

研究レポート

切断した根が接着する！？
～セイヨウタンポポの根の傷が接着するための
内的・外的要因を探る～

私立水城高等学校 2年
檜村 理喜

■背景・これまでの実験

小学校2年生の時、母が草むしりをしてもすぐに雑草が生えてくるのはなぜか疑問を持ち、身近な植物を水に挿して観察をした。その結果、切り落として小さくなった主根から新しい根が生え、植物が生き生きと再生する強さに驚き研究を始めた。

今までにやってきた研究を以下に要約する。

1. [切断された根からの不定芽と側根の形成] (研究期間 2011年～2012年)

根の特性に興味を持ち、身近に在って手に入りやすいセイヨウタンポポを使用して、動物や虫による食害や人間に駆除された時のように根を小さく切り、根の部位や置き方を設定して培養し、変化を調べた。

主根を輪切りにして、湿ったろ紙の上に横たえておくと、頂芽側の切断面からは不定芽が、根端側の切り口付近の周皮からは側根が形成された。これらは、根の置き方を「縦置き・横置き」と変えても同じだった。



＜頂芽側の切断面からは不定芽が、根端側の切り口付近の周皮からは側根が形成された輪切りの根＞

しかし、輪切りにした根を上下逆さまに置いて培養する際に、頂芽側の切断面に湿ったろ紙を密着させておくと、不定芽が形成されなかった。

2. [切断した根からの不定芽形成とオーキシンの極性移動の関係]

(研究期間 2012年～2013年)

切断した輪切りの根から、頂芽側の切断面からは不定芽が、根端側の切り口付近の周皮からは側根が形成された。これらは、根の置き方を、縦置き・横置きと変えても同じだった。

これらは、オーキシンの極性移動が関係していると考え、オーキシン極性輸送阻害剤(TIBA)を使用し切断した根からの不定芽形成の様子を調べた。

その結果、オーキシンの極性移動が阻害されると、本来形成されない場所から不定芽の形成がみられ、不定芽の形成が遅く数も少なくなった。

以上の研究から、オーキシンの極性移動は不定芽が形成される位置とその成長に影響することが判った。

■目的

切断されたセイヨウタンポポの根からの不定芽形成を観察していた際、「輪切りにした根を縦1/2に切れ目を入れる」と、頂芽側切断面と縦切断面の頂芽側から1/2程の所まで不定芽が形成されることが判った。

この縦1/2に切った根を元通りに合わせ押さえ続けたら、不定芽は生えてくるのか疑問に思い実験を始めた。その結果、縦1/2に切断し押さえ続けた根は根元通り接着し、縦切断が接着した場所から不定芽は見られなかった。

この結果から、セイヨウタンポポの根はどのような場合に接着するのか興味を持ち、本研究では、セイヨウタンポポの根が接着するための根自身の「内的要因」と根に影響を与える「外的要因」を明らかにすることを目的とした。

■材料

セイヨウタンポポの主根の中間部（輪切り：長さ30mm、太さ9～18mm）

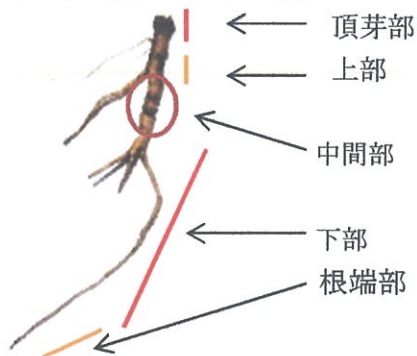
採取地：茨城県立鉾田農業高校内リンゴ園

〔材料の選択理由〕

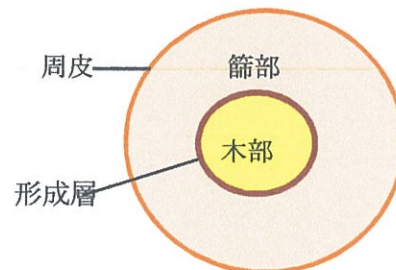
①セイヨウタンポポは1年中花が見られ、植物の生理状態が1年中あまり変わらない。また繁殖力が強いことや身近にあり手に入りやすいため使用した。

