

バレイショ茎断片培養法を用いた数種塊根茎作物の抽出物の塊茎形成活性の比較

誌名	日本作物學會紀事
ISSN	00111848
著者	中谷, 誠 幸田, 泰則
巻/号	61巻3号
掲載ページ	p. 394-400
発行年月	1992年9月

バレイショ茎断片培養法を用いた数種塊根茎作物の抽出物の 塊茎形成活性の比較*

中 谷 誠・幸 田 泰 則**

(農業研究センター・**北海道大学農学部)

1992年1月8日受理

要 旨 : 塊根茎作物の貯蔵器官形成のメカニズム解明に資するため、バレイショ茎断片培養法を生物検定系として用い、我が国への新規導入が期待される塊根茎作物を含め9種の植物の抽出物の塊茎形成活性を調査・比較した。

供試した植物の地上部抽出物の内、バレイショの塊茎形成を誘導する活性が強かったのは、サツマイモの水溶性分画と酸性酢酸エチル (AE) 分画、キクイモの AE 分画、ヤーコンの AE 分画、スギナの AE 分画で、キャッサバの AE 分画も比較的強い活性を示した。一方、食用カンナ、コンニャク、サトイモや塊根を形成しないサツマイモ近縁野生種では、いずれの分画も活性は低かった。強い活性を示した分画の内、サツマイモの AE 分画に存在する活性物質は精製の結果、ジャスモン酸と同定した。また、スギナの AE 分画に存在する活性には ABA が関与しているものと思われた。

地下貯蔵器官の抽出物では、AE 分画にバレイショ塊茎形成活性を示すものが見られ、キクイモの塊茎で特に活性が高く、キクイモのふく枝、ヤーコンの塊茎や塊根、サツマイモの塊根、キャッサバの塊根も比較的高い活性を示した。一方、食用カンナの肥大茎、コンニャクの球茎、サトイモの塊茎では活性が弱く、コンニャクの吸枝では全く活性は認められなかった。

上記のバレイショ塊茎形成活性を指標にして、地下貯蔵器官形成の生理的機構のバレイショとの類似性という視点で塊根茎作物を比較・類別すると、塊茎作物の内キクイモ、ヤーコンは類似性が高く、塊根作物のサツマイモ、キャッサバでも一定の類似性を持っているが、サトイモ、食用カンナ、コンニャクではバレイショとの類似性は低いと思われた。

キーワード : 塊根茎作物, 新規導入作物, ジャスモン酸, 地下貯蔵器官, バレイショ塊茎形成活性.

Potato Tuber-Inducing Activity of the Extracts of Some Root and Tuber Crops : Mokoto NAKATANI and Yasunori KODA** (*National Agriculture Research Center, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan* ; ***Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Sapporo 060, Japan*)

Abstract : Potato tuber-inducing activities in the extracts of nine species of plants which formed underground storage organ were compared by tissue culture system of single-node segments of potato stems *in vitro*.

Among the extracts from top organs of the plants, the potato tuber-inducing activities were found in aqueous fraction from sweet potato (*Ipomoea batatas*) and in acid ethyl acetate (AE) fractions from sweet potato, Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*), yacon (*Polymnia sonchifolia*), cassava (*Manihot esculenta*) and field horsetail (*Equisetum arvense*). The active substance in AE fraction from sweet potato was purified by HPLC and identified as jasmonic acid by EI mass spectrometry. The activity in AE fraction of field horsetail seemed to relate with abscisic acid by purification using HPLC. The extracts from top organs of purple arrowroot (*Canna edulis*), taro (*Colocasia esculenta*), elephant foot (*Amorphallus konjac*) and sweet potato-related wild species which formed no tuberous root (*Ipomoea trifida*) showed no or low activities.

The activity of AE fraction from tubers of Jerusalem artichoke was very high. The high activities were also found in AE fractions from stolon of Jerusalem artichoke, tuber and tuberous root of yacon and tuberous root of sweet potato and cassava. The extracts from thickening stem of purple arrowroot, tuber of taro, corm and cormlet of elephant foot showed no or low activities.

