

CZY ROŚLINY MAJĄ SWÓJ JĘZYK?

Jakub Oliwa (Kraków)

Streszczenie

Czy rośliny posiadają zdolność komunikowania się między sobą? Czy ludzka mowa i „mowa roślin” mają cechy wspólne? Po co roślinom wzajemna wymiana informacji? Odpowiedzi na te pytania zawarte są w jednym słowie: allelopatia. Dokładniejsze bowiem przyjrzenie się zjawisku allelopatii pozwala dostrzec nie tylko, że rośliny (i mikroorganizmy) posiadają zdolność wzajemnego porozumiewania się, ale także zobaczyć jak bardzo złożone i rozbudowane są komunikaty wysyłane i odbierane przez nie za pomocą rozmaitych substancji chemicznych. Dodatkowo informacje te znajdują konkretne zastosowanie przy zwalczaniu wewnątrz- i międzygatunkowej konkurencji, wzajemnym ostrzeganiu się przed niebezpieczeństwem albo wspomaganiu wzrostu innych znajdujących się w pobliżu roślin, których obecność wiąże się z obustronną korzyścią. Niniejsze opracowanie ma za zadanie przybliżyć istotę zjawiska allelopatii u roślin oraz przedstawić ogólne mechanizmy oddziaływań allelopatycznych wraz z przykładami, jak również ukazać rozbudowany system komunikacji chemicznej dowodzący, że rośliny wcale nie są tak prostymi organizmami, za jakie często się je uważa.

Abstract

Do plants have the ability to communicate with each other? Do human language and „plants language“ have something in common? Why plants mutual exchange of information? The answers to these questions are in one word: allelopathy. A closer look at the phenomenon of allelopathy makes possible not only to perceive that the plants (and microorganisms) are able to communicate with each other, but also to understand how very complicated are plants messages sent and received using various chemical compounds. Moreover these informations are applicable to combat intra- and inter-species competition, to mutual warning of danger or to support the growth of other nearby plants, which presence is associated to mutual benefits. The aim of this paper is bring the essence of allelopathy in plants closer and describe on examples the general mechanisms of allelopathic interactions, as well as show very complicated system of chemical communication, which demonstrates that the plants aren't as simple organisms as it's commonly believed.

Wstęp

Tam gdzie istnieje nadawca i odbiorca, posługujący się w dodatku tym samym kodem informacyjnym, ma miejsce kształtowanie się języka, pojmowanego jako system znaków umożliwiających porozumiewanie się. Człowiekowi towarzyszy on od niepamiętnych czasów. Dziś nikt nie kwestionuje również zdolności wymiany informacji pomiędzy zwierzętami – czy to w ramach jednego gatunku, czy też pokonujących tę barierę. Mamy na to wiele przykładów, zarówno analizując relacje człowiek – zwierzę, jak również pomiędzy dwoma osobnikami zwierzęcymi. Jednakże czy inne organizmy, uznawane często ze względu na ich budowę za stosunkowo proste – jak rośliny czy bakterie – także wykształciły swój kod, w którym zdolne są przekazywać sobie sygnały komunikacyjne? A jeśli nawet, to czy wysyłają te informacje w sposób

ukierunkowany? Czy podobnie jak w językach ludzkich i tu mamy do czynienia z cechą określaną mianem *nadużywalności*, czyli zdolnością przekazywania dobrych i złych informacji, albo wręcz dezinformacji odbiorcy? Aby odpowiedzieć sobie na te pytania w pierwszej kolejności trzeba wniknąć do wnętrza organizmu jednokomórkowego glona, zobaczyć mnogość i złożoność procesów metabolicznych w nim zachodzących, dostrzec skomplikowanie organizmu rośliny, a może rozejrzeć się wokół, by odkryć stopień rozwoju społecznej struktury otaczających nas zbiorowisk roślinnych.

