

Az allelopátia modern értelmezése (Szemle)

BRÜCKNER Dénes J.¹ – SZABÓ László Gy.²

(1) Nyugat-Magyarországi Egyetem, Mezőgazdaságtudományi Kar, Mosonmagyaróvár Növényteni Tanszék
H-9200 Mosonmagyaróvár, Vár 2. E-mail: bruckner@mtk.nyme.hu

(2) Pécsi Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Biológiai Intézet, Növényteni Tanszék és Botanikuskert
H-7624 Pécs, Ifjúság útja 6. E-mail: szabol@ttk.pte.hu

Bevezetés

A mezőgazdaságot több mint tízezer – ha a növények domesztikációjától számítjuk, akkor egymillió – éves történelmében az agrártudomány részeként a növények illetve a növények és környezetük közti kölcsönhatások vizsgálata mindvégig elkísérte. Jelen dolgozat célja, hogy hazai és nemzetközi példákon keresztül bemutassa az allelopátia fogalmának kialakulását és az egyre több tudományterületet felölelő kutatás eredményeképpen végbement fejlődését.

A tanulmány megírásánál nem törekedtünk valamennyi, a témával kapcsolatos irodalom kronológiai felsorolására – a referenciák nagy számát tekintve lehetetlen is lenne –, hanem e tudományterületet, mely a jelenség összetettsége miatt inkább tudományok határterülete, meghatározó kutatók bemutatására és véleményük összefoglalására.

Korai megfigyelések

A magasabbrendű növények kölcsönhatásaival kapcsolatos első feljegyzéseket több mint kétezer évvel ezelőtt rögzítette THEOPHRASTUS (Kr. e. 300). Megfigyelte, hogy a *Cicer arietinum*, szemben a többi hüvelyesel, nem javítja a talajt, hanem kimeríti, valamint rámutat gyomelnyomó hatására is, mely a *Tribulus terrestris* esetében a legszembetűnőbb, továbbá beszámol a libatop lucerna fejlődésére gyakorolt negatív hatásáról is (CHOU 1999, RICE 1984).

Demokritos görög filozófus a fitotoxikus növényi anyagok gyomirtásban való alkalmazását szorgalmazza, rámutatva az allelopátiás tulajdonságú fajok gyakorlati hasznára (ALIOTTA et al. 1999). PLINIUS SECUNDUS (Kr. u. 1. sz.) munkáiból ismert, hogy a *Cicer arietinum*, a *Hordeum vulgare*, a *Trigonella foenum-graecum* és a *Vicia ervilia* a gabonaterületeket „perzseli”. Elsőként utal az allelopátia területén klasszikus példának számító *Juglans nigra* emberre, növényre egyaránt káros árnyékára (az árnyék jelentése összetett: kifejezi a fény és tápanyagok elvonása, valamint a növények által termelt vegyületek okozta kárt). Megfigyeléseit a következőképpen foglalja össze: „Némely növényből származó illat elegy vagy présnedv, ha nem is halálos, de veszélyes... például a retek és a babér árt a szőlőnek” (PLINIUS SECUNDUS 1.sz. cit. RICE 1984).

A 18. és 19. sz. allelopátia kutatásának meghatározó alakja a svájci DECANDOLLE. Elhalt növények szervesanyagainak komposztálódását vizsgálva kimutatja, hogy a szabadban elbomló növényi részek hatástalanok a következő növényállomány fejlődésére, míg a talajban degradálódó szervek – oldható anyagokkal gyarapítva a talajt – hasznos illetve káros hatást fejthetnek ki a vetésgörögben, monokultúrában szereplő fajokra. Példaként említhető a búza egymást követő állományainál tapasztalható termésvesztés (DECANDOLLE 1832 cit. WILLIS 1996, SEIGLER 1996).

PLINIUS SECUNDUShoz hasonlóan STICKNEY – HOY (1881 cit. RICE 1983) beszámolnak arról, hogy a *Juglans nigra* alatt illetve közelében a gazdasági növények nem, vagy csak lassan növekednek. Ennek oka a csapadék által a levelekből kimosódó toxikus anyag, ugyanakkor nem zárják ki annak lehetőségét sem, hogy a dió kiemelkedő tápanyagszükséglete kimeríti a talajt, lehetetlenné téve más fajok megjelenését. A szerzők a vegyületek hatásán túl számolnak a kompetíció lehetőségével is. Ez utóbbi kölcsönhatás figyelmen kívül hagyása miatt az elmúlt évek allelopátia kutatását (melynek során in vitro eredményekből közvetlenül következtettek a természetes körülmények között fennálló interakciókra) gyakran érte kritika (HARPER 1977, WATKINSON 1998).

Az allelopátia fogalmának kialakulása

Az allelopátia definiálása Hans MOLISCH bécsi növényélettan professzortól származik az allelon

(=kölcsonös, egymás) és a pathos (=ártalmas, elszenvadni) szóösszetétel eredményeként. Eredetileg, rövidsége miatt az „allopathie” kifejezést tartotta célszerűnek, de ezt a szakirodalomban a „homöopathie” ellentétéként alkalmazták (MOLISCH 1937). Növények közti kölcsönhatások kutatására gyakorlati megfigyelések készítettek. Korai érésű almát és körtét később érőkkel együtt tárolva ez utóbbiak is korábban váltak fogyasztásra alkalmassá. Kísérleteiben gyümölcsökből (alma, körte, mandarin, citrom, narancs, kajszis és őszibarack) illetve földbeni szervekből származó exhalátumok hatását elemezte hüvelyes csíranövényeken (vetési bükköny, borsó, lencse) valamint baktériumokon. A narancson kívül valamennyi gyümölcs gátolta a csírázást. Az etilénkoncentráció csökkentése a kísérleti növények fejlődésének gyorsulását eredményezte. Ezen kísérletek alapján – melyek egy részéről hazánkban RAPAICS (1939) számolt be – érthető, hogy MOLISCH a növények „befolyásáról” beszél (Der Einfluß einer Pflanze auf die andere), mivel serkentést és gátlást egyaránt tapasztalt, bár az általa javasolt szó eredetét tekintve negatív interakcióra utal.

MOLISCH kutatásaival párhuzamosan Angliában PICKERING kísérleti telepet hozott létre allelopátiás jelenségek vizsgálata céljából. Megfigyelte, hogy a magról kelő gyümölcsfák növekedését a területen lévő fűfajok hátráltatják. Eredményei alapján kezdődött meg Indiában a *Sorghum vulgare* alkaloidjainak kutatása, melyek a gyapot fejlődését hátráltatták illetve autotoxikus tulajdonságúak voltak. Az Egyesült Államokban ebben az időben SCHREINER vegyületeket izolált, melyek közül a pikolin-karboxilsav és a dehidroxisztearinsav mutatkozott különösen aktívnak 100 illetve 50 mg/kg-os koncentrációban (WILLIS 1997).

GRÜMMER (1955) és WILLIS (1994) tanulmányából ismert, hogy az allelopátia kifejezést többen elvetették, helyette más javasoltak (allelobiology, teletoxy), mivel hasonlít a genetikában használatos, de jelentésében teljesen eltérő „allelomorph” illetve „allele” szavakhoz.

GRÜMMER (1955) átfogó tanulmányt jelentetett meg „Die gegenseitige Beeinflussung höherer Pflanzen – Allelopathie” címmel. A könyv bevezetőjében tisztázza a növények és mikroorganizmusok kölcsönhatásában már bevált kifejezéseket. Az antibiotikumok mellett megkülönböztet fitoncideket, marazminokat és kolinokat.

- fitoncid: latin illetve görög szóösszetétel; magasabbrendű növények mikroorganizmusokkal szemben toxikus anyagcseretermékei. (WAKSMAN 1937 cit. GRÜMMER 1955).
- marazmin: görög szó, jelentése hervadás. GÄUMANN (1946 cit. GRÜMMER 1955) mikroorganizmusok magasabbrendű növényekre gyakorolt gátló hatás leírására használja.
- kolin: GRÜMMER (1955) javasolja a kifejezést magasabbrendű növények fitotoxikus tulajdonságú anyagcseretermékeinek megjelölésére. A fogalmat a növényélettanban használatos „blasztokolin”-ból (csírázásgátló anyag) vezeti le.

Az említett kölcsönhatások és az azokért felelős anyagcseretermékek arra utalnak, hogy az allelopátia nem pusztán magasabbrendű növények, hanem mikroorganizmusok közti kapcsolat is lehet. Míg MOLISCH az allelopátia fogalmát az etilén hatására korlátozza, GRÜMMER a levelekből esővízzel kimosódó vegyületeket és a gyökérexudátumokat is figyelembe veszi. Rámutat a monokultúra veszélyeire, a talajuntság okaira, valamint az irodalom alapján összefoglalja az allelopátia jelentőségét a mezőgazdaság szempontjából.

A növények kölcsönhatásában résztvevő vegyületek csoportosításánál GRODZINSZKI (1965) különbséget tesz illó és vízoldható valamint élő és elhalt növényi szervből származó exkrétumok között.

Az alábbi kategóriákat javasolja:

- fitogénikus anyagok: intakt növényből származó illékony vegyületek,
- fitoncidek: sérült növényből a környezetbe jutó illékony vegyületek,
- miazminok: elhalt növényi részből származó illékony vegyületek,
- aktív exkrétumok: növény által kiválasztott vízoldható vegyületek,
- passzív exkrétumok: élő növényből vízzel kimosódó vegyületek,
- szaprolinok: növény bomlása során felszabaduló vegyületek.

GRODZINSZKI túlmutat az allelopátia azon értelmezésén, mely dóziszfüggő, általánosan ható kémiai mediátorok hatásán alapul. A növények „kölcsonös felismerő” képességét kémiai jelzővegyületekkel magyarázza, melyek hatása a koncentrációtól független és a szomszédos növény pozitív vagy negatív fejlődési válaszában nyilvánul meg (GRODZINSZKI 1981).

