

健康野菜としてのノビルの可能性

誌名	農業および園芸 = Agriculture and horticulture
ISSN	03695247
著者名	石丸, 幹二 大島, 一里 福田, 伸二
発行元	養賢堂
巻/号	93巻5号
掲載ページ	p. 379-388
発行年月	2018年5月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



健康野菜としてのノビルの可能性

石丸幹二*・大島一里*・福田伸二*

〔キーワード〕：ノビル，フェノール配糖体，含硫化合物，組織培養，ウイルス

I. 緒言

ノビル (*Allium macrostemon* Bunge) は、東アジアに広く分布するヒガンバナ科ネギ属の多年生植物であり、日本においても北海道から沖縄県まで全国各地に生育している。古く万葉の時代から、日本の食文化における重要な山菜の一つとして親しまれている。初秋（9月初旬頃）に発芽し、冬季から初夏にかけて成長したのち、葉部が枯れるに伴って花茎を伸張し、5月から6月に花茎の先端に花をつける（図1）。花が終了したのち、夏季の期間は地上部が枯れる。ラッキョウに似た鱗茎を形成し、鱗茎の増殖、また初夏に花部に形成される珠芽の散布により繁殖する。葉と鱗茎には、ネギ類特有の香りがあり、中国では、ノビルやラッキョウの鱗茎は生薬（生薬名：薤白）として、健胃、整腸、鎮咳、去痰等に、また、かゆみや腫れもの、火傷の外用として利用されている¹⁾。日本では、野菜としての本格的な栽培、利用はなされていないが、農産物市場やインターネットでの販売は期間限定でなされている。中国では、鱗茎の乾燥粉末が機能性食品や医薬利用の目的



図1 ノビルの花

で販売されており、咳止めや去痰、喘息、赤痢や動脈硬化の改善、血小板凝集抑制等多様な健康効果が紹介されている。

佐賀大学では、2015年に学内設置された「佐賀大学すくすく野蒜研究所」のメンバーを中心に、ノビルの機能性野菜としての農産物化を目指した体系的な研究プロジェクトを開始し、日本各地におけるノビル個体の収集と栽培、成分解析、病害調査、大量増殖や有用系統選抜等、多岐にわたる実験を行っている。本総説では、佐賀大学で得られた最近の研究を中心に、ノビルの健康野菜としての可能性を紹介する。

II. ノビルの機能性成分

ノビルの成分に関しては、主として鱗茎部のステロイド系サポニン²⁾に関する報告があり、サポニン類の薬理活性として急性心筋虚血、高血糖、高脂血症、腹部肥満等への効果が示されている^{3,4,5)}。また、鱗茎と茎葉を含む全植物体の抽出物からは、ステロイド配糖体類 (allimacroside A-E)⁶⁾ が単離、構造決定されている。また、茨城大学の中根らによる茎葉部フラボノイド類 (ケンフェロールやケルセチンの配糖体類⁷⁾) のHPLC分析の報告がある。ノビルの成分研究は、他のネギ属植物と比較すると少ないことから、葉部及び鱗茎部それぞれの成分を詳細に明らかにする目的で成分解析を行った。

1) 葉部のフェノール成分

佐賀大学校内で採集したノビルの葉部を60%エタノールで抽出し、抽出エキスを各種カラムクロマトグラフィーにより精製することで、新規成分を含むフェノール成分としてフェルラ酸配糖体類 (allimacronoid A-D, 1-*O-E*-feruloyl- β -*D*-gentiobioside等)^{8,9,10)}、カフェー酸配糖体 (1-*O-E*-caffeoyl- β -*D*-sophoroside)¹¹⁾、またフラボノイド類を単離、構造決定した（図2及び図3）。ノビルに含まれるフェルラ酸配糖体類の特徴としては、グルコースを構成糖とし、グルコースの1-2結合からなるソフォロシド

*佐賀大学農学部 (Kanji Ishimaru, Kazusato Ohshima, Shinji Fukuda)