From the above results, these plants were categorized from the point of view in the similarity in physiological mechanism of formation of underground storage organ with that of potato. Tuber crops in which tubers are formed after cessation of stem growth seem to have similar mechanism of tuber formation with potato. Some root crops also have some similarities. On the other hand, the similarities with potato seem to be low in tuber crops in which tubers thicken from the base of stem.

Key words : Jasmonic acid, Potato tuber-inducing activity, Root crops, Tuber crops, Underground storage organ.

地下部に貯蔵器官を形成し、それを利用する塊根

茎作物は世界各地域に数多くの種類が見られ、これらの中にはわが国への新規導入が期待されるものも

* 大要は第192回講演会 (平成3年11月) において発表。

第1表 供試材料。

和名	学名	科名	品種・系統名 または入手元	地下貯 蔵器官	試料採取時の生育状況等	
					8月13日	10月5日
サツマイモ	<i>Ipomoea batatas</i>	ヒルガオ科	コガネ センガン	塊根	苗 ¹⁾ 塊根肥大中 ²⁾	
サツマイモ 近縁野性種	<i>Ipomoea trifida</i>	ヒルガオ科	熱研センター より分譲	塊根不形成	開花中	
キャッサバ	<i>Manihot esculenta</i>	トウダイ グサ科	伊豆系	塊根	塊根未形成	塊根肥大中
ヤーコン	<i>Polymnia sonchifolia</i>	キク科	四国農試 より分譲	塊根及 び塊茎		塊茎および 塊根肥大中
キクイモ	<i>Helianthus tuberosus</i>	キク科	九州・都城 の在来系統	塊茎	塊茎未形成 ふく枝伸長中	塊茎肥大中 開花中
食用カンナ	<i>Canna edulis</i>	カンナ科	赤茎種	肥大茎 (茎基部)	茎基部 肥大中	茎基部 肥大中
コンニャク	<i>Amorphallus konjac</i>	サトイ モ科	アカギ オオダマ	球茎	球茎肥大中	地上部 枯死開始
サトイモ	<i>Colocasia esculenta</i>	サトイ モ科	石川早生	塊茎		塊茎肥大中
スギナ	<i>Equisetum arvense</i>	トクサ科		根茎及 び塊茎		地上部 黄変開始

1) 苗床より採取, 2) 圃場にて生育中の材料。

少なからず存在する。塊根茎作物では塊茎や塊根等の地下部貯蔵器官が収穫目的となるため、農業上、これら地下貯蔵器官の形成は極めて重要な過程である。また、近年難防除雑草として問題となっている多年性雑草は地下貯蔵器官を有するものが多い。従って、地下貯蔵器官形成のメカニズムの解明は、塊根茎作物についての技術開発や雑草防除に係わる基礎的知見を得るという意味で重要な課題である。

近年、いくつかの塊根茎作物については、地下貯蔵器官形成に対する植物生長調節物質の関与の観点から、貯蔵器官形成のメカニズムの解明が進められ、バレイショについては、特異的な塊茎形成物質が同定されている¹⁾。しかし一方で、地下貯蔵器官形成のメカニズムが全く不明のまま残されている塊根茎作物も少なくない。各塊根茎作物は、それぞれ独特の地下貯蔵器官形成機構を持っていると想定され、個々の作物についての解明が必要であると考えられる。しかし、そのような解明を進めていく上で、各塊根茎作物について、現在比較的検討が進んでいるバレイショの塊茎形成機構との類似性の有無を明らかにすることは有意義なことであると考えられる。また、ある一定の尺度で、種々の塊根茎作物の地下貯蔵器官形成機構を比較・検討することは、塊根茎

作物の適応戦略や進化を考える上でも意義深いと思われる。

上述のバレイショ塊茎形成物質の単離は *in vitro* の茎断片培養法を生物検定系として用いることによつて行われた⁴⁾。現在のところ、地下貯蔵器官形成刺激活性を検定できる実験系として確立されたものは極めて少ない。バレイショ茎断片培養法については、塊茎形成活性を持つ化合物がある程度明らかにされている⁵⁾ ので、種々の塊根茎作物の比較を行う場合、有用な方法と考えられる。