②今までの実験において、中間部は頂芽部・上部・下部・根端と比較し、安定して不定芽や側根の形成が見られることが判ったため主根の中間部を使用した。

〈セイヨウタンポポの根〉



〈根の横断面図〉



■実験1

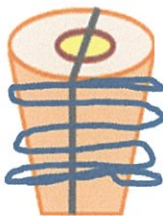
縦1/2に切断し元通りに合わせた根に対する圧着力による接着の違いを調べる

(2011年6月～2012年12年)

■方法

(1) 糸で巻いて圧着する

①縦1/2に切断し元通りに合わせる

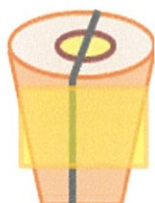


②縦1/2に切断し片側を逆向きにして根を合わせる

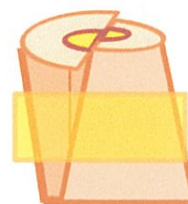


(2) 接ぎ木テープで圧着する

③縦1/2に切断し元通りに合わせる

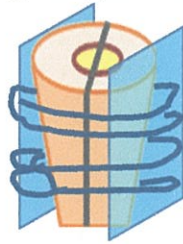


④縦1/2に切断し片側を逆向きにして合わせる



(3) プレートを使って圧着する

⑤縦 1/2 に切断し元通りに合わせた根をプレートで挟んで糸で巻いて圧着する



■結果と考察

接着数と接着率

		元通りに合わせた根			片側を逆向きに合わせた根		
		接着数	腐敗数	接着率	接着数	腐敗数	接着率
糸圧着	11年6月(30日間)	3/3	0	100%	0/3	0	0%
	11年10月(29日間)	1/3	2/3	33%	1/3	2/3	33%
	11年12月(25日間)	3/6	3/6	50%	1/6	0	16%
接ぎ木テープ 圧着	12年4月(29日間)	3/4	1/3	75%	4/4	0	100%
	12年7月(41日間)	4/4	0	100%	4/4	0	100%
	12年11月(35日間)	3/3	0	100%	3/3	0	100%
	12年12月(34日間)	4/4	0	100%	4/4	0	100%
プレートで 圧着	13年4月(16日目)	0	4/4	0%			
	13年5月(29日間)	1/4	3/4	25%			

(1) 糸で巻いて圧着する

縦切断した根は、縦切断面が後ろ側に後退し横から見ると扇状に広がっていく。しかし糸は伸縮性がないため、根が糸を引きちぎったり、糸が根に食い込み傷ができ、そこから腐敗することもあった。

また、糸で根をきつく縛っても糸は細く、圧着する力はまばらで弱いため接着率が低くなり、特に縦切断した根の片側を逆向きにした接着率は非常に低いと考えられる。

(2) 接ぎ木テープで圧着する

接ぎ木テープは、伸縮性があり伸びる。そのため篩部が開こうとすることを阻害しないため、根に傷ができにくく傷が原因の腐敗が減り接着率が上がると考える。

また、テープ幅の「面」で根を圧着するため、中心の木部同士を広く密着させ、同じ力で圧着させていると考える。そのためどちらの根の条件でも高い接着率になったと思う。

(3) プレートを使って圧着する

縦切断した根が広がらないように強く圧迫していると、根の自然の動きが阻害されることで根が弱り、腐敗してしまうと考える。

これらの事から縦 1/2 に切断した根を接着させるためには、根の自然の動きを阻害せず木部同士を密着させ、広い範囲に一定の圧着力が必要と考える。

*以後の実験では、接ぎ木テープを用いて圧着することとした。

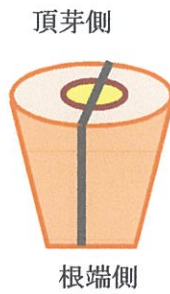
■実験 2

根の中間部にどんな傷がついた場合に接着するのか調べる。(2011年6月～2014年4月)

