

アレロパシーの雑草防除的利用

四国学院大学 高橋道彦

はじめに

アレロパシーは、植物の生産する物質^{16, 29, 32, 36, 40)}が、他の植物又は自らが何等かの影響を受ける作用と、今日一般に理解されている。歴史的には植物と植物間の化学的相互作用について 285 B.C. 以前に Theoprastus^{16, 38)} によって書かれた「植物の調査^{34, 38)}」の中ですでに述べられている。我国でも17世紀、熊沢蕃山が、赤松の葉を洗う雨や霧は、その松の下に育つ作物に有害であると、述べている。この様に、アレロパシーに関する研究は、自然あるいは農業生態における観察から、早くから示唆に富んだ報告があるにもかかわらず、信頼される科学的証拠は今世紀に至るまで皆無³⁶⁾であったが、アレロパシーの本体である植物本来の生長阻害物質^{20, 22, 33, 36)}に関する詳しい研究が今日急速に蓄積されてきた。アレロパシーという用語は、植物界³⁹⁾に伝統的に位置する微生物を混じえたすべての種類の植物間の生化学的相互作用を指すものとして、Molishによって1937年に造語されて以来、この用語は抑制的かつ刺激的な生化学的相互作用を包括した意味で用いられ、今日にいたった。

植木³⁹⁾は雑草を中心に植物相互作用の中で、アレロパシーの重要性に注目し、田畑における雑草と作物の「せりあい」現象の中にアレロパシーの関与を述べている。更に Rice による

Allelopathyの著書を、世界で行われた今日までの業績をまとめたものと高く評価している。また小清水、福井²⁸⁾は自然植生とアレロパシーおよび耕地におけるアレロパシー成分との関係について詳細に述べ、さらに作物との相互作用に言及している。最近の Rice の報告によると今日のアレロパシーに関する研究の趨勢は生態学的、又農業生態上の重要なアレロパシー効果¹⁷⁾を植生のパターン化^{16, 17)}、植物の遷移、作物対作物、雑草対作物、作物対雑草、アレロケミカルの生産に影響する因子、植物から検出されたアレロケミカルの効果およびそれらの化学構造¹⁶⁾を中心に検討されてきた。しかしながら、これらのアレロパシー成分の植物体への発現現象、あるいは効果は、植物有機体の大きさと重量における変化^{16, 17)}、あるいは2、3の生物検定法²¹⁾で試験されて来たにすぎず、今後の研究に新しい方向を期待する意見が述べられていた。

以上述べた如く、自然生態系におけるアレロパシーの示唆された役割については、多くの報告が蓄積されてきたが、雑草防除への具体的利用についての研究は、ようやくその気運が熟し、研究が軌道に乗りつつある段階であり、今後の研究にその多くを期待する時代にさし至ったのが現状である。その様なことから筆者がアレロパシー原として取り上げて来たヒガンバナを指標植物として、その他若干の実験結果と、2、

3の文献を引用し、アレロパシーの雑草防除の利用の可能性について述べ、各位のご批判を仰ぎ、今後の研究の糧とする目的で意見を述べることにしたい。

1. ヒガンバナのアレロパシーによる畦畔・法面の雑草発生の抑制

西南暖地で農地の基盤整備が未施行の古い畦畔、法面には、必ずと言ってよい程ヒガンバナが自生している。これらヒガンバナ鱗茎密生群帯を中心に、密生群直近は発生雑草の種類数、個体数、草丈、被度も抑制されることが明らかとなった。特に、ヒガンバナ鱗茎密生群帯は、1月～4月の鱗茎繁茂期には、物理的に、鱗葉が地上部を覆うこと、冬季に生育する雑草種が少ないこととあいまって、年間における発生草種

および発生個体数が強く抑制され、同時に春から夏にかけての雑草繁茂期で鱗茎の休眠期においても、自生地では雑草の発生が強く抑制されていることが認められ、表1に示した。

即ち、農業生態上重要な畦畔、あるいは農業および地域の自然環境上、景観的にも雑草発生を制御する必要のある道路等の法面においてヒガンバナは明らかに雑草発生を抑制することが調査の結果明らかとなった。

香川県下で、年間を通じ、ヒガンバナが自生する直近に発生する草種は 18.5 ± 3.20 であり、ヒガンバナ自生地の発生本数は、非自生地100に対して41.8%であり一見して非自生地の発生個体本数が多い。ヒガンバナ自生地とその直近に発生が全く認められない雑草は、セイタカアワダチソウとギシギシであった。

表 1. ヒガンバナ自生地と直近の植生調査

調査月	場 所 項 目	ヒ ガ ン バ ナ 距 離 cm				自 生 地 距 離 cm		
		60	40	20	自 生 地 1	20	40	60
1 月	種 類 数	2.453	1.913	1.373		1.509	2.272	3.036
	個 体 数	11.129	9.361	7.594		9.479	11.344	15.638
	草 丈 cm	9.706	7.376	4.246		5.011	7.126	9.242
	被 度	37.475	29.055	20.635		20.065	30.377	40.689
4 月	種 類 数	3.331	2.571	1.810		2.302	3.130	3.958
	個 体 数	39.532	30.571	21.606		27.784	45.377	62.97
	草 丈 cm	32.119	24.133	16.147		16.993	25.953	34.913
	被 度	311.915	242.358	172.802		201.384	321.903	442.422
7 月	種 類 数	3.336	2.593	1.943	1.4	2.411	2.975	3.611
	個 体 数	52.354	43.208	34.063	12.2	37.026	52.292	67.588
	草 丈 cm	40.588	39.131	41.296	34.25	34.699	36.847	38.995
	被 度	386.867	327.158	267.449	146	268.684	334.666	400.648
10月	種 類 数	3.415	2.833	2.252	1	2.152	2.734	3.317
	個 体 数	42.562	34.353	30.159	9	24.286	32.802	41.317
	草 丈 cm	50.542	46.532	44.454	35.75	39.717	44.035	47.154
	被 度	271.758	221.803	192.760	79	147.189	181.169	214.849

注) 5地帯(同一地帯5点調査)の平均。

2. アレロパシーと埋土種子よりの発生雑草の消長

雑草が発生するためには、土壤中に埋土種子が存在することが出発点である。アレロパシー原植物としてヒガンバナを用い、その自生地の発生草種は6種類であり、非自生地4～5種類であり表2に示した。本調査から雑草の発生個