Apoteoza świata roślinnego

Wiosną, patrząc na budzącą się do życia przyrodę, trudno nie zachwycić się tym prawdziwym fenomenem Natury, którego jesteśmy świadkami. Ów

zachwyty, jakkolwiek sam w sobie zrozumiały, może mieć jednak rozmaite podstawy. Zapewne u większości obserwatorów wynika on jedynie z niezwyklej walorów estetycznych, jakich dostarcza nam odradzająca się po zimie przyroda. Tylko nieliczni idą o krok dalej, dokonując refleksji nad otaczającą ich ogromną różnorodnością gatunkową (w Polsce jest to przecież ok. 2200 gatunków roślin). Trzeba przy tym zauważyć, że większość roślin zasiedliła nasze tereny dopiero po ostatnim zlodowaceniu, a warunki klimatyczne kraju są tylko umiarkowanie sprzyjające rozwojowi roślin i ich specjacji. Już sam ten fakt powinien skłonić nas do głębszego zastanowienia. Skoro w takich warunkach mamy do czynienia z mnogością grup organizmów, to z całą pewnością możemy mówić o ogromnym sukcesie ewolucyjnym roślin. Czy zatem są one aż tak prymitywne jak bywają postrzegane? Jeśli jednak to nie wydaje się komuś wystarczającym powodem do zachwyty, to zróbmy jeszcze jeden krok dalej i spójrzmy na otoczenie okiem fitosocjologicznym. Dostrzeżemy wtedy fenomen koegzystencji, niekiedy bardzo zróżnicowanych organizmów na jednym, często niewielkim terenie. Taka ekologicznie zorganizowana wspólnota życiowa różnych gatunków rządzi się tak jak nasze społeczeństwo swoimi prawami i... prowadzi swoisty dialog. W dodatku dialog o wiele bardziej skomplikowany niż ten międzyludzki. My ludzie, podobnie jak większość zwierząt, mamy tę wygodę, że w sytuacji problematycznej zawsze możemy uciec w inne miejsce, co wprawdzie zwykle nie rozwiązuje istoty problemu, jednakże daje szersze spektrum możliwości. Sytuacja rośliny jest mniej komfortowa i wymaga przystosowania poprzez wykształcenie lub modyfikację skomplikowanych szlaków metabolicznych, nie tylko do warunków otoczenia, ale i obecności niektórych „sąsiadów”. Czy zatem istnieje jakaś forma dialogu pomiędzy roślinami? Okazuje się, że tak, choć kodem owego języka roślin są nie słowa, a związki chemiczne, zaś sposób komunikowania można określić terminem – allelopatia.

Roślinne współodczuwanie?

Podjmując próbę krótkiego zdefiniowania pojęcia allelopatii sięgnijmy do literatury przedmiotu. Otóż jak podaje Molisch [7] allelopatia to oddziaływanie pomiędzy roślinami (stymulujące lub hamujące) za pośrednictwem związków chemicznych wydzielanych przez organizmy żywe lub uwalnianie z martwych szczątków roślinnych. Swoją (bardziej współczesną wersję) podaje też Amini [1]. Według niego allelopatia to wydzielanie przez roślinę do jej

