

中部山地に分布する野生植物トドの伝統的利用と生理活性に関する研究

井上直人 (信州大学農学部助教授)

1. はじめに

近年、人工的な化学物質に汚染された食生活に対する不安がしだいにひろがりつつある。これらの汚染の大きな原因の一つは作物の生産から消費されるまでの過程で多量に使用される農薬と考えられる。化学物質過敏症やアレルギーや癌の増加が市民の身近なこととして感じられ、さらに内分泌攪乱物質が新しい毒性概念として指摘がなされるに到り、食品の品質の問題点はますます明確になってきた^{3,11,24}。たいせつな問題は安全性であり、また極めて緊急性が高く、品質に対する要求はもはや「贅沢な」要求ではないと言える。

この問題の緊急性と複雑さを考えると、汚染物質と食生活の安全性と環境の関係の詳細な証明を待つ前に、人工的な化学物質による危険性の無い食品の選定と生産方法を模索すること、さらにもう一歩踏み込んで癌などの危険性を回避する生理活性を持った食品を求めることが問題解決のためにいっそう重要になっていると考えられる。

この観点に立って農作物を見ると、多くの農薬の使用を前提に栽培・流通しているそ菜や果樹類に特に問題があることに気付く。しかしながら、安全性を追及するからといって莫大なエネルギーを消費する植物工場では資源の浪費という別の問題が発生するため、何の問題解決にもならない。このことを考えると、特に消費量の多いそ菜類では多様な有用野生植物を巧みに利用するという野菜の原点に戻った研究の方向性が必要であると考えた。そこで、ここでは無農薬・無化学肥料で栽

培されている強靱な野生植物で、生理活性があると考えられる有用植物に焦点をあてることにした。日本中部山間地帯で利用されているトドはそのような有用野生植物の一つである。

この植物は、日本に自生するにもかかわらずほとんど利用されず、これまで山間地帯の人々やアイヌ民族などにより稀少な山菜もしくは生薬として利用されてきたものである^{1,2,5,7,9}。和名はツルニンジン、学名は *Codonopsis lanceolata* (Sieb. et Zucc.) Trautv. で、キキョウ科のつる性の多年生草本である⁴ (写真1, 2)。しかしながら、国外に目を転じると、韓国、中国、日本などの日本海をとりまく諸民族によって古くから生薬や野菜として利用され、重視されてきた有用野生植物であることがわかる^{10,15~18,20}。有名な漢薬である「党参」^{10,15,16}と同属の近縁種であり、化学分類学的にも近い²⁵。その独特の香り¹²とシャキシャキした食感には他には無いために高級野菜であるだけでなく、近年抗酸化作用が極めて高いことが指摘され¹³、韓国では抗癌作用のある健康食品として再認識されるようになってきた¹⁴ (信州大学 Dr. C-H, Park 教授私伝)。しかしながら、日本では分布がまばらであることと知名度が低いこともあって、利用、栽培環境との関係、生理活性などほとんど知見が無い。

そこでこの研究では、ツルニンジンの伝統的利用に関する知識が比較的良く残存しているわが国の中部山岳地帯や朝鮮半島の山岳地帯の村落において、(1)その伝統的利用の実態を広範なフィールド調査によって明らかにする。そして、(2)栽培環



写真1 *Codonopsis lanceolata* (Sieb. et Zucc.) Trautv.
(左:花, 右:根 [1年もの])



写真2 *C. lanceolata* のツルと根 (長野県長谷村)

境, 特に土壤有機物が生育と抗酸化性を持つビタミンE含有量に及ぼす影響を調べ, さらに(3)生理活性 (*in vitro* による白血病分化誘導活性, 好中球活性化作用, メラニン合成抑制作用)の調査を行う。これらを通じて, 有用野生植物トドの伝統的利用と抗癌腫作用を明らかにしようとするものである。

2. 方法

2.1 伝統的利用方法の調査

野生植物の利用に関する知識は狩猟採集時代からの多くの人々による試行錯誤によってもたらされたものである。もちろん誤った知識も含まれていることはあろうが, 人が自らの体を用いて *in vivo* 実験をしてきたも同然であり, 体験を集約した貴重な情報であることには変わりはない。そ

こでここではそうした生活技術にかかわる民族知識を人と他の生物の間の共進化の過程として重視する立場に立ち^{8,19,22)}, 日本の中部山岳地帯に止まらず広範にとらえようとした。ツルニンジンの利用が最も活発な韓国において, 北朝鮮との国境地帯 (江原道^{カンウォンド}北部) の山間部から朝鮮半島南端 (慶尚南道) にかけて全体を踏査して栽培方法, 加工・利用方法, 効能に関する聞き取りと成分分析と種子を収集して比較する民族植物学的調査を実施した。調査期間は1997年~1998年である。

2.2 耕地における有機物がツルニンジンの生育と成分に及ぼす影響

野生植物は一般に化学肥料を与えると枯死しやすく, 病害が出やすいが, 有用野生植物であるツルニンジンも例にもれずそうした特性を持っている。そこで, 農薬を用いずに成分的にも優れた品質にするには有機質肥料の量と質が特に重要と考えられる。ここでは異質な2種類の有機質肥料を用い, 施用量を0, 0.5, 1, 1, 2t/aと変化させて実生から生育させ, 生育, 根部収量および根部のビタミンE含有量に及ぼす影響を調べる植物栄養学的な圃場実験を実施した。使用した有機物はバーク堆肥 (樹皮を粉碎したものに牛ふんを20%混合して堆肥化したごく一般的な市販品) と腐葉土 (広葉樹の葉を堆肥化した市販品) である。試験で用いた材料は栽培が盛んな韓国江原道寧越 (Young Weoul) の在来系統の種子である。試

験場所は信州大学農学部試験圃場（標高740m）、試験区は3反復の乱塊法で、1区当たりの個体数は3個体とした。有機質肥料は約35cmまで鍍込んだ。播種は1998年5月10日で本葉2枚展開まで育苗し、6月18日に圃場に移植した。収量調査は降霜後の11月10日に実施した。

土壌と各肥料の一般的な化学分析は植物栄養学・土壌学の常法に従った（表3参照）。植物体の一般成分とデタージェント繊維の分析は80°C48時間通風乾燥の後に飼料分析の常法により行い、dl- α -トコフェロールは新鮮物を用いてHPLCで定量した。