表2. ヒガンバナ自生地、非自生地埋土種子発生雑草とその草種

草 種	場 所 試 験 区	自 生 地		非 自 生 地	
		A	B	A	B
メ ヒ シ バ		166	197	36	32
エ ノ コ ロ グ サ		6	8	—	—
ハ コ ベ		5	5	19	14
エ ノ キ ク サ		3	3	—	1
カ タ バ ミ		4	1	4	1
オオイヌノフグリ		2	4	2	3
総 本 数		186	218	61	51
平 均 本 数		202		56	

体数は、相対比で非自生地は自生地の27.7であり、非自生地の雑草個体数は、自生地の約3分の1にとどまることが明らかとなった。これらの結果は、前述の報告と異なる結果である。

しかしながら、ヒガンバナ自生地土壌からヒガンバナ鱗茎起因の抑制成分が分離され、生物検定によって鱗茎同様の抑制作用が確認されていることから考察し、ヒガンバナ自生地では埋土雑草種子の発芽が抑制され、対照区（ヒガンバナ非自生地）に比べて常に

発芽抑制による未発芽の雑草種子が埋土温存されていることに起因し、ヒガンバナ非自生地より多くの発芽力を持つ埋土種子を保有する結果であると考察された。この事実は将来、アレロパシーによる雑草防除に多くの有益な示唆を示し、ヒガンバナ以外の指標植物を供した調査、エノコログサ、ヨモギ、クズの自生地の埋土種子発生実験においても同様の傾向が認められている。

3. ヒガンバナ自生条件を再現した鉢条件下での雑草の動態

アレロパシー原となる指標植物を鉢栽培し、アレロパシーを受ける植物を植付けて、発生する雑草の動態を検討し、併せて、生態条件下ですでに観察されている事実を実験により再現し、アレロパシーによって雑草発生を抑制する方向を検討した実験結果について紹介したい。アレロパシー原となる植物にヒガンバナを供試した。

ヒガンバナ鱗茎密度50%の鉢に催芽した雑草種子を植え付け通常の育苗管理下で、対照区鉢の発生率を100とした相対比で発生率を観察し

表3. ヒガンバナ栽培鉢に対する雑草催芽種子の発生率

草 種	供試区数	発 生 数	発 生 率 (%)	対照区数	発 生 数	発 生 率 (%)
ク ズ	10	1	10	10	6	60
セイヨウタンポポ	10	0	0	10	10	100
ス ス キ	30	15	50	30	22	73
メ ヒ シ バ	20	4	20	20	20	100
ツ ュ ク サ	10	4	40	10	10	100
キ ラ ソ ウ	5	2	40	5	3	60
イ タ ド リ	20	0	0	20	20	100
カ ゼ ク サ	10	0	0	10	10	100
ヨ メ ナ	10	0	0	5	3	60
テリハノイバラ	10	0	0	10	5	50
セイトカアワダチソウ	100	0	0	100	65	65
キンノエノコログサ	100	40	40	100	80	80

注) 鱗茎密度50%鉢。

た結果、14草種中、セイヨウタンポポ、イタドリ、カゼクサ、ヨナメ、テリハノイバラ、セイタカアワダチソウの6草種は発生率が0%であり、その他8草種が発生率2.4%~68.4%であり表3に示した。これらの結果は、明らかにヒガンバナ自生地における雑草の発生が、ヒガンバナの抑制成分の土壤中への拡散による強い影響を示すものであると考察された。更にヒガンバナ鱗茎密度を異にする鉢に発生する雑草種の変化についての実験結果から鱗茎密度0%で8草種、鱗茎10%で7草種、鱗茎密度50%で4草

種、鱗茎密度100%で3草種と発生雑草の減少が実験により認められ併せて、発生雑草の草丈の抑制も観察され、図1, 2, 3, 4に示した。更に強害草であるエノコログサに対するヒガンバナアレロパシー作用による発生率と生育との関係について、強い抑制が認められ表4に示した。これらの実験結果は植生調査の結果と一致する傾向が考察され、ヒガンバナ抑制成分による発生草種および生長抑制作用が実験により、再確認された結果であると考えられた。これら

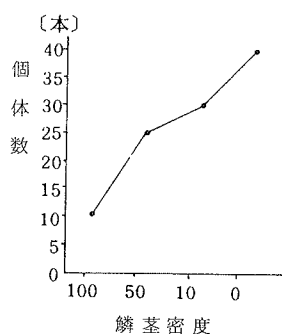


図1. 鱗茎密度別雑草発生個体数

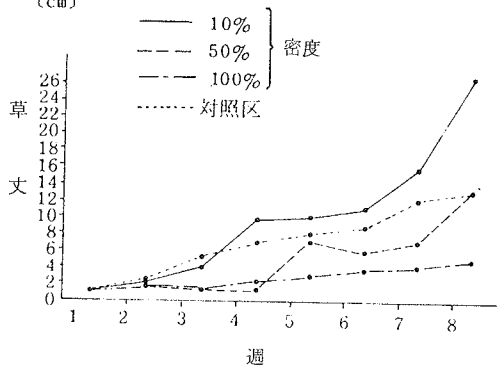


図3. 鱗茎密度別メヒシバの草丈

表4. エノコログサの発生率と生育

経時 (日)	調査項目 区	発生率 (%)	草丈 (mm)	葉数 (枚)	本葉の長さ (mm)	茎の太さ (mm)	根長 (mm)
30日	供試区	38	54.04 ± 12.16	2.0	33.50 ± 10.32	0.60 ± 0.09	21.75 ± 0.75
	対照区	90	92.00 ± 25.28	2.55 ± 0.49	47.10 ± 25.72	0.97 ± 0.17	80.00 ± 1.00

