

研究テーマ

「セイタカアワダチソウを利用した生物農薬の研究」

茨城県立並木中等教育学校 1年 白井 有樹 土田 悠太 竹内 賢

1. 研究の動機

秋に黄色の花を咲かせるセイタカアワダチソウは、空き地などよく見られる植物であるが、この植物は繁殖力が強いいためか、学校近くの空き地ではセイタカアワダチソウしかないような状態のところがある。このセイタカアワダチソウについて、先生に聞いた話では、根からある物質を出して周りの植物が生えないようにしているということだった。さらにインターネット等でこのことについて調べたところ、この作用は「アレロパシー」（または「他感作用」）と呼ばれ、周りの植物に周囲の植物に影響を与えていることだということが分かった。

そこで、セイタカアワダチソウが周りの植物に与えるアレロパシーを利用することによって、周りの植物を生育を阻害することができれば、農業や園芸において役に立つのではないかと考えた。現在、無農薬野菜や有機農業が消費者から求められていることから、人工的な化学物質からできている農薬を使わず、自然に生えている植物が利用できればいいと思う。また、セイタカアワダチソウは、特に利用されることはない雑草であるだけに、有効活用できれば、新たな活用法も生まれる。

2. 研究の目的

セイタカアワダチソウのアレロパシーについて、他の植物への影響を実験を通して調べることで農薬として利用することの可能性を検討する。

3. 実験

実験1 セイタカアワダチソウ群落の調査 —セイタカアワダチソウの生育状況を探る—

(1) 研究の方法

1. セイタカアワダチソウの群落が見られる花室川の河川敷と、セイタカアワダチソウ以外の植物の群落が見られる花室川の近くの空き地から調査地点を選ぶ。
2. 調査地点（セイタカアワダチソウ群落、他の植物群落）において、コドラート（方形区）（1 m×1 m）を設置する。
3. コドラート内の全植物の種類と数、被度（※）を記録する。記録する際は、コドラートを20 cm×20 cmの計25区ごとに記録を行う。また、コドラート内の優占種について、草丈が大きい株5つについて、その草丈を記録する。草丈については、地面から最も新しい葉が出たところまでを、草丈として計測する。



写真 セイタカアワダチソウ群落



写真 メヒシバ群落

(2) 研究の結果

セイタカアワダチソウ群落では、植物の種類数5種であった。また、それぞれの種の平均被度は、セイタカアワダチソウが最も大きく、2.84、続いてヨモギが0.44であった。セイタカアワダチソウが他の種に比べると高い被度を示している。

メヒシバ群落では、植物の種類数は10種であった。また、それぞれの種の平均被度は、メヒシバが最も大きく、1.88、続いてツユクサとカタバミが0.28であった。メヒシバは、他の種に比べると高い被度を示している。

