

土壤中における他感物質の動態に関する研究

Study on the behavior of allelochemicals in soil

神戸大学農学部植物資源学科資源植物学講座助手 鬼頭誠

Department of Plant Resource Science, School of Agriculture, Kobe Univ.
Makoto KITOU

Abstract

The objective of this study was to examine the change of the allelopathy of soil amended with 7 spices of plant materials on the germination and root elongation of lettuce.

The water extracts prepared from soil amended with each plant material showed temporarily inhibitory effect on seed germination during the early period of incubation. However, such a inhibitory effect on seed germination maintained longer period of incubation in case of soil amended with leaves of tall golden rod. Root elongation was not inhibited by the water extract of soil amended with each plant materials at later period of incubation. Adversely, some extracts were recognized to temporarily stimulate the root elongation of lettuce. These extract of the water extract on germination and root elongation of lettuce were continued longer period of incubation, when the soils were incubated under unfavorable condition for soil microorganisms, such as low temperature and excess of soil water content. Conversely, those effects were disappeared shorter period of incubation, when the soil was applied with organic matter.

It was cleared that allelo chemical of black wattle for inhibition of root elongation of lettuce was identified by coumarin.

1. 研究目的

化学物質を介した生物間の相互作用、すなわち他感作用は雑草防除や病害虫防除に利用可能性があり、作物の減農薬栽培を可能にすると考えられ、他感作用を示す植物の検索と他感物質の分離・同定は盛んに行われている。しかし、作物生産の場である農耕地において他感作用を利用した例はほとんど報告されていない。その原因には、植物根や植物遺体から放出される他感物質が土壌吸着と土壌微生物分解を受けるために不活性化することが考えられている。本研究では、土壤中における植物遺体に由来する他感物質の動態を明らかにし、他感作用を利用した減農薬作物栽培の実現のための基礎的知見を得ることにある。

2. 研究経過

2-1. 土壤中における他感作用の消長

試験には、ダイズ(品種: 奥原早生)、トウモロコシ(品種: カクテルE-51)の収穫残渣、セイタカアワダチソウ、ヨモギ、ススキ、ク

ズの刈取り残渣およびモリシマアカシアの剪定枝を用いた。なお、それら植物茎葉残渣の1:100水抽出液によるレタス(品種: グレートレークス366)種子発芽および幼根伸長を基準にした他感作用の検定結果は第1表に示す

レタス種子発芽に対する各植物茎葉残渣から得た水抽出液の影響は小さく、セイタカアワダチソウ葉部以外、顕著な作用は認められなかった。一方、幼根伸長に対するそれら水抽出液の影響は強く、とくにダイズ茎葉部、トウモロコシ茎葉部、クズ茎葉部およびモリシマアカシア葉部の水抽出液は、対照区の幼根伸長の20%程度と著しい抑制作用を示した。

そのような作用を示す各種植物茎葉残渣を風乾土壌(粒径: 0.425-1.00mm)に5% (w w⁻¹)相当量添加し、最大容水量の60%相当量の蒸留水を加えて25℃、暗所で培養した。培養後の土壌に土壌: 蒸留水= 1: 5となるように蒸留水を加えて1分間超音波処理をした後、1時間振とう抽出して水抽出液を得た。この抽出液

のレタス種子発芽および幼根伸長に対する影響は第1図に示す。

セイタカアワダチソウ葉部以外、いずれの植物茎葉残渣添加培養土壤の水抽出液とも植物茎葉残渣水抽出液ではみられなかった強い発芽抑制作用が、培養開始1日後をピークとする培養初期に発現した。しかし、その発芽抑制作用は培養7日後までに消失する傾向にあった。なお、セイタカアワダチソウ葉部を添加して培養した土壤の水抽出液は、発芽抑制作用が他のものに比べて強く、また、全培養期間を通して持続した。

一方、幼根伸長は、培養開始5日後までに植物茎葉残渣水抽出液で認められた強い抑制作用が消失した後、培養期間の経過に伴い一過的な幼根伸長促進作用を示し、全ての作用が消失する傾向がみられた。なお、セイタカアワダチソウ葉部を添加して培養した土壤の水抽出液は、幼根伸長促進作用も強く、かつ、長期間持続した。

以上のことから、種子発芽および幼根伸長に対する植物茎葉残渣に由来する作用は、土壤中での微生物分解過程で未分解のものとは異なることが明らかになった。しかし、これら植物茎葉残渣の多くは土壤中において他感作用が速やかに消失し、それら作用を雑草防除など農業利用することは困難と思われる。なお、本試験は土壤微生物活性が高く維持される培養条件で行ったものであり、土壤微生物活性の低下する場合、あるいは、土壤の種類によっては上記の各作用が長期間持続し、そこに生育する植物に何らかの影響を示すことも考えられる。