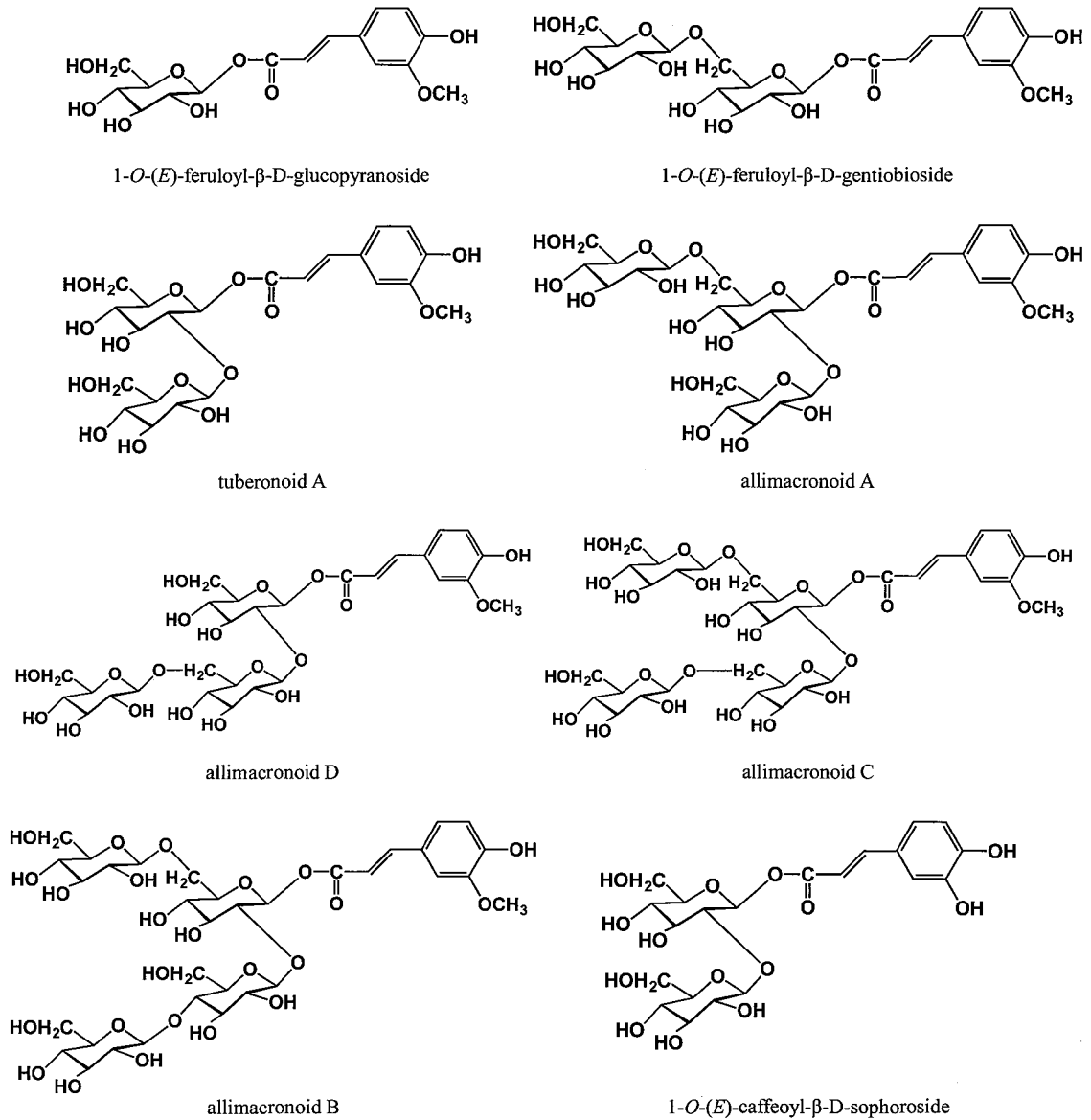
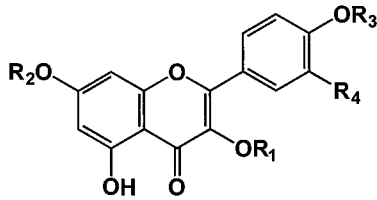


図2 フェノール配糖体類

構造を有することがあげられる。ノビル葉部には、グルコースが1-4個結合した多様なフェノール配糖体類が含まれることが明らかとなった。これらの配糖体のうち、tuberoid Aは、ニラの葉部からの単離例¹⁰⁾も報告されている。また、フラボノイド類についてはケンフェロールやケルセチンを母核とするものが主であり、フェルラ酸配糖体類同様ソフォロシドを有するフラボノイドの含量が高いことが特徴であった。

フェルラ酸は、米糠、ビートパルプ、タケノコやハウレンソウ等幅広い植物素材から供給され、抗酸化作用、食品の退色・変色予防、美容（美白、光保護）等の他、大腸ガン抑制や血糖値降下、血圧降下、脳機能改善等、様々な生理機能が期待され、化粧品や食品添加物素材として利用されている。フェルラ酸の配糖体類は、フェルラ酸よりも水溶性が大きい素材として利用価値が高く、ビートパルプやタケノコ等植物素材の酵素分解や水熱処理により得られ



