

有機物 種類에 따른 더덕 根의 一般成分과 精油成分 變化

李承弼*·金相國*·崔富述*·李相哲**·呂守甲*

Effects of Organic Matter Applications on General Components and Essential Oils in *Codonopsis lanceolata* T_{RAUTV}.

Seong Phil Lee*, Sang Kuk Kim*, Boo Sull Choi*, Sang Chul Lee** and Soo Kab Yeo*

ABSTRACT : This experiment was conducted to increase aromatics in roots of *Codonopsis lanceolata* by applications of organic matters. Fresh root wt. was increased by conifer/moss application to 79.1g per plant. Crude protein content was also higher at rice straw application than native soil application and crude saponin content was increased by conifer/moss application, but contents of crude fat, fiber and ash were not different in all treatments.

Although contents of K, Ca, and Mg were increased by rice straw application, Fe, Mn, Zn, Na and Cu were not significantly different in all treatments. The highest free amino acid was arginine, it was increased by the application of fallen leaves and the highest yield (0.008%) of essential oils was obtained by conifer/moss application. As a result, to produce *C. lanceolata* plant showing higher quality and aromatic essential oils, it was considered that the most effective organic matter showing high yield and higher aromatic constituents was conifer/moss application of over 3M/T per 10a.

Key words : *Codonopsis lanceolata*, Organic matters, Aromatic constituent.

緒 言

더덕 (*Codonopsis lanceolata* Benthham et. Hooker fil.)은 초롱꽃科에 屬하는 多年生 宿根性 植物⁸⁾로 뿌리에 saponin, inulin, pentosane, vitamin B₁, B₂, 炭水化物, 蛋白質, 植物精油 等¹⁰⁾의 成分이 含有되어 있는 藥用 및 食用의 兼用植物 이다. 또한 強壯, 排膿, 祛痰, 解毒, 咳嗽 等에 藥理的인 效能이 뛰어나 人蔘의 代用生藥¹⁹⁾으로 利用 되고 있다. 最近에는 中國産 더덕의 大量流通으로 商品의 質低下와 消費者의 嗜好度가 量的인 面에

서 質的인 面으로 轉換되면서 더덕 特有의 香氣가 많은 더덕을 選好하는 傾向이 높아지고 있는 實情 이다. 그러나 中國産 더덕은 國內産 더덕에 비해 맛과 香氣가 매우 떨어져 國內 野生더덕을 利用하여 맛과 香이 뛰어난 더덕 品種의 育成과 새로운 栽培技術이 要求되어지고 있다. 현재까지 더덕의 香氣成分에 關한 研究로는 鄭 等¹⁾과 朴 等¹⁵⁾에 의해 50種 以上이 確認되었고, 金 等²⁾이 溶媒 抽出 分割 方法 (SEF)과 head space sampler (HSS) 裝置를 利用하여 trans-2-hexenol, cis-3-hexen-1-ol, 1-octen-3-ol 等 30餘種의 揮發性 香氣 成分을 檢出 했다⁶⁾는 報告와 더덕의 栽培的인 側面에서 李 等¹⁰⁾

* 慶北農村振興院 (Gyongbuk Provincial RDA, Taegu 702 - 320, Korea)

** 慶北大學校 農科大學 (Coll. of Agric., Kyungpook Nat'l Univ., Taegu 702 - 701, Korea)

< '97. 12. 15 접수 >

^{11,12} 이 自生地의 環境調査와 遮光 및 有機物 施用 試驗外에는 研究報告가 매우 低調한 實情이다.

따라서 本 研究은 더덕의 香氣成分 向上을 위해 有機物 種類別 主要成分, 遊離 아미노酸 및 香氣成分인 植物精油 등을 調査하여 얻어진 實驗結果를 報告하고자 한다.