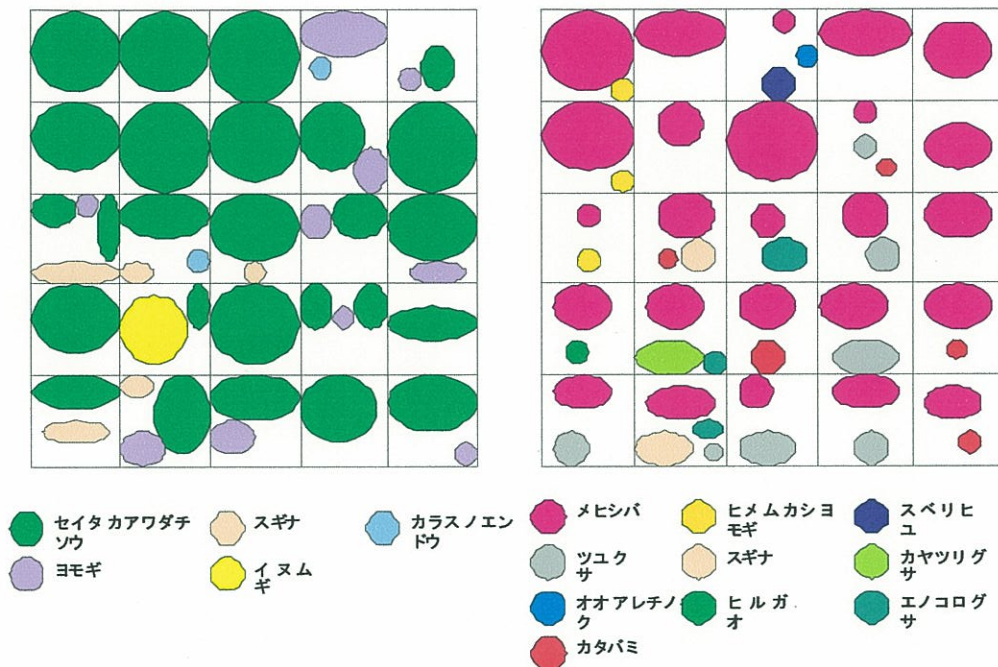
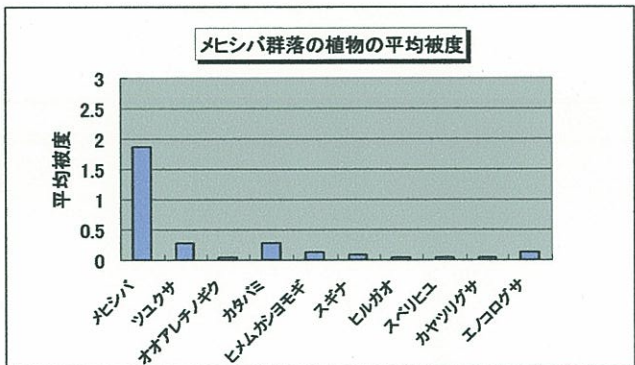
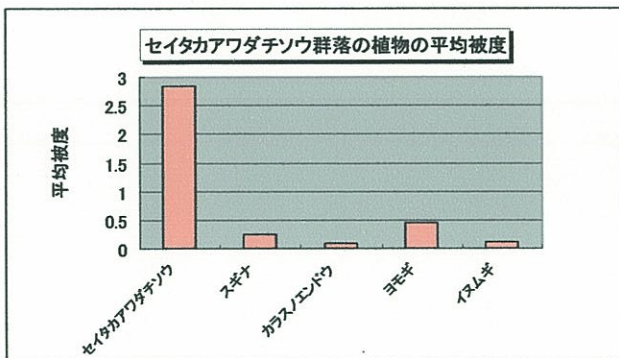


図 セイタカアワダチソウ群落の植物の生育状況

図 メヒシバ群落の植物の生育状況



(3) 研究の考察

セイタカアワダチソウ群落とメヒシバ群落を比較すると、まず種数が大きくことなっている。メヒシバ群落に比べ、セイタカアワダチソウ群落では、種数は半分となっている。

次に、それぞれの群落で優占しているセイタカアワダチソウとメヒシバについて、平均被度を比較する。メヒシバの1.88に対して、セイタカアワダチソウは2.84と、セイタカアワダチソウの平均被度が高い。これらのことから、セイタカアワダチソウは群落を形づくる際、メヒシバよりも、他の植物の生

育にアレロパシーなど、何らかの影響を与えているのではないかと考えられる。

また、セイタカアワダチソウ群落において、2番目に平均被度が大きいヨモギは、平均被度が0.44で、メヒシバ群落で2番目に平均被度が大きいカタバミやツユクサの0.28に比べて大きい。ヨモギは、セイタカアワダチソウの影響を受けにくい可能性も考えられる。

実験2 カイワレダイコンに対する発芽および成長への阻害作用について

(1) 研究の方法

1. セイタカアワダチソウ群落から、スコップを使用して根を切らないようにして掘り起こし、セイタカアワダチソウ数株を採集する。
2. セイタカアワダチソウの根、茎、葉の抽出液を作る。
3. カイワレダイコンの種子は、ペトリ皿の水道水に数分間つけた後、25個（縦5個、横5個）ずつ、ペトリ皿に敷いたろ紙の上に、種子と種子の間隔を同じになるようにしながら並べる。この実験では、一つの条件につき、50個の種子に対して行うため、水A、水B、根A、根B、茎A、茎B、葉A、葉Bとして、ペトリ皿を8セット準備する。
4. 根、茎、葉の抽出液および水（対照実験として準備したもの）を、カイワレダイコンの種子の入ったペトリ皿に入れ、抽出液で浸す。抽出液は、3mlとし、種子全体に均等になるようにかけ、暗所（生物室の棚の中）においた。（室温25℃）
5. 1日目から7日目まで、発芽している種子の数を数えるとともに、成長の変化をとらえるために、発芽している種子の中から無作為に5個の種子を選び出し、根および胚軸の長さを測定した。測定は、デジタルノギスを使用し、100分の1mmまで測定した。



