

ナンヨウアブラギリのアレロパシー活性に関する研究

著者	松尾 光弘, 酒井 和也, 國武 久登, 西脇 亜也
雑誌名	宮崎大学農学部研究報告
巻	60
ページ	1-6
発行年	2014-03-22
URL	http://hdl.handle.net/10458/4902

研究論文

ナンヨウアブラギリのアレロパシー活性に関する研究

松尾光弘・酒井和也・國武久登¹⁾・西脇亜也²⁾

宮崎大学農学部植物生産環境科学科

¹⁾ 宮崎大学農学部応用生物科学科

²⁾ 宮崎大学農学部附属フィールド科学教育研究センター

(2014年1月17日 受理)

Allelopathic activity in barbados nut (*Jatropha curcas* L.).

Mitsuhiro MATSUO, Kazuya SAKAI, Hisato KUNITAKE¹⁾, and Aya NISHIWAKI²⁾

Department of Agricultural and Environmental Sciences, Faculty of Agriculture, University of Miyazaki,

¹⁾ Department of Biochemistry and Applied Biosciences, Faculty of Agriculture, University of Miyazaki

²⁾ Field Science Center, Faculty of Agriculture, University of Miyazaki

Summary : Allelopathic activities of the leaves and cultivating soil in barbados nut during the cultivating season were investigated to clarify the impact on the surrounding environment into cultivation of this plant.

Allelopathic activities of the raw, artificially dried and naturally dried young or adult leaves in barbados nut were assessed to the initial growth of lettuce. Their lengths in hypocotyl and radicle of lettuce seedlings were shorter than those on control from June to December by leachate from the artificially dried young and adult and naturally dried adult leaves.

The soil cultivating barbados nut was investigated for assessment of allelopathic activities. Their lengths in hypocotyl and radicle of lettuce seedlings were shorter than those on non-transplanted soil under the soils collected in September from the base of barbados nut tree, and under the soils collected in July and October from between the trees, respectively.

From the results of these experiments, it was found that the dried leaves of barbados nut have the highest allelopathic activities with the initial growth of lettuce of the year, and was thought that they might be affected on their surrounding plants. On the other hand, the initial growth of lettuce have affected under the cultivating soils of barbados nut tree on the periods of flowering or active assimilation. Therefore, it was suggested that the allelopathic activities in root of barbados nut tree might varied depending on the season to the growth of surrounding plants.

Key words : allelopathic activities, barbados nut, leaves, rhizosphere, root.

緒言

近年、地球温暖化あるいは化石燃料の枯渇への懸念にともない、CO₂の排出を抑え石油依存率を低下させるための代替エネルギーの必要性が叫ば

れている。現在検討がなされている代替エネルギーとして、石炭あるいは天然ガス等があるが、これらは有限であり再生利用が出来ない。そこで、無限でかつ再生可能なエネルギー資源として、短期・

中期的に最も貢献が期待されているのがバイオ燃料である(農林水産省 2007)。バイオ燃料は再生産可能な燃料であり、また利用する植物を栽培する過程でCO₂が吸収されるために化石燃料の代替およびCO₂排出量の削減に有効である(北川ら 2007)。これまでに考えられている新たなバイオ燃料として、植物から得られる油脂が検討されている。油脂作物としてダイズ(*Glycine max* L.)、ナタネ(*Brassica napus* L.)あるいはヒマワリ(*Helianthus annuus* L.)などがあるが、それら植物は食用作物でもあるためにバイオ燃料としての供給と競合する可能性がある。そこで、土壤水分をあまり必要としない貧困栄養土壌でも生育でき(Lutz 1992)、また食用作物とも競合しない非食用植物であるナンヨウアブラギリ(*Jatropha curcas* L.)が注目されている(吉田ら 2008)。