材料 및 方法

本 試驗은 1994년부터 1996년까지 3個年에 걸쳐 慶北農村振興院 北部試驗場(安東) 試驗圃場에서 實施하였다. 實驗材料는 1993年 4월에 種子를 露地에 散播하여 10월에 收穫하여 低溫貯藏庫에 保管한 1年生 苗를 使用하였다.

有機物 製造에서 自生地 土壤은 營養 일월산의 土壤, 벗짚 堆肥는 수도포장에서 콤팩인으로 切斷한 것을 使用하였고 그의 山野草, 闊葉樹, 針葉樹 및 이끼 堆肥는 산에서 直接 採取하였고 鷄糞 堆肥는 鷄糞과 堆肥를 1:1의 무게比率로 混合하여 製造하였다.

有機物 處理는 自生地 土壤을 對照區로 하여 벗짚, 山野草, 闊葉樹, 針葉樹 및 이끼, 鷄糞 堆肥를 各各 10a當 3M/T씩 施用하였고 栽植距離는 條間 30cm, 株間 15cm로 하여 定植하였다. 施肥量은 自生地 土壤 및 有機物 處理區 모두 10a當 N-P₂O₅-K₂O를 6-6-6kg 全量基肥로 施用하였고 試驗區 配置는 亂塊法 3反復으로 하였다.

主要 調査項目中 生育特性은 農村振興廳 農事試驗研究調査基準¹⁸⁾에 準하였고 粗蛋白質, 粗脂肪, 粗纖維, 粗灰分 등은 乾燥粉末試料 1g을 正確히 稱量한 後 飼料分析實驗¹⁹⁾에 準하였다.

遊離 아미노酸 分析은 表 1의 分析條件에 따라 實施하였고 試料處理는 乾燥 粉末 試料 2g을 75% EtOH 30 ml과 혼합하여 80℃가 維持되는 恒溫 水槽에서 30分間 溶媒 抽出하여 濾過紙(Whatman No. 2)로 濾過한 다음 잔사를 다시 75% EtOH 20 ml과 混合하였다. 再抽出한 後 減壓 濃縮機로 EtOH를 揮發시킨 다음 separatory funnel에 ethylether 50 ml과 濃縮液을 混合하여 24 時間 동안 放置시켰다. 水溶狀의 層만을 分離하여 10 ml로 채운 後 0.45 μm 필터로 濾過하여 約 20 μl를

HPLC에 注入하여 遊離 아미노酸의 標準品の 檢量線을 作成한 後 머무름 時間을 相互 比較하여 定量 하였다.

香氣成分 分析은 生體뿌리 1kg을 깨끗이 씻은 다음 Linkens와 Nikerson裝置의 오른쪽 둥근플라스크에 생체뿌리와 蒸溜水를 2 l를 混合하고 왼쪽 둥근 플라스크에는 再蒸溜한 diethylether를 50ml을 넣어 각각 60volt, 80volt의 전압을 흘려 시료가 끓기 시작한 후 1시간동안 水蒸氣 蒸溜(SDE)시켰다. 抽出된 溶媒液은 無水황산마그네슘으로 脫水시켜 減壓濃縮機로 4℃ 減壓下에서 濃縮시킨 後 1μl를 GC에 注入하였다. 이때 GC(Finnigan GCQ Mat, USA)의 오븐溫度는 分當 4℃로 하여 210℃에서는 30分間 維持시켰고 이때 칼럼은 극성이 높은 DB-FFAP(0.25mm i. d./0.025μm thickness/30m)를 使用하였고, 運搬가스는 헬륨을 理容하여 秒當 40cm로 하였다. 物質確認은 NIST(GP, TR) 라이브리리와 標準品の 머무름 時間을 基準으로 하여 同定하였다.

Table 1. Analytical conditions of free amino acids.