写真 セイタカアワダチソウ採集地（河川敷）



写真 採集したセイタカアワダチソウ



写真 セイタカアワダチソウの根



写真 根の抽出液



写真 茎の抽出液アワダチソウの茎





写真 セイタカアワダチソウの葉



写真 葉の抽出液

(2) 研究の結果

①カイワレダイコンの発芽について

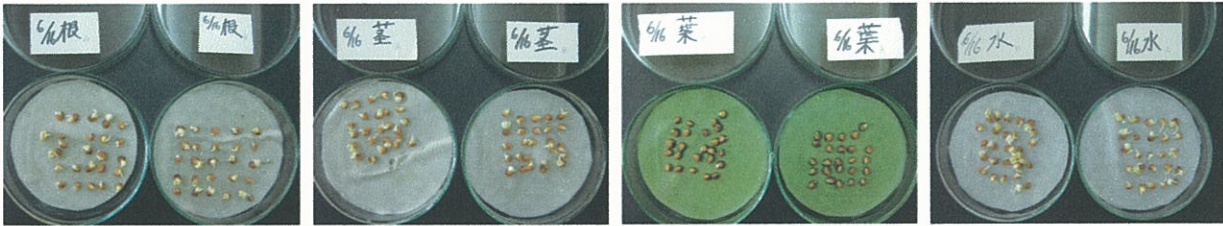


写真 各部位の抽出液によるカイワレダイコン種子 (1日目)

カイワレダイコンの種子は、水の場合、暗所において1日目で50個中49個発芽しており、その発芽率は98%と大変高い。根、茎もそれぞれ、96%、98%と水の場合と同様に高い発芽率が得られた。(水、根、茎が同じで差はないことを明らかにするためには、「検定」と呼ばれる統計処理を行う必要であると、藤井先生からご指導いただいた。)

しかし、葉の場合は、1日目が76%と他と比べて発芽率が低く、7日目でも100%にはならなかった。

②カイワレダイコンの成長について (根および胚軸の長さの測定)

カイワレダイコンの根および胚軸の部分の長さは、根・茎においては、1日目から4日目にかけて成長の割合が大きくなっていた。しかし、葉については、2日目から成長がほとんどみられなかった。全体としては、4日目以降、成長があまりみられない。

考察 事前に、インターネットや書籍を使って調べた予備調査では、根の部分から出ている物質が最も他の植物に影響を与えるとあった。そのため、根の抽出液が発芽率や成長に最も影響を与えると考えていた。しかし、今回の実験結果では、カイワレダイコンの発芽率と根・胚軸の成長に対し、葉の抽出液が最も影響を与えていた。この結果について次のような点が考えられる。