2.3 生理活性作用の *in vitro* 検定

(1) 白血病細胞分化誘導活性

癌化した細胞は種々の物質により増殖停止、分化誘導およびアポトーシス現象により死滅することが知られている。ヒト白血病細胞株 HL60 細胞はこの細胞の分化誘導物質のスクリーニングに有効であり、生葉や山菜に含まれる有効成分の探索や⁶⁾、単離同定や抗癌剤の開発が試みられている。そこで、ツルニンジンの根部にそのような作用が見い出せるのか簡易検定を行った。材料は同じく寧越の在来系統の3年目の根部（生）である。比較対照は明らかな活性が認められている⁶⁾山菜であるゼンマイ (*Osumunda japonica* Thunb.) の茎葉部とした。

使用した HL60 細胞は財団法人発酵研究所の IFO50022 細胞株である。細胞株の培養は、37°C、5% CO₂ の存在下、10% fetal bovine serum（大日本インキ）を含む RPMI1640 培地で培養した。

植物体の抽出液の調整は生組織（10g）を生理食塩水、エタノール、あるいはメタノール中で破碎し、30分放置後12000×gで20分間遠心分離してから5A（アドバンテック東洋）でろ過した。

あらかじめ生理食塩水20 μ lを分注した96ウェルプレート（住友ベークライト）の1穴に同様の

抽出液を注入し、攪拌後、次の1穴に混合液を20 μ l 注入してゆき希釈系列（10～0.078%添加）を作成した。このプレートに HL60 細胞培養液80 μ l（終濃度 5×10^4 cells/ml）を添加し72時間培養を続けた。72時間後、培養液に200ng/ml の 12-O-tetradecanoylphorbol 13 acetate (TPA) を含む0.2% (W/V) nitroblue tetrazolium (NBT) 溶液100 μ l を添加して、さらに30分間反応後、NBT formazan が沈着している細胞の陽性率を計測した。顕微鏡観察下で沈着した細胞が10%以下の試料を陰性と評価した。ネガティブコントロールとしては、抽出液と方法にあわせて生理食塩水、熱生理食塩水、エタノールを希釈して HL60 とともに培養した。ポジティブコントロールとしては0.5 μ M all-trans-retinoic acid（和光純薬）を同条件で培養した。ネガティブコントロールの陽性率は2～7%、ポジティブコントロールでは57～68%の細胞が陽性となった。

(2) 好中球活性化作用の検定

HL60 細胞を1.0 μ M の all-trans-retinoic acid で4日間処理し、好中球へと分化誘導し、80 μ l（終濃度 5×10^4 cell/ml）をあらかじめ希釈系列を作成しておいた試料に添加し、30分反応後 NBT formazan が沈着している細胞の陽性率を顕微鏡下で判定した。陽性率10%以上をと評価した。

(3)メラニン合成活性化作用の検定

マウスメラノーマ細胞株 B16 由来高メラニン細胞株を限界希釈法により分離し、B16 10F7 細胞とし、既知の抑制物質アルブチンなどで株のメラニン合成能を確認後に試験を実施した。B16 10F7 細胞80 μ l（終濃度 2×10^4 cell/ml）を上記の抽出液の希釈系列に添加して96時間培養した後、メラニン合成が抑制されているか否かを顕微鏡下で判定した。

3. 結果と考察

3.1 伝統的利用方法

(1) 呼称

わが国の中部山岳地帯を静岡県から新潟県にかけて調査した。静岡県と長野県の境の下伊那郡南信濃村ではツルニンジンと呼び(80才男性)、南アルプスの山麓にある上伊那郡長谷村ではトド(70才男性, 85才女性, 70才女性)、新潟県との境の下水内郡栄村の信州秋山郷ではトド、ツルニンジン(65才男性)と呼ばれていた。またトッドと記述しても良いような発音である。トッドウツというこれと似た呼び方については釜石での事例²³⁾がある。近縁種のバアソブ(*Codonopsis ussuriensis* (Rupr. er Maxim.)) に対してジイソブと呼ばれることもある。トドの意味は不明である。長野県上伊那郡長谷村では大正以前からトドと呼ばれていたとのことである。それに対して秋山郷では昭和初期に土木工事に来っていた韓民族の人がそれを盛んに採取して利用することから名前と利用法が広がったとのことである。

韓国ではどの地域でも韓名を Deo-Deog (トド) と言い、わが国の中部山岳地帯での呼び名トドとほとんど同じであった(表1)。それにあてはまる漢字は無いことから、韓民族独自の呼称であることがうかがえる。また韓国では沙蔘としても通用していた。ところが日本では沙蔘は

同じキキョウ科のツリガネニンジンを指しており、中国でも漢薬「沙蔘」はツリガネニンジン属(*Adenophora*)の植物の根である^{15,16)}。ツリガネニンはわが国の中部山岳地帯ではミヤマ(キキョウ科のソバナの地方名)やアズキッパ(マメ科のナンテンハギの地方名)と並んで最も味の良い山菜トトキとして有名であるが、⁹⁾ツルニンジンの地方名と類似しており錯綜していた。漢民族や韓民族と日本とは古くから交流があること、それに加えてこのような有用な近縁種がいくつか存在することにより、民族の間で呼称が混乱してしまったと推察された。

(2) 利用法

中部山間地域の村々を聞き取り調査して廻ると、この種自体の分布がまばらなことからその利用に関する知識を収集するには困難がともなった。そのような中でも、南アルプス山麓の村々は野生植物の利用に関する伝統的な知識が極めて豊富であったため、そこで採集することができた⁹⁾。このような地域では60才以上の高齢者の場合はツルニンジンのような種があることを知っている場合が多かった。植物自体は強い香りがあるだけで植物の存在がわかるほどであるため、印象に残るのである。

長谷村非持山(ひじやま)地区の北原忠子さん(84才)や北原 順さんご夫婦(70才位)によると、子供のころ(昭和初期)はよく根を掘って生

表1 ツルニンジンとツリガネニンジンの呼称

民族による呼称*	和名(学名)	
	ツルニンジン (<i>Codonopsis lanceolata</i> Trautv.)	ツリガネニンジン (<i>Adenophora triphylla</i> A. DC.)
韓	Deo-Deog (トド), 羊乳, 沙蔘 Dodok	Jandae (チャンデ)
漢	羊乳, 四葉蔘	
日 [中部地方]	ツルニンジン, ジイソブ [トド, トッド, ツルニンジン]	ツリガネニンジン, 沙蔘 [トトキ, ミツツバ]
アイヌ**	チュムツ, トベム	ムケカシ