Átfogóan a populációk közti kölcsönhatásokat ODUM (1959) csoportosítja. Tíz kategóriát állít fel pozitív illetve negatív interakciókból, melyek interferencia néven foglalhatók össze (RADOSEVICH – HOLT 1984). Míg MULLER (1974) szerint az interferencia magasabb rendű növények egymás növekedésére gyakorolt káros hatása, addig RADOSEVICH – HOLT (1984) definíciójában „a növények szomszédainak környezetére kifejett hatása”. Az allelopátia jelenségét is ide sorolják, mint a növények másodlagos anyagcseretermékeinek szelektív toxikus tulajdonságát (HOLZNER 1973, LIU – LOVETT 1993, LEVI-MINZI et al. 1994). Ebben a megfogalmazásban az allelopátia alternatívájaként említik a „chemical interference” kifejezést (SEIGLER 1996, SMITH – MARTIN 1994, WALLER – EINHELLIG 1999, WEIDENHAMER 1996), mely talán szerencsésebb, mert

jelentése nem zárja ki a növények és környezetük közti pozitív kapcsolatrendszerét valamint utal arra, hogy az allelopátia nem választható el természetes körülmények között a kölcsönhatások többi formájától, elsősorban a kompetíciótól! RADEMACHER (1959) munkája ez utóbbi szempontból is kiemelkedő. A „Gegenseitige Beeinflussung” kifejezést – ami az interferenciának felel meg – konkurenciára és allelopátiára osztja. Az előbbi a környezeti forrásokért folytatott küzdelem, míg az utóbbi az élő és elhalt növényből származó anyagcseretermékek befolyása. GRÜMMER az allelopátiát pozitív hatásként is értékeli, ugyanakkor az általa javasolt kolin kifejezés kizárólag gátlásra utal. RADEMACHER e helyett a semleges „Allelopathica” megnevezést tartja célszerűnek, melyre az akceptor nem egész élete során fogékony, hanem bizonyos szakaszokban pl. csírázás, virágzás. Rámutat arra, hogy a másodlagos anyagcseretermékek befolyásolhatják a társulások kialakulását, bár ez a konkurenciától természetes körülmények között nem választható el (CSONTOS 1994, DIERSCHKE 1994, FEKETE 1981, GOPAL – GOEL 1993, HOLZNER 1973, LATERRA 1997, NILSEN ET. AL 1999, PADISÁK 1985, ROBLES ET. AL 1999, UBRIZSY 1942*ab*, WALKER 1994, WARDLE et al. 1996, 1998).

1974-ben Elroy L. RICE „Allelopathy” címmel monográfiát jelentetett meg, melyben MOLISCHRA hivatkozva az allelopátiát egyik növény (beleértve a mikroorganizmusokat is) másikkra gyakorolt közvetlen vagy közvetett káros hatásaként értékeli, melyért a növényből környezetébe jutó vegyületek felelősek (RICE 1984). Megfigyelések szerint számos allelokémiai anyag kisebb koncentrációban serkent, míg nagyobb töménységben gátol (RADEMACHER 1959). Ez alapján a könyv második kiadásában (RICE 1984) a növények közti pozitív kölcsönhatás is szerepel a megfogalmazás részeként. Ez az irodalomban gyakran hivatkozott definíció hiányos, mivel a „környezetbe jutó vegyületek” akár gyökér által kiválasztott szénhidrátok, akár sérült gyökérből származó anyagok is lehetnek, melyek befolyásolhatják a talajban élő mikroorganizmusokat illetve a másik növény fejlődését de ez nem tekinthető allelopátiának (WATKINSON 1998). EVENARI (1961) kizárja a tápanyagok szerepét az allelopátiában: „Our definition of allelopathy excludes nutritional relations between different organisms...”. Kétségtelen azonban, hogy a serkentő folyamatok esetében nehéz különbséget tenni a tápanyagok és a ténylegesen stimuláló anyagok között.

HARPER (1977) rámutat, hogy a toxin elmélet viszonylag egyszerű bizonyítéka a növények közti kölcsönhatásnak, azonban az esetek nagy részében irreleváns, és a ténylegesen ható biotikus és abiotikus környezeti tényezők alaposabb kutatására ösztökél. Vizsgálatai és irodalmi összefoglalója alapján kiderül, hogy bár léteznek a hatásért felelősnek vélt toxikus anyagok, nem minden esetben valós okai a megfigyelt jelenségnek. Példaként említi a *Salvia leucophylla* kaliforniai előfordulását. A faj körül 60-90 cm-es gátlási zónát figyeltek meg, melynek okaként a növényből származó fitotoxikus illékony terpéneket jelölték meg. Kísérletek bizonyították, hogy a *Salvia* cserjék alatti mikroklíma kisemlősök számára kedvező, így a táplálékfelvétel (növényi részek, magvak, termékek) elsősorban erről a területről történt, ennek következtében a növényzet kipusztult.

Az allelopátia jelenlegi definíciója és értelmezése

1999-ben Thunder Bay-ben (Canada) a II. Allelopátiás Világkongresszuson a fenti kritikák figyelembevételével megfogalmazták az allelopátia jelenlegi definícióját: „Minden olyan folyamat amelyben növények (algák, baktériumok, gombák, vírusok) által termelt szekunder metabolitok befolyásolják a mezőgazdasági és biológiai rendszert. Az allelopátia tanulmányozása során vizsgálni kell a másodlagos anyagcseretermékeket és ezek szerepét a biológiai szerveződésben és a különböző (növény-növény, növény-mikroorganizmus, növény-talaj-növény) kölcsönhatásokban.” (IAS NEWSLETTER, 1999).

Szekunder metabolitok

A kölcsönhatásokban résztvevő speciális anyagcseretermékek csoportosítása MIZUTANI (1999), SEIGLER (1996), SZABÓ (1984, 1997*ab*), WALLER et al. (1999*a*) munkái alapján ismert. A növény és környezete közti kapcsolatban szerepet játszó leggyakrabban izolált hatóanyagcsoportok a fenoloidok (fenolsavak, polifenolok, kumarinok, naftokinonok, antrakinonok) (ALIOTTA et al. 1994, ANAYA et al. 1992, BAZIRAMAKENGA et al. 1995, BLUM 1997, CHAVES – ESCUDERO 1997, KUSHIMA et al. 1997, MACÍAS et al. 1997*a*, MAHMOOD et al. 1999, MALLIK et al. 1994, PELLISSIER 1994, REIGOSA et al. 1999*a*, YU – MATSUI 1993), a terpenoidok (monoditerpének, triterpenoid szaponinok, sesquiterpén laktonok) (ANAYA 1995*a*, JIMÉNEZ-ESTRADA et al. 1996, MACÍAS et al. 1994, 1996, 1997*b*, 1998; MASSANET et al. 1997, ROBLES – GARZINO 1998, TONGMA et al. 1997, WALLER et al. 1999*b*), azotoidok (alkaloidok, kromoalkaloidok, cianogén glikozidok) (LOVETT – HOULT 1998, WINK – LATZ-BRÜNING 1995, WINK et al. 1999, 1998) és glikozinolatok (izotiocianátok) (ANAYA et al. 1990, CALERA et al. 1995, GARDINER et al. 1999, VAUGHN ÉS BERHOW 1999). Az allelokémiai anyagok termelését környezeti tényezők, stressz erősen befolyásolhatja (DAKSHINI et al. 1999, EINHELLIG

1996, REIGOSA et al. 1999b, WEIDENHAMER 1996). Megfigyelések szerint a *Neotyphodium lolii* gombával fertőzött angolperje erősebben gátolta a fehér here fejlődését, mint az egészséges növény (SUTHERLAND et al. 1999). SPRINGER (1996) vizsgálataiban hasonló eredményeket kapott *Acremonium coenophialum* fajjal fertőzött *Festuca arundinacea* esetében. Az allelokémiai anyagok pontos hatásmechanismusa nem, vagy csak részben ismert (pl. aktív fehérjék agglutinálása, légzés vagy fotoszintézis inhibitorai) (WINK et al. 1998, WALLER et al. 1999b, REIGOSA et al. 1999b, WÜBERT et al. 1996). Az aktív vegyületek hatását a tesztnövényen látható és mérhető morfológiai, fiziológiai változással jellemzik pl. csírázás és csíranövény fejlődés gátlása, merisztémákban keletkező zavar (CHIAPUSIO et al. 1997, EINHELLIG 1995).

Kölcsönhatások

A kölcsönhatásokban allelopátiát feltételezhetünk ha a következő pontok teljesülnek:

- a vizsgált faj másik növényre (mikroorganizmusra) gyakorolt gátló hatásának megnyilvánulási formája (természetes körülmények között) megfigyelhető,
- a hatásért felelősnek vélt faj toxikus anyagot termel,
- a toxikus anyag szabadba jutása biztosított,
- a környezetben lehetőség van a toxikus anyag transzportjára és/vagy felhalmozódására,
- a célnövény képes a toxikus anyag felvételére,
- a hatás nem magyarázható abiotikus vagy biotikus tényezőkkel (kompetíció, kártevők, kórokozók jelenléte).

A kritériumok teljesülése nem jelenti az allelopátia bizonyítását, csak azt, hogy a megfigyelt jelenség oka nagy valószínűséggel az allelopátiával magyarázható (WILLIS 1985 cit. BLUM et al. 1999b).

In vitro körülmények között a donor növényből kivont kemikáliát közvetlenül juttatjuk az akceptor szervezethez lehetőleg kizárva minden olyan körülményt (fény, oxigén), mely a vizsgált vegyület bomlásához vezethetne. Ebben az esetben az anyag közvetlen hatást fejt ki a tesztorganizmusra. Ezek a kísérletek allelopátiás potenciál, készség megállapítására alkalmasak, azonban ebben a formában in vivo nem érvényesülnek.