本研究では、この検定系を用い、わが国への新規導入が期待される作物を含め、いくつかのタイプの塊根茎作物を材料として、その抽出物のバレイショ塊茎形成活性を検定した。そして、それら活性を指標としてバレイショ塊茎形成機構との類似性という視点で塊根茎作物を比較・類別した。また、バレイショの塊茎形成活性を示した作物抽出物の一部については、その活性物質の精製、同定を行った。

材料と方法

供試材料として、第1表に示す9種の植物を用いた。これらの内、スギナを除く各作物については農業研究センター内の試験圃場において、1990年5月

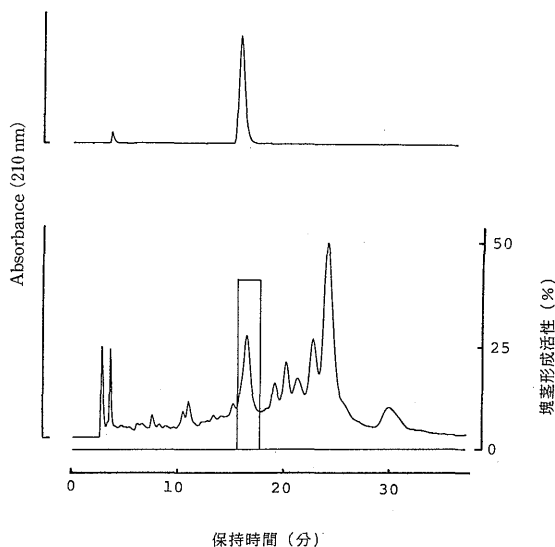
第2表 数種地下作物の地上部抽出物がパレイショ茎断片培養における塊茎形成率に及ぼす影響。

植物名	分画	塊茎形成率 (%)	
		採取日 8月13日	10月5日
サツマイモ	AQ	50	23
	AE	46(苗)	17 (圃場)
	NE	0	0 生育中)
<i>Ipomoea trifida</i>	AQ		13
	AE		0
	NE		0
キャッサバ	AQ		25
	AE		0
	NE		9
ヤーコン	AQ		21
	AE		47
	NE		7
キクイモ	AQ		14
	AE		36
	NE		0
食用カンナ	AQ		7
	AE		14
	NE		0
コンニャク	AQ		0
	AE		13
	NE		0
サトイモ	AQ		7
	AE		12
	NE		0
スギナ	AQ		7
	AE		50
	NE		7

- 1) AQ: 水溶性分画, AE: 酸性酢酸エチル分画, NE: 中性酢酸エチル分画.
- 2) 塊茎形成率は塊茎着性茎数/総発生茎数 (%) で表示した.
- 3) 検定はいずれも 0.3 g 生重相当/ml 培養液の濃度で行った.
- 4) 対照区の塊茎形成率はいずれも 0% であった.

下旬から6月中旬に植え付けを行い、サトイモとヤーコン以外の作物はポリマルチ栽培とし、いずれも基肥として 3:10:10 化成肥料を a 当たり 10 kg 施用し、サトイモについては若干の窒素追肥を行った。

8月13日にサツマイモの苗を苗床より採取するとともに、圃場に生育中のサツマイモ及びその近縁野生種、キャッサバ、キクイモ、食用カンナ、コンニャクの地上部と地下部を採取した。また、10月5日には、サツマイモとその近縁野生種を除く各作物の採取を行うとともに、農業研究センター敷地内に



第1図 サツマイモ苗抽出物の酸性酢酸エチル分画由来の粗精製物のクロマトグラムおよび各溶出分画のパレイショ塊茎形成活性(下段)並びに標品ジャスモン酸のクロマトグラム(上段)。カラム:ラジアルパック・ノバパック C₁₈, 溶媒:50% メタノール, 0.1% 酢酸, 流速:1 ml/min.

