

江原道地域의 土壤凍結深 및 常綠植物의 含水量 趨移에 關한 研究 (1)

洪鍾雲 · 許範亮* · 元慶烈 · 林炳春 · 李基哲 · 河相健*

春川教育大學

Studies on the soil freezing depth and change of moisture contents in evergreen plants upon subzero temperature in kangwon area.

Hong J.U., Huh B.L., Won K.Y., Lim B.C., Lee K.C., Ha S.K.

SUMMARY

Experiments were conducted to investigate the soil freezing depth and pattern with freezing measuring instruments during 1988-1989 winter season in Kangwon province. Freezing measuring instrument was made with acrylic pipes which were consisted of inner and outer parts.

Inner pipe was filled with 0.01 % methylene blue solution and rubber hose to protect pipe breakdown by solution freezing. Freezing measurements were carried out by observing discoloration of methylene blue solution.

Moisture content of evergreen trees and ground cover plants was also examined in the winter season.

The observed results are as follows :

1. In the land of 100M above sea level, soil freezing depth became deeper as the sum of Accumulated degree-days of temperature below 0°C(0°C · day) increased :

Soil freezing depth was 30-40cm at 100°C, 42-43cm at 150°C, and 47cm at 200°C · day

2. Soil freezing with vinyl mulching was less developed by 13cm at 100°C with sum of subzero temperature, by 17cm at 200°C than that of the bare ground.

Soil of rich hulls mulching with 40cm was not frozen until soil freezing at the bare ground was developed to 25cm depth.

3. Cashmeron mulching was more effective than felt mulching in the heat insulation of soil.
4. Thawing of soil was done from the lowest part of the frozen in the ground to upward in the beginning and after that it was done from the surface of frozen soil to downward. Finally thawing was completed at the middle of frozen soil.

이 研究論文은 1989年度 韓國學術振興財團의 연구비 지원에 의하여 수행되었음

* 江原道 農村振興院

(Kang Won Rural Development of Agronomy)

I. 緒 論

江原道地域의 海岸·內陸(嶺西)·山岳(高冷地) 地帶別 冬季 土壤凍結深에 關한 研究가 거의 없다.

비슷한 積算寒度라도 多雪地帶의 積雪下에선 越冬이 容易한 植物이 寡雪地帶의 露出狀態에선 凍害를 입는 경우가 많다. 北緯 38°의 春川과 冬季 氣溫이 비슷한 北緯 42°의 札幌(Sapporo)에서 積雪 下에서 冬栢이 越冬함도 積雪로 因한 披覆防寒 效果임을 알 수 있으며^{12, 13)} 根雪以後 解凍까지 積雪 狀態下의 土壤은 最高凍結深 3.5cm임에 비해 冬季間 繼續 除雪하여 地面을 露出한 地點의 凍結深은 56.5cm였다.¹⁷⁾ 木下¹⁾ 등은 1967年 겨울 紋別地方의 最低氣溫 -20.2°C 積算寒度 630°C·day에서 凍結에 依한 土壤凍上測定으로 直徑 12cm 円板의 冬季 凍上抑制值를 370kg, 凍上最大値 6cm, 最大凍結深 63cm로 報告했고 同期間中 北見地域은 最低氣溫 -26.2°C, 積算寒度 900°C·day에서 最大凍結深 85cm라 했다.

石川⁴⁾ 등은 '64~65年 겨울 北海道 地域의 最深凍結深의 分布를 調査했다.

植物의 冬季 低溫에 의한 凍死는 極寒으로 因한 凍裂死와 土壤凍結에 依해 水分吸收와 葉面蒸散量 과의 不均衡에 依한 枯死^{2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11)}에 起因함이 많았다. 土壤凍結地圖¹⁶⁾는 1960년에 作成되었다. 防風帶에 의한 寒害防除試驗은 大橋¹⁴⁾ 등이 施行했고 淺野·洪¹⁷⁾ 등은 寒冷紗 防風施設에 의한 常綠樹의 寒害發生 調査를 한 바 있다.