したがって、モリシマアカシア葉部を添加した土壤の培養条件を異にした場合の他感作用の消長、および、セイタカアワダチソウ葉部を肥培管理の異なる土壤に添加して培養した場合の他感作用の消長を調査した。

第2図にモリシマアカシア葉部添加土壤の培養温度を異にしたときの他感作用の消長を示す。土壤微生物活性が高く維持される25℃で培養した時に比べて5℃で培養した場合、発芽

抑制作用は変動を繰り返しながら長期間持続し、幼根伸長抑制作用の消失も遅れ、幼根伸長促進作用はほとんど認められなかった。また、第3図に示す土壤水分含量を異にして培養した場合、水分ストレス下にある最大容水量の30%区と土壤微生物活性に最適と考えられる最大容水量の60%区では、発芽および幼根伸長に対する各作用に顕著な差異は認められなかった。しかし、水分過剰条件にした最大容水量の120%区では、30%区および60%区に比べて発芽および幼根伸長抑制作用の消失が遅れた。なお、120%区の発芽および幼根伸長抑制作用消失の遅延は、低温条件で培養したものに比べて短期間であり、各作用の消長には、土壤微生物の中でも新鮮有機物の初期分解に働く糸状菌が大きく関与しているものと考えられた。

また、異なる肥培管理をした土壤に添加したセイタカアワダチソウ葉部に由来する他感作用の消長を第4図に示す。なお、供試土壤は名古屋大学附属農場内に設けた各種資材連用試験圃場から採取したものである。すなわち、1989年から1992年まで施肥をしない無施肥区、夏作および秋作時に化学肥料のみを施用した化肥区、年2回牛糞厩肥を200Mg ha⁻¹施用した厩肥区であり、その理化学性は第2表に示す。

厩肥区土壤を用いた場合、発芽抑制作用および幼根伸長促進作用はともに他の2処理区に比べて速やかに消失した。厩肥区土壤は無肥区や化肥区に比べて全炭素含量を中心とした土壤微生物の増殖に必要な各種成分含量が著しく高く、セイタカアワダチソウ葉部の分解およびその分解によって放出される物質の分解が早かったと考えられる。さらに、厩肥区土壤のCECは他の2処理区より顕著に高かったこと、厩肥連用によって土壤中の腐植含量が増大したことなどが考えられるため、厩肥区ではセイタカアワダチソウ葉部に由来する他感物質の土壤吸着が強まり、その物質の不活性化が起こったものと推察できる。

以上の結果から、植物茎葉残渣に由来する他感物質の土壤中における動態は、土壤環境、

土性および肥培管理によって異なることが明らかになった。したがって、有機物含量の低い土壤や各種物質の吸着能の低い土壤では冬期や多降雨時にその作用が長期間持続するものと思われる。

2-2. 土壤中における他感物質の動態

本試験では、モリシマアカシア葉部を添加した土壤の培養に伴うレタス幼根伸長に及ぼす作用を示す他感物質の分離・同定とその動態について調査した。

モリシマアカシア葉部を添加する土壤は第2表に示す無肥区のものを用い、上記と同様にモリシマアカシア葉部を添加して、最大容水量の60%相当量の蒸留水を加え28℃、暗所で培養した。培養後得られた水抽出液を酸性、塩基性、ブタノール可溶中性およびブタノール不溶中性画分に分画し、それら分画液のレタス種子発芽および幼根伸長への影響を調査した。その結果、発芽抑制作用を示す画分は明らかではなかったが、幼根伸長抑制および促進作用を示す物質は第5図に示すように酸性画分に含まれることが明らかになった。ただし、ブタノール可溶および不溶の中性画分にも幼根伸長抑制作用を示す物質が存在した。

なお、モリシマアカシア葉部(未分解物)の水抽出液(1: 100)から得た酸性画分には14種のフェノール性物質が検出され、とくにCoumarinおよびSalicylic acidが高含量であり、それぞれ234mg L⁻¹および143mg L⁻¹含まれていたが、モリシマアカシア葉部添加培養土壤から得た水抽出液の酸性画分には、第6図に示すように、CoumarinおよびSalicylic acidは幼根伸長抑制作用が消失した培養3日後以降検出されなかった。また、CoumarinおよびSalicylic acidとも第7図に示すように幼根伸長を抑制するが、Salicylic acidよりCoumarinでその作用は強く示され、10mg L⁻¹以上のCoumarin溶液による幼根伸長の抑制程度は、モリシマアカシア葉部(未分解物)や培養0~1日後のモリシマアカシア葉部添加土壤から得た水抽出液と同程度であった。さらに、抑制された幼根の形態も類似し、幼根の生長