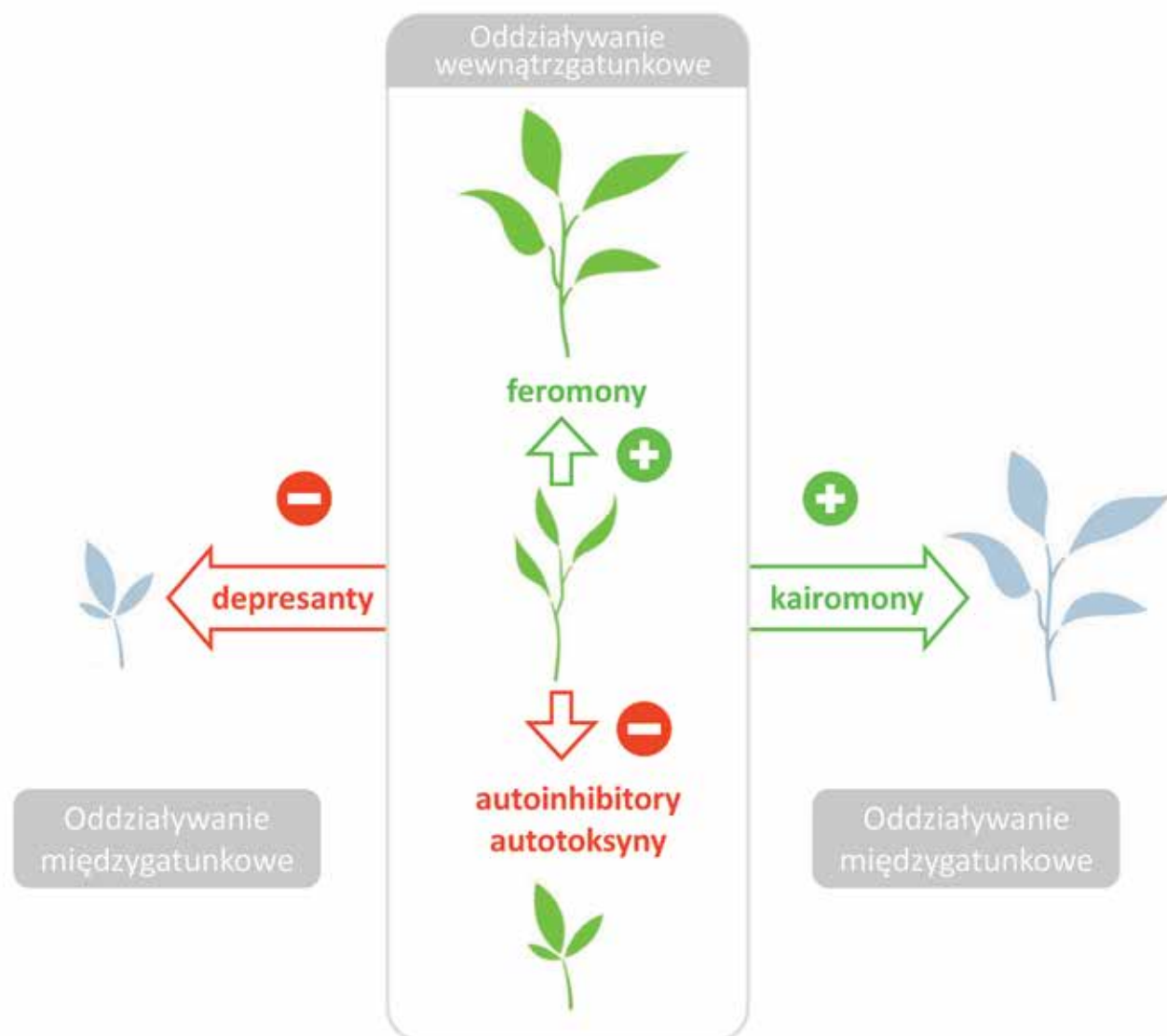
bezpośredniego otoczenia, tj. atmosfery, wody lub gleby – związków chemicznych, modyfikujących właściwości środowiska. Obie definicje, chociaż kształtujące pewien obraz zjawiska, wydają się być jednak bardzo lakoniczne, zwłaszcza jeśli uświadomimy sobie złożoność, ale przede wszystkim rolę allelopatii. Po pierwsze należy wziąć pod uwagę, iż tyczy się ona nie tylko samych roślin, lecz również mikroorganizmów (np. bakterii). Intuicyjnie wyczuwamy, że ta różnorodność skutkować musi pewną odmiennością sposobu porozumiewania. I rzeczywiście tak jest. W zależności od donora (organizmu nadającego zakodowaną chemicznym sygnałem informację) i akceptora (odbiorcy) oraz kierunku transmisji możemy wyodrębnić różne rodzaje biochemicznych dialektów. I tak rośliny naczyniowe uwalniają i odbierają związki chemiczne określane mianem kolin. Z kolei związki wydzielane celem oddziaływania na mikroorganizmy to fitonocydy. Oczywiście także mikroorganizmy mają możliwość wysyłania chemicznych komunikatów do roślin za pomocą tzw. marazmin, a także pomiędzy sobą, poprzez wytwarzanie antybiotyków [5]. Antybiotyki większości z nas kojarzą raczej negatywnie, z walką z drobnoustrojami chorobotwórczymi. I tu nasuwa się nam kolejne pytanie: czy w takim razie rzeczona mowa roślin i mikroorganizmów polega wyłącznie na wysyłaniu komunikatów negatywnych, mających na celu zwalczania konkurenta? Na pierwszy rzut oka wydawać by się mogło, że tak. Przecież sama nazwa allelopatia pochodzi od greckich słów *allelon* – wzajemny, *pathos* – cierpienie, co sugeruje raczej negatywne oddziaływania. A może mowa roślin to takie Schopenhauerowskie współodczuwanie i współcierpienie? Odczuwanie z pewnością, bo przecież tak określić należałoby odbiór bodźców chemicznych przez organizmy. Jednak allelopatia ma także swoje pozytywne strony.