- kaempferol 3-*O*-sophoroside-7-*O*-glucuronide
 $R_1 = -\text{glc}^{2-1}\text{glc}$, $R_2 = -\text{glucA}$, $R_3 = \text{H}$, $R_4 = \text{H}$
 kaempferol 3-*O*-glucoside-7-*O*-glucuronide
 $R_1 = -\text{glc}$, $R_2 = -\text{glucA}$, $R_3 = \text{H}$, $R_4 = \text{H}$
 kaempferol 3-*O*-gentiobioside-7-*O*-glucoside
 $R_1 = -\text{glc}^{6-1}\text{glc}$, $R_2 = -\text{glc}$, $R_3 = \text{H}$, $R_4 = \text{H}$
 kaempferol 3-*O*-gentiobioside-7-*O*-glucuronide
 $R_1 = -\text{glc}^{6-1}\text{glc}$, $R_2 = -\text{glucA}$, $R_3 = \text{H}$, $R_4 = \text{H}$
 kaempferol 3-*O*-gentiobioside-4'-*O*-glucoside
 $R_1 = -\text{glc}^{6-1}\text{glc}$, $R_2 = \text{H}$, $R_3 = -\text{glc}$, $R_4 = \text{H}$
 kaempferol 3-*O*-sophoroside
 $R_1 = -\text{glc}^{2-1}\text{glc}$, $R_2 = \text{H}$, $R_3 = \text{H}$, $R_4 = \text{H}$
 kaempferol 3-*O*-gentiobioside
 $R_1 = -\text{glc}^{6-1}\text{glc}$, $R_2 = \text{H}$, $R_3 = \text{H}$, $R_4 = \text{H}$
 kaempferol 3-*O*-glucoside
 $R_1 = -\text{glc}$, $R_2 = \text{H}$, $R_3 = \text{H}$, $R_4 = \text{H}$
 kaempferol 3,4'-*O*-glucoside
 $R_1 = -\text{glc}$, $R_2 = \text{H}$, $R_3 = -\text{glc}$, $R_4 = \text{H}$
 quercetin 3-*O*-gentiobioside
 $R_1 = -\text{glc}^{6-1}\text{glc}$, $R_2 = \text{H}$, $R_3 = \text{H}$, $R_4 = \text{OH}$
 quercetin 3-*O*-glucoside
 $R_1 = -\text{glc}$, $R_2 = \text{H}$, $R_3 = \text{H}$, $R_4 = \text{OH}$

図3 フラボノイド類

ている。ノビルは、ニラ、タマネギやニンニク等、他のネギ類野菜と比較してもフェルラ酸配糖体類の含量が高いことから、新しい健康野菜として注目される特徴成分を含んでいるといえる。

2) 麟茎部の成分

佐賀大学農学部附属アグリ創生教育研究センターにおいて栽培されたノビルの麟茎部をメタノールで抽出後、抽出エキスを各種カラムクロマトグラフィーにより精製し、5種の化合物を単離した¹²⁾。それらの化合物は、¹H-NMR や ¹³C-NMR スペクトルの解析により、それぞれ N-(γ -glutamyl)-S-(E-1-propenyl)-cysteine (Glu-PEC)¹³⁾、*trans*-S-1-propenyl-cysteine (PEC)¹⁴⁾、tryptophan、 γ -glutamyl-phenylalanine¹³⁾、および γ -glutamyl-tryptophan¹⁵⁾ と同定した (図4)。

ノビル麟茎からのこれらの成分の単離は初めてであり、特に Glu-PEC の収量が最大であった。Glu-PEC は、*Allium* 属植物のニンニク、リーキやタマネギ等に含まれ、isoalliin (S-アルキルシステインスルフォキシド) の前駆体である¹⁶⁾。PEC は、タマネギ、ネギ、ラッキョウ、アサツキ、リーキ等の *Allium* 属植物に広く含まれている¹⁶⁾。これら含硫化合物を含むことは、ネギ類の成分組成における大き