* 民族による呼び名は代表的なもので、地方によって異名もある。

** 文献「アイヌと植物」, 「アイヌ植物誌」による

で食べたそうである。「なにも無かったからおやつがわりだった」とのことである。焼いたり味噌をつけて食べる方法もあった。今では生食するのではなく、根の大きなものを焼酎漬けにして毎日少しずつ飲んでいる(写真3)。この利用方法は他の家でも見られた。一方、韓国ではこの利用形態は普通に見られた。なお日本の中部山間地帯の人々のツルニンジン(ツルニンジン)の食利用の部位と食べ方は韓民族とアイヌ民族とも類似しており、焼酎漬けでは特に韓民族と同様であることが特徴的であった。さらに現在では地上部も地下の根部も柔らかいのでテンブラにして食べることがありこれは韓国でも見出された。

韓民族はこの植物を古くから貴重品として高い価値を見出し、その利用のしかたも日本より多様であった。江原道では昔から山や里に生えており、採集して根部を食したとのことである。この種のおかずは最高と認識されている。韓民族は一般にその独特の香りを好み、トウガラシミソ(コチュジャン)をつけて焼いて食べることが多い。古くから宮廷料理などに用いられる高級野菜として扱われていた。野生のものを大がかり

に栽培するようになったのは戦後のことである。

また乾燥した根が生薬としても用いられており、江原道の雪嶽山(ソラクサン)周辺の薬草店やソウルの京東市場や全羅北道の錦山市場では乾燥品と生の根が大量に販売されていた。漢薬の「党参」(Wang *et al.*, 1997)の主な原料となる近縁種のトウジン(*Codonopsis tangshen* Oliver)は韓国でも流通していたが、ツルニンジンとは明らかに区別されており、健康野菜としての地位がキョウウ(トラジ)の根以上に高いことがわかった。価格は他の野菜やおかずと比べてかなり高価であるが²⁰⁾、栽培ものが出回るようになって江原道以外でもごく普通にトド料理を食べることができるようになってきた。

最近では焼酒漬けが高麗人参よりも癖が無いことから人気が高い。別の利用方法としては丸薬やエキスや粉末がある。粉末の製品を持ちかえて一般成分、デタージェント繊維、および α -トコフェロール含量の分析をした結果が表2である。比較のために同じ種子を用い、韓国の圃場とほぼ同様の堆肥量0.5t/aを与えて信州大学で栽培した1年ものの値を並記した。販売されている粉末は粗繊維や粗蛋白が多く、他の糖類や α -トコフェロール含量が低い傾向である。同じ系統であっても栽培地や栽培年数が異なることで大幅に品質が変わることがわかる。なお、1年ものの根の乾燥粉砕物はやや黄色みをおび、甘く香ばしい香りと甘味がしたが、3年ものは白いが甘くなかった。

江原道寧越の生産組合で作られている丸薬は2～3年ものの根を乾燥して粉砕した後、ヤマノイモ、アカマツの葉、ギンナンの粉などと混ぜた強



写真3 焼酎漬けにして飲用する伝統的利用法
(長野県長谷村非特山)

表2 ツルニンジン根粉末の一般成分(乾物中)

栽培地	根の令 年生	粗蛋白 %	粗脂肪 %	NFE %	粗繊維 %	粗灰分 %	NDF %	ADF %	α -トコフェロール mg/乾物100g
長野県 南箕輪村	1	6.4	1.7	81.1	8.0	2.8	17.1	11.0	9.30
韓国 江原道寧越	3	16.8	2.8	49.5	23.7	7.3	56.0	34.7	2.44

*栽培した系統は韓国江原道寧越産



写真4 生薬粉と混合して作られた丸薬（韓国江原道寧越）



写真5 飼料としての利用（韓国江原道横城，韓牛に2 kg/日与えて育成している）

壮剤である（写真4）。また江原道横城（フェンソン）郡ツンネー村や慶州南道蔚山（ウルサン）市ではエキスが製造されていた。その混合割合は一例を示すとツルニンジン50%、ナツメ20%、クズ20%、ジュウヤク10%である。この他に韓牛、黒山羊、アヒルなどの家畜に飼料として与えていた（写真5）。肉が柔らかくなり、臭みが消えるという効果があり、薬草による飼養により付加価値が高まるからである。さらにツルニンジンを与えて育てた黒山羊の骨肉に生薬（ウコギ科のハリギリの枝、キキョウの根、アカマツの葉、トチュウの葉）と他に10種の漢方を加えて加熱圧力をかけ、ヤギエキスを製造していた。日本と大きく違うように見えるがウコギ科とキキョウ科をよく利用する点では共通していた。

（3）食用・薬用としての価値の認識

北原 順氏によると滋養強壮効果があるとのことであった。さらに、「たばこをよく吸うのだが、これを飲むと胸がすっきりする」と指摘された。この種はキキョウの根と同様にサポニンを含むが²⁰⁾、北原さんは体験的にその去たん作用を知ったと考えられる。また同じ長谷村の杉島地区の小松照子さんも野生のツルニンジンの根の焼酎漬けを作っていたが、薬用の効果としてはツリガネニンジンは洗眼に用いた程度であるが、それに対してツルニンジンには神経痛、冷え症、貧血、不眠症などに効果があるとされたとのことであった⁹⁾。

滋養強壮用として焼酎漬けにしたものは地元の小きな市場でも見られ、1998年夏に伊那市では根の太いもの（直径8 cm位）の焼酎漬けが10万円という高値で販売されたことがあった。

このように、中部山間地域における主な利用部位は根であり、利用目的はかつては第一には食用（野菜）としてであったが、現在では薬用（飲用）としての利用が主であった。その薬用としての効果について文献を見ると、中国では根部を催乳、排膿、解毒、乳腺炎、肺膿瘍、できもの、ただれに薬用として利用するとのことである²¹⁾。またアイヌでは根部を煮込みに入れたり焼いて食用とする他、催乳のまじないに使用したとある（「アイヌと植物」¹⁾「アイヌ植物誌」⁹⁾）。韓民族は消腫、解毒、排膿、去たん、催乳、肺癌、乳腺炎、腸癌、腫毒、扁桃炎、益気、強筋肉などであり不明な点が多という（江原道での聞き取りと、東京薬科大元客員教授李 相来氏の資料より）。寧越の栽培者によると、これを漬けた酒の特徴は、果実酒と異なり頭が痛くならず、血液の循環が良くなり、身体に良いような気がするとのことである。このように、効果についての認識には共通する部分も認められたが、全体としては多様であった。