注) 植付け30日目。

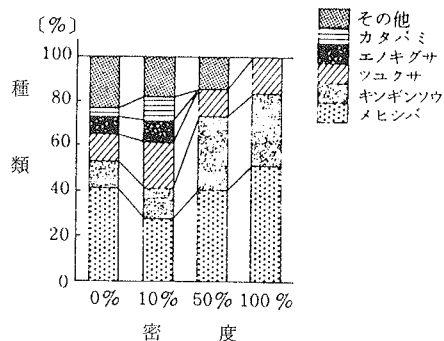


図2. 鱗茎の密度と発生雑草の種類

注) その他: ジシバリ, オオジシバリ等。

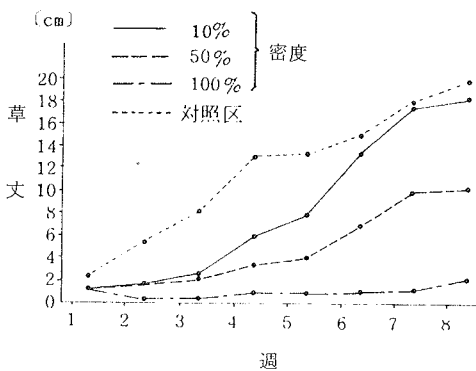


図4. 鱗茎密度別ツユクサの草丈

の実験の過程で催芽種子の発生後、セイタカアワダチソウとギンギンに根系の萎縮状態が発生した。土壤水分は充分であるにもかかわらず、水不足の症状を示し枯死することが観察された。発生生育した他の草種においても根系の萎縮と水不足症状の特徴がしばしば観察された。

4. アレロパシー成分の雑草発芽幼根に対する作用

アレロパシー効果が端的に発現される場所は、発芽幼根各組織の外側に近い細胞の肥大現象として共通に認められた。アレロパシーが強力に作用した根冠細胞は、しばしば細胞が崩壊し、観察を正確に行うことが困難である。根冠組織の中心となる分裂帯組織の先端は、根冠の最後部に位置している。この様なことから根冠組織細胞と、分裂帯組織細胞を厳密に境界を決めることは困難であるが、根冠直下の小さい部位域に集まってくる少数の細胞群が急速に肥大しているか否かは、アレロパシー効果が制圧的に効果を発現しているか否かの組織における観察の要点であり、ヒガンバナのアレロパシー成分によってこの現象が発現される草種に、セイタカアワダチソウとギンギンがあった。一方、アレロパシー効果が発現されているが、これに抗して生育する草種にあっては、分裂帯組織の先端に位置し、根冠組織の最下部に集まる数層の細胞群は、概して小さく根冠の縦断切片で観察すると、縦方向に配列し、成熟細胞に向かう求頂傾向が、茎頂細胞とは逆の方向で成熟細胞にならなくてはならないが、ヒガンバナのアレロパシー効果のため、急激に生長細胞が肥大し⁴⁾、褐色に着色し、木質化の傾向を顕著に出現することが観察された。これらについて、組織学的あるいは細胞学的に厳密な追跡観察を多くのア

レロパシー原について検討の必要性を認めた。しかしながら、アレロパシー効果の発現の機構は、根系細胞の外壁を囲む数層の細胞群が分裂組織細胞の頂端部から順次成熟細胞に向かう過程で急激に細胞の肥大を生ずることによって、アレロパシー効果の発現を来たことがヒガンバナのアレロパシーで考察された。根冠分裂組織を外科的手法で切断し、その場における根の体制を細胞から検討した、Clowes F.A.L.^{5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13)}のソラマメ、トウモロコシ、コムギ (New phytol, 52, 48, 1953), および、Clowes F. A. I (New phytol, 53, 108, 1954) の実験結果、および、Brumfield³⁾, Popham³¹⁾, Von Guhenberg³⁹⁾の初期の根系形成に関する報告においても、この点について分裂組織の先端細胞の重要性について共通の結果を認めている。更に、GoodwinとAvers¹⁹⁾ (1956) は根系細胞の通常の伸長は、細胞分裂の頻度がその細胞内で低くなるか、又はゼロになるに伴って始まることを報告している。EricksonとSax¹⁸⁾ (1956, a, b) は分化しつつある細胞では、細胞分裂と細胞の伸長が同時に進行することを表皮細胞での実験結果で報告している。JensenとKavaljian²⁶⁾ (1958) は、タマネギの根について分裂頻度は将来皮層となる基本組織で最大に達し、ついで維管束付近となり、分裂頻度について組織間に差があり、細胞分裂頻度の差は根における組織分化の重要な傾向となろうと報告している。

この様な幼根組織細胞の発生に関する研究とは別にアレロパシー効果を組織と細胞で取りあげ、Cornman I¹⁵⁾, Jenson T. E. and Wellbourne F²⁷⁾, Muller W. H.³⁰⁾, Bukolova⁴⁾ T. P., Jankay P. and Muller W. H.²⁵⁾ は細胞分裂とそれに伴う植物の変化に

よって、アレロパシー効果を認めることが可能であり、有糸分裂を抑制したり、妨げたり、あるいは細胞の伸長を低下させたりする現象を報告している。Bogdan G. P.¹⁾, Bogdan G. P. and A. M. Grodzinskyは多くのアレロパシー化合物は、多数草種の幼根先端が木質化し、それに褐変を引き起こし、Van Affen, N. K. and N. C. Trunenは、はアレロケミカル作用をもつ糖蛋白質成分が実生発生の茎の水分吸収を79%減じ、Colton C. D.¹⁴⁾ はアレロケミカル作用成分がダイズの葉含有水分率を減ずることを報告している。これらの報告に見られる現象はヒガンバナのアレロパシー成分を用いての雑草の発芽幼根供試実験の中で、時として観察されて来たことであった。しかしながら、アレロパシー効果を明確に幼根の組織とそれを構成する細胞とに限定し、数量化のもとに考察した文献の入手がなかった。そこで、ヒガンバナのアレロパシー成分による結果を基にこれらについて意見を述べることにする。

ヒガンバナのアレロパシー成分によるヒガンバナ抑制成分の作用効果が第一次的に発現するのは、発芽幼根の伸長を抑制するにとどまらず、発芽幼根各組織の形態を対照区の各組織形態と異なる形態を発現させることが明らかとなった。すなわち発芽幼根の根冠、分裂帯、伸長帯の各組織の形態の長さ、巾が対照区と比較して伸長あるいは抑制される現象が見い出された。更にこれら発芽幼根各組織形態の変化は、単に外部形態の変形と、更に組織形態の伸長あるいは抑制にとどまらず、これら組織を構成する細胞の縦、横の長さを対照区と比較して徒長あるいは抑制、細胞面積の増加をもたらす、その結果、一定面積内における細胞数の増加あるいは減少が生ずることが明らかとなった。