Model	: Waters Associates HPLC
Column	: Amino acid Analysis Liquid Chromatography
Column temp.	: 60±0.5℃
Buffer system	: A→B→A
Flow rate	: 0.4 ml/min.
Detector	: OPA Hyp Fluorescence
Buffer A	: Sodium citrate dihydrate mixing solution pH 3.05
Buffer B	: Boric acid mixing solution pH 9.60

結果 및 考察

有機物 種類에 따른 地上部 및 地下部 生育은 表 2와 같이 蔓長은 自生地土壤에 비하여 벗짚 堆肥와 闊葉樹 堆肥 施用區에서 길었고 葉數, 葉長 및 葉幅 등은 全般的으로 闊葉樹 堆肥 施用區에서 生長

량이 많았다.

生根重은 針葉樹 이끼堆肥에서 株當 79.1g으로 가장 무거웠고 自生地 土壤, 벗짚 堆肥 및 鷄糞 톱밥 堆肥에서는 減少하는 傾向을 보였는데 朴 等¹⁶⁾과 李 等¹⁷⁾은 單肥處理보다 堆肥 施用에서 生根重의 增加를 보였다는 報告와 綜合해 볼 때 全體의

로 有機物效果가 있었고 특히 針葉樹/이끼堆肥 施用區에서 生根重이 가장 무거운 것으로 보아 더덕 栽培를 위한 有機物로는 針葉樹/이끼 堆肥가 가장 適合하여 今後 有機物 種類에 따른 窒素, 磷酸 含量 等の 研究가 있어야 할 것으로 생각된다.

有機物 種類에 따른 粗成分 및 無機成分 變化는

Table 2. Effects of various organic matter applications on growth characteristics.

Manures	Vine length (cm)	Leaf			Fresh root wt. (g/plant)
		Number	Length (cm)	Width (cm)	
Native soil	326b	42	5.5d	3.7b	31.9d
Rice straw	344ab	39	6.4b	3.6b	48.6c
Wild grass	352a	36	5.8c	3.8b	46.5c
Fallen leaves	343ab	34	6.4b	4.2a	68.2b
Conifer/moss	317c	34	7.0a	3.8b	79.1a
Chicken dung/sawdust	320b	36	5.7c	3.4c	42.0c

In each column, the same letters are not significantly different at the 5% level by DMRT.

表 3과 같다. 粗蛋白質 含量은 自生地 土壤에 비해 針葉樹/이끼堆肥와 鷄糞 톱밥 堆肥 施用區에서 낮았고 벗짚 堆肥 施用區에서 가장 높았으나 粗脂肪, 粗纖維 및 粗灰分에서는 一定한 傾向이 없었다.

粗사포닌은 모든 有機物施用區에서 3%內외의 含量을 보였고 針葉樹/이끼 堆肥 施用區에서는 3.4%로 가장 높아 藥理的 側面을 同時에 考慮할 때 粗사포닌의 含量의 增大를 위해서는 針葉樹/이끼 堆肥를 施用이 有利하였으며 今後 사포닌의 特性과 種類에 對한 研究가 必要할 것으로 생각된다.

無機成分의 變化를 表 4에서 보면 K와 Mg은 벗짚 堆肥와 針葉樹/이끼堆肥 施用區에서 높은 含量을 보였으나 Fe, Mn, Zn, Cu는 有機物 種類間에 一定한 傾向이 없었다.

有機物 種類別 遊離 아미노酸 含量은 表 5와 같이 arginine은 다른 遊離 아미노酸보다 闊葉樹 堆肥 施用區에서 18.99mg으로 가장 높았고 serine, proline, leucine 等の 遊離 아미노酸은 有機物 種類間에 一定한 傾向이 없어 李 等¹²⁾이 遮光과는 無關하게 有機物을 多量施用한 處理에서 arginine 含

Table 3. Contents of crude components as affected by various organic matter applications.