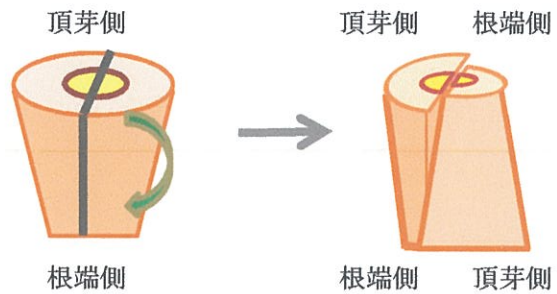
■方法

傷の条件を設定し切断した部分を合わせ、接ぎ木テープを巻き圧着した。

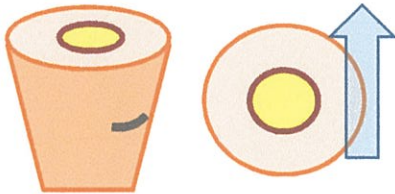
①縦 1/2 に切断し元通りに合わせる



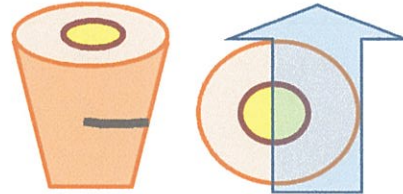
②縦 1/2 に切断し片側を逆向きにして切り口を合わせる



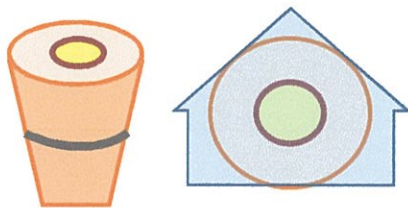
③周皮・篩部に横に浅く切れ目を入れる



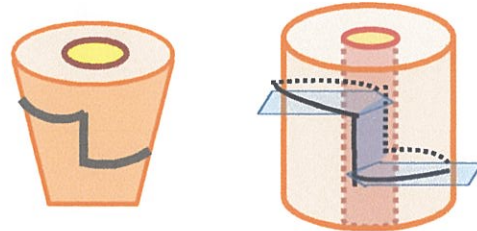
④木部の中心近くまで横に切れ目を入れる



⑤横 1/2 に切断し合わせる



⑥L字状に切って合わせる



■結果

〈各条件の接着結果表〉

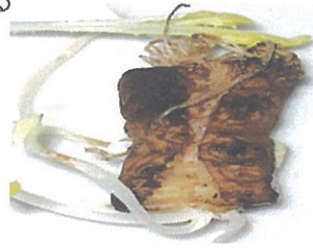
条件	1回目(各4本)		2回目(各4本)		3回目(各4本)	
	縦切断	横切断	縦切断	横切断	縦切断	横切断
①縦1/2に切断し元通りに合わせる	100%		75%		100%	
②縦1/2に切断し片側を逆向きにして切り口を合わせる	100%		100%		100%	
③周皮・篩部に横に浅く切れ目を入れる		100%		100%		100%
④木部の中心近くまで横に切れ目を入れる		0%		0%		0%
⑤横1/2に切断し合わせる		0%		25%		0%
⑥L字状に切って合わせる	100%	0%	50%	0%	100%	0%

①縦 1/2 に切断し元通りに合わせる



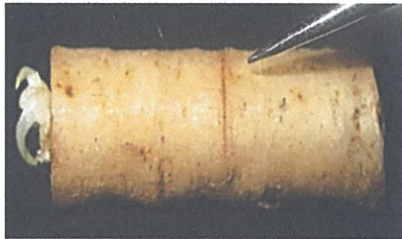
- 中心の木部が接着した。
- 周辺部の篩部は接着しない。
- 頂芽側切断面から不定芽形成した。

②縦 1/2 に切断し片側を逆向きにして切り口を合わせる



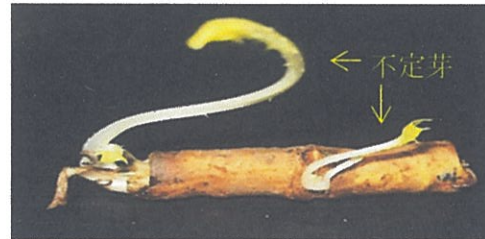
- 片側逆さ向きでも中心の木部が接着した。
- 周辺部の篩部は接着しない。
- 各片側の頂芽側切断面から不定芽形成した。