自生するスギナの地上部を採取した。なお、材料採取時の各植物の生育状況等は第1表に記した。材料採取後、地上部は茎葉を分離せずに 1 kg を秤取りし、地下部については貯蔵器官を分別して秤量し、-80°C にて凍結・保存した。

これら材料に、終濃度 70~80% となるようにメタノールを加え、磨砕後、4°C 暗所にて 1~3 日間抽出を行った。抽出液は吸引ろ過の後、40°C、減圧下でメタノールを留去し、少量のブタノールを加えながらさらに濃縮した。これらの溶液を Koda ら⁶⁾ に準じて粗精製した。すなわち、溶液の pH を 1N HCl で約 3.0 に調整した後、酢酸エチルを用いて 3 回抽出し、水溶性分画(以下、AQ 分画と略)と酢酸エチル層に分けた。酢酸エチル層はさらに、1M 炭酸水素ナトリウム溶液と分配し、水層を酸性とした後、再び酸性エチルで抽出し、酸性酢酸エチル可溶性分画(以下、AE 分画と略)を得た。酢酸エチル層は乾固し、0.5 M NaOH 中で 3~5 時間室温にて加水分解後、AE 分画と同様に分配・抽出し、中性酢酸エチル可溶性分画(以下、NE 分画と略)とした。AQ 分画はそのまま、AE 分画と NE 分画は乾固後、30% エタノールに溶解し、活性炭カラムに通し、活性成分を吸着させた。そして、AQ 分画を処理した

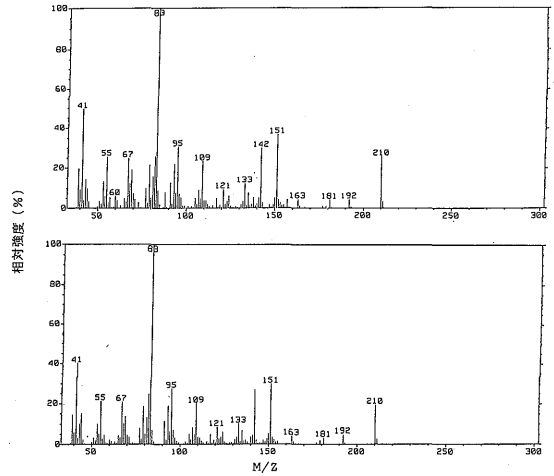
カラムは水, 30% メタノールで, また, AE 分画と NE 分画を処理したカラムは水, 30% エタノールでそれぞれ順次洗浄し, いずれもエタノールを用いてカラム吸着物を溶出した。

これらの一部を採り, 乾固後, 少量の DMSO に溶解し, Koda and Okazawa³⁾ のバレイシヨ茎断片培養法による塊茎形成活性の検定に供した。この検定法は, 被検物を含む培地にバレイシヨの茎断片を置床し, 塊茎着生茎数を総分枝発生茎数で除した塊茎形成率を指標に活性を評価するものである。この際, バレイシヨとの比較を念頭に置き, 通常の塊茎誘導条件下に置かれたバレイシヨ抽出物の塊茎形成率が 50% 程度になるような条件で検定を行った。すなわち各植物地上部の抽出物については, 培地 1 ml 当たり 0.3 g 生重相当の抽出物を, 地下部については 1 g 生重相当の抽出物を培地に添加して検定を行った。

この検定において, 塊茎形成活性が認められた分画の内, サツマイモ苗由来の AE 分画並びにスギナ地上部由来の AE 分画については, 高速液体クロマトグラフィー (HPLC) により, さらに分画を進め, 分離された各分画について同様の方法で塊茎形成活性の検定を行った。まず, シリカゲル ODS カラム (フジゲル RQ-2) を用いて, 60% メタノール, 0.1% 酢酸の溶媒系で, 3 ml/min の流量で分離した。活性分画は引き続き, NOVA PAK C₁₈ カラムを用いて, 50%, メタノール, 0.1% 酢酸の溶媒系で, 1 ml/min の流量で分離した。活性分画はさらに, 同様のカラムにて, 溶離液を 30% アセトニトリル, 0.1% 酢酸として分離し, 活性の検定を行った。サツマイモ由来の活性分画については, 北海道大学農学部 GC-MS, NMR 測定室に依頼し, EI マスペクトルを測定して, 同定を行った。