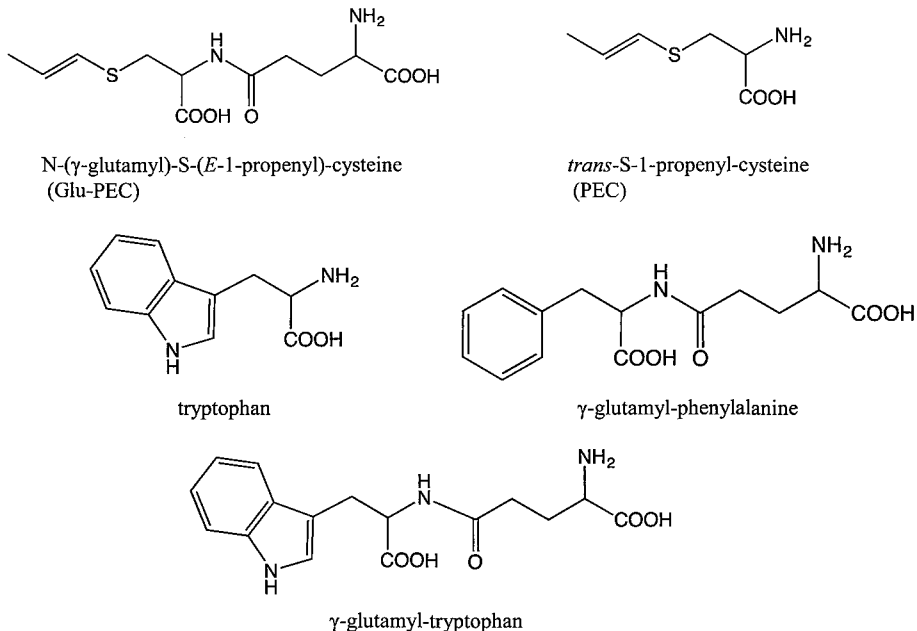


図4 麟茎部の成分

な特徴であるが、ノビル鱗茎では特に Glu-PEC が主要含硫成分であった。

ジペプチド類は、植物種子における一般的な貯蔵成分として検出されている。γ-glutamyl-phenylalanine は、*Allium* 属植物のニンニクやタマネギからも単離^{13,17)}されるなど、比較的広範囲の植物で認められている。また、γ-glutamyl-tryptophan も、ブナ科植物の種子からの単離が報告¹⁵⁾されている。ノビルの鱗茎においても、これらのジペプチド類が比較的高含量で蓄積されていることが明らかになった。

3) 茎葉成分と鱗茎成分の比較

ノビルの鱗茎および茎葉抽出物の HPLC プロファイルを示した。鱗茎においては、含硫化合物 (Glu-PEC および PEC)、アミノ酸関連化合物 (tryptophan, γ-glutamyl-tryptophan および γ-glutamyl-phenylalanine) のピークが認められたが、茎葉において認められるフェノール成分 (allimacronoid A, tuberoid A, kaempferol 3-*O*-sophoroside および kaempferol 3-*O*-glucoside) は検出されなかった (図5)。また、茎葉においては、鱗茎に含まれる含硫化合物やアミノ酸関連化合物は認められなかった (図6)。従って、ノビルの鱗茎と茎葉では、その成分組成に明白な組織特異性が認められた。地上で生育する茎葉では、光照射環境下で

