metabolism of environmental chemicals to mutagen and carcinogen. *Chemical Mutagens*, 7, 4, 163-188, 1982.
4. Campbell R.: *Microbial Ecology*. Blackwell Scientific Publishers, Ltd., Oxford 1983.
5. Carlson P. S.: *The biology of crop productivity*. Academic Press, Inc., New York - London, San Francisco 1980.
6. Cole R. J., Cox R. H.: *Handbook of toxic fungal metabolites*. Academic Press, Inc., New York-London 1981.
7. Czachor M.: Grzyby toksynotwórcze w agrocenozach. *Studia Ośrodka Dokumentacji Fizjograficznej PAN*, 12, 133-151, 1984.
8. Griffin D. M.: Water and microbial stress. *Adv. in Microb. Ecology*, 5, 91-136, 1981.

9. Kofoed A. D., Nemming O., Brundeltd K., Nebelin E., Thomspn J.: Investigations on the occurrence of nitrosamines in some agricultural and horticultural products. *Acta Agriculturae Scandinavica*, 31, 1, 40-48, 1981.
10. Lynch J. M.: *Soil biotechnology: Microbial factors in crop productivity*, Blackwell Scientific Publications, Ltd., Oxford 1983.
11. Newberne P. M.: Mycotoxins: toxicity, carcinogenicity, and the influence of various nutritional conditions. *Environmental Health Perspectives*, 9, 1-32, 1974.
12. Rice E. I.: *Allelopathy*. Academic Press, Inc., Orlando 1984.
13. Ryszkowski L.: Struktura i funkcja polnych i trawiastych ekosystemów. PTG. Prace Komisji Naukowych. Komisja Biologii Gleby, z. III/27, 39-51, 1982.
14. Smyk B.: Zmęczenie gleb uprawnych w świetle badań mikrobiologicznych i agrobiologicznych. *Post. Mikrob.*, 8, 2, 205-224, 1969-1970.
15. Smyk B.: Mykotoxine bildende Mikroorganismen mit besonderer Berücksichtigung ihrer Bedeutung in Agrarböden. *Transactions of the 10th International Congress of soil Science*, 3, 142-150, Moscow 1974.
16. Smyk B.: Wpływ zmianowań specjalistycznych na kształtowanie się mikrobiocenozy i ich oddziaływanie na środowiska glebowe agrocenozy. *Zesz. Nauk. AR-T Olszt.*, 29, 41-56, 1980.
17. Smyk B., Czachor M., Aleksandrowicz J.: The occurrence of mycotoxin in cultivated soil and their influence on the soil habitat and man. *1^{rst} World Congress of Environmental Medicine and Biology*, UNESCO, Paris 1974.
18. Smyk B., Le van To.: Effect of dicumarol on the growth of some soil microorganisms. *Acta Microb. Pol.*, 25, 65-70, 1976.
19. Smyk B., Le van To., Czachor M.: The influence of biologically active toxic substances of fungal origin on the growth of some soil microorganisms. *II Intern. Symposium on Microb. Ecology*. University of Warwick, Warwick 1980.
20. Smyk B., Różycki E., Marcinowska K., Czachor M., Barabasz W., Bis H.: Wpływ wybranych zmianowań specjalistycznych na kształtowanie się aktywności mikrobiologicznej gleb i na produktywność biologiczną ekosystemów polowych. *Acta Agr. et Silv.*, Ser. Agraria, 21, 237-259, 1982.
21. Smyk B., Różycki E., Barabasz W.: Mikroorganizmy glebowe wybranych górskich ekosystemów leśnych ze szczególnym uwzględnieniem buczyny karpackiej (*Dentario glandulosae*-Fagetum). *Acta Agr. et Silv.*, Ser. Silvestria, 24, 111-135, 1985.
22. Steyn P. S.: *The biosynthesis of mycotoxins*. Academic Press, Inc. New York. London, Toronto, Sydney, San Francisco 1980.
23. Ueno Y.: Toxicology of naturally occurring microbial toxins. [W] *Sixth International Symposium on Mycotoxins and Phycotoxins*. IUPAC, Pretoria 1985.
24. Wiggins B. A., Alexander M.: Minimum bacterial density for bacteriophage replications for significance of bacteriophages in natural ecosystems. *Appl. a. Environmental Microb.*, 49, 1, 19-23, 1985.