点には異常はなく伸長帯細胞の伸長が抑制されていた。

したがって、モリシマアカシア葉部に由来するレタス幼根伸長を抑制する他感物質はCoumarinと考えられた。しかし、ブタノール可溶および不溶の中性画分に存在した幼根伸長抑制作用、および幼根伸長促進作用に関わる他感物質については現段階では不明である。

3. 研究成果

本研究の結果から、植物体に由来する他感物質は、土壤微生物による分解の過程でもとの作用とは異なる作用を示す物質へ形態変化されること、また、土壤粒子との吸着反応や土壤微生物による分解によって比較的短期間に不活性化することが明らかになった。しかし、土壤環境、土性および土壤管理のあり方によって土壤中における他感作用は長期間持続し、また、他感物質を含む植物遺体近傍は他感物質の含量が高くなることが考えられる。したがって、圃場レベルにおいても作物および雑草生育は他感作用による影響を受けるものと推察された。なお、モリシマアカシア葉部を添加した土壤鳥のCoumarinが分解したときに他感作用も消失したことから他感物質はCumarinであることが明らかになった。

4. 今後の課題と発展

今後はさらに多くの植物遺体、とくに緑肥作物として利用できるものを中心とした土壤中における他感作用の検定および他感物質の形態変化の調査を行い、作用が長期間持続する植物を中心に雑草防除への利用を検討する必要がある。また、本研究では植物生育に対する他感作用を調査したが、他感物質によって、土壤微生物を制御する他感物質を含む植物の利用により、施肥した肥料の肥効を高めることや病害防除に利用する可能性もある。

したがって、本研究を発展させることは化学肥料や農薬の使用量を減じた食糧生産が可能になるものと言える。

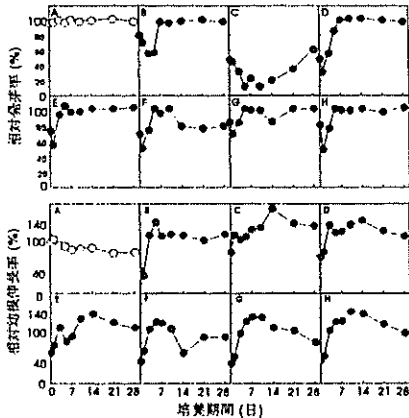
5. 発表論文リスト

現段階では口頭発表を行ったにすぎず、今後関連学会に研究成果を投稿する予定である。

第1表 レタス種子発芽および幼根伸長に及ぼす各種植物茎葉残渣水抽出液の影響

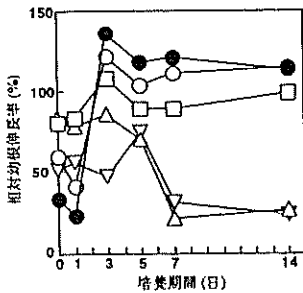
植物茎葉残渣	水抽出液		播種24時間後の発芽数 (No. 10 Seeds ⁻¹)	幼根伸長 (mm)
	pH	EC (dS m ⁻¹)		
モリシマアカシア葉部	5.87	0.38	9.0 (98) ^a	2.1 (22) ^{ab}
セイタカアワダチソウ葉部	6.32	0.70	6.6 (87) ^a	7.4 (79) ^{abc}
ヨモギ草葉部	5.96	0.53	9.8 (100)	6.0 (64) ^{abc}
ススキ草葉部	5.98	0.44	9.8 (98)	5.5 (59) ^{abc}
クズ草葉部	5.88	0.69	10.0 (102)	2.3 (24) ^{abc}
トウモロコシ葉部	6.59	0.80	9.6 (95)	1.7 (18) ^{abc}
トウモロコシ葉部	5.87	0.98	10.0 (102)	2.2 (23) ^{abc}
蒸留水(対照区)			9.8 (100)	9.4 (100)

a): 対照区を基準とした相対発芽率
b): 対照区を基準とした相対幼根伸長率
*: 5%, 0.1%水準で有意差あり



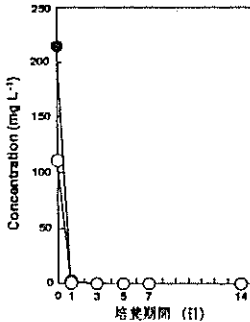
第1図 レタス種子発芽および幼根伸長に及ぼす各種植物茎葉残渣を添加して培養した土壌から得た水抽出液の影響