Növény-talaj-növény kölcsönhatás

A természetes viszonyok között párolgással, kimosódással, bomlás során illetve gyökérexudációval szabadba jutó vegyület (REIGOSA et al. 1999b) számos „akadályon” keresztül jut el a célszervezethez. A veszteség egyik oka lehet a csapadékkal való kimosódás, melynek során az aktív anyag felhígul, a talaj mélyebb rétegeibe mosódik (ezért az allelopátia megnyilvánulása arid illetve szemi-arid viszonyok között szembetűnőbb (FEKETE 1981)). A másik ok a talajrészecskéken történő megkötődés és a mikroorganizmusokkal lejátszódó reakció. BLUM (1998) és BLUM et al. (1999ab) vizsgálataiból kiderül hogy steril talajban (annak jellemzőitől függően) a bejuttatott fenoloidok (ferulasav) 29%-a irreverzibilisen, 8%-a reverzibilisen kötődött a talajrészecskékhöz, 63%-a talajoldatban volt. DALTON (1999) szerint a reverzibilis megkötésnek nagy szerepe van az aktív vegyület mikrobiális bontásának megakadályozásában, így a hatás nagyobb valószínűséggel megnyilvánulhat. A vegyületek hozzáférhetősége szempontjából az utóbbi két csoportnak van jelentősége (FOY 1999), de gombahíák tevékenysége révén az irreverzibilisen kötött fenoloid is felvehetővé válhat (NOVAK et al. 1995 cit. FOY 1999). A talajból kinyerhető fenoloidok vizsgálata rámutat arra, hogy külön-külön mért koncentrációjuk nem fitotoxikus, kombinációjuk azonban igen (BLUM 1996, LEHMAN et al. 1994). Ugyanezen vegyületek mikrobiális bontását vizsgálva RAJBANSHI – INUBUSHI (1998) megállapítja, hogy a komposztálás nem feltétlenül eredményezi a növényi rész illetve a vizsgált talaj hatásvesztését. Ezt az indokolja, hogy a mikroorganizmusok például a ferulasavat és a p-kumársavat az aromás gyűrű megbontása előtt vanillin-, p-hidroxibenzol- illetve protokatehusavvá bontják (BLUM 1998), melyek allelopátiás potenciálja bizonyított (KIL – LOVETT 1999, KUSHIMA et al. 1997, YU – MATSUI 1994).

Nem szabad figyelmen kívül hagyni, hogy a mikroorganizmusok a fent említett hatóanyagok iránt lényegesen nagyobb affinitást mutatnak, mint a növények. Ennek oka, hogy az általában szén-limitált mikroszervezetek nagyenergiájú molekulákat (pl. fenoloidokat) az aromás gyűrű megbontásával képesek szénforrásként felhasználni. A detoxifikáció ezen módja ellenére tapasztalható a tesztnövény gyengébb fejlődése, aminek az a magyarázata, hogy a megnövekedett szénforrás jelenlétében a – növényi gyökerekhez képest nagyobb felület/térfogat aránnyal rendelkező – mikroorganizmusok elvonják a nitrogént a növényektől, tehát azok kompetitorai (SCHMIDT – LAY 1999).

A mikroorganizmusok és a talaj módosító szerepét bizonyítja a *Tithonia diversifolia*-val végzett kísérletsorozat. Párhuzamosan beállított vizsgálatok szerint steril talajban a növény nyers kivonata erősebben gátolja a tesztfajok fejlődését, mint természetes (mikroorganizmusokat tartalmazó) közegben (TONGMA et al.

1998). ITO et al. (1998) *Solidago altissima* aktív vegyületének mennyiségét elemezte talajban. A dehidromatricaria-észtert intakt talajban tíz nap után már nem lehetett kimutatni, mikrobiális bomlás áldozata lett, illetve irreverzibilisen megkötődött a talajrészecskéken.

A gátló vagy serkentő folyamatokban szerepet játszó vegyület – ha át is jutott a donor és akceptor növény mikroorganizmusokban gazdag rhizoszféráján és nem kötődött meg a talajrészecskéken – hatásában nem feltétlenül nyilvánul meg. A növények különböző fogékonyságot mutatnak az allelokémiai anyagokkal szemben, amely nem magyarázható pusztán morfológiai különbséggel (pl. kutikula fenoloidokkal szembeni permeabilitása). GOLOVKO – KOVALENOVA (1992 cit. SCHULZ – FRIEBE 1999) alaktanilag hasonló növényeknél kémiai mediátorokkal szemben eltérő affinitást tapasztaltak. A herbicidrezisztenciában ismert detoxifikációhoz hasonlóan (HUNYADI – PÖLÖS 1988) a növények allelokémiai anyagokat oxidációval, szénhidrát konjugációval, egyéb konjugációval képesek átalakítani, esetleg hasznosítani (pl. az uborka a külső forrásból származó ferulasavat a ligninszintézis prekursoraként hasznosíthatja) illetve a vakuólumban tárolni és kiválasztani (SCHULZ – FRIEBE 1999).

Növény-mikroorganizmus kölcsönhatás

A mikroorganizmusok fent leírt szerepén túl megfigyeléseket végeztek fitopatogén gombákkal, szimbionta baktériumokkal és algákkal kapcsolatban is. LACEY – MERCADIER (1998) különböző – allelopátiás szempontból aktív – anyagok (tomatin, solanin, kamptotecin, xantotoxin, tanninsav) hatását vizsgálta *Paecilomyces fumosoroseus* konídiumcsírázására: 50-100 mg/l koncentrációban valamennyi tesztvegyület gátolt. OLIVA et al. (1999) *Ruta graveolens* extraktumok komponenseinek fungicid hatásáról közöl eredményeket. WINDER (1997) vizsgálataiban a *Calamagrostis canadensis* növényi maradványainak kivonata *Colletotricum* fajok szaporodását lassította. GROSS – SÜTFELD (1994), GROSS et al. (1996) és NAKAI et al. (1996) *Myriophyllum spicatum* fenoloidjainak algicid tulajdonságát tapasztalta. MALLIK – TESFAI (1987,1988,1990) in vitro kísérletek alapján beszámol a *Chenopodium album* és a *Setaria viridis* kivonatainak *Bradyrhizobium japonicum* szaporodását serkentő hatásáról. BARAZANI – FRIEDMAN (1999ab) valamint RUIXIA et al. (1997) a monokultúrából fakadó termésnövekedés egyik okaként említi a nem patogén de allelopátiás potenciállal rendelkező baktériumok (*Streptomyces hygroscopicus*, *S. viridochromogenes*) jelenlétét a rhizoszférában. *Actinomycetesek* a *Laccaria laccata* és a *Hebeloma crustuliniforme* gombák szaporodását gátolják megakadályozva a *Pseudotsuga menziesii* újratelepítését, melyel az említett fajok mikorrhizás kapcsolatban vannak. YU (1999) kísérletében paradicsom közé vetett *Allium tuberosum*-ot. Megfigyelte, hogy kevert állományokban a *Pseudomonas solanacearum* előfordulása ritkább, mint azokban a parcellákban ahová csak paradicsomot ültettek, mivel az *A. tuberosum* gyökérexudátumai gátolták a baktérium szaporodását.

Növény-növény kölcsönhatás

Kultúrnövények közti kapcsolat vizsgálatát a vetésforgóban tapasztalt negatív hatások valamint a monokultúra során fellépő termésvesztés teszti szükségessége. Fontos hangsúlyozni azonban, hogy az allelopátia ebben az esetben sem kizárólagos indok, figyelembe kell venni a kártevők, kórokozók illetve az adott kultúrához legjobban alkalmazkodó évelő és egyéves gyomnövények felszaporodását is (BERZSENYI 1988), melyekkel együtt értelmezendő a növényből származó szekunder metabolitok hatása. MILLER (1996) vizsgálataiból kiderül, hogy a lucerna újratelepítésének nehézségeit részben az autotoxicitás okozza. ELLS – MCSAY (1991) szerint, a lucernalevél-kivonattal öntözött uborka nem csírázik. CHOU et al. (1995) 10-25%-os termés kieséssel járó autotoxicitást figyelt meg *Vigna radiata*-nál, melyet szaponinok okoznak. Spárga újratelepítésnél és cukornád monokultúrában a talajban felhalmozódó fenolszármazékok okoznak hozamcsökkenést (CHOU 1999). BEN-HAMMOUDA et al. (1995) *Sorghum bicolor* hibridek allelopátiás hatását vizsgálta búza csírázására és fejlődésére. A hibridek közti különbség a búza gyököcskefejlődésében nyilvánult meg szignifikánsan. Taiwanban a második rizsvetés hozama 25%-kal kisebb mint az első. CHOU (1992) kimutatta, hogy a rosszul szellőző elárasztott területeken az első termés betakarítását követően a szántóföldön hagyott rizszalmából fitotoxikus fenolsavak oldódnak ki. A lecsapolt szántókon hozamcsökkenést nem tapasztalt, ami abból következik, hogy jól szellőző művelt területen az allelokémiai anyagok termelése és felhalmozódása kisebb mértékű, mint oxigénszegény körülmények között. A vetésforgónál illetve monokultúrában akkor tapasztalható allelopátiás jelenség, ha egy naptári évben több kultúra termesztésére kerül sor, és a betakarítást követően a növényi maradványok a talajon maradnak („stubble mulch farming”). Ebben az esetben a komposztálódó növényi részekből szabadba jutó aktív vegyületek nem mosódnak le a mélyebb rétegekbe, és csak részben válnak mikrobiális bomlás áldozatává (NARWAL 1994). A „conservation tillage” eljárások szerepe a búzatermesztésben 1971 és 1985 között 15%-

kal nőtt. Előnyei mellett (talajnedvesség megőrzés, üzemanyag megtakarítás) árnyoldalai a hagyományos műveléssel („conventional tillage”) szemben a terméshozam változékonysága, mely a kórokozók, kártevők felszaporodására és az allelokémiai anyagok felhalmozódására vezethető vissza (WALLER et al. 1987). A takarmánykeverékek vetésénél CHUNG – MILLER (1995), HALSALL et al. (1995), LEIGH et al. (1995), NORRINGTON-DAVIES – BUCKERIDGE (1994) valamint SMITH – MARTIN (1994) megfigyelték, hogy a fűfajok (*Festuca arundinacea*, *Lolium multiflorum*, *Hordeum pusillum*, *Sorghum bicolor* *Bromus inermis*, *Dactylis glomerata*, *Phleum pratense*, *Agrostis alba*, *Phalaris arundinacea*, *P. aquatica*) extraktumai a lucerna illetve a földbentermő here csíranövény fejlődését hátráltatják.