③周皮・篩部に横に浅く切れ目を入れる



- 元通りに綺麗に接着した。
- 頂芽側切断面より不定芽形成した。

④木部の中心近くまで横に切れ目を入れる



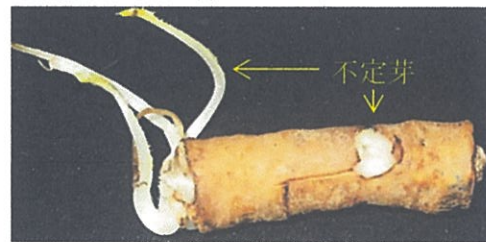
- 接着せずに切れ目が広がり不定芽形成した。
- 頂芽側切断面からも不定芽形成した。

⑤横 1/2 に切断し合わせる



- 接着しない。
- 根は横切断面から二つに分かれ、各頂芽側切断面から不定芽形成した。

⑥L字状に切って合わせる



- 縦切断面は接着し、横切断面は接着しない。
- 接着しなかった横切断面は切れ目が広がり不定芽形成した。

■考察

実験の結果から

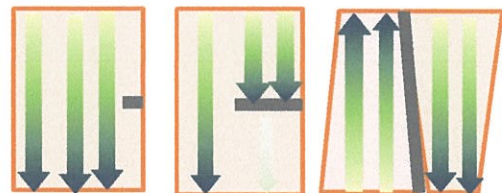
- ・輪切りの根を縦1/2に切断したものは、そのまま切断面を合わせたものでも片側を上下逆さまに合わせたものでも接着した。
- ・輪切りの根に横に切れ目を入れたとき、傷の浅いものは元通りきれいに傷は接着したが、深い傷は接着せず傷が広がり、そこから不定芽が形成された。

これらの事から、**傷の向きや深さによって起こる結果が違う**ということが判った。

これは、以前の研究結果の**切断された根からの不定芽が形成される位置とその成長にオーキシンの極性移動が影響する**考えと関連して、横に浅い傷を入れたものは、オーキシンの極性輸送は阻害されないため傷は修復されるが、深い傷を入れたものは、傷によってオーキシンの極性輸送が阻害され、傷の上部のオーキシン濃度は傷により下へ送られなくなるため濃くなり、傷の下部はオーキシンが輸送されなくなるためオーキシンの濃度が低くなることから、傷口からの不定芽が形成されると考えられる。

また、縦1/2に切断した根の接着については、そのまま切断面を合わせたものでも片側を上下逆さまに合わせたものでもオーキシンの極性移動を妨げていないため、接着したと考える。