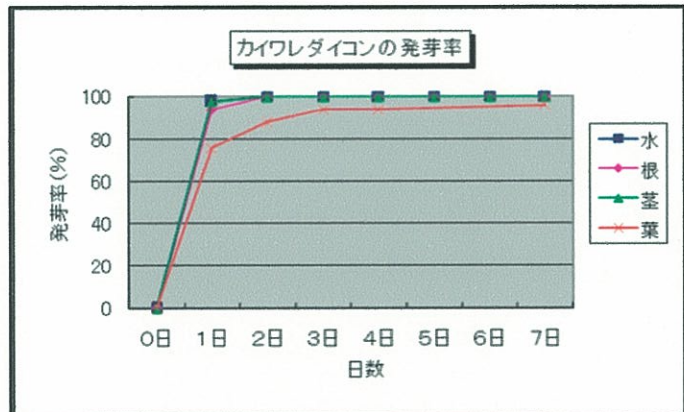


図 カイワレダイコンの発芽率

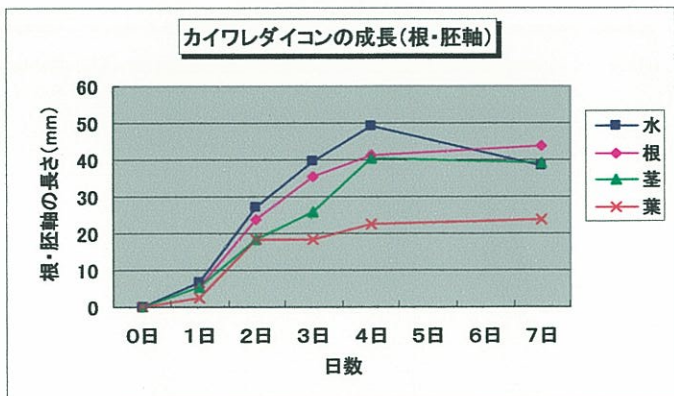


図 カイワレダイコンの根および胚軸の成長

まず、葉に含まれる物質は、発芽率・成長に影響を与えたが、これはセイタカアワダチソウの根から出されるアレロパシー物質とは異なった、別の物質によるものなのではないかということである。葉から出される物質は、新たな別なアレロパシー物質があるとも考えられる。

次に、一般に根から出るアレロパシー物質は、野外の空き地などに生育する植物に対しては影響を与えても、「カイワレダイコン」に対しては影響を与えないのではないかということである。葉に含まれる物質だけが「カイワレダイコン」に影響を与え、根に含まれるアレロパシー物質は影響を与えないとも考えられる。

そして、これは実験の方法の問題点であるが、今回の抽出液の作成では、室温状態で保存してしまった。もし、この間に腐ってしまったのであれば、本来のアレロパシー以外の影響が出てしまう可能性がある。中でも葉の液が腐っていたために、葉の液が種子を腐らせ、発芽や成長を阻害したのではないだろうか。

さらに、今回の抽出液の作成方法では、阻害作用をもつ物質を抽出できない可能性もある。水に溶ける物質であるならば抽出できるが、水に対して不溶性の物質ならば十分な影響を与えることができないと考えられる。物質によって、例えば根の物質は溶けない、葉の物質は溶けるということも考えられる。アレロパシー物質またはそれ以外の物質の性質にもよる。これらの点についても今後検討し、明らかにしていかなければならない。また、成長については、水の場合、約10mmの長さの低下が見られた。これは、無作為に5株を選んで測定し、平均して長さのデータを得ていたため、長さが低下する(短くなる)結果となってしまったのではないかと考えられる。無作為に25株の中から5株抽出することが全体の長さ(成長)を示しているとは限らず、測定方法として検討する必要がある。

実験3 雑草(オオバコ, エノコログサ, イヌムギ)に対する阻害作用について

(1) 研究の方法

1. オオバコ(オオバコ科), エノコログサ(イネ科), イヌムギ(イネ科)の3種について、河川敷から根を採集する。なお、この3種を選んだ理由は、河川敷や空き地でよく見られる植物であることと、本実験を行う時期(6月下旬~7月上旬)に種子が最終できることの二点である。
2. オオバコ, エノコログサ, イヌムギの種子をそれぞれ、実験2と同様に、ペトリ皿の水道水に数分間つけた後、ペトリ皿のろ紙の上に並べた。オオバコは、カイワレダイコンとエノコログサは、実験2と同様に、25個(縦5個, 横5個)並べた。イヌムギの種子は大きいため、12個(縦2個, 横6個)にした。なお、それぞれA・Bの2個ずつ実験を行う。(オオバコ, エノコログサは計50個, イヌムギは計24個の種子)
3. 根, 茎, 葉の抽出液および水(対照実験として準備したもの)を、それぞれの種子の入ったペトリ皿に入れ、抽出液で浸す。抽出液は、3mlとし、種子全体に均等になるようにかけ、直射日光の当たらない明るい場所(生物室の窓際付近のテーブル上)においた。(室温30℃前後)
4. 1日目から5日目まで(発芽がみられない場合は9日目まで)、発芽している種子の数を数えると