A gyomnövények mezőgazdasági szempontból számontartott kártételi formái mellett (termőhely elfoglalás, a talaj víz- és tápanyagkészletének csökkentése, árnyékoló hatás, kártevők és kórokozók köztesgazdái) (UJVÁROSI 1973) allelopátiás tulajdonságuk is említésre méltó. Az *Abutilon theophrasti*, az *Amaranthus retroflexus*, a *Setaria glauca*, a *Cyperus esculentus*, a *Sorghum halepense*, a *Chenopodium album* és az *Echinochloa crus-galli* kivonatai hatására a kukorica, a szója és a napraforgó rosszabbul csírázott illetve a vegetatív szervek fejlődése elmaradt a kontrollcsoporttól. (BHOWMIK – DOLL 1982, 1983, DROST – DOLL 1980, KAZINCZI et al. 1991, MALLIK et al. 1994, MIKULÁS 1981). A gyom-kultúrnövény kapcsolatban belül több irodalom is említést tesz a rétfelgő művelésben problémát okozó invazív fajok térhódításáról. Ausztráliában a takarmányozási szempontból értéktelen *Vulpia myuros* és *V. bromoides* elterjedése jelent nehézséget. AN et al. (1996, 1997*ab*) kísérleteiben bizonyítja, hogy a *V. bromoides* a vizsgálatba vont növények (búza, lucerna, kanáriköles) csírázását és a vegetatív szervek növekedését hátráltatta. Hasonló eredményeket közöl AHMED – WARDLE (1994) az Új-Zélandban előretörő *Senecio jacobea*-val kapcsolatban. A virágzó növényi részek valamint kivonatok a legelőalkotó fajok közül főleg a hüvelyesek (*Trifolium repens*, *T. pratense*, *T. subterraneum*, *Medicago sativa*) voltak érzékenyek, az angolperje azonban ellenállóan mutatkozott. Japánban a rétgazdálkodás egyik fő problémája az *Anthoxanthum odoratum*, mely – akár tiszta állományokat létrehozva – elnyomja az endemikus *Zoysia japonica*-t. A jelenség egyik oka a borjúpázsit magas kumarintartalma, mely már 10 mg/kg koncentrációban gyököcskehossz csökkenést eredményezett (YAMAMOTO 1995, YAMAMOTO et al. 1997).

Az allelopátia alkalmazásának lehetőségei

Az allelopátia gyakorlati jelentősége az integrált gyomszabályozásban, kórokozók, kártevők elleni védekezésben lehet (CHOU et al. 1998, CRUZ-ORTEGA et al. 1998, GONZALES et al. 1997, LIU ÉS CHRISTIANS 1994, 1996, LIU et al. 1994, NARWAL 1994, SOLYMOSI – GIMESI 1993, SOLYMOSI 1994, SWANTON – MURPHY 1996).

Jelenleg 232 gyomfaj herbicidrezisztens biotípusát ismerjük (HARTMANN 1998, HARTMANN et al. 1999, 2000, HEAP 2000), melyek ellen egyre nehezebb védekezni a környezet addicionális terhelése nélkül, ezért számba kell venni minden olyan lehetőséget, mely a herbicidhasználat csökkentésére illetve a hatékonyságának fokozására irányul. Az allelopátiás potenciállal rendelkező növények mulch-ként való felhasználásán túl (HOFFMAN et al. 1996, MOYER – HUANG 1997, NARWAL 1994, WESTON 1996), a gyomok, a kórokozók és a kártevők elleni védekezés legcélszerűbb formájának tűnik, ha maga a kultúrnövény gyomelnyomó tulajdonságú. GONZALES et al. (1997) ezirányú vizsgálataiból kiderül, hogy a paprika lomblevelének fenolszármazékai gátolják az *Amaranthus retroflexus*, a *Chenopodium album*, a *Plantago lanceolata* és a *Solanum nigrum* fejlődését. A *Ruta graveolens* aktív vegyületei (5-metoxipszoralen, 8-metoxipszoralen, kvercetin) késleltetik a *Portulaca oleracea* kelését (ALIOTTA et al. 1996). DUDAI et al. (1999) terpenoidokat mutatott ki *Origanum syriacum*, *Mycromeria fruticosa*, *Cymbopogon citratus* fajokból, melyek 20-80 mg/kg koncentrációban *Amaranthus* magok csírázását gátolták.

MACÍAS kutatóprogramot indított „Natural Product Models as Allelochemicals” címmel, melynek célja különböző növényfajokból izolált hatóanyagok vizsgálata gyomirtó hatás szempontjából. Gyommagokat napraforgóból származó terpenoidokkal kezelve azok vontatott csírázását tapasztalta (MACÍAS 1995, 1997*c*). ANAYA et al. (1996) *Psacalium decompositum* cserjéből két szeszkviterpént izolált (cacalol, cacalon), melyek bioherbicidként való alkalmazása, az *Echinochloa crus-gallira* gyakorolt hatásuk alapján, megfontolandó. *Sorghum bicolor*-ból valamint *S. bicolor* x *S. sudanese* hibridből (*Sudex*) extrahált sorgoleon gyomnövényekkel szemben allelopátiás tulajdonságú. Érdemes kiemelni, hogy ez az aktív vegyület a talajban is stabil, a kémiai bomlásnak ellenáll (WESTON et al. 1999)!

Említésre méltó néhány olyan példa, mely során gyomok közti kölcsönhatást vizsgáltak. ANAYA et al. (1990, 1995*b*) valamint PEREDA-MIRANDA – MATA (1993) szerint az *Ipomea tricolor* alkaloidjai és glikozidjai gyomokkal szemben hatásosnak mutatkoztak. A növénynek ezt a tulajdonságát Mexikóban cukornádültetvényeken széles körben használják. LYDON et al. (1997) az *Artemisia annua*-val kapcsolatban

megállapítja, hogy a növényből kivont artemisinin gátolja az *Amaranthus retroflexus* és a *Chenopodium album* csírázását. A jelenség főleg az apróbb magvaknál/terméseknél tapasztalható, a kukorica és a szója kelését nem, vagy csak kismértékben késleltette. Thaiföld rizsvetéseit veszélyeztető *Sphenoclea zeylanica* a talajba forgatva más kártékony fajok csírázását befolyásolja, a rizsét azonban nem, ha a vetésre a talajművelést követően 3-4 héttel kerül sor. Kísérletekből kiderül, hogy a *Leptochloa chinensis* és az *Eclipta thermalis* különösen érzékenyek a *S. zeylanica* aktív vegyületeire (PREMASTHIRA – ZUNGSONTIPORN 1996ab). ISMAIL – MAH (1993) hasonló tapasztalatokat közöl *Mikania micrantha* valamint *Asystasia intrusa*, *Chrysopogon aciculatus* és *Paspalum conjugatum* kölcsönhatása kapcsán.

Külön említést érdemelnek azok a törekvések, melyek allelopátiás tulajdonságú fajták elemzésére irányulnak. Ilyen megfontolásból kezdődtek a Fülöp-szigeteken rizszel kapcsolatos kutatások. OLOFSDOTTER et al. (1996, 1999) rizsfajták allelopátiás készségét vizsgálta laboratóriumban, valamint meghatározta gyomelnyomó képességüket is szántóföldön. A mesterséges és természetes körülmények között mért allelopátiás potenciál (amit az *Echinochloa crus-galli* gyököcskehossza reprezentált) és interferencia alapján a *Lubang Red* fajta bizonyult gyomszabályozás céljából a legalkalmasabbnak. BURGOS et al. (1999) és WU et al. (1999) összefoglalják a gabonafélékben rejlő allelopátiás potenciál alkalmazásának lehetőségeit. Kimutatják, hogy a különböző aktív vegyületek [pl. DIBOA (2,4-dihidroxí-1,4-benzoxazin-3-on), DIMBOA (2,4-dihidroxí-7-metoxí-1,4-benzoxazin-3-on)] koncentrációja növényfajonként és fajtánként eltérő, ezen túl az egyed kora is meghatározó (FRIEBE et al. 1995, SCHULZ et al. 1994). OLOFSDOTTER (1995) rámutat, hogy az allelokémiai anyagok termelése poligénikus tulajdonság, amely gyengén korrelál a természettel és más – a mezőgazdaság szempontjából fontos – mutatóval. Mégis az integrált gyomszabályozás jövője szempontjából az allelopátiás tulajdonságú fajták termesztése járható utat jelent. Hatékony alkalmazásuk feltétele az aktív vegyületek termeléséért felelős gének lokalizálása és jelenleg is termesztett fajtákba történő átültetése, mely gyors megoldással kecsegtet, szemben a növénytermesztésben hagyományos szelekcióval (WU et al. 1999).

Összefoglalás

Összegzésképpen megállapítható, hogy (1) az allelopátia természetes körülmények között nem különíthető el a kölcsönhatások többi formájától, hanem kizárólag az interferencia részeként értelmezhető, (2) in vitro vizsgálatokban allelopátiás potenciál megállapítására kerülhet sor, (3) nem pusztán növények közti közvetlen kölcsönhatást jelent, hanem növény-talaj-növény illetve növény-mikroorganizmus kapcsolatot is, (4) az allelopátiás hatásért felelős vegyületek izolálása illetve a termelésért felelős gének ismerete lehetőséget teremt az allelopátiás tulajdonságú növények gyomszabályozásban és biológiai védekezésben történő felhasználására.

Summary

New approaches to allelopathy (Review)

D. J. BRÜCKNER¹ – L. Gy. SZABÓ²

(1) University of West Hungary, Mosonmagyaróvár; (2) University of Pécs

Observations referring to allelopathy go back to more than two thousand years and prove that its interpretation under natural conditions is relevant only as a part of interference. This fact made it necessary to broaden the definition of allelopathy, taking into consideration that beside the effect of a plant on an other, plant-microbial and plant-soil interactions are at least as important. Isolation of the often special secondary plant metabolites enables to use allelochemicals as biopesticides to reduce herbicide application in agriculture. Mapping and transplanting genes responsible for producing phytotoxic substances into commercial cultivars could facilitate weed control.