その結果、片側を上下逆さまにした根は、どちらも頂芽側の切断面から不定芽が形成されている。



〈傷の向きや深さによって阻害されるオーキシンの極性移動〉

■実験3

温度の違いによる縦切断した根が接着するまでの日数の比較（2013年6月～2014年9月）

■方法

タンポポの根を縦1/2に切断し元通りに合わせ、接ぎ木テープを巻いたものが何日で接着しているか観察する。

（観察個数10本/回）



〈観察期間〉

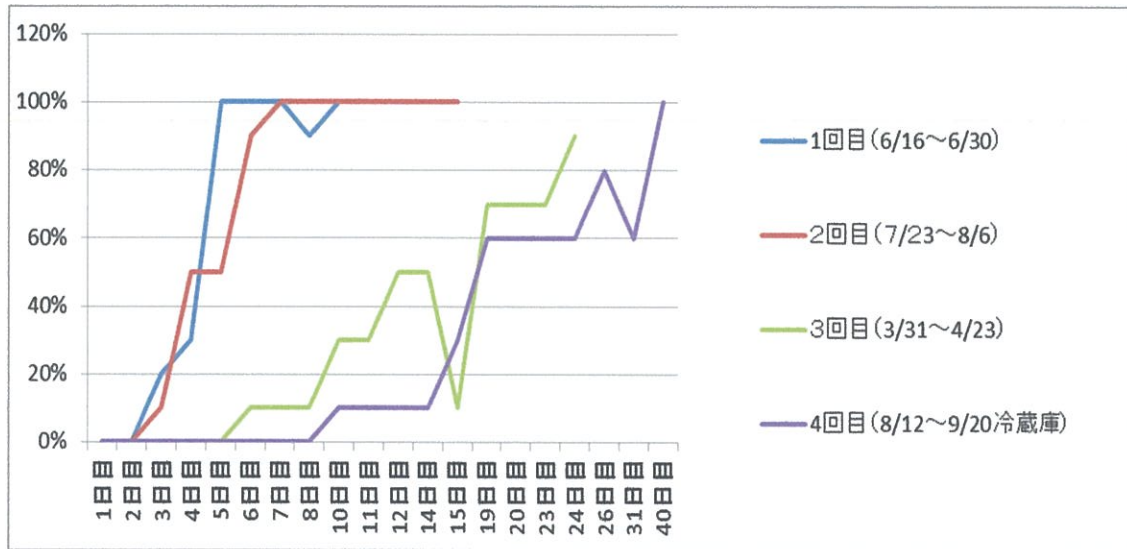
- ①2013年6月16日～6月30日（15日間）最高気温平均24.5℃ 最低気温平均23.5℃
- ②2013年7月23日～8月6日（15日間）最高気温平均27.1℃ 最低気温平均21.7℃
- ③2014年3月31日～4月23日（24日間）最高気温平均16.8℃ 最低気温平均5.4℃
- ④2014年8月12日～9月20日（40日間）冷蔵庫野菜室温度設定6℃

■結果

<接着率表（観察個数 10 本/回）と比較グラフ>

* 赤字は頂芽側切断面に不定芽の形成が 50%以上確認できた日

タンポポ接着数	2日目	3日目	4日目	5日目	6日目	7日目	8日目	10日目	11日目	12日目	15日目	19日目	24日目	26日目	31日目	40日目
1回目 (13/6/16~6/30)	0%	20%	30%	100%	100%	100%	90%		100%		100%					
2回目 (13/7/23~8/6)	0%	10%	50%	50%	90%	100%	100%		100%		100%					
3回目 (14/3/31~4/23)					10%		10%	30%		50%	10%	70%	90%			
4回目 (14/8/12~9/20)				0%		0%		10%			30%	60%		80%	60%	100%



■考察

実験の結果から

- ・ 温度により接着するまでの時間に大きな差があることがわかった。
- ・ 温度が 20℃以上になると不定芽形成より切断面の接着の方が速いことがわかった。

広く繁殖し、一年中花が見られ、気温によって植物の生理状態があまり変わらないセイヨウタンポポだが、実験によって本来適温とする温度があると考えられる。

今まで、セイヨウタンポポの根を使用し実験を行ってきたが、タンポポの根は 28℃以上になると弱りが早く、30℃以上になると腐敗してしまうことが多かった。

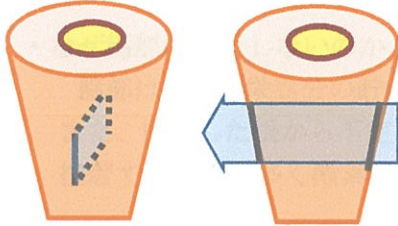
このことも合わせて考えると、タンポポの切断面の接着修復にとって適温は、20℃~25℃と考えられる。この温度は、セイヨウタンポポが本来自生していたヨーロッパの夏の気温に近いことから、日本では一年中花が見られるセイヨウタンポポが、本来適温とする温度と思う。

■実験4

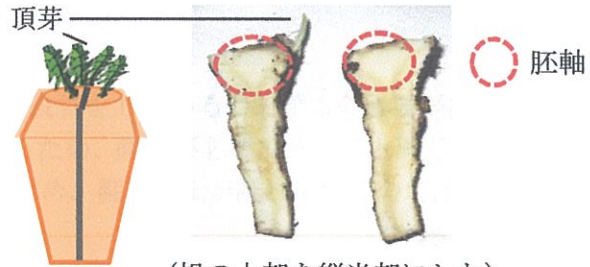
縦1/2に切断した根の接着が木部のみで起っているか確認する

■研究方法

①中間部に縦に切れ目を貫通させる
(2014年6月、8月)