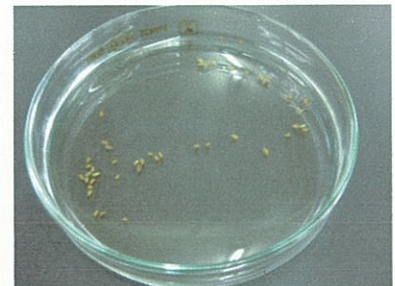


写真 水道水につけたオオバコの種

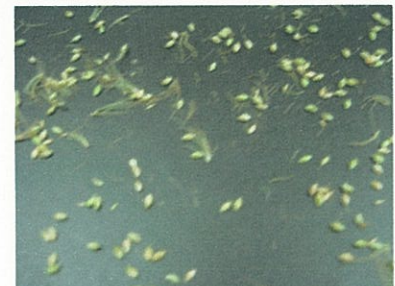


写真 エノコログサの種子

ともに、成長の変化をとらえるために、発芽している種子の中から無作為に5個の種子を選び出し、根および胚軸の長さを測定した。測定は、デジタルノギスを使用し、100分の1mmまで測定した。

(2) 研究の結果

オオバコの種子

① 発芽率

水での結果からも明らかなように、オオバコの発芽率は、カイワレダイコンのように1日目は高い発芽率ではなかったが、5日目には、水が100%となるなど、高い発芽率が得られた。

それぞれの部位による影響としては、茎は水とほぼ同様の結果となった。それに対して、葉は、1日目は茎の場合とほぼ同程度の42%であったが、その後は発芽率は高まらず、5日目でも46%と、1日目以降横ばい状態で、変化が見られなかった。カイワレダイコンとは大変異なった結果が得られた。根は2日目に4%、5日目で10%と大変低い発芽率であった。

② 成長について (根および胚軸の長さの測定)

発芽率が低かった根・葉では、茎に比べ、根および胚軸の長さが小さい。葉は1日目以降、伸びは緩やかになった。さらに、根は、3日目に発芽した根A、根Bのそれぞれ各1株のデータであるが、その伸びは緩やかになっている。

また、発芽直後の、根および胚軸の長さは、いずれの場合もほぼ同じ長さ(約3mm前後)であった。これは、植物が発芽の祭に出す根の長さが一定であることを示しており、種子の中にある幼根がもつ特性によるもので、セイタカアワダチソウの発芽・成長を阻害する物質の影響を受けないと考えられる。