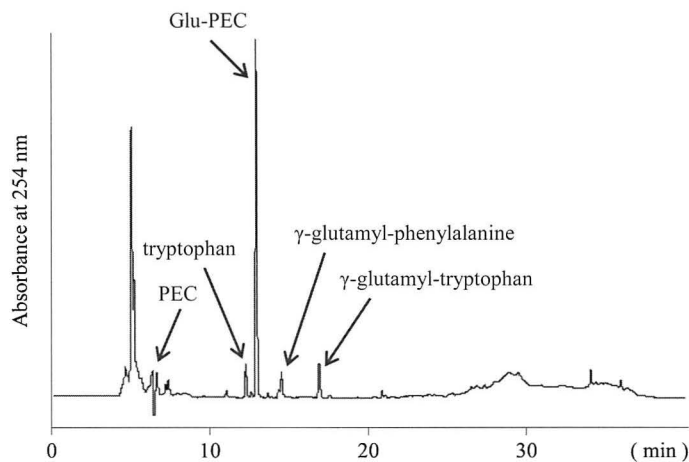


図5 佐賀県産ノビル (鱗茎部) の HPLC プロフィール

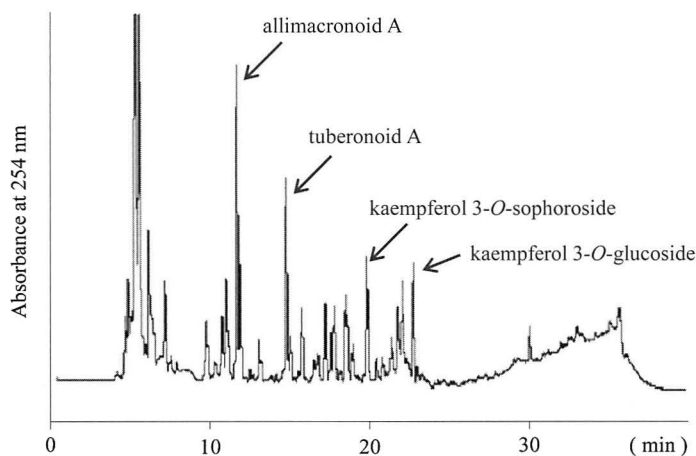


図6 佐賀県産ノビル (茎葉部) の HPLC プロフィール

フェノール成分が合成、蓄積され、抗酸化成分や各種植物病害ストレスに対するファイトアレキシンとしても機能している¹⁸⁾と推察される。対して、 γ -glutamyl-tryptophanや γ -glutamyl-phenylalanine等の γ -glutamyl ペプチド類は、植物の鱗茎や種子中に含まれる貯蔵成分の一種であり、ノビルの鱗茎においてもこれら比較的low分子の成分が多いのが特徴であった。ノビルの鱗茎では、特に Glu-PEC の含量 (1.07 g/kg 新鮮重量) が高いのが大きな特徴である。

4) 日本各地で採集したノビル個体のフェノール成分調査

ノビルは $X=8$ の 2 倍体、4 倍体、5 倍体、6 倍体が知られ、日本列島における倍数体の分布については、東北日本では 6 倍体が多く、関東地方を含む中央日本では 4、5、6 倍体が混在し¹⁹⁾、西南日本では 4 倍体が増えるという大まかな分布が示されている。また、福井県下での調査では、同一地域でも日当たりの良い場所では 5 倍体が、光が少ないところでは 4 倍体が多く生育していると報告されている²⁰⁾。現在の日本列島におけるノビルの倍数体の分布は、混在性が大きいことが予想され、地理的地域で示すのは難しいのが現状と思われる。

佐賀大学農学部及び農学部附属アグリ創生教育研究センターでは、北海道から沖縄県まで全国各地のノビルを採集し、圃場並びにガラス温室内の鉢栽培にて約 350 系統を維持している (図 7)²¹⁾。このノビルコレクションを活用し、新しい佐賀大学ブランド野菜としての活用を目指す研究の一環として、

ノビルの新しい機能性成分として期待されるフェノール成分 (フェルラ酸配糖体とフラボノイド) の高含有個体の選抜を目的に、90 個体 (鉢栽培, 2016 年 4 月採集) について含量調査を行った。フラボノイド類 (表 1) 及びフェルラ酸配糖体類 (表 2) の高含有個体は、北海道や東北地方等、北日本で採集した個体に比較的多く見られる傾向があるが、明確な地域性は認められなかった。ノビルの特徴的フラボノイドである kaempferol 3-*O*-sophoroside-7-*O*-glucuronide に関しては、主として北海道、東北、信越地方等の北日本地域で採集した個体において含量が高い (0.3 mg/g 以上) 傾向が認められた (図 8)。ソフォロシド構造を有するフラボノイドの高含有個体が、北日本地域由来の系統に多いことに関しては、今後、遺伝子解析並びに倍数性との相関を詳しく調査する必要がある。

現在、佐賀大学が所有するノビルコレクションの中から、商品化においてアドバンテージを持つ鱗茎サイズの大きな系統 (鱗茎重が 6 g 以上, 図 9) も発見している²¹⁾。今後、農作物化を目指した栽培の最適化をすることで、機能性成分データに基づくブランド力ある有用ノビル系統の供給が期待される。

III. 組織培養

植物組織培養は、植物遺伝資源の維持、育種や大量増殖の手法として重要である。ノビルの周年供給と大量増殖の一手法としての可能性を調査するために、茎葉培養系の作出を行った。

ノビルの珠芽を殺菌後、1/2 MS (Murashige-Skoog)



図 7 ノビルの栽培 (左：温室内の鉢, 右：圃場)