(4) 栽培

わが国では栽培地は著者の調査した長野県内では3ヶ所(上伊那郡長谷村, 長野市芋井, 下水内郡栄村)であった。いずれも自家消費で近辺の山から採集した野生の個体もしくは種子由来のものであり, 選抜などの育種的な操作は加わっていない。山間部の畑などの一角や庭に栽培する極めて簡単に小規模なものである。全国的にみても稀な例と考えられる。それに対して韓国では全国的に栽培が盛んであり, 民族による違いが大きかった。なお中国での栽培もあって韓国に輸出されたことがあるが(韓国江原道寧越トド, 生産組合における聞き取り), 低品質であったためにその後の取り引きは激減したとのことである。

韓国で栽培が本格的になったのは戦後である。1995年韓国農林部統計によると, 栽培面積は827ha, 収穫面積511haであり, 全羅北道と江原道がその半分を占め, 1997年の時点では実際にどこでも流通しており, 食べることができた。水原の作物試験場の特用作作物科長 Seung-Tack, Lee氏によると江原道での栽培が最も多く, 韓国国内で1997年現在で約1,000haの栽培面積があり, 拡大しつつあるとのことである。

江原道寧越トド, 農事組合法人は国内生産では1~2位の有機栽培集団である。圃場と加工場兼直売場はアカマツなどの針葉樹が茂る低山の間の畑地帯にあり, 圃場は0.5ha位のものが点在している。周囲に人家はほとんどない高齢化の進んだ村である。

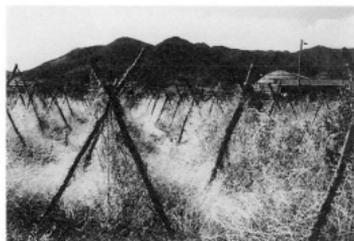
ア) 植物に対する認識: 山の湿った日陰に自生するツルニンジン(乱獲されて少なくなってしまうが, その地域には4種類あるとのことである。それらの特徴は(1)普通の根のもの, (2)根が細長く60cm位にもなるもの, (3)根が丸い玉になるもの, (4)ムラサキ色のものである。同種でも茎がムラサキ色の濃い個体と緑の濃い個体があった。

これらはツルニンジン(50歳代, 男性)の談である。おそらくツルニンジン, パアソブ, トウジンも自生しているのではないかと推察される。現物を鑑定できなかったが, 別種の場合は簡単に区別できるはずなので, 種内の変異を指摘している可能性が高い。根の形態的変異は製品に加工(皮むきなど)する上で重要であるため, 注目せざるを得ないようである。

この植物の生態的特徴についての認識は, 「化学肥料に合わない自然の植物」であり, また石灰質で有機物に豊だ土を好むそうである。

野生株の採集による利用から栽培に至る動機健康に良く, 美味しく, 人気のある山菜・生薬としてもと必要はあったが, 野生のものが少なかった。もちろん栽培品種はないので, 自然に各地で野生のものがそれぞれ独自に増殖されるようになってきた。ここでは営農組合長自身が栽培を最初にはじめた。高齢化と過疎の中山間地帯であるため, 村の活性化のために始めたとのことである。韓国では現在イネの生産だけでは農業で生活することは困難だが, ツルニンジン栽培における純収益は面積当たりで比較するとイネの約5倍と大きかった。

イ) 圃場管理と播種: 農民の独自の工夫によりかなり詳細な栽培技術が発達している。山に直播きして生育させ, 品質の良いものを作ることも可能で, 試験的に行っている。自生地は谷間の暗い湿った場所だか, 腐葉土があれば遮光や多湿条件にする必要はない。畑で栽培する場合は堆肥を投入した後に耕起し, 畝幅100cm・高さ10cmのかまぼこ型の畝を作る。畝間は人が通る通路である。つるが上に伸びるようにキュウリ栽培などで用いる100cmほどの網を張る。網の位置は畝の両端である。2つの網を垂直に立てる方が, 畝の上で交差するように組むより多取になる。前者の場合の根の収量は1~2kg/m², 後者で0.6kg/m²



a. 韓国, 全羅北道鎮安



b. 日本, 長野県長野市芋井

写真6 日本と韓国の中山間地帯におけるツルニンジン栽培

である。全羅北道の鎮安における栽培方法も仕立て方はほとんど同じであった(写真6)。

チョウセンニンジンほどひどくはないが連作障害があり、連作すると病気が出て生育も悪くなる。1~2年間隔をおいただけの連作では生育不良となる。

播種は畝の上に50cm間隔位に畝の方向と直角に種子をすじ播きし、覆土する。

ウ) 肥培管理:栽培で最も難しいのは肥培管理である。その鍵は有機肥料の内容と量にあるとの事である。化学肥料を施用すると苗の時に枯死してしまう。山の自生地には堆肥が多いことと、軒下に生えていた場所の土が腐葉土であったことにヒントを得て有機物を増やしていったことである。ノコギリクズをはじめ試行錯誤をしてみたが、現在ではノコギリクズにコマ糖とモミガラを混合し、60°Cで発酵させたものを使用している。ビニールをかけて前年に作った自家製堆肥を元肥として用いている。施用量は約0.6t/aであり、ロータリーカルチベーターで攪拌する。

エ) 一般管理:1年目には病気は出ない。2年目にアブラムシがついたり、赤い斑点が出る病気が出ることもある。無農薬・有機栽培が売り物の健康食品なので、農薬は採種する場合以外にはまかない。自生地は谷すじの湿った場所であるが、腐葉土があれば十分である。

オ) 収穫:1年目の秋には小指程度の太さの根になるので、2年目以降収穫する。焼酒用には4年目に収穫する。

カ) 増殖:移植もできるが、種を集めて播種する。種子は小さく、順次落ちてしまうので、多量にとるのには工夫がいる。営農組合では、秋に完全に枯れ上がる前につるごと刈り取り集めてビニールシートの上にすのこをひき、その上に積み上げる。その上からシートをかけておき、後熟させて種を落とさせ、集めて篩にかけて夾雑物を除去していた。圃場のなかに点々と高さ2m×幅3m×奥行き×2m位のつるの積まれたシートが多数あった。

(5) 育種

根の形に変異があり、真っ直ぐのもの、枝わかれたもの、細いものが同一の系統内にあるとの認識がされている。しかしながら、現在特に選抜してはならず、真っ直ぐのきれいな形のは皮を剥いて生食用に、枝分かれたものは酒用に、細いのは丸薬用にと用途別に選別して利用しているが遺伝的な変異であるかどうかは不明である。韓国全体をみた場合に農民自身による選抜・改良がどの程度なされているか詳細は不明であるが、忠清南道禮山郡サブキョでは在来系統から選抜された優良品種があるとのことである。なお、江原道寧越産の系統と長野県長谷村の系統を後日同一