Manures	Crude components (%)					Moisture (%)
	Protein	Fat	Fiber	Ash	Saponin	
Native soil	7.38c	1.48b	2.44a	3.24d	3.0b	81.0
Rice straw	10.44a	1.32c	2.45a	3.73c	3.0b	84.0
Wild grass	9.00b	1.57a	2.51a	4.73a	2.8c	81.3
Fallen leaves	9.56b	1.35c	2.52a	3.42c	3.0b	82.7
Conifer/moss	6.13d	1.32c	2.51a	4.01b	3.4a	83.2
Chicken dung/sawdust	6.88d	1.48b	2.44a	4.43b	3.0b	79.5

In each column, the same letters are not significantly different at the 5% level by DMRT.

Table 4. Contents of inorganic elements as affected by different organic matter applications.

Manures	K	Ca	Inorganic element content (%)					
			Mg	Fe	Mn	Zn	Na	Cu
Native soil	14.50c	4.80b	0.50	0.01	0.19	0.04	0.01	0.08
Rice straw	19.66a	4.83b	0.55	0.01	0.18	0.05	0.01	0.08
Wild grass	14.55c	4.28c	0.29	nd ^j	0.18	0.04	0.01	0.09
Fallen leaves	12.72d	4.03e	0.34	nd	0.20	0.04	nd	0.08
Conifer/moss	16.01b	5.14a	0.42	nd	0.18	0.04	0.12	0.09
Chicken dung/sawdust	15.48b	4.12d	0.40	nd	0.14	0.04	0.01	0.06

In each column, the same letters are not significantly different at the 5% level by DMRT.

^j nd means not detected and trace amounts.

Table 5. Composition of free amino acids as affected by different organic matter applications.

Free amino acids	Manures					
	Native soil	Rice Straw	Wild grass	Fallen leaves	Conifer/moss	Chicken dung/sawdust
1. Lys	1.99	1.98	2.33	2.10	2.00	1.99
2. His	0.59	0.88	0.99	0.76	1.00	1.03
3. Arg	14.98d	17.99b	17.68b	18.99a	15.98c	16.00c
4. Asp	1.28	1.29	1.08	1.09	1.03	1.44
5. Thr	0.80	0.90	1.92	0.98	0.57	0.99
6. Ser	0.10	0.11	0.22	0.25	0.19	0.26
7. Glu	6.99	7.68	7.69	7.46	7.35	8.10
8. Pro	1.09	1.00	1.06	1.17	1.09	1.00
9. Gly	1.11	1.09	0.98	0.76	1.00	1.10
10. Ala	1.33	1.57	1.44	1.34	1.00	1.08
11. Val	1.09	1.16	1.11	1.90	1.09	2.09
12. Met	1.00	1.23	1.99	1.09	0.76	1.00
13. Ile	1.09	1.08	1.77	1.77	1.93	1.65
14. Leu	0.01	0.09	0.99	1.23	0.08	0.18
15. Tyr	0.12	0.22	0.38	0.22	0.11	0.08
16. Phe	2.20	2.27	2.00	2.76	2.08	2.25

In a row, the same letters are not significantly different at the 5% level by DMRT.

Table 6. Essential oil contents in the roots as affected by various organic matter applications.

Manures	Essential oil content (%)
Native soil	0.006 b
Rice straw	0.002 e
Wild grass	0.005 c
Fallen leaves	0.003 d
Conifer/moss	0.008 a
Chicken dung/sawdust	0.002 e

In each column, the same letters are not significantly different at the 5% level by DMRT.

량이 높았다는 報告와 類似하였다.

有機物 種類에 따른 植物精油 및 香氣成分 變化를 表 6에서 보면 植物精油 含量은 鷄糞 堆肥와 芻草堆肥 施用區에서 0.002%로 낮았으나 針葉樹/이끼堆肥 施用區에서는 0.008%로 가장 높은 收率을 보여 더덕을 利用한 香水 및 芳香劑 開發을 위해서는 優先적으로 精油成分 收率에 높아야 하는 것을 考慮하면 針葉樹/이끼堆肥를 施用함과 同時에 有機物 施用量에 對한 研究도 追加로 이루어져야 할 것으로 본다.