ヒガンバナのアレロパシー成分の作用による発芽幼根各組織の形態の特徴は、伸長方向(縦)より横方向(巾)が対照区と比較して大となる「ずんぐり型」の形態が多く観察され、セイタカアワダチソウ、チガヤ、メヒシバは、発芽幼根各組織の形態観察と細胞の縦および横方向との伸びの間に同じ傾向の現象を見い出した。しかしながら、ギシギシでは、分裂帯組織の形態観察と同組織の細胞の縦および横の伸長は同じ傾向を考察したが、根冠組織および伸長帯組織の形態と細胞の縦、横の間にはその傾向が認められないが、細胞の大きさが対照区に比べ大となることは共通に認められた。チガヤはヒガンバナ自生地にも発生が認められる草種であるが、メヒシバ程混在して発生する草種ではない。これら両草種に特徴的に見い出される発芽幼根組織形態に対する作用は、分裂帯長がチガヤで相対比 200²³⁾であるのに対し、メヒシバは、分裂帯長が 130²³⁾であり、この差異がメヒシバの分裂帯の活動に余力を残し、結果として細胞構成をメヒシバでは根冠細胞と分裂帯細胞の各々の構成比で対照区に近づけることで根毛の発生等の面で、チガヤより有利な状態におく起因を成していると考察された。ヒガンバナが制圧的に効果を発現する場合は、発芽幼根の根冠、分裂帯、伸長帯の各組織形態が対照区に比較して長さ、巾の抑制、または促進がある場合、分裂帯細胞は大となり、1個当たりの細胞面積も大となり、各組織を構成する細胞個数比が対照区に比べて、50%台となる場合と考察された。抑制はされるが、混在し生育する草種は根冠の長さ、巾が対照区に近似し、かつ分裂帯長が 130~140²⁴⁾、分裂帯巾が 120²⁴⁾の状態では、伸長帯巾は抑制されているが、伸長帯巾が対照的に接近する状態であるものは、分裂帯細胞数が40に抑制さ

れても、根冠細胞数と伸長帯細胞数が対照区に近似を示し抑制を受容して尚発生育する活力を内に保有する状態であると考察された。これに対し、チガヤは分裂帯長が対照区に対し、相対比 200 を示し、同じく分裂帯巾が 160 であり、そのために伸長帯長が極端に抑制され、たとえ伸長帯巾が対照区に近似を示しても、根冠細胞数が抑制され、かつ伸長帯細胞数が相対比 130 と多数であることによって、細胞内器官の形成の不利を細胞数で補完しつつ条件がチガヤに有利な場合には、ヒガンバナの抑制作用に対して、混在生育すると考察された。

5. アレロパシーと発芽幼根組織形成の関係

ヒガンバナが完全制圧となるセイタカアワダチソウと、制圧的に作用するギンギシを例として、アレロパシー作用と発芽幼根の組織形成との関係を検討することは、将来の天然除草剤の研究およびアレロパシーによる雑草防除を考える上で、基礎的知見を提供するものである。アレロパシー作用は、新根冠細胞の形成を抑制する現象が

出現した。更に始原細胞の形態はアレロパシーによって肥大し、この形態変異は、正常な細胞生理活動の抑制を通じ、

中心柱、皮層を形成する細胞列の減少として発現した。これらの結果、前形成層組織の分化抑制作用となり、導管などの器官の形成が抑制され、養水分輸送と組織分化抑制にまでおよんでいると考えられた。更に、分裂帯細胞の中心柱が、対照区に比較し、大となり、細胞の生理活動に異常をきたしている経緯が明らかとなり、図 5、6 に示した。本稿においては、ヒガンバナを指標植物として、根端にアレロパシーが出現するセイタカアワダチソウとギンギシを例にして述べたが、アレロパシー原としてクズ、エ

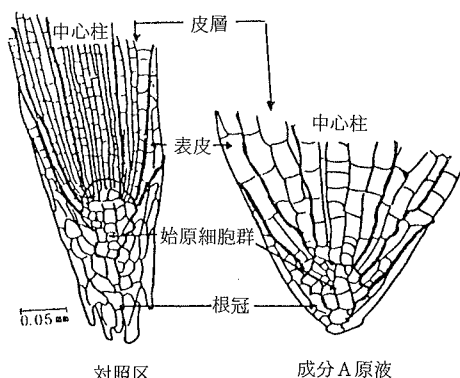


図 5. ヒガンバナ抑制成分 A がセイタカアワダチソウ発芽幼根に及ぼす作用 48 時間後

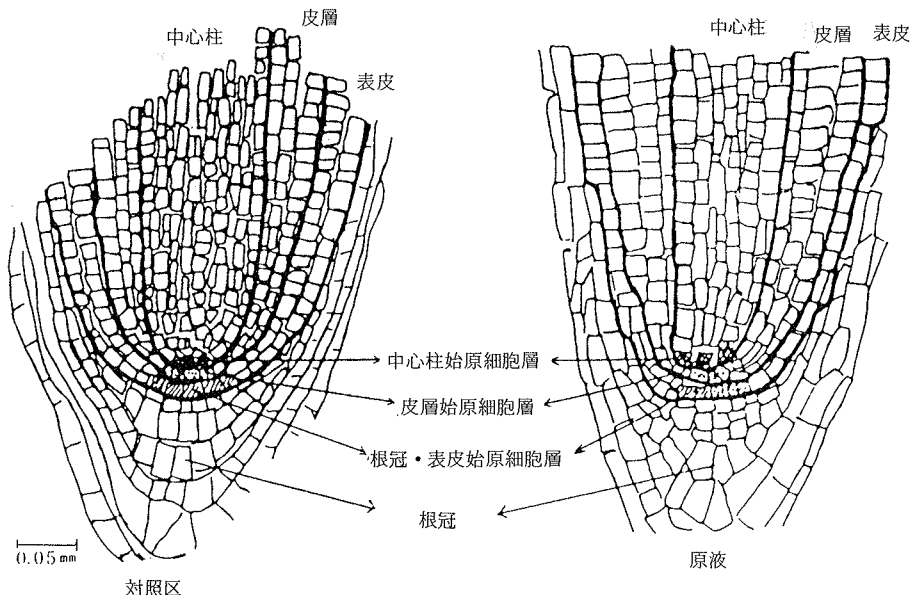


図 6. ヒガンバナ抑制成分 A がギンギシ発芽幼根に及ぼす作用 48 時間後

ノコログサを用いたレタスに対する作用も同様の傾向を認めた。

6. アレロパシー作用の発現機構

アレロパシーによる雑草防除を考える上で、アレロパシー作用の発現機構についての知見は今後重要な示唆を示すものとなる。すなわち、アレロパシー作用は、大きく生態上に発現し、植生調査、あるいは生理生態的にこれを知ることができる。一方、これらの発現の起因が最初に出現する場面は、幼根である。具体的には根冠、分裂帯、伸長帯に出現することが明らかとなった。