環境(長野県南箕輪村)で比較したところ、種子は韓国産がやや大きく、開花時期が1週間ほど早かった。同種であっても系統間差異は大きいと推察された。

(6) 経済性、生産と組織

韓国では現在イネの生産だけでは農業で生活することは困難だが、ツルニンジン栽培の収益は面積当たりで比較するとイネの約5倍である。寧越営農組合の栽培農家の例では、過疎の村のある農民1人で毎年6.6haの面積から収穫し、純益30,000,000won(調査時の日本円にして4,000,000円,6万円/10a)を上げており、中山間地でも高収益を得ることのできる有用野草といえる。

3.2 耕地における有機物がツルニンジンの生育と成分に及ぼす影響

(1) 生育環境(土壌および有機質肥料の理化性と気象)

実験圃場の土壌は黒ボク土であり、物理性を示す三相分布は固相、液相、気相が各々26%、34%、40%、真比重が2.3であった。土壌の化学成分の分析結果を表3に示した。化学肥料を使用していない圃場なので、EC(電気伝導度)が低い傾向である。これは水溶性塩類が少ないことを示して

いる。実験を実施したのと同様の黒ボク土の成分の標準値¹⁴⁾を示したが、堆肥を施用することによって塩基バランスが改良され、標準的な土壌の化学性になると考えられた。実験に用いた2種類の堆肥の主な化学成分は表4に示した。バーク堆

表4 有機質肥料の化学性

項目	バーク堆肥	腐葉土
pH (H ₂ O抽出)	7.1	6.8
EC(ms)	2.2	0.5
CEC(me)	36.7	44.6
全炭素(%)	23.8	23.8
全窒素(%)	2.2	0.9
C/N比	10.9	25.9
無機態N(NO ₃) [*]	11.6	0.2
無機態N(NH ₄) [*]	5.8	1.8
可給態P ₂ O ₅	787.8	58.9
置換性K [*]	56.6	25.1
置換性Ca [*]	302.3	239.1
置換性Mg [*]	29.2	18.7

^{*} 乾土100g当り mg

表3 実験圃場の土壌の化学性

項目	実験圃場	標準値 [*]
pH (H ₂ O抽出)	6.3	5.0~6.5
EC(ms)	0.06	0.2~0.6
CEC(me)	22.5	25~30
全炭素(%)	9.3	—
全窒素(%)	0.5	—
C/N比 ^{**}	17.3	15
無機態N(NO ₃) ^{***}	2.4	—
無機態N(NH ₄) ^{***}	0.7	—
可給態P ₂ O ₅ ^{****}	17.7	10~30
置換性K	41.6	60~70
置換性Ca	398.4	250~500
置換性Mg	50.0	100~175

^{*} 長野県の黒ボク土(CEC30me以下の場合)¹⁴⁾

^{**} CN-Corder ヤナコ MT700

^{***} 塩化カリウム抽出、プレムナー蒸留法、酸化マグネシウムによるNH₄蒸留

デバルダ合金によるNO₃蒸留

^{****} トルオグ法

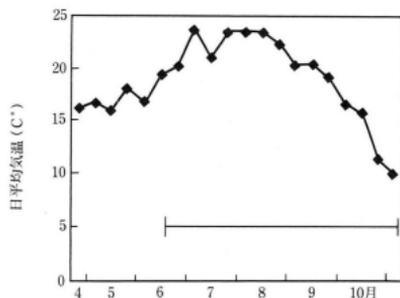
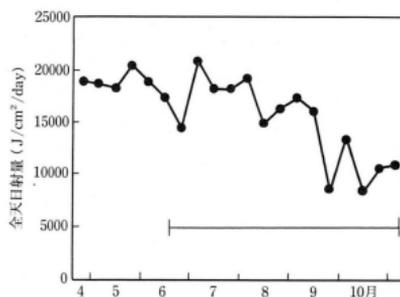


図1 1998年の気象条件(信州大学構内)は在圃期間と示す

肥は腐葉土と比べて窒素成分が多く、全炭素/全窒素 (C/N 比) が小さいこと以外には際立った差は無かった。

生育期間の気象的環境の概況を知るため、全日射量と日平均気温の推移を図 1 に示した。圃場で生育した期間は図中にバーで示す。栄養生長の期間である 6 月～8 月の日平均気温は 20～24℃の間であり、日射量が多く冷涼な条件であることがわかる。韓国の江原道の山間地と類似しており、ツルニンジンの生育には適した条件と考えられた。

(2) 堆肥の施用量が生育に及ぼす影響

このような土壌と気象的環境の下で 1998 年には大型の台風と 2 度遭遇したが、障害や虫害や病害もなく、生育は順調であった。栄養生長量を端的に表わす地上部の全節数を図 2 に示した。同じ有機物資材であっても堆肥の種類によって全く正反対の結果となった。すなわち、パーク堆肥は投入量が増すほど節数が増加し、腐葉土は逆となった。主な利用部分である根の生重量も同様の結果となった (図 3)。一次加工の皮むきの際に問題になる根の分枝根の出現率は堆肥の投入量の増加にと

もない増加し、1.5t/a で最も高かった。堆肥間に差があり、パーク堆肥のほうが出現しやすかった (図 4)。

このように、有機物資材の種類で生長が全く異なった理由を知るために、有機物資材を投入した後の土壌 (地表から 30cm まで) の成分と根部取量との相関関係を調べた (表 5)。全窒素と弱い相関があったことと C/N 比と強い単相関が認め

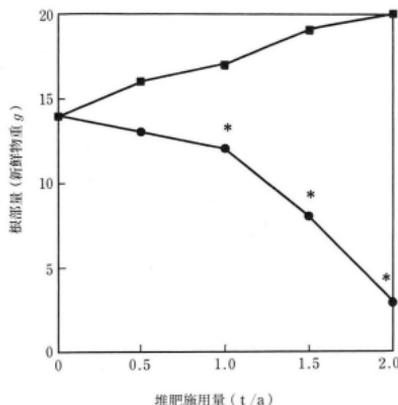


図 3 個体の根取量に及ぼす有機物施用量の影響 (図中の記号は図 2 と同様)