Plusy i minusy

Wyrażanie pozytywnych i negatywnych emocji to jedna z podstawowych funkcji języka. Dlaczego więc miałyby tego zabraknąć w chemicznych interakcjach między roślinami? Pozytywne oddziaływania np. pomiędzy fasolą a ziemniakiem czy fiołkiem polnym i żytem możliwe są dzięki istnieniu kairomonów – związków korzystnie wpływających na organizm akceptora (Ryc. 1). Z kolei negatywną informację niosą za sobą depresanty, które są obojętne dla organizmu donora, natomiast mogą szkodzić akceptorowi. [2] I to szkodzić poważnie, niejednokrotnie uniemożliwiając jego dalszy wzrost i rozwój. Naukowcy spierają się, czy wytwarzanie allelopatin stanowi wykształconą

ewolucyjnie strategię przeciwdziałania konkurencji, czy też jest efektem przypadkowym, utrwalanym w kolejnych pokoleniach [4]. Jakakolwiek jednak nie byłaby odpowiedź na to pytanie, nie można zaprzeczyć temu, że mamy tu do czynienia z kolejnym

białek enzymatycznych, niszczenie ultrastruktur komórkowych czy spowolnienie szybkości wzrostu komórek [6,9].



Ryc. 1. Rodzaje oddziaływań wewnątrz- i międzygatunkowych różnych grup allelozwiązków pochodzenia roślinnego: "+" pozytywne, "-" negatywne.

krokiem w rozwoju roślin, niezwykle pomocnym w walce toczącej się pomiędzy gatunkami rosnącymi obok siebie. Z kolei inne substancje chemiczne takie, jak feromony, autotoksyny czy autoinhibitory, używane są w przypadku oddziaływań wewnątrzgatunkowych, gdyż konkurencja na tym poziomie jest często silniejsza niż międzygatunkowa (Ryc. 1). Wydaje się to całkiem logiczne, jeśli weźmiemy pod uwagę konieczność ubiegania się o te same zasoby środowiska. Stąd liczne sposoby komplikowania życia sąsiadom, prowadzące do zakłóceń w strukturze i funkcjonowaniu błon komórkowych m.in. przez modyfikację działania kanałów jonowych, funkcjonowania