本 試驗은 春川地域의 露地의 陽·陰地別, 地表被 覆物의 種類에 따른 土壤凍結深의 變化와 江原道 全域을 南·中·北別로 海岸·內陸·高冷地의 土壤 凍結深을 調査하였고 造景用 常綠樹와 常綠地被植物의 冬季含水量의 變化를 調査하여 凍害 및 萎凋 枯死의 限界를 究明하는 基礎研究로서 實施하였다.

II. 材料 및 方法

土壤凍結深測定은 $C_{16}H_{18}N_3ClS \cdot nH_2O$ (methylene blue) 0.01%¹⁾을 充填한 플라스틱 파이프(B) (內徑 20.0mm, 外徑 25.4mm) 管에 接着用 100cm 테이프 자

(尺)를 接着 시킴) 內에 고무管(C) (內徑 5.5mm, 外徑 8.5mm 下端密閉)을 插入하여 凍結時의 膨脹壓力 排除用으로 內藏하였으며 이 B管을 土中에 垂直으로 插入裝置한 A管 (外徑 40.7mm, 內徑 34.3mm

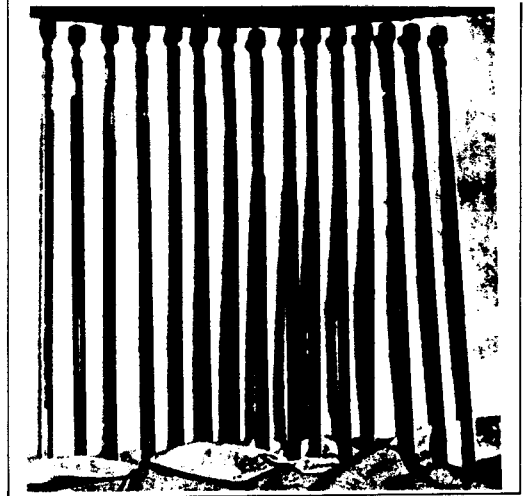


Fig.1. Cross-section of the soil Freezing depth meter.

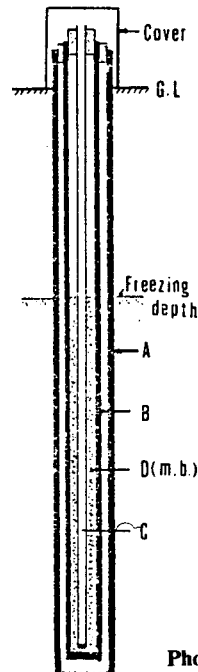


Photo 1. Soil Freezing depth meter

1) methylen blue 0.01% 水溶液의 融点降低는 0.00005°C 이니 凍結에 의한 透拆 變化線을 凍結線으로 看做함(Evanescens Spherulite)

管)內에 挿入裝置하여 凍結深을 調査하였다.

A管的 周邊은 모래를 채워 地中 土壤과 密着토록 하였으며 調査期間은 1985年 12月~86年 3月(1次)과 1988年 12月~89年 3月(2次), 89年 12月~90年 3月(3次)였으며 調査地域은 東草, 襄陽, 江陵, 三陟, 太白, 寧越, 華川, 楊口, 麟蹄(二個處) 洪川(四個處), 原州, 橫城, 橫溪 등 Fig2와 같은 地域에 걸쳐 實施하였으며 春川地域에선 陽地 陰地別로 露地, Vinyl mulching, 카시미론 mat mulching, 왕겨 40cm被覆, 왕겨 20cm被覆區으로 나누어 實施하였다. 地温은 地下 5~80cm간에 5cm 間隔으로 測定하였다.

每試驗區마다 4m²의 中心에 測定計를 裝置하였으며 各各 三反覆設置하였다.

III. 結果 및 考察

[試驗 1] 各種地面被覆物의 被覆과 土壤凍結深의 變化

試驗區의 土性은 Table 1과 같으며 '85~'86 冬期間의 土壤凍結深은 Table 2와 같이 A區(對照區·無被覆露地)에서 70.0cm, B區(Vinyl mulching 區)에서 45.5cm, C區(왕겨 20cm 被覆區)는 25.3cm, D區(왕겨 40cm 被覆區) 13.7cm, E區(補溫mat+0.03mm Vinyl) 46.9cm, F區(補溫mat區) 46.5cm, G區(카시미론 補溫mat+0.03mm Vinyl) 19.2cm, H區(카시미론 補溫mat區) 28.2cm, I區(補溫mat tent區) 58.1cm, J區(카시미론mat tent區) 64.9cm, K區(麻布 tent區) 66.3cm의 凍結深을 보여 왕겨 40cm區의 13.7cm 凍結深으로 가장 補溫效果가 높았으며 地面에 Vinyl 一枚 被覆으로 對照區보다 약 25cm나 凍結이 減되었다. (table 2)