これらの発現機構について、ヒガンバナのアレロパシー作用を中心に述べて以下の通りで

ある。

ヒガンバナのアレロパシー効果の発現機構は、ヒガンバナ自生地ではセイタカアワダチソウの実生発生が完全制圧され、ギシギシの発生に対しても制圧的である。その他の雑草に対しても、埋土種子の発芽抑制、催芽種子の発生抑制により、ヒガンバナ自生地での雑草発生が抑制され、発生草種の減少、生育抑制と種子生産量³⁷⁾の低

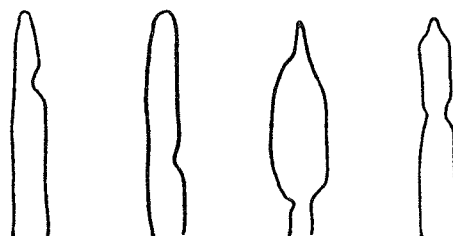


図7. 根冠に発生する「くびれ」の模式図

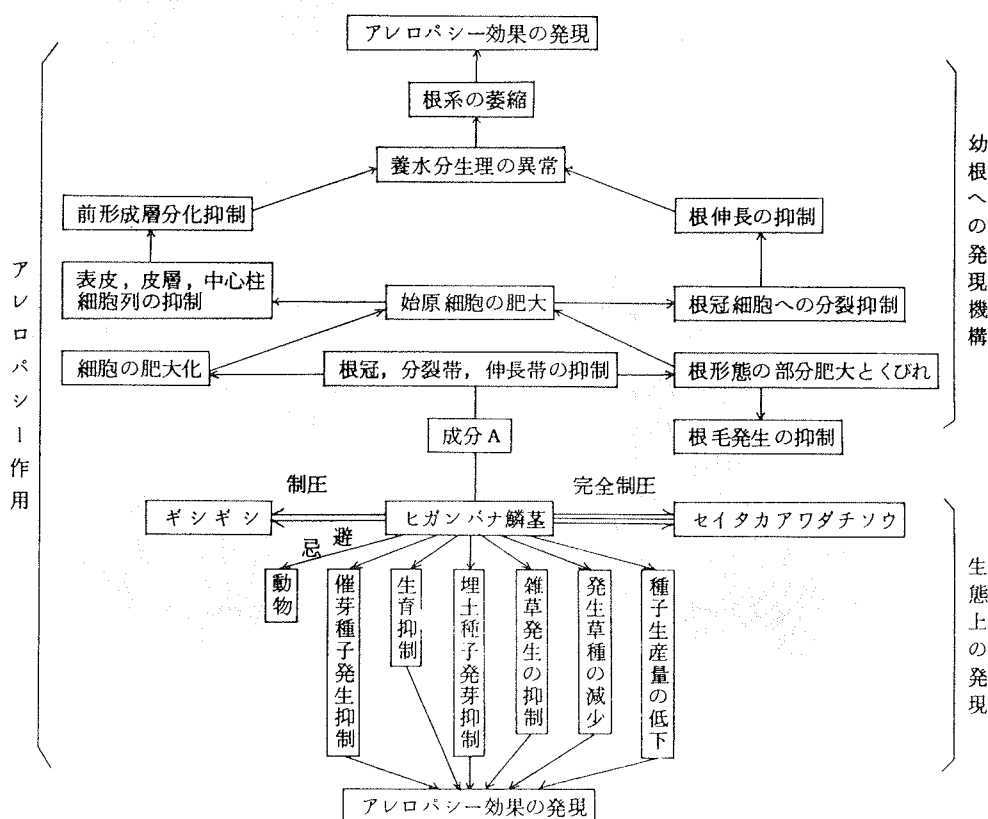


図8. ヒガンバナのアレロパシー作用に関する発現機構

下として発現した。更に、ヒガンバナ鱗茎はネズミ、モグラに対し忌避効果が認められた。

これらアレロパシー効果の発現する原因はヒガンバナのアレロパシーにより発芽幼根の根冠、分裂帯、伸長帯の抑制が、細胞の肥大化を起し、その結果根形態の部分肥大と「くびれ」の発生として発現し、幼根形態の異常を起した。更に、これらの起因は始原細胞の肥大によって、表皮、皮層、中心柱、細胞列の抑制と根冠細胞への分裂抑制によって根伸長の抑制および前形成層分化抑制を惹起していることが明らかとなり図8に示した。その結果、養水分生理の異常を来し、根系の萎縮により、アレロパシー効果が発現することが明らかとなった。以下のアレロパシー発現機構は今後における天然除草剤の開発および作物に対するアレロパシー性の導入、アレロパシーによる雑草防除を考える上で具体的な検討方向の可能性を示唆しうると考察された。

7. アレロパシーによる植生およびその遷移の制御と雑草防除

宅地造成や道路の法面等人工による裸地化地帯には、ブタクサ、セイタカアワダチソウ、ヒメジョオンなどの雑草発生が認められるが、これらに対してはヒガンバナを植付けておくことで、実生による大発生の抑制は可能である。実生によらない場合でも、ヒガンバナ自生地にセイタカアワダチソウの地下茎を移植したとき、表5に示す如く、新規の発生が抑制され、その

後の生育が抑制されることが認められた。更に表6、7に示す如く、花序の抑制をはじめ最終的には、種子生産量も対照区の70%にとどまることが認められている。ギシギシについてもセイタカアワダチソウと同様の傾向が認められ表8に示した。その他畦畔帯や畑の法面、道路法面にヒガンバナが自生するときは、ススキ、チガヤの発生が抑制されることが認められている。多くのキク科植物は生態上優占種として君臨するが多いが、これもヒガンバナの自生地においては優占種とまでには至らない。このこと