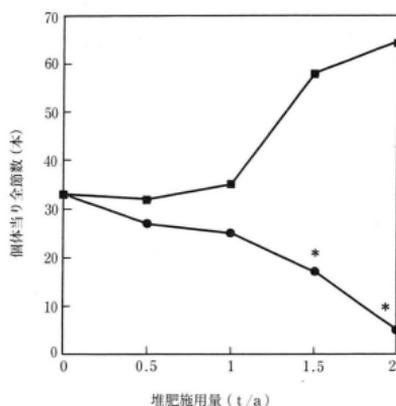


図 2 個体の栄養生長量に及ぼす有機物施用量の影響
 ■ パーク堆肥区
 ● 腐葉土区
 * : $P < 0.05$

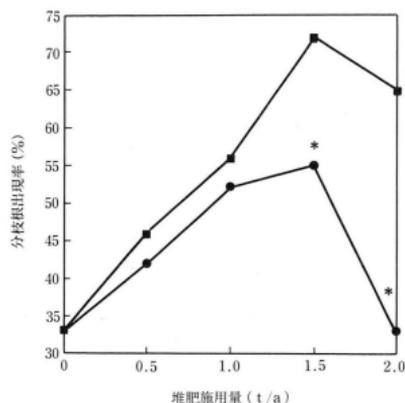


図 4 分枝根の出現率に及ぼす有機物施用量の影響 (図中の記号は図 2 と同様)

表5 土壤中の化学成分と根部収量の関係

成分	相関係数	
全窒素	0.58	P<0.100
可給態リン酸	0.47	
置換性カリウム	0.23	
置換性マグネシウム	0.05	
置換性カルシウム	0.04	
C/N比	0.90	P<0.001

られたのみで、他の養分とは有意な相関が無かった。根部重量とC/N比の関係を詳細にみるためにプロットすると、C/N比が低まるほど根重が低下する明瞭な非線形的な現象であることがわかった(図5)。このことから、堆肥の種類が異なった場合の生長の違いは耕地の全炭素と全窒素のバランスで統一的に説明できることがわかった。すなわち、腐葉土で生長量が低下したのは窒素飢餓現象によるものであると考えられた。自生地の土壤環境は腐葉土の多い湿った場所であるため、腐葉土を多量に投入することが適した栽培環境であると予測していたが、実際はC/N比の低い窒素分の多い環境でも病害にも侵されず健全に生育できることがわかった。

しかしながら、韓国の栽培者の多くは野生のツルニンジンの方が風味が良く、品質がすぐれていると指摘しており、わざわざ山中に播種して栽

培されるほどである。したがって食品や生薬としての品質は生長量とは無関係と推察される。そこで次にこの点について検討した。

根に含まれる多糖類の組成は *C. pilosula* や *C. tangshen* に類似し²⁵⁾、成分の似た *C. pilosula* では胃潰瘍を押さえる効果²⁷⁾も報告されている。また、ツルニンジンはいすの伝統的な有用野草の一つでもあるが^{1,5,7)}、そのビタミン成分を分析した結果では、 α -トコフェロールが2.38mg/100gもあり、利用されている野草の大半が0.5mg以下であるのに比べて多量に含まれることが報告されている²⁾。姉帯ら²⁾はいす民族が利用していた山菜や野生果実は α -トコフェロール含量の高いものが多いが、そのなかでも最も多いもの一つと指摘している。

そこで栽培後に重量を計測し終えた個体の中からさまざまなサイズのものを選んで α -トコフェロール含量を測定した。根重と α -トコフェロール含量の間には高い負の相関があることがわかった(図6)。根の新鮮重が10g以下の小さな個体の場合には3mg以上を示し、そのまま食せる食品としては非常に高い含有量であった。乾燥した場合には乾燥品100gあたり9から10mg含まれ

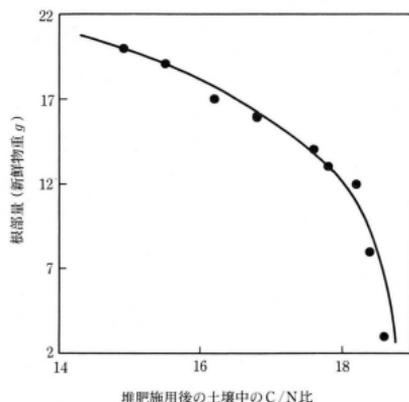
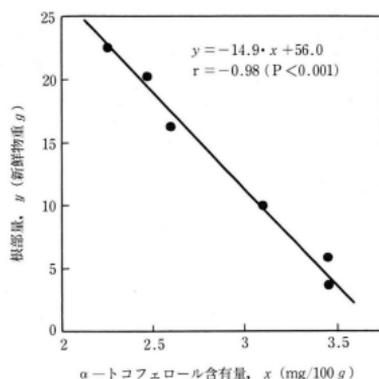


図5 土壤中C/N比と根部重の関係

図6 根部重と α -トコフェロール含有量の関係

る計算になる。根の生重が10g程度の生長量は腐葉土を1t/a以上与えた区で見られ(図3), 生長量のような外見と成分は全く逆の傾向であった。

耕地のC/N比と根収量の関係, 根収量と α -トコフェロール含量の関係がそれぞれ明確になったので, 両者の関係を基に個体の α -トコフェロール収量を計算し, C/N比とその関係を示すモデルを描いた(図7)。成分収量は根の重量の影響が大きく, 図5と同様の傾向となった。この実験ではきゅうり栽培用のネットを用いた仕立てであり, 個体相互の干渉はほとんど無視できる。密度が高まった場合についてのどのような関係になるのかは, 実際の生産の効率を知るために今後検討すべきと考えられた。

3.3 生理活性作用の *in vitro* 検定

ヒト白血病細胞株 HL60 細胞はさまざまな物質により増殖停止, 分化誘導, アポトーシスなど

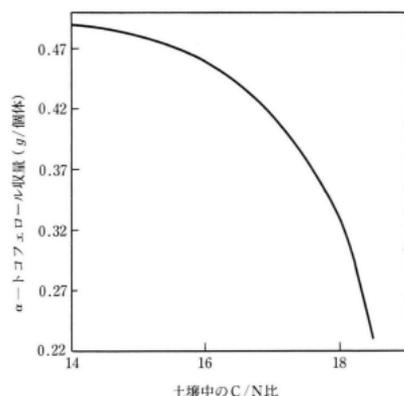


図7 土壌中炭素と窒素のバランスが α -トコフェロール収量に及ぼす影響(モデル計算)

の現象が起り, 食物中の生理活性を持つ未知物質の評価にも使用されている。表6中のNBT-positive細胞の割合(%)が抗癌活性の強さを示すと考えられる。それによると, ツルニンジンはいずれの抽出液においても際立った活性は検出されなかった。それに対して, ゼンマイは高い活性を示していた。