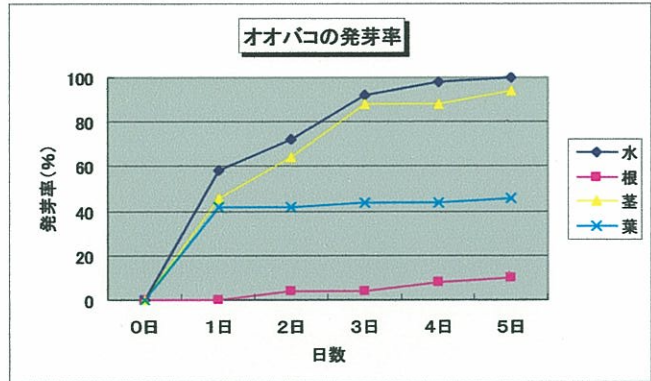


図 オオバコの発芽率

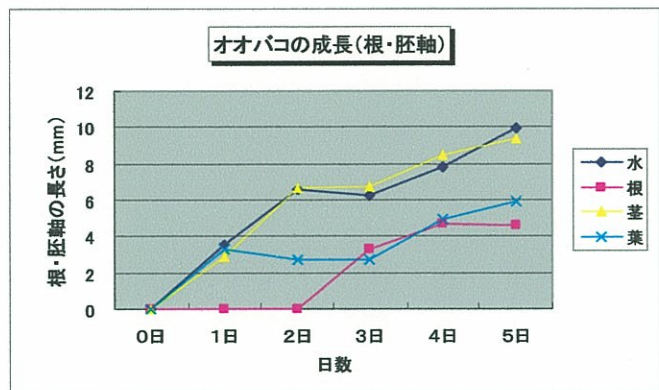


図 オオバコの根および胚軸の成長

エノコログサの種子

① 発芽率について

オオバコと同様に10日間、実験を継続したが、発芽した種子はみられなかった。

② 成長について

発芽した種子がみられなかったため、測定不能である。

イヌムギの種子

(1) 発芽率について

イヌムギの発芽率は、全体的に大変低かった。

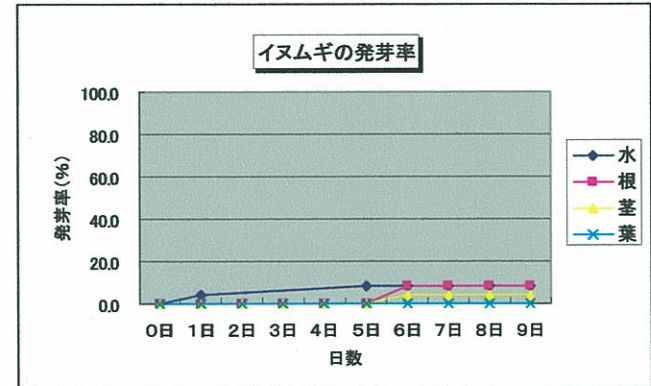


図 イヌムギの発芽率

最も発芽した水の場合では、1日目から発芽する種子が現れたが、その後は5日目まで見られず、最終

的に9日目まで2個の種子が発芽しただけであった。

根の場合では、6日目にA、Bそれぞれから1個の種子が発芽し、最終的な発芽率は、水と同様の約8.33%であった。茎の場合には、6日目に茎Aから1個の種子が発芽し、発芽率は約4.17%であった。葉は発芽する種子はなかった。

また、7日目頃からは発芽しない種子の中には、カビがみられるものも出てきた。

(2) 成長について

イヌムギの成長にあたっては、1日目から発芽した種子は、ほぼ日数に比例しながら成長していた。また、茎は6日目からの発芽であったが、同様の成長率であった。そして、根の場合には、やや成長率が高い。全体として、発芽にかかった日数にかかわらず、成長のスピードは大きな差がない。

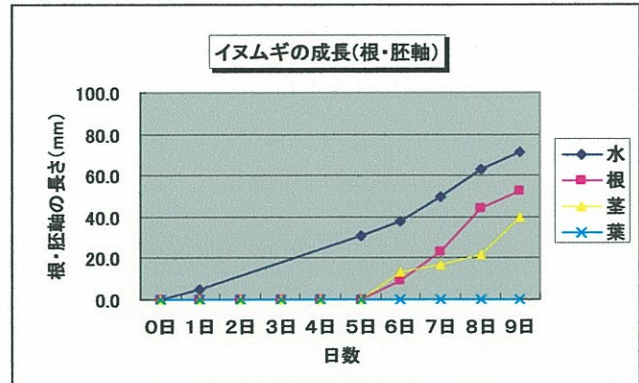


図 イヌムギの成長 (根・胚軸)

(3) 研究の考察

それぞれの種による発芽率や根・胚軸の成長率

をみると、オオバコについては、根の発芽率が著しく低いことから、オオバコの根が発芽を阻害していると考えられる。また、葉の発芽率も約4.6%と水・茎の100%に比べて低いことから、葉も発芽を阻害していると考えられる。これは、実験2において、葉に対するカイワレダイコンの発芽率が低いことから、葉にも発芽を阻害する作用がある可能性は十分にあるといえるだろう。成長に対しては、水・茎と比較すると、葉・根は緩やかな成長をしており、それぞれ成長の阻害を受けていると考えられる。

エノコログサについては、水の場合も含めて全く発芽しなかったことから、種子が未成熟であったり、発芽できる状態になっていなかったりしていることが考えられる。種子には休眠があり、温度や湿度、光、化学物質への接触などが関係して休眠が終わる(休眠打破をする)植物がある。例えば、球根の場合だが、ユリは、高温期(初夏)に向けて休眠し、50~60日高温に接触して休眠打破をする。そして、新しい球根が形成・成熟されて(秋~冬)、春にその球根を新たに植えるが、成熟~定植までの間、球根は休眠している。この場合は、定植前に温湯処理やジベレリン処理によって打破することが必要になる。エノコログサの種子もこのような場合に当てはまるのかもしれない。以上のことから、エノコログサを実験で使用する際は、十分に発芽が可能な状態の種子を用いないと、実験が成り立たないといえる。