ナンヨウアブラギリは、中南米を原産としたトウダイグサ科の落葉低木である。成長が比較的早く、また50年以上の寿命とされている。その種子には油分が約40%含まれており、それが燃料用の油に適している(笠置・玉泉 2008)。ナンヨウアブラギリは、乾燥あるいは高温地域、養分に乏しい貧困土壌など、他の植物が生育できない環境下でも育つ(Francis *et al.* 2005)。種子から抽出した油分中にはホルボールエステル(phorbol esters)が含まれており(Heller 1996)、住吸血虫の中間宿主となるカタツムリ類(*Euhadra*)に対して殺陸貝効果がある(横山ら 2004)。そのため、生きた障壁植物として利用できるとされている(Heller 1996)。

以上のように、ナンヨウアブラギリ種子にはホルボールエステル等の化学物質が含まれているものの、油分が多く抽出できる特徴があることから、今後ナンヨウアブラギリを大量に栽培して種子を確保し、それらから油分を抽出して燃料として利用できる可能性は高い。しかし、ナンヨウアブラギリの栽培方法については不明であることから、今後それらを確立することによって多くの荒廃土地を緑化できる可能性があり、特に日本では現在増加傾向にある耕作放棄地での栽培によって有効な土地利用にもつなげる可能性は高い(農林水産省 2008)。一方、ホルボールエステルを含むナンヨウアブラギリを栽培するためには、周辺環境に対する影響についても評価しておく必要がある。そのためには、ナンヨウアブラギリが周辺環境に

対して化学物質を放出しているかどうか、すなわちナンヨウアブラギリのアレロパシー活性を調査しておく必要がある。アレロパシー(他感作用)とは、ある植物が生産する化学物質によって他の植物が何らかの作用を受ける現象である(Molisch 1937)。

そこで、本研究ではナンヨウアブラギリを栽培する上で必要な情報となる周辺環境への影響について明らかにすることを目的として、その生育期間中における葉あるいは栽培土壌のアレロパシー活性を評価した。

材料および方法

実験1. サンドイッチ法による評価

本実験は、2010年6月から12月にかけて宮崎大学農学部作物学研究室において行った。供試材料は、当学部附属フィールド科学教育研究センター内圃場(黒ボク土)で2009年より栽培を開始して2010年春までに越冬できたナンヨウアブラギリ(インドネシア由来、以下同)の葉である。実験は毎月月末に行ったが、その時の生葉、自然枯死した葉(以下、枯死葉)、幼葉(茎頂より抽出・展開中の上位3葉までの葉)、乾燥機(DV400, YAMATO)を用いて60℃で48時間通風乾燥させた葉(以下、乾燥葉)および同乾燥処理を行った幼葉(以下、乾燥幼葉)を用いた。それら葉は、調製した後直ちに検定に使用した。なお6~8月は、生葉および乾燥葉のみ実験を行った。本実験では、藤井・澁谷(1991)の開発したサンドイッチ法に準じて行った。すなわち、6穴マルチディッシュに0.5%溶融寒天を5mlずつ各穴に注入し、寒天が固化した後に1cm程度に細かく切って10mgおよび50mgに秤量したそれぞれの葉を分配して入れた。さらに、その上に再び0.5%溶融寒天を5mlずつ注入して固化した後、寒天上にレタス種子(グレートレークス366, タキイ種苗株式会社、以下同)を各穴に5粒ずつ、同じ方向に向けて播種した。播種後、マルチディッシュは20℃一定、暗条件下の温度勾配恒温器(TG-180-5L, 日本医化器械、以下同)内に設置してレタスを培養し、播種後3日目に幼植物の下胚軸長および幼根長をそれぞれ測定した。実験は、葉を入れず寒天のみとした対照区も設け、いずれも3反復で行った。