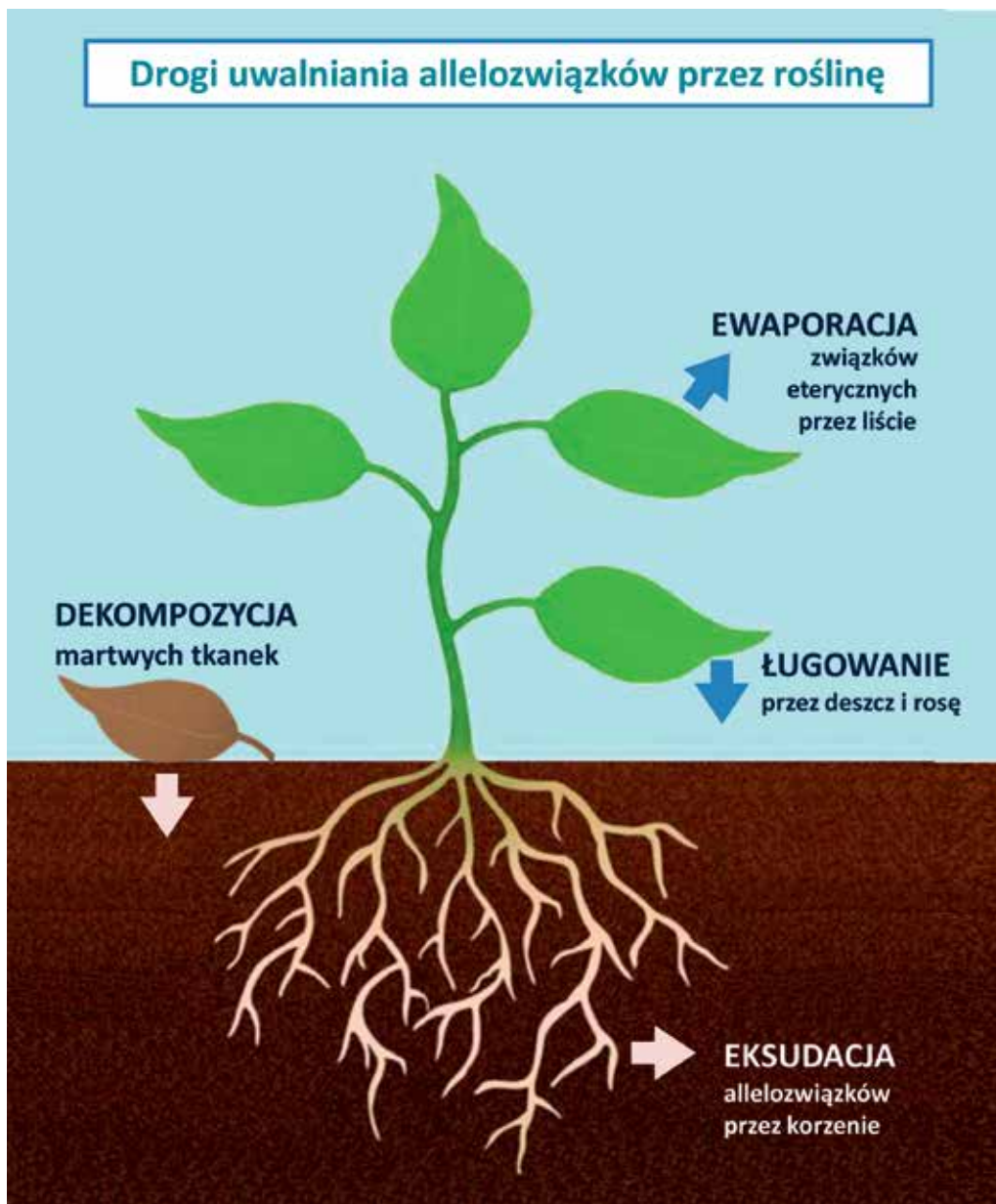
Skomplikowana „mowa” roślin

Wspominano już o różnorodności gatunkowej, stanowiącej swoisty dowód na wysoki poziom rozwoju zarówno samego organizmu roślinnego, jak i struktur fitosocjologicznych. Kolejnym może być także rozbudowanie chemicznego języka roślin. Do allelopatin należą bowiem liczne i zróżnicowane związki chemiczne, począwszy od prostych alifatycznych (łańcuchowych) węglowodorów (np. etylen), a skończywszy na skomplikowanych związkach wielopierścieniowych, takich jak nadająca specyficzny zapach suszonemu sianu kumaryna, czy zawarty w sorgo –

sorgoleon. Co ciekawe, większość allelozwiązków nie jest wytwarzana przez roślinę wyłącznie w celach „komunikacyjnych”. Wiele substancji allelopatycznych pełni istotną rolę w reakcjach stresowych rośliny na czynniki abiotyczne, jak chociażby związki fenolowe, wspomagające roślinę m.in. w przypadku odbioru zbyt dużej dawki promieniowania słonecznego. Wiele z allelopatin znamy również z życia co-

wtórnych, powstających na drodze przemian kwasu octowego oraz szikimowego i obecna jest w różnych ilościach, zarówno w wegetatywnych, jak i generatywnych częściach roślin [10]. Można więc powiedzieć, że rośliny „mówią”... całym ciałem. Czyli całym podobnie jak my!

Najwięcej allelozwiązków zawartych jest w liściach i te charakteryzują się też najszerszym spektrum od-



Ryc. 2. Główne drogi uwalniania allelozwiązków przez rośliny.

dziennego. Należą do nich bowiem obecne w lekach nasercowych glikozydy czy alkaloidy (m.in. kofeina, teina, nikotyna), a pamiętać należy, że wymieniamy tu zaledwie kilka grup związków, obejmujących liczne substancje fizjologicznie aktywne. Takich grup allelozwiązków jest jednak znacznie więcej. Większość poznanych do tej pory należy do metabolitów

działających [11]. Różne są także sposoby uwalniania nośników informacji (Ryc. 2). Jest to warunkowane zarówno miejscem powstawania i uwalniania, jak też charakterem samego związku. W przypadku lotnych substancji eterycznych zaliczanych do grupy terpenoidów, jak np. olejek anyżkowy, brzozy, czy kamforowy, możemy mówić o tzw. ewaporacji.