イヌムギについては、全体に発芽率は低いものの、同じ条件で種子を採取したのもかかわらず、発芽したのもわずかにみられたことから、セイタカアワダチソウの各部位がある程度影響を与えているのではないかと考えられる。特に葉については、発芽した種子は全くなく、オオバコと同様、影響を受けている可能性が高い。また、根・茎の場合、発芽したのが6日目であり、水の中には1日目で発芽したのもあることから、発芽を遅らせる作用がはたらいていると考えられる。なお成長の差は、水と比較した場合、根・茎において差はなかったため、成長への影響は低いと考えられる。

全体としては、雑草であるオオバコ、エノコログサ、イヌムギは、種によってその発芽率および成長率に大きな差が見られ、影響を与える種、与えない種があると考えられる。

今後の課題としては、実験に使用する植物の種類については、検討する必要がある。例えば、イヌムギの場合、全体に発芽率が低く、発芽の実験には十分でない。水の場合でも、発芽率が8.33%であり、著しく低い発芽率であり、これがイヌムギの発芽率の特性なのか、それとも発芽する状態になっていないのかは不明だが、発芽率を明らかにする実験として適当とはいえないと考えられる。今回のイネ科の

植物のような場合は、発芽の特性を十分に明らかにした上で実験に使用する必要がある。

実験4 セイタカアワダチソウの生育する周囲の土に阻害物質が含まれていないか

(1) 研究の方法

1. セイタカアワダチソウが生育している場所の周囲（半径約20cm程度）をスコップで掘り、株ごと掘り出して、ビニル袋に入れて持ち帰る。
2. セイタカアワダチソウの周囲の上澄み液を作る。
3. 実験2と同様に、ペトリ皿にろ紙を置いたもの4個に、オオバコの種子を25個（縦5個、横5個）並べる。（今回は土の上澄み液と違いを比べるための水だけでよいので、1種類につき2個、合計4個用意する。）
4. 土の上澄み液、水をそれぞれ2個ずつのペトリ皿にかける。

(2) 研究の結果

①セイタカアワダチソウの周囲の土壌の上澄み液によるオオバコ種子の発芽率について

セイタカアワダチソウの周囲の土壌の上澄み液と水で、オオバコの発芽率を比較すると、5日目で土が100%、水が78%と、土のほうが発芽率が高い結果となった。

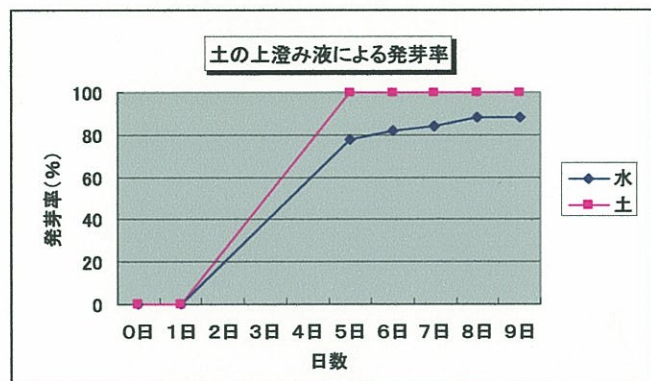


図 セイタカアワダチソウの周囲の土壌の上澄み液によるオオバコ種子の発芽率

②セイタカアワダチソウの周囲の土壌の上澄み液によるオオバコの根および胚軸の成長について

土の上澄み液と水における、オオバコの根および胚軸の成長については、実験5日目において、土の上澄み液で約9.89mm、水で8.23mmであり、その差は約1.66mmであった。6日目はほぼ同じ長さとなり、その後も多少の差はあるものの、ほぼ同じ値を示している。

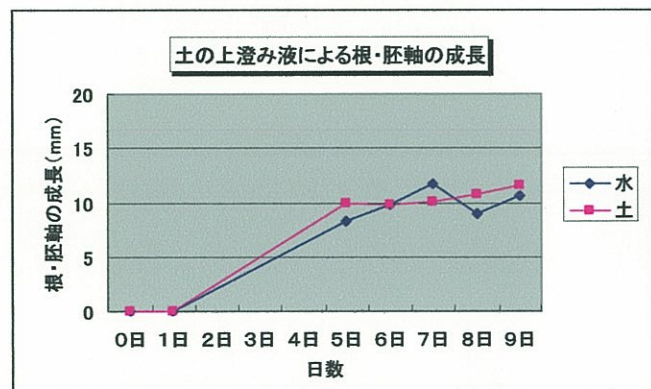


図 セイタカアワダチソウの周囲の土壌の上澄み液によるオオバコの根および胚軸の成長

(3) 研究の考察

セイタカアワダチソウの周囲の土壌の上澄み液による発芽率や根および胚軸の成長の結果を水の場合と比較すると、ほぼ同じ結果であった。発芽率に関しては、むしろ土の発芽率のほうが高く、土の成分がオオバコ種子の発芽を促している可能性もある。