表1 フラボノイド類の高含有 (1.4 mg/g 以上) 個体と低含有 (1.0 mg/g 以下) 個体

高含有個体 (個体名と採集地)				低含有個体 (個体名と採集地)			
北海道	北海道	WOHO524	夕張郡	青森	WOA355	三戸群	南部町福田
		WOHO525	函館市		WOA366	三戸群	南部町福田
東北	青森	WOA358	三戸郡 三戸町	東北	WOIW515	岩手県	磐石町
		WOA361	青森市		福島	WOFK484	福島氏
	秋田	WOAK506	秋田市広面広面 95 A1	信越	WONI551	糸魚川市	西中川
		WOAK507	秋田市広面広面 95 A2		長野	WONG226	中野市
	岩手	WOIW336	北上市立花	群馬	WOGU468	安中市	
	山形	WOYA330	山形市		WOGU469	富岡市	
		WOYA332	山形市	栃木	WOTC458	宇都宮市	
宮城		WOMY328	柴田郡柴田町		茨城	WOIB450	水戸市河和田町
		WOMY329	柴田郡柴田町	埼玉	WOST393	富士見市	
	福島	WOMY478	白石市		WOTK385	町田市本町田	
		WOFK320	伊達市	WOTK386	町田市野津田公園		
	新潟	WOFK321	伊達郡国見町	WOTK387	町田市金井		
		WOFK488	郡山市	WOTK388	町田市金井		
信越	新潟	WONI549	糸魚川市大野	千葉	WOC439	君津市	
		WONI552	上越市		北陸	WOTY540	氷見市
	長野	WONG289	飯山市	岐阜		WOGF317	飛騨市
		WONG291	飯山市	静岡	WOSH383	御殿場市	
	WONG543	信濃市	東海		WOAI397	豊田市	
関東	神奈川	WOKN438		川崎市	WOAI401	豊川市長沢町	
		WOGF316	飛騨市	三重	WOME410	津市	
東海	岐阜	WOKY534	亀岡市		WOME416	伊勢市	
近畿	京都	WOT104	西伯郡	京都	WOKY535	京丹波町	
中国	福岡	WOF395A	福岡市東区		WOKY537	舞鶴市	
		WOF395B	福岡市東区	兵庫	WOHG434	淡路市	
九州	宮崎	WOM363	小林市		中国	WOSM530	邑智群邑南町中野
		WOOK221	石垣市	四国		WOKO248	高知市一宮
	沖縄				WOKO249	高知市一宮	
				九州	WOF395B	福岡市東区	
					佐賀	WOS215	本庄町

固型培地²²⁾上に置床し、25°C、明条件 (約 41 μM/m²s, 16 時間/日) にて培養した。珠芽から発芽した植物体を、1/2 MS 固型培地上、上記条件下にて培養することにより、茎葉培養体を得た (図 10)。茎葉培養体は、2 ヶ月に一度新しい培地に移植、継代することで、継続的な鱗茎の増殖と良好な根の伸長が認められたことから、組織培養はノビルの維持、増殖手段として有用と思われた。近年、同じネギ属植物であるニンニクの水耕栽培 (無土壌環境) も試みられ、水耕ニンニクとして市販もされている。ノビルにおいても、多様な栽培方法を活用した栽培拡大と商品化が期待される。

IV. 病害調査 (ウイルス解析)

ノビルに発生する病害は、植物遺伝資源の維持だけでなく機能性成分の探査や将来の農作物としての生産などに大きな影響をおよぼすことから、病原体の中でも特に病原ウイルスについて調査されている。全国から採集したノビルについて、どのようなウイルスが感染しているか血清学的診断法や遺伝学的診断法により調査した結果、ポテウイルス科ポテウイルス属のノビルモザイクウイルス (ScaMV)²³⁾ およびベータフレキシウイルス科カルラウイルス属のシャロット潜在ウイルス (SLV)²⁴⁾ が感染していたことが明らかになっている。こ

表2 フェルラ酸配糖体類の高含有 (0.35 mg/g 以上) 個体と低含有 (0.2 mg/g 以下) 個体

高含有個体 (個体名と採集地)			低含有個体 (個体名と採集地)					
北海道	北海道	WOHO524	夕張郡		宮城	WOMY328	柴田郡柴田町	
		WOHO525	函館市			WOMY329	柴田郡柴田町	
東北	青森	WOA355	三戸群	南部町福田	東北	WOMY478	白石市	
		WOA356	三戸群	南部町福田		福島	WOFK320	伊達市
		WOA357	三戸群	田子町			WOFK321	伊達郡国見町
		WOA361	青森市			信越	WONG289	飯山市
秋田	WOAK507	秋田市広面広面 95 A2		WONG543	信濃市			
	岩手	WOIW337	北上市立花		群馬	WOGU468	安中市	
WOIW346		滝沢市		WOTC455		芳賀市		
WOIW516		岩手県雫石町		WOTC458	宇都宮市			
信越	新潟	WOFK488	郡山市		茨城	WOIB449	水戸市千波町	
		WONI498	岩船郡 A2			WOIB450	水戸市河和田町	
関東	長野	WONG290	飯山市		埼玉	WOST393	富士見市	
		WOTC461	下都賀郡			WOTK385	町田市本町田	
近畿	兵庫	WOC443	鋸南町		東京	WOTK386	町田市野津田公園	
		WOHG234	神戸市			WOTK387	町田市金井	
WOHG436	洲本市		WOTK388	町田市金井				
中国	鳥取	WOT104	西伯郡		千葉	WOC439	君津市	
九州	佐賀	WOS215	本庄町		富山	WOTY540	氷見市	
		WOOK221	石垣市		石川	WOISS32	小松市	
九州	福岡	宮崎	宮崎	宮崎	WOSH383	御殿場市		
					WOME413	松坂市		
					WOME416	伊勢市		
					WOKY535	京丹波町		
四国	高知	WOHG434	淡路市		高知	WOKO248	高知市一宮	
		WOKO249	高知市一宮					
九州	福岡	WOF395B	福岡市東区		九州	WOM365	高原町	
		WOM365	高原町					