한편 更덕 뿌리의 香氣成分을 GC/MS에 의해 分

Table 7. Aromatic constituents as affected by different organic matters.

Peak No.	Compounds	Peak area %						Identification
		A ^b	B	C	D	E	F	
1	2-Pentanol	0.71	0.39	0.05	0.25	0.03	0.08	a ^j
2	Isoamyl alcohol	0.24	0.19	0.12	0.04	0.05	0.35	a
3	2-Amyl furan	0.07	0.14	0.08	0.04	0.05	0.03	a
4	Trans-2-Hexenol	0.12	0.75	3.65	0.05	2.49	0.50	a
5	Amylalcohol	0.26	0.19	0.39	0.16	0.19	0.33	a
6	3-Octanone	-	-	-	-	-	-	a
7	Methyl heptenene	0.02	0.10	-	0.01	0.01	0.18	a
8	2-Penten-1-ol	0.54	0.17	0.38	0.21	0.29	0.16	a
9	Prenol	0.02	-	0.03	-	-	-	a
10	Methyl heptenene	0.04	0.12	0.03	-	-	-	a
11	1-hexanol	74.47	31.60	48.87	42.76	78.62	29.80	a, b ^b
12	Cis-3-Hexanol	44.21	19.08	28.49	17.28	36.65	10.61	a, b
13	Trans-2-Hexanol	147.33	17.96	63.79	58.81	120.41	17.17	a, b
14	4-Methyl hexanol	0.24	0.48	0.12	0.07	0.07	0.22	a
15	3-Methoxyisopropylpyrazine	0.14	0.08	0.15	0.08	0.23	-	a
16	2-Octenal	0.19	0.11	0.07	-	0.11	-	a
17	1-Octen-3-ol	0.83	1.53	0.36	0.22	0.36	0.14	a
18	Aceticacid	0.22	0.62	0.03	-	0.11	-	a
19	Furfural	0.07	0.13	-	-	0.10	-	a
20	2,4-Heptadienal	0.11	1.38	0.07	0.07	0.03	0.53	a
21	Benzaldehyde	0.01	-	-	-	0.02	-	a
22	Linalool	0.04	0.27	-	0.04	0.01	-	a
23	Cedrene	0.14	0.54	0.09	0.08	0.40	0.18	a
24	2-Quaiene	0.07	0.42	0.03	0.04	0.07	0.09	a
25	Caryophyllene	0.13	0.39	0.02	0.03	0.05	0.26	a
26	Widdrene	0.06	1.21	0.06	0.03	0.10	0.14	a
27	<i>l</i> -Menthol	0.46	1.24	0.15	0.13	0.25	0.18	a
28	Phenyl acetic aldehyde	1.95	6.19	0.54	0.62	1.18	1.15	a
29	δ -Quaiene	0.17	0.99	0.09	0.11	0.15	0.79	a
30	Methyl salicylate	0.02	0.12	-	-	0.01	-	a
31	2,4-Decadienal	0.23	2.07	0.07	0.11	0.12	0.20	a
32	Geraniol	0.15	1.47	0.07	0.09	0.06	1.01	a
33	Benzylalcohol	0.15	1.64	-	-	0.12	-	a
34	BHT	0.83	10.42	0.33	0.42	0.92	4.22	a
35	Phenyl ethyl alcohol	0.07	1.12	0.04	0.04	0.05	0.73	a
36	Cinnamic aldehyde	-	-	-	-	-	-	a
37	2-Cedral	0.21	3.78	0.05	0.01	0.11	0.64	a
38	Eugenol	-	0.40	0.02	0.07	-	0.32	a
39	Patchouli alcohol	0.26	1.77	0.26	0.17	0.14	0.72	a
40	2-Methoxy-4-Minyl Phenol	0.14	3.12	0.07	0.06	0.10	0.41	a
41	2-Hexyl cinnamic aldehyde	0.02	0.45	0.06	0.03	0.02	0.19	a
42	Diethyl phtnlate	0.01	-	0.08	0.04	0.03	0.07	a
43	4-Vinyl phenol	0.01	1.28	-	0.03	-	0.32	a
44	Diisoputhyl phthalate	-	-	0.05	-	0.07	-	a
45	Myristic acid	0.13	2.06	0.13	0.10	0.10	0.94	a
46	Dibuthyl phthalate	0.20	2.18	0.14	0.12	0.19	0.81	a
47	Benzylesalicylate	0.01	-	0.06	0.06	0.03	0.37	a
48	Palmitic acid	0.13	28.47	1.25	1.42	1.03	12.51	a