春川地區에서 積算寒度 501.2℃day(24.Feb. '86)時의 凍結深은 68.8cm로 紋別地區의 630℃day, 時의 63cm에 비하면 土壤凍結深이 훨씬 깊다. 이는 降雪이 없는 露出된 地表面下와 積雪로 被覆된 地面下의 差異로 看做된다.

또한 露地의 경우 凍結深이 100℃day에서 34cm, 200℃day시 47cm, 300cmday에서 55cm, 400℃day 62cm의 趨勢를 보였고 0.03mm Vinyl 被覆區은 10 0℃day時 13cm, 200℃day에서는 平均 17cm, 500℃day 에서 25cm정도 凍結이 減 되었다.

카시미론 補溫mat+0.03mm Vinyl mulching區은 Vinyl mulching區에 비해 積算寒度 100~200℃day의 初期는 12~17cm, 後期(300~400℃day)에서는 20cm 정도 凍結深에 얹어 補溫效果가 높았다.

왕겨 20cm 被覆區은 最深凍結深이 25cm, 40cm被覆區은 13cm內外로 露地의 70cm, Vinyl mulching區의 45.5cm와 對照되었으며 露地區의 凍結深이 25cm가 될 때까지 왕겨 40cm 被覆區가 전혀 凍結되지 않았다. 이는 溫暖地覆 25cm內外 凍結하는 地域에선 왕겨 40cm 被覆으로 無凍結 越冬이 可能함을 示暖하는 것이라 하겠다.

補溫mat는 하우스 被覆時는 카시미론 補溫材보다 斷熱效果가 높아 室溫保存에는 有効하나 本試驗처럼 土壤面에 直接被覆하는 경우는 太陽光線의 透過率이 良好한 카시미론 補溫材 被覆區(H區)보다 18cm나 더 凍結되었으며 카시미론+비닐被覆區(G區)와 補溫mat+비닐被覆區(E區)의 最大凍結深은 各各 19.2cm와 46.9cm로 비닐 mulching의 相乘效果를 알 수 있었다.

2月 下旬~3月初 土壤解凍時는 처음 地中 下部의 最深凍結部位에서 解氷이 始作되어 凍結線은 위로 上昇하며 뒤이어 地表面部인 上部層의 地温上昇으로 解氷線이 下降하여 地中에서 上昇하는 解氷線과 下降하는 解氷線이 相接하여 完全 解凍케 되었다.

[試驗 2] 江原道 各 地域의 土壤凍結深 調査 本試驗은 88年 12月부터 89年 4月까지 江原道全域을 嶺東·嶺西·高冷地區 別로 南部·中部·北部로 三等分하여 15個處에 各各 A, B 2개씩 凍結深度計를 設置(Fig 2)하여 調査하였다. (亥安 江陵 縣北 華川 橫城 屯內는 89年 12月부터 實施)

測定은 隔日로 하였으며 各 區A, B調査區를 平均

Table 1. Physical properties of the soil

Moisture Content (%)	Loss of ignition (%)	Clay (%)	Silt (%)	Fine sand (%)	Coarse sand (%)	texture of soil(★)
6.53	5.30	30.8	21.1	17.5	30.6	sandy clay loam

(★) Texture of soils based on the U.S.Department of Agri, Classification.