実験 2. 土壤検定法による評価

本実験は、2010年5月から12月にかけて宮崎大学農学部作物学研究室において行った。供試土壤は、前述のナンヨウアブラギリにおける株元(株から10 cm付近) および株間(株間 2 mの中間部)とし、また同一圃場内でもナンヨウアブラギリの根の伸長が見られない株から離れた場所(株からおよそ 2 m付近)の土壤を対照土壤(以下、対照)として供した。実験は5月より毎月行ったが、採取したそれぞれの土壤は2 mmのふるいでふるった後、6穴マルチディッシュの各穴に5 gずつ分配した。その表面にレタス種子を5粒ずつ、同じ方向に向けて播種した。播種後、マルチディッシュは20一定、暗条件下の温度勾配恒温器内に設置してレタスを培養し、播種後3日目に幼植物の下胚軸長および幼根長をそれぞれ測定した。実験は、いずれも3反復で行った。

結 果

1. サンドイッチ法による評価

ナンヨウアブラギリの様々な様態の葉を用いて、レタス幼植物への影響を評価した。まず、レタス下胚軸について見ると、6月および8月では50 mgの乾燥葉において対照と比較して57.6~60.2%の長さとなって有意に短かった。9月になると、いずれの葉の場合も対照と有意な差は見られなかったが、10 mgの乾燥葉と比較して10 mgの幼葉あるいは乾燥幼葉の場合にレタス下胚軸長は約40~

55%の長さとなって有意に短かった。11月では、いずれの葉においても対照との間に差異は見られなかったが、12月になると50 mgの生葉あるいは10 mgの乾燥幼葉において対照よりも約160%の長さとなって有意に長かった(表1)。

レタス幼根に対するナンヨウアブラギリ各葉の影響を見ると、6月では全ての葉において、また7月では10 mgの乾燥葉を除いた全ての葉の場合に対照と比較してその長さが25.9~70.6%となって有意に短かった。8月では、50 mgの乾燥葉の場合にのみ対照よりも約40%の長さとなって有意に短かった。9月では、幼葉あるいは乾燥幼葉の場合に、また50 mgの乾燥葉あるいは枯死葉においてもそれぞれ対照よりも有意に短く、33.3~58.5%の長さとなった。10月になると、50 mgの乾燥葉、枯死葉、幼葉および乾燥幼葉の場合に対照よりも有意に短くなり、特に乾燥葉および枯死葉では12月まで対照と比較して40%以上の長さとなって有意に短く推移した(表2)。

2. 土壤検定による評価

ナンヨウアブラギリの栽培土壤についてレタス幼植物に対する影響を時期別に検討した。レタス下胚軸では、7月および10月に株間の土壤の場合に、また9月では株元の土壤の場合に他の土壤と比較してそれぞれ約70%あるいは約40%の長さとなって有意に短かった(表3)。レタス幼根長では、7月~10月および12月において差異が見られ、7

表1. ナンヨウアブラギリ葉の様態とその重量がレタス下胚軸長に及ぼす影響の時期別推移

様態	重量	調査月(2010年)						
		6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
		長さ (mm)						
生 葉	10 mg	7.9 ^{ab}	6.8	10.4 ^a	8.9 ^{ab}	5.7	4.2 ^{ab}	6.7 ^{ab}
	50 mg	9.1 ^a	6.6	8.7 ^a	9.6 ^{ab}	7.9	5.2 ^a	7.7 ^a
乾 燥 葉	10 mg	6.7 ^{ab}	9.1	7.9 ^{ab}	10.1 ^a	7.9	5.1 ^a	5.8 ^{abc}
	50 mg	5.3 ^b	7.9	5.3 ^b	6.6 ^{bc}	6.4	3.0 ^{ab}	4.6 ^{bd}
枯 死 葉	10 mg				7.9 ^{abc}	5.2	4.9 ^{ab}	6.4 ^{ab}
	50 mg				6.7 ^{bc}	5.1	2.8 ^b	4.1 ^{cd}
幼 葉	10 mg				4.0 ^c	6.0	2.7 ^{ab}	2.0 ^d
	50 mg				6.0 ^{abc}	5.3	4.7 ^{ab}	6.7 ^{ab}
乾燥幼葉	10 mg				5.7 ^c	8.0	5.0 ^{ab}	8.0 ^a
	50 mg				8.0 ^{abc}	7.0	3.7 ^{ab}	6.0 ^{abc}
対照		9.2 ^a	6.6	8.8 ^a	7.9 ^{abc}	6.7	4.4 ^{ab}	4.8 ^{bd}