この結果から考えると、セイタカアワダチソウの周囲の土壌には根そのもののように阻害作用を示す物質がないと考えられる。この物質は水に対して不溶性の物質ということも考えられるが、実験3では根の抽出液が発芽に影響を与えており、同じ物質が周囲の土壌に放出されているのならば、本実験でも土壌の上澄み液が発芽などに影響を与えるはずである。そのように考えると、セイタカアワダチソウは

発芽をどのように阻害しているのかを解明することが今後の課題になる。発芽や成長を阻害する、ある物質が存在するという仮説のもとに実験を行っているが、この仮説自体の見直しも今後必要ではないだろうか。

4. 研究の考察

これまでの調査や実験によって、セイタカアワダチソウのもつ阻害作用として以下の点が明らかになった。

1. セイタカアワダチソウ群落では、メヒシバ群落に比べ、種類数が多く、優占種の被度も大きかった。自然の状態において阻害作用の影響がみられる。しかし、ヨモギのように種によっては、影響を受けにくいものもある。
2. カイワレダイコンの種子に対しては、「葉」の抽出液に発芽・成長の阻害作用がみられ、「根」の影響はみられなかった。植物の種類によって影響をあたえる物質が異なる可能性がある。
3. オオバコに対しては、「根」の抽出液に阻害作用がみられた。オオバコ、エノコログサ、イヌムギなど、種類によって発芽率および成長に大きな差が見られ、影響を与える種子、与えない種子があると考えられる。
4. セイタカアワダチソウの周囲の土壌には、発芽や成長に阻害作用を示す物質が含まれないと考えられる。

これらのことから、セイタカアワダチソウが周囲の植物に対して、発芽や成長を阻害する、アレロパシーがあることが再確認することができた。しかし、この作用は、一般に言われているような、「根から出る物質」で起こっているわけではないことが明らかになってきた。「葉」からの物質も阻害作用を引き起こしているのである。また、周囲の土壌にも含まれていないとしたら、どのように周囲の植物の発芽や成長を阻害するのだろうか。今後、明らかにしていかなければならない。

5. 今後の課題

今後の課題として以下の点が考えられる。

1. 今回の抽出液の作成方法では、阻害作用をもつ物質を抽出できない可能性があり、新たな方法も検討していく必要がある。
2. 実験で使用する植物の種類について検討する必要がある。例えば、実験3のイヌムギの場合、全体的な発芽率が低く発芽の実験に十分ではない。(水の場合で発芽率8.33%)
3. セイタカアワダチソウの周囲の土壌にアレロパシー物質が含まれているならば、発芽に影響を与えるはずである。セイタカアワダチソウは発芽をどのように阻害しているのかを解明することが必要である。

幸いにも独立行政法人農業環境技術研究所の藤井先生から直接ご指導いただくことができた。先生の話によれば、アレロパシーの作用をもつとされる *cis*-DME (シスデヒドロマトリカリアエステル) は、まだはっきりと分かっていないことがあるという。そして、*cis*-DME は可溶性でないということも分かり、今回の阻害作用を引き起こした物質が *cis*-DME でない、新たな阻害物質である可能性も出てきた。

本研究は、生物から農薬を作る試みであるが、まだ1年目で、農薬そのものを作るまでには至っていない。現在は、農薬として利用するための基礎的なデータを収集しながら、アレロパシーの働きを解明していくのがねらいである。今後、農薬として利用するための基礎的な研究を継続していきたい。

今後の研究と課題 セイタカアワダチソウが有効な植物やそうでない植物があった。また、成長に有効であったり発芽に有効な植物があった。これからは、他の植物をどんどん実験していきたい。