表5. セイタカアワダチソウ地下茎のヒガンバナ自生地での生育 (対照区100相対比)

新根の発生	茎 長	茎 幅	一茎の発生葉数	葉面積	葉 厚
54.0	71.5	73.0	77.0	68.0	93.0

表6. ヒガンバナのアレロパシーがセイタカアワダチソウの花芽、花柄、花序長に対する作用

	ヒガンバナ鉢内	対 照 区	対照区100の相対比
一茎序に発生した花芽総数	103 ± 2.5 個	151 ± 7 個	68
一花序に発生した花柄総数	17 ± 0 本	25 ± 0 本	68
一茎の花序長	54.5 ± 20.3 mm	65.4 ± 32.2 mm	83

表7. ヒガンバナのアレロパシーとセイタカアワダチソウの種子重量との関係

	$\bar{x} \pm \delta$	対照区100の相対比
ヒガンバナ鉢内	4.9 ± 0.41	71.01
対 照 区	6.9 ± 0.41	100

表8. ヒガンバナのギシギシの生育に対するアレロパシー効果 (相対比)

項 目	葉 数	数 木	茎の太さ	本 葉				主根長	側根数	生 重	乾 重
				葉 柄	縦	横	面 積				
相 対 比	54.54	1.0	60.91	46.15	54.8	58.61	29.27	65.89	68.27	22.99	26.29

は、ヒガンバナが単にアレロパシーによって単一雑草に作用するにとどまらず、遷移を抑制し、それによって新たに進入して来る雑草を防除する効果を有しているからである。

アレロパシーによる雑草防除には、制圧植物と共栄植物を選択して雑草防除に供する試みが検討され、それらについての報告²⁴⁾も多い。この様な生態系を利用する雑草防除の研究は今後に期待されるところが大である。

更に、生物由来の成分を大量に生産し、これによる雑草防除の研究も諸外国、特にアメリカで急速に研究が進みつつある。我国においても、明治製菓の Bialaphos が除草剤として、1984年12月環太平洋国際化学会、アレロパシーシンポジウムの席でアメリカの研究者によって注目され、関係の発表と討論があった。残念ながらその席に日本の研究者は私1人が出席していたのみで、米国の研究者との応答が容易に出来なかった点を残念に思っている。

今後において、雑草防除という面からアレロパシーを考えると、まずアレロパシー作用を持つ植物を選択しなくてはならない。伊藤²³⁾は今日迄の研究でアレロパシー作用が確認されている、主な草種をまとめて報告している。それを通覧すると、主として草原の構成種が中心であり、非農耕地に発生する種類が多い。このことは、伊藤²⁴⁾もすでに報告しているが、アレロパシー原となる雑草を用いての雑草防除を考える場面、あるいは、栽培植物と雑草の相互の関わりを研究する上で、アレロパシーが雑草防除に関与するであろう範囲を戦略的に考える上で参考となり広い意味でその方向を示唆しているものとする。

8. 将来のアレロパシー研究の方向

オクラホマ大学教授 E. L. Rice 著

高橋道彦 訳

アレロパシーに関する今日の我々の知識の大半は、ここ30年間のものである。つまり、それは極めて新しい科学の一分野であり、過去に調査されたアレロパシーの全域にわたってこの研究は続けられるべきである。だが、おそらく我々は、ある分野には特に重点を置く必要があることを知るに至っている。たとえば、様々な種類の化学化合物がアレロパシーに関係しているように、とりわけ重要な化合物が多く見落とされたままであろう。現在の技術は、過去に比べて一段と早く正確にアレロケミカルを固定できるようになっているし、アレロパシー研究に従事する研究者も増えている。従って、私はこの分野には、特に重点を置くべきだと感じている。アレロケミカルが同定されなかった多くの植物種のアレロパシーの作用の事例は、数多くあった。よって、アレロパシー潜在性の証拠が十分あるほとんどの種は、新しい専門的な技術や知識をもって再調査されるべきであろう。アレロパシー植物の基質（土や水）において、アレロパシー化合物を同定したり、その化合物はその植物から出たものか、または、そういった化合物の部分的な分解の結果なのか、あるいは、微生物がその植物の炭素源を利用して合成したのかということを決定することは重要である。また、バクテリアや菌類や藻類によって作られたアレロパシー化合物は、植物によって直接作られたアレロパシー化合物と同様、アレロパシー科学の一部であるということを心に留めておくことも重要である。

アレロパシー植物のアレロパシー化合物の作用と隣接植物によるそれらの化合物の取込みと移動に関しては、間接的証拠には富むが、直接

的証拠は相対的にほんのわずかしかない。これは疑いなくアレロパシー現象に関する我々の知識の鎖の最も弱い環の部分である。よって、この分野には、至急に念入りな研究が必要である。予想されるアレロパシー植物において、潜在性アレロパシー化合物は（放射性同位元素によって）、名付けられる必要があり、その化合物の進路は、給与植物から影響を受けた受容植物へと追跡されるべきである。そしてそのような調査は、根や茎の移植片や菌根植物や寄生植物の吸根着着を通じて、給与体から受容体へのアレロパシー化合物の考えられうる作用の研究を含むべきである。

基質において、アレロケミカルを同定した後には、濃度を計算し、基質に存在する個々の化合物とその組み合わせを利用して試験植物に対する作用のしきみ濃度を決める必要があるだろう。何故なら、明らかに、活性のしきみ濃度を決める際に単一のアレロケミカルしか利用しなかったため、数多くの重要なアレロパシー効果が見落とされたままだからである。

植物中のフェノールの濃度に影響を及ぼす因子については、多からぬ情報が入手不可能な程度で、アルカロイドとテルペノイドの濃度に影響を及ぼす因子については、わずかしき研究されていない。また、他のタイプのアレロパシー化合物の濃度に影響を与える因子に至っては、ほとんど報告がない。従って、至急にこの分野は研究する必要がある。

アレロケミカルが給与植物から移動した後、その不活性化と効果に影響する因子に関しては、今まで以上に大いに研究を要する。土中でこれらの化学物質の結合や、それらの作用に対する結合の影響については、まったくと言っていいほど知られていない。また、生理学的に活発