1) 異なるアルファベットは5%レベルで有意差あり(Tukey-Kramer法)。

表2. ナンヨウアブラギリ葉の様態とその重量がレタス幼根長に及ぼす影響の時期別推移

様態	重量	調査月(2010年)						
		6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
		長さ (mm)						
生葉	10 mg	11.7 ^b	11.3 ^{bc}	19.1 ^a	16.0 ^{ab}	13.1 ^a	11.1 ^a	13.0 ^a
	50 mg	9.6 ^b	8.6 ^c	11.8 ^b	13.3 ^{ab}	14.4 ^{ab}	7.4 ^{bcd}	12.6 ^{ab}
乾燥葉	10 mg	8.4 ^{bc}	13.9 ^{ab}	14.9 ^b	12.8 ^{ab}	11.6 ^{abc}	9.9 ^{abc}	9.0 ^{bc}
	50 mg	4.6 ^c	9.8 ^c	6.2 ^c	7.4 ^c	6.0 ^d	4.4 ^{de}	5.3 ^d
枯死葉	10 mg				13.2 ^{ab}	10.0 ^{bc}	9.6 ^{abc}	11.4 ^{ab}
	50 mg				6.9 ^c	4.4 ^d	4.1 ^e	5.6 ^d
幼葉	10 mg				7.7 ^{bc}	13.0 ^{abc}	6.7 ^{bcde}	6.0 ^{cd}
	50 mg				9.3 ^{bc}	7.7 ^{cd}	10.0 ^{abc}	12.7 ^{ab}
乾燥幼葉	10 mg				9.3 ^{bc}	14.3 ^{abc}	9.7 ^{abc}	14.0 ^a
	50 mg				5.3 ^c	7.7 ^{cd}	5.7 ^{cde}	8.3 ^{bcd}
対照		17.7 ^a	16.0 ^a	15.7 ^{ab}	15.9 ^a	15.9 ^a	10.4 ^{ab}	13.0 ^a

1) 異なるアルファベットは5%レベルで有意差あり(Tukey-Kramer法).

表3. ナンヨウアブラギリ栽培土壌がレタス下胚軸長に及ぼす影響の時期別推移

採取場所	調査月(2010年)							
	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
長さ (mm)								
株元	7.6	11.8	11.1 ^a	10.2	3.7 ^b	10.8 ^a	7.2	3.1
株間	5.1	9.8	7.1 ^b	10.4	7.7 ^a	7.7 ^b	5.3	2.8
対照	9.0	10.0	9.0 ^{ab}	10.7	9.9 ^a	7.8 ^{ab}	6.8	4.1

1) 異なるアルファベットは1%レベルで有意差あり(Tukey-Kramer法).

表4. ナンヨウアブラギリ栽培土壌がレタス幼根長に及ぼす影響の時期別推移

採取場所	調査月(2010年)							
	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
長さ (mm)								
株元	10.1	16.2	11.6 ^{ab}	14.7 ^{ab}	8.0 ^b	17.2 ^a	16.3	6.0 ^b
株間	10.3	14.7	9.0 ^b	16.2 ^a	12.3 ^{ab}	10.7 ^b	12.1	7.1 ^{ab}
対照	12.1	17.0	13.1 ^a	12.7 ^b	13.7 ^a	13.7 ^{ab}	11.7	8.6 ^a

1) 異なるアルファベットは1%レベルで有意差あり(Tukey-Kramer法).