Irodalom

- AHMED, M. – WARDLE, D.A. (1994): Allelopathic potential of vegetative and flowering ragwort (*Senecio jacobea* L.) plant against associated pasture species. – *Plant and Soil* (164): 61-68.
- ALIOTTA, G. – CAFIERO, G. – DEFEO, V. – PALUMBO, A.D. – STRUMIA, S. (1996): Infusion of rue for control of purslane weed: Biological and chemical aspects. – *Allelopathy J.* **3** (2): 207-216.
- ALIOTTA, G. – CAFIERO, G. – DEFEO, V. – SACCHI, R. (1994): Potential allelochemicals from *Ruta graveolens* L. and their action on radish seeds. – *J. Chem. Ecol.* **20** (11): 2761-2775.
- ALIOTTA, G. – DEANGELIS, G. – MALLIK, A.U. – SEPPE, J. – WILLIS, R.J. (1999): The historical basis of the allelopathy and life sciences. A multimedia approach. – CD-ROM. Region Campania, Italy.
- AN, M. – PRATLEY, J.E. – HAIG, T. – JELLETT, P. (1997b): Genotypic variation of plant species to the allelopathic effects of *Vulpia* residues. – *Australian J. Experimental Agriculture* **37**: 647-660.

- AN, M. – PRATLEY, J.E. – HAIG, T. (1996): Differential phytotoxicity of *Vulpia* species and their plant parts. – *Allelopathy J.* **3** (2): 185-194.
- AN, M. – PRATLEY, J.E. – HAIG, T. (1997a): Phytotoxicity of *Vulpia* residues: I. Investigation of aqueous extracts. – *J. Chem. Ecol.* **23** (8): 1979-1995.
- ANAYA, A.L. – CALERA, M.R. – MATA, R. – PEREDA-MIRANDA, R. (1990): Allelopathic potential of compounds isolated from *Ipomea tricolor* Cav. (*Convolvulaceae*). – *J. Chem. Ecol.* **16** (7): 2145-2151.
- ANAYA, A.L. – HERNÁNDEZ-BAUTISTA, B.E. – JIMÉNEZ-ESTRADA, M. – VELASCO-IBARRA, L. (1992): Phenylacetic acid as a phytotoxic compound of corn pollen. – *J. Chem. Ecol.* **18** (6): 897-905.
- ANAYA, A.L. – HERNÁNDEZ-BAUTISTA, B.E. – PELAYO-BENAVIDES, H.R. – CALERA, M. – FERNÁNDEZ-LUISELLI, E. (1995a): Allelopathy in mexican platns. In: Inderjit – DAKSHINI, K.M.M. – Einhellig F.A. (eds.): *Allelopathy. Organisms, processes and applications.* – ACS Symposium Series 582, Am. Chem. Soc. Washington DC. pp.: 224-241.
- ANAYA, A.L. – HERNÁNDEZ-BAUTISTA, B.E. – TORRES-BARRAGÁN, A. – LEÓN-CANTERO, J. – JIMÉNEZ-ESTRADA, M. (1996): Phytotoxicity of cacalol and some derivatives obtained from the roots of *Psacalium decompositum* (A. Gray) H. Rob.&Brettell (*Asteraceae*), matarique or maturin. – *J. Chem. Ecol.* **22** (3): 393-403.
- ANAYA, A.L. – SABOURIN, D.J. – HERNÁNDEZ-BAUTISTA, B.E. – MENDEZ, I. (1995b): Allelopathic potential of *Ipomea tricolor* (*Convolvulaceae*) in a greenhouse experiment. – *J. Chem. Ecol.* **21** (8): 1085-1102.
- BARAZANI, O – FRIEDMAN, J. (1999a): Allelopathic bacteria and their impact on higher plants. – *Critical Reviews in Plant Sci.* **18** (6): 741-755.
- BARAZANI, O – FRIEDMAN, J. (1999b): Is IAA the major root growth factor secreted from plant-growth-mediating bacteria? – *J. Chem. Ecol.* **25** (10): 2397-2406.
- BAZIRAMAKENGA, R. – LEROUX, G.D. – SIMARD, R.R. (1995): Effects of benzoic and cinnamic acids on membrane permeability of soybean roots. *J. Chem. Ecol.* **21** (9): 1271-1285.
- BEN-HAMMOUDA, M – KREMER, R.J. – MINOR, H.C. (1995): Phytotoxicity of extracts from sorghum plant components on wheat seedlings. – *Crop Sci.* **35** (6): 1652-1656.
- BERZSENYI Z. (1988): A gyomszabályozás módszerei. In: HUNYADI K. (szerk.): Szántóföldi gyomnövények és biológiájuk. – Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. pp.: 409-447
- BHOWMIK, P.C. – DOLL, J.D. (1982): Corn and soybean response to allelopathic effect of weed and crop residues. – *Agronomy J.* **74**: 601-606.
- BHOWMIK, P.C. – DOLL, J.D. (1983): Growth analyses of corn and soybean response to allelopathic effects of weed residues at various temperature and photosynthetic photon flux densities. – *J. Chem. Ecol.* **9** (8): 1263-1280.
- BLUM, U. – AUSTIN, F.A. – SHAFER, S.R. (1999a): The fates and effects of phenolic acids in a plant-microbial-soil system. In: MACIAS, F.A. – GALINDO, J.C.G. – MOLINILLO, J.M.G. – CUTLER, H.C. (eds.): *Recent advances in allelopathy I. Science for the future.* – IAS, Cadiz. pp.: 159-166.
- BLUM, U. – SHAFER, S.R. – LEHMAN, M.E. (1999b): Evidence for inhibitory allelopathic interactions involving phenolic acids in field soils: Concepts vs. an experimental model. – *Critical Reviews in Plant Sci.* **18** (5): 673-693.
- BLUM, U. (1996): Allelopathic interactions involving phenolic acids. – *J. of Nematology* **28**: 129-132.
- BLUM, U. (1997): Benefits of citrate over EDTA for extracting phenolic acids from soils and plant debris. – *J. Chem. Ecol.* **23** (2): 347-362.
- BLUM, U. (1998): Effects of microbial utilization of phenolic acids and their phenolic acid breakdown products on allelopathic interactions. – *J. Chem. Ecol.* **24** (4): 685-707.
- BURGOS, N.R. – TALBERT, R.E. – MATTICE, J.D. (1999): Cultivar and age differences in the production of allelochemicals by *Secale cereale*. – *Weed Sci.* **47**: 481-485.
- CALERA, M.R. – ANAYA, A.L. – GAVILANES-RUIZ, M. (1995): Effect of resin glycoside on activity of H⁺-ATPase from plasma membrane. – *J. Chem. Ecol.* **21** (3): 289-297.
- CANDOLLE, A.P. DE: (1832): *Physiologie végétale, ou exposition des forces et des fonctions vitales des végétaux.* – Bechet Jeune, Paris, 1580 pp.
- CHAVES, N. – ESCUDERO, J.C. (1997): Allelopathic effect of *Cistus ladanifer* on seed germination. – *Functional Ecology* **11**: 432-440.
- CHIAPUSIO, G. – SÁNCHEZ, A.M. – REIGOSA, M.J. – GONZÁLES, L. – PELLISSIER, F. (1997): Do germination indices adequately reflect allelochemical effects on the germination process? – *J. Chem. Ecol.* **23** (11): 2445-2453.
- CHOU, C. – FU, C. – LI, S. – WANG, Y. (1998): Allelopathic potential of *Acacia confusa* and related species in Taiwan. – *J. Chem. Ecol.* **24** (12): 2131-2150.
- CHOU, C. – WALLER, G.R. – CHENG, C.S. – YANG, C.F. – KIM, D. (1995): Allelochemical activity of naturally occurring compounds from mungbean (*Vigna radiata* L.) plants and their surrounding soil. – *Bot. Bull. Acad. Sin.* **36**: 9-18.