Związki te w wyższych temperaturach przedostają się bezpośrednio z gruczołów roślinnych do atmosfery. Następnie są one absorbowane przez tkanki okrywające sąsiednich roślin, w postaci lotnej bądź w skondensowanej formie wraz z rosą. Jednakże dominującą formą uwalniania tych „międzyroślinnych transmitterów” jest ługowanie, czyli wymywanie allelopatin z części nadziemnych donora przez deszcz i rosę [11]. Pozwala to na ich związanie przez koloidy glebowe i dopiero po pewnym czasie, niekiedy w zmodyfikowanej postaci, następuje ich pobranie przez organizm akceptora [3,8]. Ciekawą formą uwalniania allelozwiązków jest również eksudacja, polegająca na wydzielaniu za pomocą systemu korzeniowego. I wreszcie wspomnieć należy, iż wiele substancji allelochemicznych uwalnianych jest po śmierci rośliny, a więc podczas rozkładu jej martwych tkanek. Czy zjawisko to można także uznać za element języka roślin? W pewnym sensie tak. Stanowi ono swoisty „testament”, w którym roślina zabezpiecza powstałych z własnych nasion potomków, którzy przecież z dużym prawdopodobieństwem będą znajdowali się w tym samym miejscu.

Franza Molischa dopiero w 1937 roku, to jednak zjawisko wzajemnego oddziaływania roślin znane było na długo przed narodzeniem Chrystusa. Już starożytni filozofowie (Demokryt z Abdery, Teofrast z Eresos) dostrzegali ową zdolność i opisywali możliwości wykorzystania jej z pożytkiem dla człowieka. Dziś również zjawisko allelopatii, pomimo pewnych trudności związanych z ogromną różnorodnością i złożonością związków allelochemicznych, znajduje zastosowanie w praktyce rolniczej. Warto też pamiętać o roślinnych sympatiach i antypatiach podczas wiosennej wizyty na działce czy w ogrodzie i nie sadzić cebuli koło fasoli ani kopru w pobliżu marchwi, która to zdecydowanie lepiej „czuć się będzie” obok sałaty. Zresztą ze wzajemnością. Ponieważ rośliny, pomimo tego, że na pierwszy rzut oka wydają się nam organizmami o zdecydowanie mniejszym stopniu komplikacji od zwierząt, wcale takimi nie są. Najlepszym dowodem na to jest ich ogromny sukces ewolucyjny, przejawiający się nie tylko liczbą, ale także złożoną strukturą fitosocjologiczną i własnym chemicznym językiem, którego dobrze poznać i zrozumieć nie będziemy w stanie prawdopodobnie nigdy.

Roślinne sympatie i antypatie

Choć samo pojęcie allelopatii wprowadzone zostało do literatury naukowej przez austriackiego botanika

Bibliografia

- [1] Amini S., Azizi M., Joharchi M. R., Shafei M. N., Moradinezhad F., Fujii Y. (2014) Determination of allelopathic potential in some medicinal and wild plant species of Iran by dish pack method. *Theor. Exp. Plant Physiol.*, 26: 3–4
- [2] Gniazdowska A., Oracz K., Bogatek R. (2004) Allelopatia - nowe interpretacje oddziaływań między roślinami. *Kosmos* 52(2): 207–217
- [3] Inderjit, Callaway R.M. (2003) Experimental designs for the study of allelopathy. *Plant Soil* 256: 1–11
- [4] King J. (2003) *Sekretne życie roślin*. Prószyński i S-ka, Warszawa
- [5] Kopcewicz J., Lewak S. (2002) *Fizjologia Roślin*, Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa
- [6] Kupidłowska E., Kowalec M., Sułkowski G., Zobel A. M. (1994) The effect of coumarins on the root elongation and ultrastructure of meristematic cell protoplast. *Ann. Bot.* 73: 525–530
- [7] Molisch H. (1937) *Der Einfluss einer Pflanze auf die andere: Allelopathie*. VDM Verlag Dr. Müller, Saarbrücken
- [8] Oleszek W., Głowniak K., Leszczyński B. (2001) Biochemiczne oddziaływania środowiskowe. *PROJEKT-STUDIO s.c. Lublin*, pp. 1–320
- [9] Politycka B., Wójcik-Wojtkowiak D. (2001) Mechanizmy oddziaływań allelopatycznych. W: *Chemiczne oddziaływania środowiska* (red.) Oleszek W., Głowniak K., Leszczyński B. *PROJEKT-STUDIO s.c. Lublin*, pp. 13–24
- [10] Rice E.L. (1984) *Allelopathy*. 2nd Edition, Academic Press, New York, pp. 422
- [11] Wójcik-Wojtkowiak D., Politycka B., Weyman-Kaczmarkowa W. (1998) *Allelopatia*. Akademia Rolnicza, Poznań