A: 無添加土壌区 B: モリシマアカシア葉部 C: セイタカアワダチソウ葉部
D: ヨモギ草葉部 E: ススキ草葉部 F: クズ草葉部 G: エングマ草葉部
H: トウモロコシ草葉部



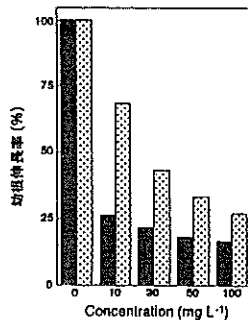
第2図 レタス幼根伸長に及ぼすモリシマアカシア葉部添加土壌から得た水抽出液およびその分画液の影響

● 未分画液 ○ 酸性画分 □ 塩基性画分
△ フタノール可溶性中性画分 ▽ フタノール不溶性中性画分



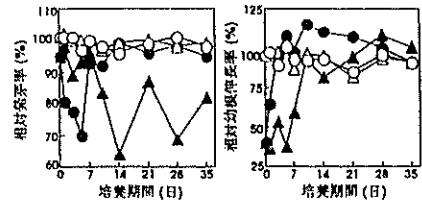
第3図 モリシマアカシア葉部添加培養土壌の水抽出液から得た酸性画分の Coumarin および Salicylic acid 含量

● Coumarin ○ Salicylic acid



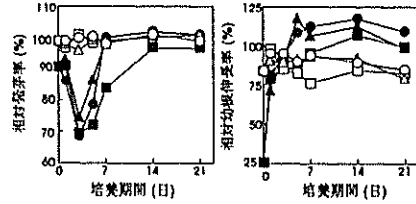
第4図 レタス幼根伸長に及ぼす Coumarin および Salicylic acid の影響

■ Coumarin ▨ Salicylic acid



第5図 土壌中におけるモリシマアカシア葉部由来する他感作用の消長に及ぼす培養温度の影響

○ 無添加土壌 (25°C) ● モリシマアカシア葉部添加土壌 (25°C)
△ 無添加土壌 (5°C) ▲ モリシマアカシア葉部添加土壌 (5°C)

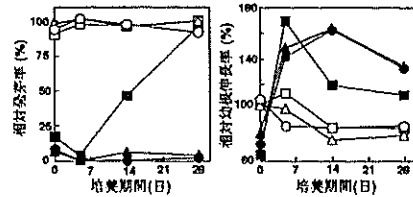


第6図 土壌中におけるモリシマアカシア葉部由来する他感作用の消長に及ぼす土壌水分含量の影響

○ 無添加土壌 (30% of MWHC) ● モリシマアカシア葉部添加土壌 (30% of MWHC)
△ 無添加土壌 (60% of MWHC) ▲ モリシマアカシア葉部添加土壌 (60% of MWHC)
□ 無添加土壌 (120% of MWHC) ■ モリシマアカシア葉部添加土壌 (120% of MWHC)

第7表 各種資材運用試験圃場から採取した土壌の理化学性状

	無肥区	化肥区	厩肥区
pH	6.42	5.83	7.42
EC (dS m ⁻¹)	0.05	0.08	0.41
全炭素 (g kg ⁻¹)	7.8	133	74.2
全窒素 (g kg ⁻¹)	0.5	0.8	7.8
C/N	15.2	16.6	9.5
無機態窒素 (mg kg ⁻¹)	18.1	28.2	98.3
有効態リン酸 (mg kg ⁻¹)	153.2	951.3	8828.3
交換性カリウム (cmol(+) kg ⁻¹)	0.29	0.57	2.71
交換性カルシウム (cmol(+) kg ⁻¹)	2.33	2.43	7.55
交換性マグネシウム (cmol(+) kg ⁻¹)	0.27	0.34	5.37
交換性ナトリウム (cmol(+) kg ⁻¹)	0.02	0.02	0.12
CEC (cmol(+) kg ⁻¹)	10.85	11.84	31.75



第7図 肥培管理を異にした土壌に添加したセイタカアワダチソウ葉部由来する他感作用の消長

○ 無肥区 ● 無肥区
無添加土壌: △ 化肥区 セイタカアワダチソウ葉部添加土壌: ▲ 化肥区
□ 厩肥区 ■ 厩肥区