- CHOU, C. (1992): Allelopathy in relation to agricultural productivity in Taiwan: problems and prospects. In: RIZVI, S.J.H. – RIZVI, V. (eds.): Allelopathy. Basic and applied aspects. – Chapman&Hall, London. pp.: 179-204
- CHOU, C. (1999): Roles of allelopathy in plant biodiversity and sustainable agriculture. – Critical Reviews in Plant Sci. **18** (5): 609-636.
- CHUNG, I. – MILLER, D.A. (1995): Allelopathic influence of nine forage grass extracts on germination and seedling growth of alfalfa. – Agronomy J. **87** (4): 767-772.
- CRUZ-ORTEGA, R. – ANAYA, A.L. – HERNÁNDEZ-BAUTISTA, B.E. – LAGUNA-HERNÁNDEZ, G. (1998): Effects of allelochemical stress produced by *Sycios deppii* on seedling ultrastructure of *Phaseolus vulgaris* and *Cucurbita ficifolia*. – J. Chem. Ecol. **24** (12): 2039-2057.
- CSONTOS P. (1994): Az aljnövényzet állapotváltozásai cseres-tölgyes erdők vágását követő szukcessziója során a Visegrádi-hegységben. – Kandidátusi értekezés. ELTE, Budapest. pp.: 105-138.
- DAKSHINI, K.M.M. – FOY, C.L. – INDERJIT: (1999): Allelopathy: One component in a multifaceted approach to ecology. In: INDERJIT – DAKSHINI, K.M.M. – FOY, C.L. (eds.): Principles and practices in plant ecology. Allelochemical interactions. – CRC Press, New York. pp.: 3-14.
- DALTON, B.R. (1999): The occurrence and behavior of plant phenolic acids in soil environments and their potential involvement in allelochemical interference interactions: Methodological limitations in establishing conclusive proof of allelopathy. In: INDERJIT – DAKSHINI, K.M.M. – FOY, C.L. (eds.): Principles and practices in plant ecology. Allelochemical interactions. – CRC Press, New York. pp.: 57-74.
- DIERSCHKE, H. (1994): Pflanzensoziologie. Grundlagen und Methoden. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 683 pp.
- DROST, D.C. – DOLL, J.D. (1980): The allelopathic effect of yellow nutsedge (*Cyperus esculentus*) on corn (*Zea mays*) and soybean (*Glycine max*). – Weed Sci. **28** (2): 229-233.
- DUDAI, N. – POLJAKOFF-MAYBER, A. – MAYER, A.M. – PUTIEVSKY, E. – LERNER, H. (1999): Essential oils as allelochemicals and their potential use as bioherbicides. – J. Chem. Ecol. **25**: 1079-1089.
- EINHELLIG, F.A. (1995): Mechanism of action of allelochemicals in allelopathy. In INDEJIT – DAKSHINI, K.M.M. – EINHELLIG, F.A. (eds.): Allelopathy. Organisms, processes, and applications. – ACS Symposium Series 582. Am. Chem. Soc. pp.: 96-116.
- EINHELLIG, F.A. (1996): Interactions involving allelopathy in cropping systems. – Agronomy J. **88** (6): 886-893.
- ELLS, J.E. – MCSAY, A.E. (1997): Allelopathic effects of alfalfa plant residues on emergence and growth of cucumber seedlings. – HortScience **26** (4): 368-370.
- EVENARI, M. (1961): Chemical influences of other plants (allelopathy). In: RUHLAND, W. (ed.): Handbuch der Pflanzenphysiologie. Band **16**. – Springer, Berlin. pp.: 691-736.
- FEKETE G. (1981): Populációk közötti interakciók. In: HORTOBÁGYI T. – SIMON T. (szerk.): Növényföldrajz, társulástan és ökológia. – Tankönyvkiadó, Budapest. pp.: 180-191.
- FOY, C.L. (1999): How to make bioassays for allelopathy more relevant to field conditions with particular reference to cropland weeds. In: INDERJIT – DAKSHINI, K.M.M. – FOY, C.L. (eds.): Principles and practices in plant ecology. Allelochemical interactions. – CRC Press, New York. pp.: 25-33.
- FRIEBE, A – SCHULZ, M. – KÜCK, P. – SCHNABL, H. (1995): Phytotoxins from shoot extracts and root exudates of *Agropyron repens* seedlings. – Phytochemistry **38** (5): 1157-1159.
- GARDINER, J.B. – MORRA, M.J. – EBERLEIN, C.V. – BROWN, P.D. – BOREK V. (1999): Allelochemicals released in soil following incorporation of rapeseed (*Brassica napus*) green manures. – J. Agric. Food Chem. **47**: 3837-3842.
- GÄUMANN, E. – JAAG, O. (1946): Über das Problem der Welkekrankheiten bei Pflanzen. – Experientia **2**: 215-220.
- GOLOVKO, E.A. – KAVELENOVA, L.M. (1992): O koncepcii allelopaticeskoi tolerantnosti rastenii. – Fiziol. Biokhim. Kul't. Rast. **24**: 439.
- GONZALES, L. – SOUTO, X.C. – REIGOSA, M.J. (1997): Weed control by *Capsicum annum*. – Allelopathy J. **4** (1): 101-110.
- GOPAL, B. – GOEL, U. (1993): Competition and allelopathy in aquatic plant communities. – The Botanical Review **59** (3): 155-210.
- GRODZINSZKII, A.M. (1965): Allelopatija v zsziznyi rasztenyii i ih szoobsesztv. – Naukova Dumka, Kiev.
- GRODZINSZKII, A.M. (1981): Himicseszkoje Vzaimodestvije rasztenyii. – Naukova Dumka, Kiev. pp.:3-18
- GROSS, E.M. – MEYER, H. – SCHILLING, G. (1996): Release and ecological impact of algicidal hidrolisable polyphenols in *Myriophyllum spicatum*. – Phytochemistry **41** (1): 133-138.
- GROSS, E.M. – SÜTFELD, R. (1994): Polyphenols with algicidal activity in the submerged macrophyte *Myriophyllum spicatum* L. – Acta Horticulturae (381): 710-716.
- GRÜMMER, G. (1955): Die gegenseitige

- Beeinflussung höherer Pflanzen – Allelopathie. – Gustav Fischer Verlag, Jena.
- HALSALL, D.M. – LEIGH, J.H. – GOLLASCH, S.E. – HOLGATE, M.D. (1995): The role of allelopathy in legume decline in pastures. I. Comparative effects of pasture, crop and weed residues on germination, nodulation and root growth. – *Aust. J. Agric. Res.* **46**: 189-207.
- HARPER, J.L. (1977): *Population biology of Plants.* – Academic Press, New York.
- HARTMANN F. - PÁL B. – BERNÁTH I. – HOLLÓ SZABÓ I. (1999): Amit a gyomrezisztenciáról tudni kell III/2. A monokultúrás termesztés és a vetésváltás hatása a gyomflórára és a rezisztens gyombiotípusok elterjedésére. – *Agrofórum* **10** (11): 32-36.
- HARTMANN F. – SZENTÉY L. – TÓTH Á. (2000): Amit a gyomrezisztenciáról tudni kell III/3. Mit tehetünk a gyomrezisztencia ellen? *Agrofórum* **11** (2): 13-16.
- HATRMANN F. (1998): Amit a gyomrezisztenciáról tudni kell III/1. A gyomrezisztencia Magyarországon. *Agrofórum* **9** (12): 21-24.
- HEAP, I.M. (2000): The occurrence of herbicide-resistant weeds worldwide. – <http://www.weedscience.com/paper/resist97.html>.
- HOFFMAN, M.L. – WESTON L.A. – SNYDER, J.C. – REGNIER, E.E. (1996): Separating the effect of sorghum (*Sorghum bicolor*) and rye (*Secale cereale*) root and shoot residues on wheat development. – *Weed Sci.* **44**: 402-407.
- HOLZNER, W. (1973): Forschungsergebnisse der modernen Ökologie in ihrer Bedeutung für Biologie und Bekämpfung der Unkräuter. – *Die Bodenkultur* **24** (1): 67-74.
- HUNYADI K. – PÖLÖS E. (1988): Herbicidrezisztencia. In: HUNYADI K. (szerk.): Szántóföldi gyomnövények és biológiájuk. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. Pp.: 381-408
- IAS NEWSLETTER: (1999): Allelopathy. Is this the definition we want? – *International Allelopathy Society*.
- ISMAIL, B.S. – MAH, L.S. (1993): Effects of *Mikania micrantha* H.B.K. on germination and growth of weed species. – *Plant and Soil* **157**: 107-113.
- ITO, I. – KOBAYASHI, K. – YONEYAMA, T. (1998): Fate of dehydromatricaria ester added to soil and its implications for the allelopathic effect of *Solidago altissima* L. – *Annals of Botany* **82**: 625-630.
- JIMÉNEZ-ESTRADA M. – NAVARRO, A. – FLORES, M.V. – CHILPA, R.R. – HERNÁNDEZ, B. – ANAYA, A.L. – LOTINA-HENNSSEN, B. (1996): Transformation of terpene piquerol A to hydroquinone and phenolic derivatives. Effect of these compounds on weeds. – *J. Agric. Food Chem.* **44** (9): 2839-2841.
- KAZINCZI G. – BÉRES I. – HUNYADI K. – MIKULÁS J. – PÖLÖS E. (1991): A selyemmályva (*Abutilon theophrasti* Medic.) allelopatikus hatásának és kompetitív képességének vizsgálata. – *Növénytermelés* **40** (4): 321-331.
- KIL, B. – LOVET, J.V. (1999): The research of allelopathy in Australia. In: Inderjit – Dakshini, K.M.M. – Foy, C.L. (eds.): *Principles and practices in plant ecology. Allelochemical interactions.* – CRC Press, New York. pp.: 221-235.
- KUSHIMA, M. – KAKUTA, H. – KOSEMURA, S. – YAMAMURA, S. – YAMADA, K. (1997): An allelopathic substance exudated from germinating watermelon seeds. *Plant Growth Regulation* (00): 1-4.
- LACEY, L.A. – MERCADIER, G. (1998): The effect of selected allelochemicals on germination of conidia and blastospores and mycelial growth of the entomopathogenic fungus, *Paecilomyces fumosoroseus* (Deuteromycotina: Hyphomycetes). – *Mycopatologia* **142**: 17-25.
- LATERRA, P. (1997): Post-burn recovery in the flooding pamapa: Impact of an invasive legume. – *J. Range Management* **50**: 274-277.
- LEHMAN, M.E. – BLUM, U. – GERIG, M. (1994): Simultaneous effects of ferulic and p-coumaric acids on cucumber leaf expansion in split-root experiments. – *J. Chem. Ecol.* **20** (7): 1773-1782.
- LEIGH, J.H. – HALSALL, D.M. – HOLGATE, M.D. (1995): The role of allelopathy in legume decline in pastures. I. Effects of pasture and crop residues on germination and survival of subterranean clover in the field and nursery. – *Aust. J. Agric. Res.* **46**: 179-188.
- LEVI-MINZI, R. – SAVIOZZI, A. – RIFFALDI, R. (1994): Organic acids as seed germination inhibitors. – *J. Environ. Sci. Health* **29** (10): 2203-2217.
- LIU, D.L. – CHRISTIANS, N.E. – GARbutt, J.T. (1994): Herbicidal activity of hidrolised corn gluten meal on three grass species under controlled environments. – *Plant Growth Regulation* **13**: 221-226.
- LIU, D.L. – CHRISTIANS, N.E. (1994): Isolation and identification of root-inhibiting compounds from corn gluten hydrolysate. – *Plant Growth Regulation* **13**: 227-230.
- LIU, D.L. – CHRISTIANS, N.E. (1996): Bioactivity of a pentapeptid isolated from corn gluten hidrolisate on *Lolium perenne* L. – *Plant Growth Regulation* **15**: 13-15.
- LIU, D.L. – LOVETT, J.V. (1993): Biologically active secondary metabolites of barley I. Developing techniques and assessing allelopathy in barley. – *J. Chem. Ecol.* **19** (10): 2217-2229.
- LOVETT, J.V. – HOULT, A.H.C. (1998): Allelopathy in plants. In: ROBERTS, M.F. – WINK, M. (eds.): *Alkaloids. Biochemistry, ecology and medicinal*