結 果

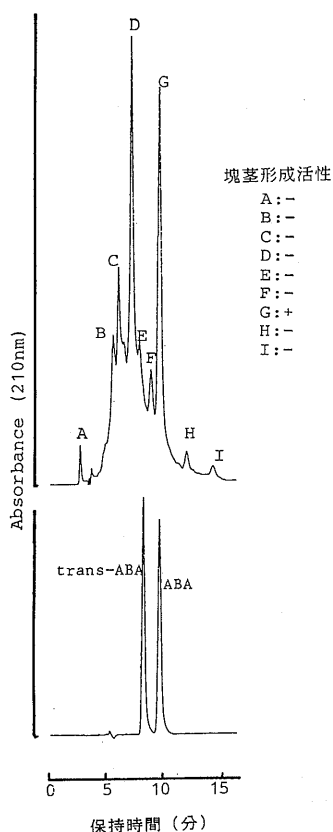
地上部由来の抽出物を培地に添加した場合のバレイシヨ茎断片培養における塊茎形成率を第 2 表に示した。いずれの植物においても, NE 分画には強い塊茎形成活性は認められなかった。作物別に塊茎形成活性を見ると, サツマイモでは, 苗でも圃場に生育中の材料でも, AQ 分画と AE 分画に活性が認められ, 両分画とも苗の方がやや活性が強かった。サツマイモ近縁野生種では, AQ 分画に弱い活性が認められたが, AE 分画には活性は認められなかった。キャッサバでは, 8 月に採取した材料でも, 10 月採



第 2 図 標品ジャスモン酸 (上段) 並びにサツマイモ苗抽出物の酸性酢酸エチル分画由来のバレイシヨ塊茎形成分画 (下段) の EI マスペクトル。

取の材料でも, AQ 分画には同程度の活性が見られたのに対し, AE 分画については, 塊根形成前の 8 月に採取した材料では活性が認められず, 10 月の材料では活性が認められた。10 月にのみサンプリングを行ったヤーコンでは AQ 分画, AE 分画ともに活性が認められたが, AE 分画の活性の方が強かった。キクイモでは AQ 分画に弱い, AE 分画に強い活性が認められ, AQ 分画の活性は 8 月と 10 月採取の材料でほとんど同程度であったが, AE 分画の活性は 10 月の材料の方がやや高かった。食用カンナとコンニャクについては, AE 分画に弱い活性が認められた。サトイモでは, AQ 分画と AE 分画に弱い活性が認められた。スギナでは AE 分画に強い活性が認められた。

これら地上部由来の活性分画のうち, サツマイモ苗の AE 分画については, HPLC による精製を 3 次にわたって行い, 第 1 図に示すクロマトグラムを得た。精製した活性物質は, 第 2 図に示すようなマスペクトルを示し, ジャスモン酸 (以下, JA と略) と同定された。なお, HPLC のピーク面積より算出した JA 含量は $195 \mu\text{g} \cdot \text{Kg}^{-1}$ であった。スギナの AE 分画由来の活性分画についても HPLC による分離・精製を行い, 第 3 図に示すようなクロマトグラムを得た。主要活性分画の保持時間はアブシジン酸 (以下, ABA と略) のそれと一致し, この分画のバレイシヨ塊茎形成活性には ABA が関与している可能性が高いと思われた。



第3図 スギナ地上部抽出物の酸性酢酸エチル分画由来の粗精製物のクロマトグラムおよび各溶出分画のパレイショ塊茎形成活性(上段)並びに標品アブシジン酸のクロマトグラム(下段)。カラム:ラジアルパック・ノバパック C₁₈, 溶媒:50% アセトニトリル, 0.1% 酢酸, 流速:1 ml/min.