^aA : Native soil, B : Rice straw, C : Wild grass, D : Fallen leaves, E : Conifer/moss, F : Chicken dung/saw dust.

^ja : Identified by mass spectral data, NIST only.

^bb : Identified by mass spectral data and retention time with those of authentic samples.

析한 결과를 表 7에서 보면 총 48종이 確認되었는데 1-hexanol, *cis*-3-hexenol 및 *trans*-2-hexanol 등이 높은 含量을 보였다.

有機物 種類間에는 針葉樹/이끼 堆肥에서 主要 香氣成分인 1-hexanol이 78.62, *cis*-3-hexenol이 36.65, *trans*-2-hexanol이 120.41 peak area%인 것과 香氣가 높은 自生地 土壤에서 1-hexanol이 74.47, *cis*-3-hexenol이 44.21, *trans*-2-hexanol이 147.33 peak area%로 나타난 것과 가장 類似한 結果를 보여 李等¹²⁾이 自生地 및 栽培地の 더덕 香氣成分이 各各 60餘種, 40餘種이라고 밝힌 것과 差異를 보여 氣象 및 有機物組成에 起因된 것으로 推測되어 今後 具體的인 研究가 遂行되어야 할 것으로 생각된다.

摘 要

本 實驗은 自生地の 野生더덕이 가지는 高芳香性의 特性을 露地栽培時 栽培더덕에서도 高芳香性을 갖는 栽培技術을 確立하기 위하여 몇가지 有機物을 施用하여 更덕의 主要成分, 遊離아미노酸 및 植物精油, 香氣成分의 變化를 檢討한 結果는 다음과 같다.

1. 蔓長은 自生地土壤보다 벗짚堆肥와 闊葉樹堆肥 施用區에서 가장 길었고 葉長, 葉幅 等은 針葉樹/이끼 堆肥 施用區에서 가장 컸다.

2. 粗蛋白質 含量은 自生地 土壤보다 針葉樹 이끼堆肥와 鷄糞톱밥 堆肥 施用區에서는 낮은 반면에 山野草 堆肥, 闊葉樹 堆肥 및 벗짚 堆肥에서는 높은 含量을 나타내었고 無機成分인 K와 Mg은 전반적으로 벗짚 堆肥와 針葉樹 이끼堆肥 施用區에서 높은 含量을 보였으나, Fe, Mn, Zn, Cu 等 微量元素는 有機物 種類間에 一定한 傾向이 없었다.

3. 遊離 아미노酸 含量에서 arginine은 다른 遊離 아미노酸보다 매우 높았고 闊葉樹 堆肥 施用區에서 18.99mg으로 가장 높은 含量을 보였다.

4. 有機物 種類에 따른 植物精油 含量은 針葉樹/이끼堆肥 施用區에서는 0.008%로 가장 높은 收率을 나타내어 自生地 有機物 資源과 가장 類似한 것으로 判斷되었다.