な濃度に対するアレロケミカルの蓄積における組織の役割に関しては、実質上、知られていることは皆無である。温度という圧力は、モロコシとダイズの成長に対するフェルラ酸のアレロパシー影響を著しく強める。与えられたアレロケミカルやその組み合わせに対する植物や微生物の反応に影響を及ぼすであろう圧力因子は、明らかに数多くあり、その相互作用は調査されねばならないだろう。

様々な種のアレロパシー化合物が、作用を及ぼすようになるその機構についての概観をこれまで簡単に述べてきた。もちろん、一次的原因から二次的結果を分けるのは困難である。しかしながら、アレロパシーのこの分野で、より充実した研究が成されることは、極めて重要である。

この点で、私は、アレロパシーの基礎的な全分野における充実した研究の必要性を特に強調した。こういった研究は、アレロパシー分野の応用研究に新しい視界を切り開きうるだろう。事実、このような研究の結果が、全分野の基盤を形成するのである。だが、この基礎研究を重要視するあまり、アレロパシーのいろいろな応用分野における新たな研究や必要性が減ずるようなことがあっては決してならない。自然の生態系や、人工、または、人が変化させた生態系におけるアレロパシーの役割に関しては、現実には比較的わずかな研究しか成されていない。では次に、研究が希求されるその他2、3の分野について触れてみよう。

まず、我々の扱うたいの重要な雑草による生物生産の防害に関する量的影響と、各種草種の全防害に対するアレロパシーと競争の相対的な寄与については、十分に研究する必要がある。また、作物対作物関係も、どの作物が他の

作物に最小の抑制影響と最大の刺激影響をもって続きうるかを決定するために、徹底的に調べられなければならない。特に、アレロパシーの刺激影響の調査は、過去ほとんど無視されていたので重点を置かれるべきである。起こりうる自家中毒についても、輪作せずに同じ作物を連続して栽培することは、不得策なのかどうかを調べるために調査する必要がある。なお、本節で使った作物という用語は、農業、林業、園芸、草花栽培に含まれる植物を指すものとした。

生物学的な雑草抑制におけるアレロパシーの利用の研究は、精力的に追求されなければならない。これには、アレロパシー植物の根おおいの使用、主要雑草に対しアレロパシー性を示す一種類以上の作物を含んだ作物輪作、アレロパシー間作の使用、果樹園やブドウ園等でのアレロパシー相作作物の植え付け、アレロパシー活動によって一定範囲内で主要雑草を抑制できる栽培種植物の（品種改良や遺伝工学による）開発が含まれよう。更に、除草剤あるいは、除草剤開発のための構造モデルとしてのあるアレロケミカルの考えられうる利用を研究する必要もある。

研究者たちは、微生物と植物間のかなり広域に渡るアレロパシー相互作用を見落としてきた。自然の生態系において、硝酸バクテリアや自由生活の、または、共生の窒素固定細菌に関する特定の草種の影響については、今までにある程度の報告があるが、他の生態系では、実質上、それらの関係については全く手つかずのままである。土壤植物病原体に関する植物の相反する影響や、病原体による感染へと至る植物の素因におけるアレロケミカルの影響についても、研究の余地は大いにある。また、植物の成長を冒

す土壌中や水中のアレロケミカルな微生物による生物生産量についても研究が急がれる。加えて、付加作用や共同作用を通じてアレロパシー効果を増すより活発な化合物、もしくは単に、より多くの化合物を生産する植物からのアレロケミカルの部分的分解についても同様なことが言える。

将来のアレロパシー研究のため以上の提案は、明らかに、提示できる数あるうちのわずかにすぎない。しかしながら、願わくば、これらがアレロパシーのいくつかの重要な領域における研究になんらかの刺激を与えることを望みたい。

結 論

紀元前 300 年頃、テオフラストスは、明らかに有毒物質の生産によって、いくつかの作物種が雑草を枯らせたり、他の作物種の成長を抑制すると説いた。今世紀までこの説を支持する科学的証拠は存在せず、1937年になって初めてアレロパシーという用語が生まれた。アレロパシー研究の興味は、この10年間に急激に高まり、かなり世界的なものとなっている。

植生、林業、農業の規則化や群落遷移におけるアレロパシーの役割に関する研究は、特に活発である。増大しつつある我々のアレロパシーの知識は、様々な生態的現象を理解する上で大いに役立っている。ある作物の残留物がそのすぐ後の作物にアレロパシー効果を引き起こすといった状態を十分理解している我々は、有害な影響を警戒し、刺激的効果を利用するために輪作をこなさなければならない。今日の資料によると、品種改良や生物工学を通じて、アレロパシー作用によって主要雑草の成長を一定範囲内で抑制する栽培変種植物の開発がやがて成功し、その結果、合成除草剤の必要性が低下するであ

ろう。我々は既に、いくつかの作物や、果樹において、アレロパシー相作物とか、雑草の成長を抑制するアレロパシー作物や雑草の残留物を用いることができる。様々な植物種間のアレロパシー相互作用に対する我々の知識は、再植林のために有益に用いられてきたし、将来の開発も奨励されている。

また、資料は、硝化抑制が少なくとも多様な植生型において、極相群落に対する遷移進行として増大していることを裏打ちしている。これは、窒素損失における減少につながる。耕地に硝化抑制物質を加えると、窒素損失の防止と作物生産の向上に有効であることが、証明されている。

アレロパシーに関する化学物質の種類については、かなり研究されているし、植物中のアレロケミカル濃度に影響する因子や、その植物から除去した後のアレロケミカルの効力を決定する因子についてもある程度の報告がある。また、アレロパシー化合物の作用の機構に関しても、研究は進められてきた。しかしながら、これらのアレロパシーの分野は、近い将来におそらく最も重要な研究となる領域である。そして、もう1つ近い将来に重視される分野が植物と微生物間のアレロパシー相互作用に関することである。従って、実際には、このような研究は、本節で触れた以外の多くの論題と関連して行われ

なければならない。

将来のアレロパシー研究の限界には際限はなく、獲得した知識の適用も驚異的なものとなるであろう。

(註) この原稿は、1984年ハワイで開催されたアレロパシーシンポジウムの時、訳者が、当時オクラホマ州立大学教授であったE. L. Rice教授に、Alleopathy 1974, Pest Control with Nature's Chemicals 1983, Alleopathy 第2版1984, 発行のE. L. Rice 教授の著書を縮約して教授のアレロパシーに対する考えを示してくれるように依頼した。