好中球は循環顆粒球の90%を占め, 貪食能と活性酸素を放出して異物を攻撃する免疫機能を持っている。このうちの活性酸素放出を司る酵素NADP-オキシターゼが刺激によって細胞質から膜上に転移するために膜表面で活性酸素が産成すると言われている。そこでこの好中球活性化物質のスクリーニングを行った。活性酸素を放出している細胞の割合は低く, これは両種ともに活性が認められなかった。

次にメラニン合成抑制活性について調べた。皮膚のメラノサイトが紫外線を感じて, 紫外線防御のために合成される物質であるが, これもさまざまな物質により調節されることが知られている。合成が活性化した場合, その細胞の増殖停止や形態変化が起るため, 細胞の分化・誘導の一つと考えることができる。したがって, メラニン合成の調節作用を調べることは食品の美白効果といった面だけでなく, 抗癌作用という点からも注目される。そこでこのスクリーニングを実施したが, これについてもこの実験では明らかな活性が認められなかった。

Wangら^{26,27)}はツルニンジンの近縁種である生薬「党参」(*Codonopsis pilosula* (Franch.))

表6 植物体抽出液の生理活性の検定結果

種	HL60 分化誘導活性 (NBT formazen 沈着細胞 %)		好中球 活性化	メラニン 合成抑制活性
	生理食塩	沸騰生理食塩		
ツルニンジン	—	—	—	—
ゼンマイ (比較)	34	13	29	31

表中の—記号は10%以下を示す。

Nannf.)の根から抽出した多糖類の胃潰瘍に対する効果や免疫調節作用を研究している。両種の多糖類の構成が類似しているため²⁵⁾、これらの生葉の生体内での作用は類似している可能性があるため参考になると考えられる。彼等の実験では今回と同様にB16メラノーマ細胞に対する影響は見い出せず、潰瘍細胞に直接作用するのではなく免疫系を調節する臓器に作用することを示唆している²⁷⁾。複雑な経路が考えられるが、こうした観点からの研究も今後必要と考えられる。また、伝統的利用に関する調査では肺が楽になることが指摘された。したがって、今後は肺に関する抗癌作用の*in vitro*スクリーニング、たとえばLu-134-A、Bのような細胞株を用いた実験を試みる必要もあろう。

抗癌作用に関して、今回のスクリーニング実験の範囲では細胞の分化・誘導という点では有意な効果はみられなかったが、栽培実験の結果から α -トコフェロール含有量が他の食品と比べて非常に高いという特徴が浮かび上がった。たとえば、平均的な重量である新鮮重10gの根の含有量は約3mg/100gであった(図6)。これは乾物100g当たり換算すると10mg/乾物100gになる。 α -トコフェロール含量が高いことで知られているコマヌカは通常では新鮮物中に約6~7mg/100g含まれる。乾物率が88.0%とすると、乾物中では7~8mg/乾物100g含まれることになる。このことからツルニンジンが無農薬・無化学肥料で栽培可能であるだけでなく、食品の内でも最も高い α -トコフェロール含量を持った摂取しやすいものの一つであると考えられた。Maengら¹³⁾はツルニンジンの根からのエーテル抽出物が朝鮮人参より強い抗酸化性を持つことを報告しているが、これは高い α -トコフェロール含量によるものであると推察される。これらのことを考えると、ツルニンジンは抗癌作用という点から現時点での知見をま

とめると、イニシエーション段階において効果が高い有用資源植物であると言えよう。今後は多量に含まれる多糖類の生理活性についての研究も望まれる。

4. おわりに

わが国の中部山間地帯に分布するトド(ツルニンジンの地方名)の伝統的利用の知識と技術を中部山岳地帯の村落や朝鮮半島の山岳地帯においてフィールド調査し、中国から朝鮮半島、アイヌを含む日本にわたる広範囲なものであることがわかった。生葉や山菜として古い伝統を持っているものと思われ、特に韓民族による栽培化と利用に対する活力が高いことがわかった。これは薬食同源の考え方が背景にあるものと思われる。

野生植物の栽培は一般に難しい場合が多く、健康食品として見た場合には成分に及ぼす環境条件の影響を知ることは重要である。そこで有機物の施用量が生育と成分に及ぼす影響を調べた。窒素の量が多くなっても病虫害は発生せず、無農薬・無化学肥料で栽培できた。さらに、土壌中の全炭素と全窒素の比(C/N比)は根部収量そして抗酸化性を持つ α -トコフェロール含量に大きな影響を及ぼすことがわかり、植物栄養生態に関する簡単なモデルを示すことができた。

今回調査した生理活性(*in vitro*による白血病分化誘導活性、好中球活性化作用、メラニン合成抑制作用)には明確な効果が認められなかったが、 α -トコフェロール含量が新鮮物中に3mg/100gと一般的な野菜と比較して極めて高いことがわかった。このことが抗癌作用に関係すると推察された。

有名なハーブやスパイス以外にも、なじみの薄いこうした山菜や生葉となる有用野生植物にも健康食品としての高い潜在力を持つものが多いと考えられている。国内にあっては急速な高齢化により野

生植物の利用に関する知識の消滅⁸⁰⁾、そして世界的な民族の植物知識の流亡が危惧されている(キュー植物園による指摘)。今後盲点となっている近隣の民族にも目を向け、伝統的な利用に関する知識の発掘や再評価を継続していきたいと考えている。