5. 更덕 뿌리의 香氣成分을 GC/MS에 의해 分析

한 結果 총 48종이 確認되었고 1-hexanol, *cis*-3-hexenol, *trans*-2-hexanol 等이 높은 含量을 보였다. 有機物 種類間에는 針葉樹/이끼 堆肥에서 主要 香氣成分인 1-hexanol이 78.62, *cis*-3-hexenol이 36.65, *trans*-2-hexanol이 120.41 peak area%를 나타내었으며 이는 香氣가 높은 自生地 土壤의 1-hexanol이 74.47, *cis*-3-hexenol이 44.21, *trans*-2-hexanol이 147.33 peak area%인 것과 類似하게 높았다.

引用文獻

1. Chung, B.S. and D.S. Na. 1977. Studies on the terpenoid component of the roots of *Codonopsis lanceolata* Bent. et Hook, Kor. J. Pharmacog. 8, 49.
2. Chung, T.Y., J. L. Kim, F. Haya, and H. Kat. 1987. Flavor components in the bellflower roots. J. Korean Sci. Food Nutr. 16 : 136.
3. Hazelhoff B., D. Smith, TH. M. Malingre, and H. Hendrikes. 1977. Pharm. Weekblad Sci. Ed. 1, 71 - 77.
4. Jennings W., T. Shibamoto. 1980. Qualitative analysis of flavor and fragrant volatiles by glass capillary gas chromatography. Academic Press, Inc., pp. 9 - 28.
5. 金東勳. 1995. 食品化學. 全訂增補版. 탐구당. pp. 590 - 608.
6. 김정환, 김경례, 김재정, 오창환. 1992. 前處理 方法에 따른 更덕의 揮發性 香氣成分 比較 分析. 韓國食品工學會誌. 24(2) : 171 - 176.
7. 金惠子. 自然産과 栽培更덕의 一般成分 및 아미노산 組成. 韓國食品工學會誌. 17(1) : 22 - 24.
8. 이덕봉. 1981. 韓國 動植物圖鑑 植物篇(有用植物). 三化出版社. 15卷. p. 264, 419.
9. 李錫健. 1984. 乾燥된 野生更덕과 耕作更덕의 化學成分. 韓國農化學會誌. 27(4) : 225 - 230.
10. 이상인. 1981. 本草學. 진서원. p. 129.
11. 李承弼, 金相國, 崔富述, 李相哲, 金吉雄.

1995. 栽培場所에 따른 野生더덕과 栽培더덕의 生育 및 香氣成分. 韓作誌. 40(5) : 587 - 593.
12. 李承弼, 金相國, 南明淑, 崔富述, 李相哲. 1996. 遮光과 有機物 施用이 더덕의 生育 및 香氣成分에 미치는 影響. 韓作誌. 41(4) : 496 - 504.
13. 맹원재, 윤광로, 신형태, 김대진. 1981. 수정 증보 사료분석실험. 선진문화사. pp. 131 - 150.
14. Nimitz, J. S.. 1991. Experiments in organic chemistry. Prentice Hall, Inc. pp. 196 - 207.
15. Park, J. Y., Y. H. Kim, and K. S. Kim. 1989. Volatile flavor components of *Codonopsis lanceolata* Traut. (Benth. et Hook.), J. Korean Agric. Chem. Soc., 32, 338.
16. 박상근, 이동아, 송기원. 1972. 더덕의 생육에 미치는 차광처리의 영향. 한원지. 11 : 25 - 28.
17. Pavia. D.L., G.M. Lampman, and G.S. Kriz. 1984. Introduction to organic laboratory techniques : a contemporary approach. CRC press. pp. 565 - 581.
18. 農村振興廳. 1983. 農事試驗研究調查基準. 改訂第1版. pp. 35 - 139.
19. 신승원, 최은정. 1995. 細胞培養에 依한 더덕 精油의 生産. 生藥學會誌. 26(2) : 164 - 167.
20. 申秀徹, 李相來, 尹義洙, 李良洙. 1990. 더덕 (沙蔘)의 栽培方法別 一般成分 및 無機成分에 關한 研究. 東洋資源植物學會誌. 4 : 39 - 45.