- applications. – Plenum Press, New York. pp.: 337-347.
- LYDON, J. – THEASDALE, J.R. – CHEN, P.K. (1997): Allelopathic activity of annual wormwood (*Artemisia annua*) and the role of artemisinin. – *Weed Sci.* **45**: 807-811.
- MACÍAS, F.A. – CASTELLANO, D. – OLIVA, R.M. – CROSS, P. – TORRES, A. (1997c): Potential use of allelopathic agents as natural agrochemicals. The 1997 Brighton Crop Protection Conference – Weeds. pp.: 33-38.
- MACÍAS, F.A. – MOLINILLO, J.M.G. – TORRES, A. – VARELA, R.M. – CASTELLANO, D. (1997a): Bioactive flavonoids from *Helianthus annuus* cultivars. – *Phytochemistry* **45** (4): 683-687.
- MACÍAS, F.A. – SIMONET, A.M. – ESTEBAN, M.D. – GALINDO J.C.G. (1996): Triterpenoids from *Melilotus messanensis*; soyasapogenol G, the first natural carbonate derivative. – *Phytochemistry* **41** (6): 1573-1577.
- MACÍAS, F.A. – SIMONET, A.M. – ESTEBAN, M.D. (1994): Potential allelopathic lupane triterpens from bioactive fractions of *Melilotus messanensis*. – *Phytochemistry* **36** (6): 1369-1379.
- MACÍAS, F.A. – SIMONET, A.M. – GALINDO, J.C.G. (1997b): Bioactive steroids and triterpenes from *Melilotus messanensis* and their allelopathic potential. – *J. Chem. Ecol.* **23** (7): 1781-1803.
- MACÍAS, F.A. – VARELA, R.M. – TORRES, A. – OLIVA, R.M. – MOLINILLO, J.M.G. (1998): Bioactive norsesquiterpenes from *Helianthus annuus* with potential allelopathic activity. – *Phytochemistry* **48** (4): 631-636.
- MACÍAS, F.A. (1995): Allelopathy in the search for natural herbicide models. In INDEJIT – DAKSHINI, K.M.M. – EINHELLIG, F.A. (eds.): *Allelopathy. Organisms, processes, and applications.* – ACS Symposium Series 582. Am. Chem. Soc. pp.:310-329.
- MAHMOOD, K. – MALIK, K.A. – SHEIKH, K.H. – HUSSAIN, A. – LODHI, M.A.K. (1999): Allelopathic potential of weed species invading kallar grass (*Leptochloa fusca* L. Kunth) in saline agricultural land. – *Pak. J. Bot.* **31**(1): 137-149.
- MALLIK, M.A.B. – PUCHALA, R. – GROSZ, F.A. (1994): A growth inhibitory factor from lambsquarters (*Chenopodium album*). – *J. Chem. Ecol.* **20** (4): 957-967.
- MALLIK, M.A.B. – TESFAI, K. (1987): Stimulation of *Bradyrhizobium japonicum* by allelochemicals from green plants. – *Plant and Soil* (103): 227-231.
- MALLIK, M.A.B. – TESFAI, K. (1988): Allelopathic effect of common weeds on soybean growth and soybean-*Bradyrhizobium* symbiosis. – *Plant and Soil* (112): 177-182.
- MALLIK, M.A.B. – TESFAI, K. (1990): Isolation of a factor stimulatory to *Bradyrhizobium japonicum* in broth culture. – *Plant and Soil* (128): 177-184.
- MASSANET, G.M. – GUERRA, F.M. – JORGE, Z.D. – ASTROGA, C. (1997): Sesquiterpenolides from *Melanoselinum decipiens*. – *Phytochemistry* **45** (8): 1645-1651.
- MIKULÁS J. (1981): A fenyércirok (*Sorghum halepense* L.) allelopátiája a gyom és kultúrnövényre. – *Növényvédelem* **17** (10-11): 413-418.
- MILLER, D.A. (1996): Allelopathy in forage crop systems. – *Agronomy J.* **88** (6): 854-859
- MIZUTANI, J. (1999): Selected allelochemicals. – *Critical Reviews in Plant Sci.* **18** (5): 653-670.
- MOLISCH, H. (1937): *Der Einfluß einer Pflanze auf die andere – Allelopathie.* – Gustav Fischer Verlag, Jena, 106 pp.
- MOYER, J.R. – HUANG, H.C. (1997): Effect of aqueous extracts of crop residues on germination and seedling growth of ten weed species. *Bot. Bull. Acad. Sin.* **38**: 131-139.
- MULLER, C.H. (1974): Allelopathy in the environmental complex. In: STRAIN, B.R. – BILLINGS, W.D. (eds.): *Vegetation and environment.* – Dr. W. Junk b.v. Publishers, The Hague.
- NAKAI, S. – HOSOMI, N. – OKADA, M. – MUROKAMI, A. (1996): Control of algal growth by macrophytes and macrophyte-extracted bioactive compounds. – *Wat. Sci. Tech.* **34** (7-8): 227-235.
- NARWAL, S.S. (1994): *Allelopathy in crop production.* – Scientific Publishers, Jodhpur, 285 pp.
- NILSEN, E.T. – WALKER, J.F. – MILLER, O.K. – SEMONES, S.W. – LEI, T.T. – CLINTON, B.D. (1999): Inhibition of seedling survival under *Rhododendron maximum* (*Ericaceae*). Could allelopathy be a cause? – *Am J. Bot.* **86** (11): 1597-1605.
- NORRINGTON-DAVIES, J. – BUCKERIDGE, D.J. (1994): Plant interference and chemical toxins in upland pastures. – *Grass and Forage Sci.* **49**: 176-182.
- NOVAK, J.M. – JAYACHANDRA, K. – MOORMAN, T.B. – WEBER, J.B. (1995): Sorption and binding of organic compounds in soils and their relation to bioavailability. In: SKIPPER, H.D. – TURCO, R.F. (eds.) *Bioremediation: Science and applications.* – Soil. Sci. Soc. Am. Pub. No.43, Madison, WI. pp.: 13.
- ODUM, E.P. (1959): *Fundamentals of ecology.* – W.B. Saunders Company, Philadelphia.
- OLIVA, A – LAHOZ, E. – CONTILLO, R. – ALIOTTA, G. (1999): Fungistatic activity of *Ruta graveolens* extract and its allelochemicals. – *J. Chem. Ecol.* **25** (3): 519-526.
- OLOFSDOTTER, M. – NAVAREZ, D. (1996):

- Allelopathic rice for *Echinochloa crus-galli* control. – Second International Weed Control Congress, Copenhagen, pp.: 1175-1180.
- OLOFSDOTTER, M. – NAVAREZ, D. – MOODY, K. (1995): Allelopathic potential in rice (*Oryza sativa* L.) germplasm. – Ann. Appl. Biol. **127**: 543-560.
- OLOFSDOTTER, M. – NAVAREZ, D. – REBULANA, M. – STREIBIG, J.C. (1999): Weed-suppressing rice cultivars – does allelopathy play a role? – Weed Res. **39** (6): 441-454.
- PADISÁK, J. (1985): A fitoplankton szukcessziója. In: FEKETE G. (szerk.). A cönológiai szukcesszió kérdései. – Akadémiai Kiadó, Budapest. pp.: 83-119.
- PELLISSIER, F. (1994): Effect of phenolic compounds in humus on the natural regeneration of spruce. – Phytochemistry **36** (4): 865-867.
- PEREDA-MIRANDA, R. – MATA, R. (1993): Tricolorin A, major phytochemical inhibitor from *Ipomea tricolor*. – J. Natural Products **56** (4): 571-582.
- PLINIUS SECUNDUS (1. sz.): Natural History. 10vols. Engl. trans. by RACKAM, H. – JONES, W.H.S. – EICHHOLZ, D.E. Harvard Univ. Press, Cambridge, Massachusetts.
- PREMASTHIRA, C. – ZUNGSONTIPORN, S. (1996a): Allelopathic effect of extract substances from goosweed (*Sphenoclea zeylanica* Gaertn.) on rice seedlings. – Weed Res. (Japan) **41** (2): 80-83.
- PREMASTHIRA, C. – ZUNGSONTIPORN, S. (1996b): Allelopathic potential of goosweed (*Sphenoclea zeylanica* Gaertn.) in submerged soil. – Weed Res. (Japan) **41** (2): 103-106.
- RADEMACHER, B. (1959): Gegenseitige Beeinflussung höherer Pflanzen. In: RUHLAND, W. (ed.): Handbuch der Pflanzenphysiologie. Band **11**. – Springer, Berlin. pp.: 655-706.
- RADOSEVICH, S.R. – HOLT, J.S. (1984): Weed ecology. Implications for vegetation management. – J. Wiley&Sons, New York.
- RAJBANSHI, S.S. – INUBUSHI, K. (1998): Chemical and biochemical changes during laboratory-scale composting of allelopathic plant leaves (*Eupatorium adenophorum* and *Lantana camara*). – Biol. Fertil. Soils **26**, 66-71.
- RAPAICS R. (1939): A növények légköre. – Természettud. Közöny **71**: 567-576
- REIGOSA, M.J. – SÁNCHEZ-MOREIRAS, A – GONZÁLES, L. (1999b): Ecophysiological approach in allelopathy. – Critical Reviews in Plant Sci. **18** (5): 577-608.
- REIGOSA, M.J. – SOUTO, X.C. – GONZÁLES, L. (1999a): Effect of phenolic compounds on the germination of six weed species. – Plant Growth Regulation **28**: 83-88.
- RICE, E.L. (1983): Pest control with nature's chemicals. – University of Oklahoma Press, Normann.
- RICE, E.L. (1984): Allelopathy. – Academic Press, Orlando, 422 pp.
- ROBLES, C. – GARZINO, S. (1998): Essential oil composition of *Cistus albidus* leaves. – Phytochemistry **48** (8): 1341-1345.
- ROBLES, C. – BONIN, G. – GARZINO, S. (1999): Potentialités autotoxiques et allelopathiques de *Cistus albidus* L. – C.R. Acad. Sci. Paris, Sciences de la vie (322): 677-685.
- RUIXIA, M. – XIUFEN, L. – GUANGLIN, Y. – SIEN, S. (1997): Allelochemicals and alleopathy from microorganisms in wheat rhizosphers. – J. Environ.Sci. **9** (1):108-112.
- SCHMIDT, S.K. – LAY, R.E. (1999): Microbial competition and soil structure limit expression of allelochemicals in nature. In: INDERJIT – DAKSHINI, K.M.M. – FOY, C.L. (eds.): Principles and practices in plant ecology. Allelochemical interactions. – CRC Press, New York. pp.: 339-351.
- SCHULZ, M. – FRIEBE, A – KÜCK, P. – SEIPEL, M. – SCHNABL, H. (1994): Allelopathic effect of living quackgrass (*Agropyron repens* L.). Identification of inhibitory allelochemicals exuded from rhizome borne roots. – Angew. Bot. **68**: 195-200.
- SCHULZ, M. – FRIEBE, A. (1999): Detoxification of allelochemicals in higher plants and enzymes involved. In: INDERJIT – DAKSHINI, K.M.M. – FOY, C.L. (eds.): Principles and practices in plant ecology. Allelochemical interactions. – CRC Press, New York. pp.: 383-400.
- SEIGLER, D.S. (1996): Chemistry and Mechanisms of allelopathic interactions. – Agronomy J. **88**: 876-885.
- SMITH, A.E. – MARTIN, L.D. (1994): Allelopathic characteristics of three cool-season grass species in the forage ecosystem. – Agronomy J. **86**: 243-246.
- SOLYMOSI P. – GIMESI A. (1993): Gyomirtó hatású növényi kivonatok előállításának és alkalmazásának módszertana. – Növényvédelem **29** (8): 377-380.
- SOLYMOSI, P. (1994): Crude plant extracts as weed biocontrol agents. – Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica **29** (3-4): 361-370.
- SPRINGER, T.L. (1996): Allelopathic effects on germination and seedlings growth of clovers by endophyte-free and -infected tall fescue. – Crop Sci. **36**: 1639-1642.
- STICKNEY, J.S. – HOY, P.P. (1881): Toxic actions of black walnut. – Trans. Wis. State Hort. Soc. **11**: 166-167.
- SUTHERLAND, B.L. – HUME, D.E. – TAPPER, B.A. (1999): Allelopathic effects of endophyte-infected perennial ryegrass extracts on white clover seedlings. – New Zealand J. Agricultural Res. **42** (1): 19-26.