地下部由来の抽出物を培地に添加した場合のパレイショ茎断片培養における塊茎形成率を第3表に示した。なお、地下部の場合、地上部の場合の約3倍の濃度にて抽出物を添加して検定した。また、コンニャク球茎の抽出物の場合、培地に置床したパレイショ茎断片の1/4~1/3からしか分枝の発生がなかったので2回検定を行い、両検定結果を合計して塊茎形成率を算出した。

作物別に地下部抽出物の塊茎形成活性を見ると、サツマイモやキャッサバの塊根では、AE分画にやや強い活性が認められ、ヤーコンでは塊茎のAE分画に強い、塊茎のAQ分画と塊根のAE分画にやや強い活性が認められた。キクイモでは、ふく枝のAQ分画、AE分画にやや強い活性が、塊茎のAE分画に非常に強い活性が認められた。食用カンナの

第3表 数種地下作物の地下部の抽出物がパレイショ茎断片培養における塊茎形成率に及ぼす影響。

採取日	作物名	器官	分画	塊茎形成率 (%)
8.13	サツマイモ	塊根	AQ	8
			AE	36
			NE	7
10.5	キャッサバ	塊根	AQ	0
			AE	33
			NE	0
			AQ	7
10.5	ヤーコン	塊根	AE	27
			NE	0
10.5	ヤーコン	塊茎	AQ	25
			AE	42
			NE	0
8.13	キクイモ	ふく枝	AQ	20
			AE	33
			NE	
10.5	キクイモ	塊茎	AQ	7
			AE	71
			NE	9
10.5	食用カンナ	肥大茎 (茎+ 葉基部)	AQ	0
			AE	13
			NE	0
10.5	コンニャク	球茎	AQ	9
			AE	10
			NE	7
10.5	コンニャク	吸枝 (生子)	AQ	0
			AE	0
			NE	
10.5	サトイモ	塊茎	AQ	0
			AE	13
			NE	0

- 1) 検定はいずれも1g生重相当/ml培養液の濃度で行った。
- 2) コンニャク球茎の値は2回の検定の合計より算出した。
- 3) その他は第2表と同様。

肥大茎、コンニャクの球茎、サトイモの塊茎では、いずれもAE分画に弱い活性が認められたが、コンニャクの吸枝には塊茎形成活性は認められなかった。

考 察

本実験では、シダ植物、双子葉植物、単子葉植物に属するもので、地下貯蔵器官のタイプが異なるいくつかの植物を供試した。地下貯蔵器官のタイプ別

に、抽出物のバレイショ塊茎形成活性の強弱を比較すると、最も活性が強かったのは、バレイショと同様、双子葉植物に属し、塊茎形成によって分枝の伸長が停止するタイプの塊茎を形成するキクイモやヤーコンであった。これらの内、特にキクイモについては、地上部、地下部抽出物ともバレイショ塊茎形成活性は高く、また抽出材料植物の塊茎形成に伴って活性が増加することから、バレイショと類似のメカニズムによって塊茎が形成されている可能性が高い。ところで、本実験で検定法として用いたバレイショ茎断片培養法では、バレイショの内生塊茎形成物質であるチュベロン酸やチュベロン酸と類似の化合物である JA やその関連化合物 (以下、JA 類と総称する。) が高い塊茎形成活性を示す⁵⁾。そして、キクイモでは JA と思われる物質の存在が報告されており¹³⁾、さらに同じ *Helianthus* 属のヒマワリにおいては JA が同定されているので¹⁰⁾、キクイモに含まれるバレイショ塊茎形成活性物質は JA 類であると思われる。また、同じキク科に属するヤーコンの活性物質についても、JA 類である可能性が高いと考えられる。一方、これらと分類学的には全く異なるスギナ抽出物においても高いバレイショ塊茎形成活性が認められたことは興味深い。このスギナ抽出物に存在するバレイショ塊茎形成活性の少なくとも一部分は ABA によっていると思われた。ABA は単独ではバレイショ茎断片培養法における塊茎形成を誘導し得ないとされている²⁾。しかしながら、スギナの ABA を含む分画が塊茎形成を誘導したことは、ABA と HPLC における挙動のよく似た何らかの夾雑物質との混在によって、ABA も塊茎形成を誘導し得ることを示すものと推察される。このような ABA の作用は、実際の塊茎形成を考える場合、非常に興味深いものではあるが、JA 類の検出のための検定法としてバレイショ茎断片培養法をみた場合、特異性という点で大きな問題となるものであり、JA 類への特異性の向上が今後の課題であると思われる。