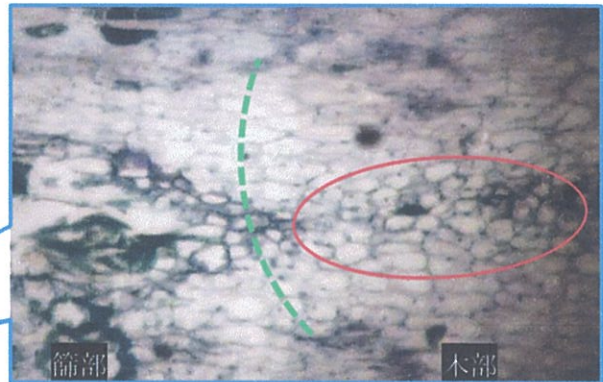
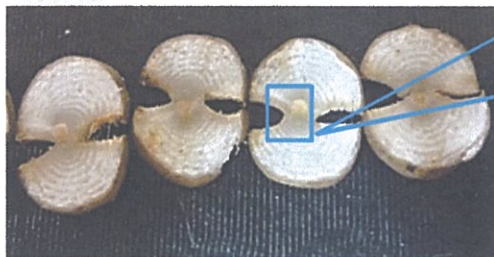


②根の上部を使用し頂芽を残し縦1/2に切断し
合わせる (2013年5月～7月、2014年1月)



■結果

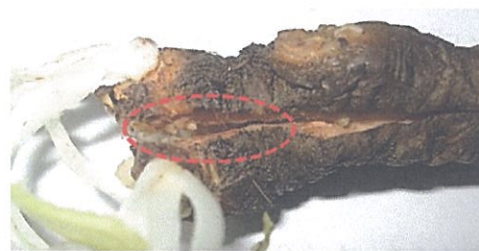
①中間部に縦に切れ目を貫通させる



接着した細胞

- ・頂芽側切断面から不定芽が形成された。
- ・木部が接着。篩部は接着していない。

②根の上部を使用し頂芽を残し縦1/2に切断し合わせる



- ・頂芽側切断面から不定芽が形成された。
- ・根の部分は接着したが、上部の胚軸部分は接着しなかった。(〇 内部分)

現在、「茎」については、傷ついた組織の接着について研究が進んでいる。この性質は、日本の農業で「接ぎ木」として広く利用され、多くの農作物（果樹や果菜類）に強く作りやすい性質や優れた品質が付与されている。

一方、「根」では傷の修復に関する研究は行われていない。今回の研究で根においては篩部の接着は見られなかったが、今後の研究で、木部の接着に加え、篩部の接着・再生、周皮の再生までの仕組みが解明されれば、古い根に新しい根を接着させることで植物の若返りを、違う植物の根を接着させることでその植物が本来持っていない新たな性質（病虫害予防や自然環境への対応力など）を付与できるようになるのではないかと考える。

■今後の課題

今後の課題として次のことを調べていきたい。

- ・木部同士の細胞が接着する仕組み
- ・木部が接着した後の篩部の接着と再生、周皮の再生について

■謝辞

僕の研究は、多くの方々に支えられて続けることができます。

筑波大学Sリーグに在籍し、担当の生命環境科学研究科佐藤忍先生をはじめ諸先生方やTAの先生方に研究に対しての考え方や向き合い方など初歩から指導して頂き、ここまで進めてこられました。また、研究用セイヨウタンポポを採取するために除草剤を散布しない畑の提供を下さる茨城県立鉾田農業高校、そして毎回100本近くの根を採取することを手伝ってもらっている家族に感謝し御礼申し上げます。

■参考文献

佐藤 忍「傷ついた植物の茎が直るのに必要な遺伝子の発見」2011年9月研究成果発表から

樫村 理喜「不死身の秘密・甦る植物～根からの植物の再生とメカニズム～」2011年9月

樫村 理喜「輪切りにして逆さに置いた根はなぜ腐敗するのか？

～根が置かれた環境と植物ホルモンの影響を探る～」2013年10月

樫村 理喜「切断したセイヨウタンポポの根からの不定芽形成とオーキシンの作用」

つくば生物ジャーナル, Vol. 12 No7, 2013