- SWANTON, C.J. – MURPHY, S.D. (1996): Weed science beyond the weeds: The role of integrated weed management (IWM) in agroecosystem health. – *Weed Sci.* **44**: 437-445.
- SZABÓ L. GY. (1984): Növényi metabolitok allelopátiás hatása. In: CSABA GY. (szerk.): A biológia aktuális problémái. – Medicina Kiadó, Budapest.
- SZABÓ L.GY. (1997b): Allelopátia mesterséges és természetes körülmények között. Az allelopátia értelmezése. – Akadémiai doktori értekezés. JPTE, Pécs. 188 pp.
- SZABÓ, L.GY. (1997a): Allelopathy – Phytochemical potential – Life strategy. – JPTE, Pécs. 129pp.
- THEOPHRASTUS (Kr. e. 300): Equiry into plants and minor works on odours and weather signs. 2 vols. transl. to English by HORT, A. – HEINEMAN, W., London.
- TONGMA, S – KOBAYASHI, K. – USUI, K. (1997): Effect of water extract from mexican sunflower (*Tithonia diversifolia* Hemsl. A. Gray) on germination and growth of tested plants. – *J. Weed Sci. Tech.* **42** (4): 373-378.
- TONGMA, S – KOBAYASHI, K. – USUI, K. (1998): Allelopathic activity of mexican sunflower (*Tithonia diversifolia*) in soil. – *Weed Sci.* **46**: 432-437.
- UBRIZSY G. (1942a): A fűvesher-keverékek társulásviszonyának laboratóriumi és szabadföldi kísérletei. – *Kísérletügyi Közlemények* **45**: 112-122.
- UBRIZSY G. (1942b): Kísérleti növénytársulások. – *Botanikai Közlemények* **40**: 53-58.
- UJVÁROSI M. (1973): Gyomirtás. – *Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.* 280pp.
- VAUGHN, S.F. – BERHOW, M.A. (1999): Allelochemicals isolated from tissues of the invasive weed garlic mustard (*Alliaria petiolata*). – *J. Chem. Ecol.* **25** (11): 2495-2504.
- WAKSMAN, S.A. (1937): Soil deterioration and soil conservation from the view-point of soil microbiology. – *Amer. Soc. Agron.* **29**: 113-122.
- WALKER, L.R. (1994): Effects of fern thickets on woodland development on landslides in Puerto Rico. – *J. Vegetation Sci.* (5): 525-532.
- WALLER, G.R. – EINHELLIG, F.A. (1999): Overview of allelopathy in agriculture, forestry, and ecology. In: CHOU, C.H. – WALLER, G.R. – REINHARDT, C. (eds.): Biodiversity and allelopathy. From organisms to ecosystems in The Pacific. – *Academica Sinica, Taipei.* pp.: 221-245.
- WALLER, G.R. – FENG, M. – FUJII, Y. (1999a): Biochemical analysis of allelopathic compounds. Plants, microorganisms, and soil secondary metabolites. In: INDERJIT – DAKSHINI, K.M.M. – FOY, C.L. (eds.): Principles and practices in plant ecology. Allelochemical interactions. – CRC Press, New York. pp.: 75-98.
- WALLER, G.R. – KRENZER, E.R. JR. – MCPHERSON, J.K. – MCGOWN, S.R. (1987): Allelopathic compounds in soil from no tillage vs conventional tillage in wheat production. – *Plant and Soil* (98): 5-15.
- WALLER, G.R. – YANG, C.F. – CHEN, L.F. – SU, C.H. – LIU, R.M. – WU, S.C. – YOUNG, C.C. – LEE, M.R. – CHOU, C.H. – KIM, D. (1999b): Mungbean saponins as allelochemicals. In: MACÍAS, F.A. – GALINDO, J.C.G. – MOLINILLO, J.M.G. – CUTLER, H.C. (eds.): Recent advances in allelopathy I. Science for the future. – IAS, Cadiz. pp.: 91-108.
- WARDLE, D.A. – NICHOLSON, K.S. – RAHMAN, A. (1996): Use of a comparative approach to identify allelopathic potential and relationship between allelopathy bioassays and "competition" experiments for ten grassland species. – *J. Chem. Ecol.* **22** (5): 933-948.
- WARDLE, D.A. – NILSSON, M – GALLET, C. – ZACKRISSON, O. (1998): An ecosystem-level perspective of allelopathy. *Biol. Rev.* **73**: 305-319.
- WATKINSON, A.R. (1998): The role of the soil community in plant population dynamics: allelopathy a key component. Reply from A.R. Watkinson. – *Trends. Ecol. Evol.* **13** (10): 407.
- WEIDENHAMER, J.D. (1996): Distinguishing resource competition and chemical interference: Overcoming the methodological impasse. – *Agronomy J.* **88** (6): 866-875.
- WESTON, L.A. – NIMBAL, C.I. – JEANDET, P. (1999): Allelopathic potential of grain sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) and related species. In: INDERJIT – DAKSHINI, K.M.M. – FOY, C.L. (eds.): Principles and practices in plant ecology. Allelochemical interactions. – CRC Press, New York. pp.: 467-477.
- WESTON, L.A. (1996): Utilization of allelopathy for weed management in agroecosystems. – *Agronomy J.* **88** (6): 860-866.
- WILLIS, R.J. (1985): The historical bases of the concept of allelopathy. – *J. History Biol.* **18**: 71-102.
- WILLIS, R.J. (1994): Terminology and trends in allelopathy. – *Allelopathy J.* **1** (1): 6-28.
- WILLIS, R.J. (1996): The history of allelopathy 1. The first phase. The era of A.P. deCandolle. – *Allelopathy J.* **3** (2): 165-184.
- WILLIS, R.J. (1997): The history of allelopathy. 2. The second phase (1900-1920): The era of S.U. Pickering and the U.S.D.A. Bureau of Soils. – *Allelopathy J.* **4** (1): 7-56.
- WINDER, R.S. (1997): The in vitro effect of allelopathy and various fungi on marsh reed grass (*Calamagrostis canadensis*). – *Can. J. Bot.* **75**:

- 236-241.
- WINK, M. – LATZ-BRÜNING, B. – SCHMELLER, T. (1999): Biochemical effect of allelopathic alkaloids. In: INDERJIT – DAKSHINI, K.M.M. – FOY, C.L. (eds.): Principles and practices in plant ecology. Allelochemical interactions. – CRC Press, New York. pp.: 411-421.
- WINK, M. – LATZ-BRÜNING, B. (1995): Allelochemical properties of alkaloids and other natural products: possible modes of action. In: INDERJIT – DAKSHINI, K.M.M. – EINHELLIG F.A. (eds.): Allelopathy. Organisms, processes and applications. ACS Symposium Series 582. – Am. Chem. Soc. Washington DC. pp.: 117-126.
- WINK, M. – SCHMELLER, T. – LATZ-BRÜNING, B. (1998): Modes of action of allelochemical alkaloids: interaction with neuroreceptors DNA, and other molecular targets. – J. Chem. Ecol. **24** (11): 1881-1937.
- WU, H. – PRATLEY, J. – LEMERLE, D. – HAIG, T. (1999): Crop cultivars with allelopathic capability. – Weed Res. **39** (3): 171-180.
- WÜBERT, J. – OSTER, U. – RÜDIGER, W. (1996): Inhibitors of chlorophyll biosynthesis from bulbs of *Gladiolus* spp. – Z. Naturforsch. **51**: 548-557.
- YAMAMOTO, Y. – FUJII, Y. (1997): Exudation of allelopathic compound from plant roots of sweet vernalgrass (*Anthoxanthum odoratum*). – J. Weed Sic. Tech. **42** (1): 31-35.
- YAMAMOTO, Y. (1995): Allelopathic potential of *Anthoxanthum odoratum* for invading *Zoysia*-grassland in Japan. – J. Chem. Ecol. **21** (9): 1365-1373.
- YU, J.Q. – MATSUI, Y. (1993): Extraction and identification of phytotoxic substances accumulated in nutrient solution for the hydroponic culture of tomato. Soil Sci. Plant Nutr. **39** (4): 691-700.
- YU, J.Q. – MATSUI, Y. (1994): Phytotoxic substances in root exudates of cucumber (*Cucumis sativus* L.). – J. Chem. Ecol. **20** (1): 21-31.
- YU, J.Q. (1999): Allelopathic suppression of *Pseudomonas solanacearum* infection of tomato (*Lycopersicon esculentum*) in a tomato-chinese chive (*Allium tuberosum*) intercropping system. – J. Chem. Ecol. **25** (11): 2409-2417.