これに対し、「Alleopathy—An Overview」と題して43p, 引用文献175の貴重な原稿を筆者が受理している。機会があればその全訳を公表したいと考えているが、最後の一節をここに公表し、しめくくりとした。その理由は、筆者が1980年オクラホマ州立大学のE. L. Rice教授のもとに留学中、同教授がくりかえし、学生と研究者に、アレロパシー研究の方向について力説されていたことが要約してあることによる。

尚この最後一節は1983年4月日本雑草学会、アレロパシーシンポジウムの際、講演要旨に掲載したものを再録³⁵⁾したものである。

引用文献

1. Bogdan, G.P.: Ukrajins'k. Bot. Zurn., Vol. 28, p703, 1971.
2. Bogdan, G.P. and A.M. Grodzinsky: Ukrajins'k. Bot. Zurn., Vol. 30, p771, 1974 (in Ukrainian).
3. Brumfield, R.T.: Cell-lineage studies in root meristems by means of chromosome rearrangements induced by X-rays. Am. J. Botany, Vol. 30, p101~110, 1943.

4. Bukolova, T.P. : Physiological—Biochemical Basis of Plant, Interactions in Phytocenoses, Vol. 2, p66, 1971 (In Russian).
5. Clowes, F.A.L. : The cytogenenerative centre in roots with broad columellas, New Phytol, Vol. 52, p48~57, 1953.
6. —————, : The promeristem and the minimal constructional centre in grass root apices. New Phytol, Vol. 53, p108~116, 1954.
7. —————, : Nucleic acids in root apical meristems of Zea, New Phytol, Vol. 55, p29~34, 1956a.
8. —————, : Localization of nucleic acid synthesis in root meristems, J. Exptl. Botany, Vol. 7, p307~312, 1956b.
9. —————, : Development of quiescent centres in root meristem, New phytol., Vol. 57, p85~88, 1958a.
10. —————, : Protein synthesis in root meristems, J. Exptl. Botany Vol. 9, p229~238, 1958b.
11. —————, : Reorganization of root apices after irradiation, Ann. Botany London [N. S.] Vol. 23, p205~210, 1959.
12. —————, : Duration of the mitotic cycle in a meristem. J. Exptl. Botany, Vol. 12, p283~293, 1961a.
13. —————, : Rates of mitosis in a partially synchronous meristem. New Phytol., Vol. 61, p111~118, 1962.
14. Colton, C.E. and F.A. Einhellig : Amer. J. Bot., Vol. 67, p1407, 1980.
15. Cornman, I. : Amer. J. Bot., 33. 217, 1946.
16. E.L. Rice : Allelopathy—An overview, p1~24, OKL Pres., 1985.
17. —————, : THE BOTANICAL REVIEW, Allelopathy—An update, Vol. 45, No. 1, p21~53, 1979.
18. Erickson, R.O. and K.B. sax, Elemental growth rate of the primary root of Zea mays. Proc, Am, Phil, Soc, Vol. 100, p499~514, 1956a.
19. Goodwin, R.H. and C. J. Avers, Studies on roots, III An analysis of root growth in Phleum pratense using photomicrographic records, Am. J. Botany, Vol. 43, p479~487, 1956.
20. 堀田 満 : 植物の生活誌, p78~97, 平凡社, 1980.
21. 池川信夫他編 (大東 肇, 小清水弘一分担) : 生理活性物質のバイオアッセイ, p175~179, 講談社, 1984.
22. 伊藤操子 : 作物, 雑草内におけるアレロパシー現象とその研究課題, 第7回日本雑草学会シンポジウム要旨, p7, 1985.

23. ———, : 作物, 雑草間におけるアレロパシー現象とその研究課題, 第7回日本雑草学会シンポジウム講演要旨, p19~27, 日本雑草学会, 1985.
24. 安田 環: 農業におけるアレロパシーの意義とその生理的側面, 第7回日本雑草学会シンポジウム講演要旨, p 5~6, 日本雑草学会, 1985.
25. Jankay, P. and W.H. Muller: The relationships among umbelliferone, growth and peroxidase levels in cucumber roots, *Amer. J. Bot.*, Vol. 63, p126~132, 1976.
26. Jensen, W. A. and L. G. Kavaljian, An analysis of cell morphology and the periodicity of division in the root tip of *Allium cepa*. *Am. J. Botany*, Vol. 45, p365~372. 1958.
27. Jensen, T. E. and F. Wellbourne: *Proc., S. D. Acad. Sci.*, Vol. 41, p131, 1962.
28. 小清水弘一・福井宏至: 植物間相互作用物質, 生物の制御機構, 化学増刊, 75, p18~26, 化学同人, 1978.
29. 松中昭一: 植物毒理学入門, p109, 東大出版, 1976.
30. Muller, W. H.: Volatile Materials Produced by *SALVIA LEUCOPHYLLIA*: Effects on Seedling Growth and Soil Bacteria, *Bot. Gaz.* Vol. 126, p195~200. 1965.
31. Popham, R. A., Zonation of primary and lateral root apices of *Pisum sativum*. *Am. J. Botany*, Vol. 42, p267~273, 1955.
32. 菅 洋: 作物の発育生理, p163, 養賢堂, 1979.
33. 高橋道彦: ヒガンバナと人間生活に関する文献的調査, 日本育種学会四国談話会会報, No. 13, p20~21, 1979.
34. ———, : ヒガンバナの生態とその利用, 遺伝 Vol. 34, No. 1, p79~81, 1980.
35. ———, : 最近のアレロパシーに関する研究動向, 第7回日本雑草学会シンポジウム講演要旨, p63~66, 日本雑草学会, 1985.
36. ———, : モグラ, ネズミがよけて通るヒガンバナのふしぎな効果, 現代農業, 6月号, p 268~271, 1983.
37. ———, : ヒガンバナアレロパシー効果のセイタカアワダチソウへの発現, 雑草研究 Vol. 31, 別号, p193~194, 1986.
38. Theophrastus: *Enquiry into plants and Minor works on odours and weather Signs*, Vol. 2, English Transl.
39. 植木邦和: 田畑におけるせりあい現象, 生物の制御機構, 化学増刊 75, p55, 化学同人, 1978.
40. ———, : 人類の生存と植物の生産, p273, 東大出版会, 1984.