これらのウイルスは、罹病葉に条斑やモザイク症状 (図 11) を呈することもあるが、潜在感染の場合も多くみられる。新葉が細くなって巻いたまま垂れ下がって枯れ上がる症状も散見されるが、その場合、両ウイルス或いは未だ知られていないウイルスとの混合感染も考えられる。個別の症状が、どのウイルスに起因するのか現在はまだ定かでない。ScaMV と SLV は殊芽による伝染や汁液伝染する。またアブラムシによる非永続性伝染が推測されるが、まだ明らかでない。

V. まとめ

ノビルは日本において、古くから春の山菜の一種として食されているが、野菜としての栽培は行われていない。ノビルには他のネギ類野菜には含まれて

いないフェルラ酸配糖体類が多種含まれるなど、新しい健康素材としての可能性が高い。佐賀大学農学部及び農学部附属アグリ創生教育研究センターでは、日本各地で採集した約 350 系統のノビルコレクションを維持、栽培している。これらの遺伝資源の中から、優れた形質を持つ有用個体を選抜し、栽培化を促進することで、ノビルの新しい機能性野菜としての栽培拡大と商品化を目指している。

VI. 参考文献

- 1) 上海科学技術出版社編集, 中薬大辞典, 第 2 巻, 東京, 小学館, 1985, p.944. (ISBN-4-09-583001-8)
- 2) Peng, J., Yao, X., Okada, Y., Okuyama, T.: Further studies on new furostanol saponins from the bulbs of *Allium macrostemon*. Chemical and Pharmaceutical Bulletin, 42, 2180-2182 (1994).
- 3) Li, F., Xu, Q., Zheng, T., Huang, F., Han, L.: Metabonomic

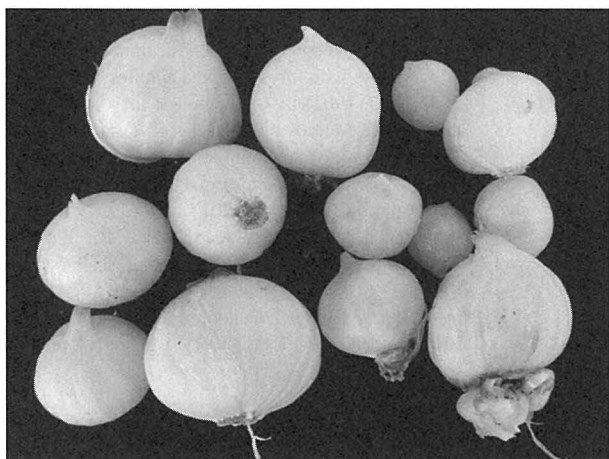


図9 様々なサイズの鱗茎



図10 茎葉培養体

analysis of *Allium macrostemon* Bunge as a treatment for acute myocardial ischemia in rats. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 88, 225-234 (2014).

- 4) Xie, W., Zhang, Y., Wang, N., Zhou, H., Du, L., Ma, X., Shi, X., Cai, G.: Novel effects of macrostemonoside A, a compound from *Allium macrostemon* Bunge, on hyperglycemia, hyperlipidemia, and visceral obesity in high-fat diet-fed C57BL/6 mice. *European Journal of Pharmacology*, 599, 159-165 (2008).
- 5) Chen, HF., Wang, GH., Luo, Q., Wang, NL., Yao, XS.: Two new steroidal saponins from *Allium macrostemon* Bunge and their cytotoxicity on different cancer cell lines. *Molecules*, 14, 2246-2253 (2009).
- 6) Kim, YS., Suh, WS., Park, KJ., Choi, SU., Lee, KR.: Allimacrosides A-E, new steroidal glycosides from *Allium macrostemon* Bunge. *Steroids*, 118, 41-46 (2017).
- 7) Nakane, R., Iwashina, T.: Flavonol glycosides from the leaves of *Allium macrostemon*. *Natural Product Communications*, 10, 1381-1382 (2015).
- 8) Usui, A., Matsuo, Y., Tanaka, T., Ohshima, K., Fukuda, S., Mine, T., Yakashiro, I., Ishimaru, K.: Ferulic acid esters of glucosylglucose from *Allium macrostemon* Bunge. *Journal of Asian Natural Products Research*, 19, 215-221 (2017).
- 9) Usui, A., Matsuo, Y., Tanaka, T., Ohshima, K., Fukuda, S., Mine, T., Nakayama, H., Ishimaru, K.: Ferulic acid esters of oligo-glucose from *Allium macrostemon*. *Natural Product Communications*, 12, 89-91 (2017).
- 10) Han, SH., Suh, WS., Park, KJ., Kim, KH., Lee, KR.: Two new phenylpropane glycosides from *Allium tuberosum* Rottler. *Archives of Pharmacol Research*, 38, 1312-1316 (2015).
- 11) Usui, A., Matsuo, Y., Tanaka, T., Ohshima, K., Fukuda, S., Ishimaru, K.: Phenolic constituents from *Allium macrostemon* Bunge. *The Japanese Journal of Pharmacognosy*, 71, 51-52 (2017).
- 12) Usui, A., Ichinose, H., Ueda, T., Fukuda, S., Ohshima, K., Matsuo, Y., Tanaka, T., Nakayama, H., Ishimaru, K.: Chemical analysis of *Allium macrostemon* Bunge bulb.