キクイモやヤーコンと同様に茎が地下貯蔵器官に分化する植物でも、食用カンナ、コンニャク、サトイモでは、地上部、地下部抽出物ともバレイショ塊茎形成活性は低かった。この3種はいずれも単子葉植物であるが、同じ単子葉に属するヤマイモでは JA が同定され、地下貯蔵器官形成との関連が示唆されている⁶⁾ ので、抽出物のバレイショ塊茎形成活性が低いことが単子葉植物の塊茎作物に共通の特徴

であるとはいえない。この3種の地下貯蔵器官は、食用カンナでは伸長する主茎または分枝の基部、コンニャクでは球茎、サトイモでは塊茎であり、それぞれ貯蔵器官の名称は異なるものの、茎の基部が肥大する点では共通している。本実験で用いた検定法で高いバレイショ塊茎形成活性を持つ JA 類は一般に生長阻害作用を持つとされている¹⁴⁾。茎の基部が肥大するタイプの植物では、茎の伸長停止は必ずしも茎の肥大開始の必要条件ではないと考えられ、このようなタイプの植物の地下貯蔵器官形成のメカニズムは、バレイショとはかなり異なるものと推察される。ただし、コンニャクの吸枝 (生子) はバレイショの塊茎と同様、伸長を停止した分枝の先端部が肥大したものであり、また、コンニャクの主茎は全く伸長しない。コンニャク球茎の抽出物をバレイショの茎断片系で検定した場合、他の植物由来のものに比べ、分枝の発生がかなり少なかった。このことから、コンニャクはバレイショの塊茎形成活性を持たないタイプの茎の伸長抑制物質を含んでいる可能性もあるものと推察される。いずれにしても、このタイプの植物の地下貯蔵器官形成のメカニズムはほとんど検討されておらず、今後の検討が必要である。

地下貯蔵器官として塊根を形成する作物、すなわち、サツマイモ、キャッサバ、ヤーコンの地上部や塊根の抽出物にも比較的強いバレイショ塊茎形成活性が認められた。これの内、サツマイモ地上部の AE 分画に含まれる活性物質を JA と同定した。JA は広範な高等植物に含まれ¹⁰⁾、老化促進や特定のタンパク質の誘導¹⁴⁾、茎の生長抑制⁷⁾ や塊茎形成^{5,6)} 等の生理作用が報告されている。しかし、これまでサツマイモにおいて JA の存在が確認された例はなく、外生 JA がサツマイモに及ぼす影響についても不明であるが、上述の他の植物の報告例からみて、本実験で得られたサツマイモでの JA の存在量は何等かの生理作用を起こし得る濃度であったと思われる。一方、サツマイモ地上部の AQ 分画に存在する活性物質は未同定であるが、JA の関連化合物である可能性が高いと思われる。そして、サツマイモ地上部には、比較的強いバレイショ塊茎形成活性があったのに対し、塊根を形成しない *Ipomoea* 属近縁野生種ではほとんど活性が認められなかったこと、キャッサバの塊根形成にもなって、地上部抽出物の AE 分画の塊茎形成活性が増加したことなどから、JA 等のバレイショ塊茎形成を誘導し得る物質が、塊根の形成にも何らかの役割を果たしている可能性

はあると思われる。JA 類は地上部でリポキシゲナーゼが関与する反応等により合成される⁹⁾。通常は塊根形成しない *Ipomoea* 属野生種にサツマイモ栽培種の地上部を接ぎ木すると、地上部からの光合成産物以外の何らかの刺激により、ある程度は根の肥大が認められる場合がある¹⁾ ことも上述の可能性を支持するものと考えられる。ただし、塊根抽出物の活性は、茎の先端から肥大するタイプの塊茎、すなわちキクイモやヤーコンの塊茎のそれと比較するとやや低かった。特に、塊茎と塊根両方を形成するヤーコンでは、塊根抽出物の活性は塊茎のそれに比べ明らかに低かった。このことの生理的意義については不明であるが、今後塊茎形成と塊根形成のメカニズムの類似点や相違点を明らかにしていく上で、有益な情報となるものと思われる。バレイシヨの塊茎形成過程では、チュベロン酸が始発刺激となり、その後、サイトカニン等によって塊茎の発育が進むとされている¹³⁾。塊根作物の内、サツマイモについては、塊根形成とサイトカニンとの関連が報告されている^{9,11,12)} が、こうした他の生長調節物質と JA 類との関係についても今後の興味深い研究課題と思われる。