月および10月では株間の土壌の場合に、9月および12月では株元の土壌の場合にそれぞれ約65%と有意に短かった。8月では、対照土壌よりも株間の土壌において127.6%の長さとなって有意に長かった(表4)。

考察

ナンヨウアブラギリを用いてレタス幼植物へのアレロパシー活性の影響を評価した。供試した5種類の様態の葉は、レタス下胚軸に対して一部では時期により葉の様態によって長さが短くなった

が、実験期間中では小さかった。一方、レタス幼根に対しては乾燥葉、枯死葉および乾燥幼葉などの水分含量の低い葉の場合に伸長が著しく阻害される傾向が認められた。すなわち、ナンヨウアブラギリの葉にはアレロパシー物質が含まれており、葉の水分含量が低下した場合にその活性が強くなることが明らかとなった。生葉ではレタスの幼根伸長が阻害されていないことから、葉の乾燥により細胞質内が委縮し、そのために質内に含まれる化学物質が濃縮されて活性が高まったものと推察された。Maら(2011)はナンヨウアブラギリの葉

および根から最も多く抽出されたアゼライン酸 (azelaic acid) について、トウモロコシ (*Zea mays* L.) を検定植物とした生物検定を行い、 $500 \mu\text{g ml}^{-1}$ 以上の濃度になると発芽および幼根伸長を強く阻害したとされている。すなわち、本実験においてもアゼライン酸がレタスの幼根伸長を阻害した可能性があるものと推察された。しかし、同じトウダイグサ科のアカギ (*Bischofia javanica*) には、植物生育阻害物質としてL-酒石酸 (山谷ら 2007)、あるいはアレロパシー原因物質と考えられているフェノール酸類あるいは桂皮酸類等のフェノール物質が含まれていることが確認されている (大平 1995)。今後はそれぞれの葉に含まれる阻害活性物質を同定し、さらに定量する必要がある。一方、レタス下胚軸あるいは幼根への影響について、6月から12月までの7カ月間に及んで葉のアレロパシー活性を調査したが、時期による差異は見られなかった。イネ (*Oryza sativa* L.) では、出穂前よりも6葉期の葉身における水抽出液でレタスに対するアレロパシー活性が高いとされており (Ebana *et al.* 2001)、植物によっては生活環の中でもアレロパシー活性に差異が見られるようであるが、ナンヨウアブラギリの葉については生育時期による差異はないものと考えられた。

次に、ナンヨウアブラギリの周辺土壌を用いたレタス幼植物への影響を評価したが、対照の土壌と比較して9月では株元の土壌において、また7月および10月では株間の土壌においてレタス下胚軸および幼根の伸長をそれぞれ有意に阻害した。9月はナンヨウアブラギリの開花時期であるため、本実験の結果から生殖成長段階では他の生育時期と比較すると何らかの生理活性物質が土壌中に多く浸出している可能性が考えられた。7月および10月の株間における影響については、6月の梅雨明け後あるいは10月の開花後において同化が活発となり、そのために養水分の吸収が多く行えるように根を多く発生・伸長させる一方で、根圏に多くの化学物質を放出している可能性があるのではないかと推察された。今後はナンヨウアブラギリの根の伸長について、時期的影響も含めて調査する必要がある。また、根圏に分泌される化学物質の種類あるいはその量は、ナンヨウアブラギリ植物体の地上部あるいは地下部の大きさによって異なる可能性があるものと考えられる。本実験で

は、2009年より栽培を開始した2年木についてその周辺土壌を採取したが、ナンヨウアブラギリ地上部の大きさに関する形質、すなわち樹幹の高さあるいは茎径等については調査しなかった。したがって、今後はナンヨウアブラギリの地上部生育と根圏に分泌される化学物質との関係についても明らかにする必要がある。

本研究により、ナンヨウアブラギリにアレロパシー活性が認められた。特に、乾燥葉あるいは枯死葉においてアレロパシー活性が強いことが分かったことから、自然落葉が周辺の植物に何らかの影響を及ぼすことが懸念される。しかし、ナンヨウアブラギリを栽培する中で十分な管理を行うことにより、落葉を利用して雑草防除等に役立てられる可能性がある。そのためには、今後雑草を指標としたアレロパシー活性を評価することが必要であり、また葉中のアレロパシー物質を同定することも重要である。