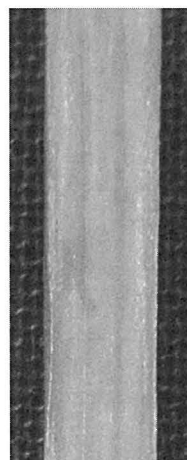


図11 ノビルのウイルス罹病葉

Japanese Journal of Food Chemistry and Safety. 24, 63-68 (2017).

- 13) Mütsch-Eckner, M., Meier, B., Wright, AD., Sticher, O.: γ -Glutamyl peptides from *Allium sativum* bulbs. *Phytochemistry*, 31, 2389-2391 (1992).
- 14) Lee, S., Kim, JN., Choung, DH., Lee, HK.: Facile synthesis of *trans*-S-1-propenyl-L-cysteine sulfoxide (isoalliin) in onions (*Allium cepa*). *Bulletin-Korean Chemical Society*, 32, 319-320 (2011).
- 15) Kasai, T., Larsen PO., Sorensen, H.: Free amino acids and γ -glutamyl peptides in Fagaceae. *Phytochemistry*, 17, 1911-1915 (1978).
- 16) Yamazaki, Y., Iwasaki, K., Mikami, M., Yagihashi, A.: Distribution of eleven flavor precursors, S-alk(en)yl-L-cysteine derivatives, in seven *Allium* vegetables. *Food Science and Technology Research*, 17, 55-62 (2011).
- 17) Shaw, ML., Lancaster, JE., Lane, GA.: Quantitative analysis of the major γ -glutamyl peptides in onion bulbs (*Allium cepa*). *Journal of the Science of Food and*

- Agriculture, 48, 459-467 (1989).
- 18) Rodov, V., Tietel, Z., Vinokur, Y., Horev, B., Eshel, D.: Ultraviolet light stimulates flavonol accumulation in peeled onions and controls microorganisms on their surface. *J. Agric. Food Chem.*, 58, 9071-9076 (2010).
 - 19) 鈴木昌友, 斎藤桂子: 茨城県とその周辺に自生するノビル (*Allium grayi* Regel) の核型と分布について, 茨城大学教育学部紀要 (自然科学), 30, 87-99 (1981).
 - 20) 湯元沙織, 横山俊一: 福井県下におけるノビル倍数体の分布, 福井大学地域環境研究教育センター研究紀要「日本海地域の自然と環境」, 11, 1-8 (2004).
 - 21) Ishimaru, K., Usui, A., Ohshima, K., Fukuda, S.: Phenolics concentration of *Allium macrostemon* Bunge collected in various area of Japan. *Japanese Journal of Food Chemistry and Safety*. 25, in press.
 - 22) Murashige T., Skoog F.: A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.*, 15: 473-497 (1962).
 - 23) Ohshima, K., Muraoka, S., Yasaka, R., Adachi, S., Tokuda, M.: First report of Scallion mosaic virus on wild Japanese garlic (*Allium macrostemon*) in Japan. *Journal of General Plant Pathology*, 82, 61-64 (2017).
 - 24) Ohshima, K., Okamura, K., Yasaka, R., Fukuda, S., Ishimaru, K., Tomitaka, Y., Yamashita, K.: First genome sequence of shallot latent carlavirus from *Allium macrostemon* Bunge. *Genome Announcements*, 5(33) (2017). pii: e00809-17. doi: 10.1128/genomeA.00809-17.