以上のように、抽出物のバレイシヨ塊茎形成活性を指標として、いくつかのタイプの塊根茎作物の貯蔵器官形成機構をバレイシヨとの類似性という点で類別すると、茎先端の伸長が停止することによって塊茎が形成されるタイプの作物ではバレイシヨとの類似性が高く、地下貯蔵器官として塊根を形成する作物でも、一定の類似性を持っているものと思われた。一方、茎基部から肥大が開始されるような塊茎作物の貯蔵器官形成機構はバレイシヨのそれとの類似性は低いと思われた。今後は各作物別に地下貯蔵器官形成機構の解明を進める必要があるが、本研究結果はこれらの検討を進める戦略を策定する上で、重要な知見となるとと思われる。

引用文献

1. 北条良夫・朴 正潤 1971. *Ipomoea* 属野生種および栽培種間の接木植物における物質生産. 農技研報 D 22: 145—164.
2. Koda, Y. and Y. Okazawa 1983. Influence of environmental, hormonal and nutritional factors on potato tuberization *in vitro*. Jpn. J. Crop Sci.

52: 582—591.

3. ——— and ——— 1988. Detection of potato tuber-inducing activity in potato leaves and old tubers. Plant Cell Physiol. 29: 969—974.
4. Koda, Y., E.A. Omer, T. Yoshihara, H. Shibata, S. Sakamura and Y. Okazawa 1988. Isolation of a specific potato tuber-inducing substance from potato leaves. Plant Cell Physiol. 29: 1047—1051.
5. Koda, Y., Y. Kikuta, H. Tazaki, Y. Tsujino, S. Sakamura and T. Yoshihara 1991. Potato tuber-inducing activities of jasmonic acid and related compounds. Phytochemistry 30: 1435—1438.
6. Koda, Y. and Y. Kikuta 1991. Possible involvement of jasmonic acid in tuberization of yam plants. Plant Cell Physiol. 32: 629—633.
7. Koda, Y., K. Yoshida and Y. Kikuta 1991. Evidence for the involvement of jasmonic acid in the control of the stem-growth habit of soybean plants. Physiol. Plant, 83: 22—26.
8. Lopez, R., W. Dathe, C. Brucher, O. Miersch, and G. Semdbner 1987. Jasmonic acid in different parts of the developing soybean fruit. Biochem. Physiol. Pflanz. 182: 195—201.
9. Matsuo, T., T. Yoneda and S. Ito 1983. Identification of free cytokinins and the changes in endogenous levels during tuber development of sweet potato (*Ipomoea batatas* Lam.). Plant Cell Physiol. 24: 1305—1312.
10. Meyer, A., O. Miersch, C. Butter, W. Dathe and G. Semdbner 1984. Occurrence of the plant growth regulator jasmonic acid in plants. J. Plant Growth Regul. 3: 1—8.
11. Nakatani, M. and M. Komeichi 1991. Changes in endogenous level of zeatin riboside, abscisic acid and indole acetic acid during formation and thickening of tuberous roots in sweet potato. Jpn. J. Crop Sci. 60: 91—100.
12. 中谷 誠・古明地通孝 1991. サツマイモにおける内生ゼアチンリポシド並びにアブシジン酸レベルの塊根内部位間差. 日作紀 60: 322—323.
13. 岡沢養三・喜久田嘉朗・幸田泰則 1988. Source と Sink との相互作用の生理的制御。—塊茎形成物質単離の試み— 農林水産技術会議事務局, グリーンエナジー計画成果シリーズ II 系, No 16: 2—16. 農林水産省, 東京.
14. Parthier, B. 1990. Jasmonates: Hormonal regulators or stress factor in leaf senescence? J. Plant Growth Regul. 9: 57—63.
15. Yoshihara, T., E.A. Omer, H. Koshino, S. Sakamura, Y. Kikuta and Y. Koda 1989. Structure of a tuber-inducing stimulus from potato leaves (*Solanum tuberosum* L.). Agric. Biol. Chem. 53: 2835—2837.