要 約

ナンヨウアブラギリを栽培する上で周辺環境に対する影響を明らかにするために、生育期間中の葉および栽培土壌についてそれらのアレロパシー活性を検討した。

1. ナンヨウアブラギリの様々な様態の葉を用いてレタスに対するアレロパシー活性を評価したが、6月～12月の間で乾燥葉、枯死葉あるいは乾燥幼葉においてレタスの幼根伸長を強く阻害する傾向が見られた。
2. ナンヨウアブラギリの栽培土壌を用いてレタスに対するアレロパシー活性を評価したが、9月では株元において、7月および10月では株間においてレタスの下胚軸長および幼根長が対照土壌と比較して有意に短かった。

キーワード：アレロパシー、根圏、土壌、ナンヨウアブラギリ、葉

謝 辞

本研究は、平成20年度において特定非営利活動法人エコライフ・西都との共同研究の中で実施された。

引用文献

- Ebana, K., W. Yan, R.H. Dilday, H. Namai and K. Okuno (2001) Variation in the allelopathic effect of rice with water soluble extracts. *Agron. J.* **93**, 12-16.
- Francis, G., K. Becker, and R. Edinger (2005) A concept for simultaneous wasteland reclamation, fuel production, and socioeconomic development in degraded areas in India. Need, potential and perspectives of *Jatropha* plantations. *Nature Resources Forum* **29**, 12-24.
- 藤井義晴・澁谷知子 (1991) 寒天培地を用いた他感作用検定手法. 雑草研究 36 (別), 150-151.
- Heller, J. (1996) 6. Uses -Plant protectant and molluscicide-. In *Physic nut (Jatropha curcas L.)*. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy, pp. 19-20.
- 笠置千晶・玉泉幸一郎 (2008) 油脂植物 *Jatropha curcas* L. の遺伝子組み換え系の確立. 九州森林研究 61, 118-120.
- 北川浩史・坂田知浩・登坂 茂・藤原康博 (2007) 植物系バイオ燃料によるディーゼル機関の排気特性に関する研究. 日本機械学会北海道支部 46, 141-142.
- Lutz, A. (1992) Vegetable oil as fuel. An environmentally and socially compatible concept for Mali. *Gate* 4/92, 38-46.
- Ma, Y., J. Chun, S. Wang and F. Chen (2011) Allelopathic potential of *Jatropha curcas*. *African J. Biotechnol.* **10**, 11932-11942.
- Molisch, H. (1937) Der einfluss einer pflanze auf die andere-allelopathie. Verlag von Gustav Fischer, Jena, pp. 1-101.
- 農林水産省 (2007) バイオマス・ニッポン総合戦略. http://www.maff.go.jp/j/biomass/pdf/h18_senryaku.pdf (2013年3月18日閲覧)
- 農林水産省農村振興局農村政策部農村計画課 (2008) 平成20年度耕作放棄地全体調査と農業センサスの関係について. <http://www.maff.go.jp/j/nousin/tikei/houkiti/pdf/kekka.pdf> (2011年2月17日閲覧).
- 大平辰郎 (1995) 樹木抽出成分の生物活性と効率的抽出に関する研究. 筑波大学大学院学位 (博士) 論文要旨, 420-421.
- 山谷紘子・平舘俊太郎・藤井義晴 (2007) 外来植物アカギに含まれる植物生育阻害物質 L-酒石酸. 農業技術研究所, 研究成果情報. http://www.affrc.go.jp/ja/agropedia/seika/data_niaes/h19/result24_30 (2011年2月17日閲覧).
- 横山信也・澤山茂樹・石田祐三郎 (2004) エネルギー作物の事典 (N. El Bassam 著). 恒星社厚生閣, 東京, pp. 192-198.
- 吉田貴紘・田中良明・藤間剛・山本幸一 (2008) インドネシアにおけるナンヨウアブラギリの植栽及びバイオディーゼル (BDF) 変換利用の現状. バイオマス科学会議発表論文集 3, 50-51.