謝 辞

この研究を進めるにあたって、ご援助賜りました浦上食品・食文化振興財団に心から感謝するとともに、財団の益々のご発展を祈念いたします。

また調査にあたっては次の方々にお世話になりました。ここに謹んでお礼申し上げます。

江原大学植物応用科学部 Dr. Choel-Ho, Park 教授, Dr. Kweon, Heo 助教授

春川教育大学 Dr. Ki-cheol, Lee 教授, 韓国農業専門学校特用作物 Dr. Kwang-Jin, Chang 教授,

東北農業試験場 Dr. Han-Yong, Kim 研究員,

秋田県総合食品研究所 畠 恵司研究員,

長野県中信農業試験場 吉田 清研究員。

文 献

- 1) アイス民族博物館 (1989) チルムッ, 「アイスと植物」, 白老アイス博物館, p. 21.
- 2) 姉帯正樹・小川 広・林 隆章・青柳光敏・千田真奈美・村木美幸・安田千夏・飯中剛司・秋野茂樹・矢野昭起 (1996) アイス民族の伝承有用植物に関する調査研究 (第1報) 食用野生植物のビタミンA, CおよびE含量, 北海道衛生研究所報告 46: 34-39.
- 3) Colborn, Theo, Dianne Dumanoski and Jhon Peterson Myers (1996) Our stolen future: Are we threatening our fertility, intelligence, and survival? -A scientific detective story-. (長尾 力訳「奪われし未来」, 翔泳社.)
- 4) 藤巻 宏編 (1998) ツルニンジン, 「地域生物資源活用大事典」, 農文協, 東京, P. 215-216
- 5) 福岡イト子・佐藤寿子 (1995) 「アイス植物誌」, 草風館, p. 177-180.
- 6) 畠恵司・石川国子・堀一之 (1998) 秋田県産山菜に含まれるヒト白血病細胞株 (HL60) に対する分化誘導活性, *Natural Medicines* 52 (3): 269-272.
- 7) 林 善茂 (1968) アイス食生活の調査, 北海道教育委員会編「アイヌ民俗資料 調査報告」p. 92-113.
- 8) 井上直人・井上 梓 (1995) 紀伊半島南部における山蜜蜂の伝統的飼養について, *ミツバチ科学* 16(4): 153-162.
- 9) 井上直人 (1998) 信州奥三峰の伝統的植物利用, *農耕の技術と文化* 21: 159-191.
- 10) 岩井正憲・小松かつ子・難波恒雄 (1992) *Codonopsis* 属植物の生薬学的研究 (第3報) *Codonopsis* 節に属する植物の根の形態, *生薬学雑誌* 46(3): 217-223.
- 11) 泉 邦彦 (1999) 「化学汚染 しるびよる健康障害」新日本新書.
- 12) Lee, Seong Phil, Sang-Kuk Kim, Myng Suk Nam, Boo Sull Choi and Sang Chui Lee (1996) Effects of shading and organic matter applications on growth and aromatic constituents of *Codonopsis lanceolata*, *Korean J. Crop Science* 41 (4): 196-504.
- 13) Maeng, Young-Sun and Hye-Kyung Park (1991) Antioxidant Activity of Ethanol from Dodok (*Codonopsis lanceolata*), *Korean J. Food Sci. Technol.* 23 (3): 311-316.
- 14) 長野県 (1983) 「長野県土作りガイドブック (改訂増補版)」, 長野県, p. 186-187.
- 15) 難波恒雄・小松かつ子・岩井正憲・徐 国鈞 (1992) *Codonopsis* 属植物の生薬学的研究 (第1報) *Codonopsis* 節に属する植物の根の形態, *生薬学雑誌* 46(2): 156-164.
- 16) 難波恒雄・小松かつ子・岩井正憲 (1992) *Codonopsis* 属植物の生薬学的研究 (第2報) *Codonopsis* 節に由来する中国産「党参」および関連生薬の基源, *生薬学雑誌* 46(2): 165-173.
- 17) Park, Choel-Ho and Ki-cheol, Lee 編 (1991) 「食用山菜生産論」先進文化社, ソウル.
- 18) Pemberton, R. W. and Nam Sook Lee (1996) Wild food plants in South Korea; market presence, new crops, and exports to the United States. *Econ. Bot.* 50(1): 57-70.
- 19) 阪本享男 (1995) 半栽培をめぐる植物と人間の共生関係, 福井勝義編「講座地球に生きる, 4 自然と人間の共生—遺伝と分化の共進化—」, 雄山閣, 東京, p. 17-36.
- 20) 阪本享男 (1998) 日本海をめぐる民族自然誌研究, 環境科学総合研究所年報 17: 79-95.
- 21) 蕭 培根編 (1993) 1378 四葉参, 大家恭男ら監修「中国本草図録 巻3」, 中央公論, P. 191.
- 22) 篠原 徹 (1995) 「海と山の民族自然誌」, 吉川弘文館.

- 東京, p.185-214.
- 23) 白土三平 (1993) トッドウツ, 「野外手帳」 p.46-4 6 50, 小学館.
- 24) 立花 隆 (1998) 「環境ホルモン入門」, 新潮社.
- 25) Wang, Zeng-Tao, Gi-Yuan Ma, Peng-Fei Tu, Guo-Jun Xu and Tzi-Bun Ng (1995) Chemotaxonomic study of *Codonopsis* (family *Campanulaceae*) and its related genera. *Biochemical Systematics and Ecology* 23(7/8): 809-812.
- 26) Wang, Tzi-Bun Ng, H. W. Yeung and Guo-Jun Xu (1996) Immunomodulatory effect of a polysaccharide-enriched preparation of *Codonopsis pilosula* roots. *Gen. Pharmac.* 27(8): 1347-1350.
- 27) Wang, Zeng-Tao, Qun Do, Guo-Jun Xu, Ru-Jun Wang, Ding-Zhong Fu and Tzi-Bun Ng (1997) Investigations on the protective action of *Codonopsis pilosula* (Dangshen) extract on experimentally-induced gastric ulcer in rats. *Gen. Pharmac.* 28(3): 469-3.

Traditional use and quality as food of edible wild plant *Codonopsis lanceolata* Trautv. in the mountainous areas of Japan and Korea

Naoto Inoue (Faculty of Agriculture, Shinshu University)

A field survey was carried out on *Codonopsis lanceolata* Trautv. in the mountainous areas in Japan and Korea concerning its traditional use, familiarity and its quality as food. Chinese, Koreans and Japanese people have utilized it as a vegetable or a traditional drug. Korean people, especially, have made great efforts to domesticate the wild plant as a vegetable, and utilize it as a medicine and feedstuff to livestock.

A field trial was carried out to examine the effect of organic matter application to soil on its yield and quality as food. Barnyard manure or manure from tree litter was applied at the rate of 0, 0.5, 1, 1.5 and 2t/a. The plants were not infected by diseases although no insecticide or fungicide had been applied. The yield and the content of dl- α -tocopherol were highly correlated with the ratio of total carbon to total nitrogen in soil (C/N ratio). When the C/N ratio increased, the yield decreased and the content of dl- α -tocopherol increased. The simpler plant nutritive model between the C/N ratio in soil and the yield of dl- α -tocopherol was proposed.

Neither the water nor ethanol soluble fraction from the fresh root induced NBT reduction activity of human promyelocytic leukemia cell line HL60 nor did they activate neutrophils. They also did not inhibit melanine synthesis of mouse melanoma cell line B16. The dl- α -tocopherol content in the dried root was about 10 mg/100 g. The root of *C. lanceolata* was suggested to have a stronger antioxidation activity than other common vegetables.

Key words: α -tocopherol, B16, *Codonopsis lanceolata*, HL60, organic matter, soil, traditional drug, vegetable.