Table 2. Transition of soil freezing depth. ('85~'86 Chun Cheon)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	-℃day
Dec. 5	3.7	0.5	2.0	0	1.3	1.3	0.6	1.2	1.5	0.5	0.5	
10	12.2	5.5	6.7	0	4.4	5.1	3.8	4.9	4.9	4.0	1.0	
15	25.3	14.9	9.2	0	6.6	7.8	4.4	6.0	11.2	11.9	10.9	-49.8℃ (14.Dec)
20	34.1	21.2	11.9	2.2	8.8	10.8	6.2	8.5	17.6	18.8	20.5	-100.5℃
25	39.8	22.1	12.0	1.5	8.8	11.3	2.4	6.5	20.5	21.7	26.0	
30	42.8	22.0	10.4	0.8	8.6	11.3	2.3	6.4	21.6	22.4	27.8	-148℃5℃ (1,Jan)
Jan. 5	45.8	25.9	9.9	1.9	14.0	19.2	6.4	11.8	25.8	26.0	31.9	
10	49.9	32.4	15.2	5.5	22.5	27.5	9.9	15.1	36.7	39.6	44.0	-201.0℃ (7,Jan) -250℃
16	55.3	38.7	18.9	7.2	29.0	33.3	12.8	18.0	43.9	49.3	55.3	-299.6℃
20	56.9	38.9	18.0	6.7	29.7	34.1	12.7	18.3	44.7	50.1	55.7	
25	58.4	40.1	18.3	6.9	31.9	35.6	13.2	19.9	45.8	50.3	56.3	-350.6℃
31	61.8	43.3	20.8	7.8	37.1	38.9	14.6	22.8	49.4	55.4	61.5	
Feb. 4	64.1	43.5	21.2	9.8	38.8	39.6	14.6	23.6	50.8	56.0	62.6	-393.4℃ (2,Feb)
10	67.2	45.2	24.9	12.9	44.0	43.9	17.8	27.0	55.7	62.4	67.2	-452.4℃ (4,Feb)
15	69.1	45.5	25.3	13.7	46.9	46.5	19.2	28.2	58.1	64.9	66.3	
20	68.8	44.5	23.9	13.1	45.4	45.4	19.1	27.4	57.7	64.3	66.2	
24	68.5	43.8	22.4	12.2	43.5	44.4	18.4	26.2	56.7	63.0	65.8	
28	68.8	41.3	20.4	10.4	41.5	42.9	16.7	25.3	55.4	61.1	65.8	-501.2℃ (24,Feb)
Mar. 7	70.0	3.8/32.0	18.2	0.7/7.1	4.7/37.5	4.8/38.9	0	9.0/10.0	53.5	57.9	1.0/60.3	
11	3.3/69.7	9.6/25.0	2.0/15.6	0	15.0/35.4	4.5/35.5		0	52.5	5.0/56.8	3.0/59.0	
15	9.7/69.0	14.0/15.0	3.3/3.3		22.5/33.0	2.2/31.5			51.6	13.5/55.0	11.5/56.4	
17	11.2/68.5	0	0		30.0/31.0	25.0/27.0			0.5/51.6	15.8/54.1	14.0/55.6	
19	12.6/68.5				0	0			1.0/50.5	18.4/53.4	17.3/54.2	
25	24.8/67.5								16.0/48.9	0	32.0/50.0	
27	28.5/67.0								22.5/47.7		39.0/47.0	
29	32.5/66.0		A : bare ground				F : Felt mulching		0		0	
Apr. 2	40.1/65.5		B : Vinyl mulching(0.03mm)				G : casimiron Vinyl mulching					
5	47.5/64.0		C : rice hulls mulching(20cm)				H : casimiron mulching					
10	54.6/62.5		D : (40cm)				I : Felt tent					
11	58.2/61.8		E : Felt Vinyl(0.03mm) mulching				J : casimiron tent					
12	0						K : Vinyl gunny tent					

하였다. 同 試驗期間中의 各 測定地域의 積算寒度는 Table 3과 같으며 春川의 旬間 地中溫度의 變化는 Table 4와 같다.

大鳳地區(洪川郡 乃村面 海拔 150 m)의 最深土壤凍結深은 40cm內外였고, 原州地區는 63cm였으나 積算限度가 높은 大關嶺區에선 50餘cm의 凍結狀態

에서 降雪이 많은 1月 下旬頃부터 解凍이 進展되어 2月 下旬엔 不過 20餘cm로 되었다가 融雪이 된 3月부터 다시 凍結線이 下降하였다.(Fig3-1)

이는 積雪이 補溫mat 現象을 나타낸 것으로 思料된다. 海拔 700 m의 雲頭地區(洪川郡 內面 雲頭國校)의 凍結深은 64cm였으며 解凍도 비교적 遲延되

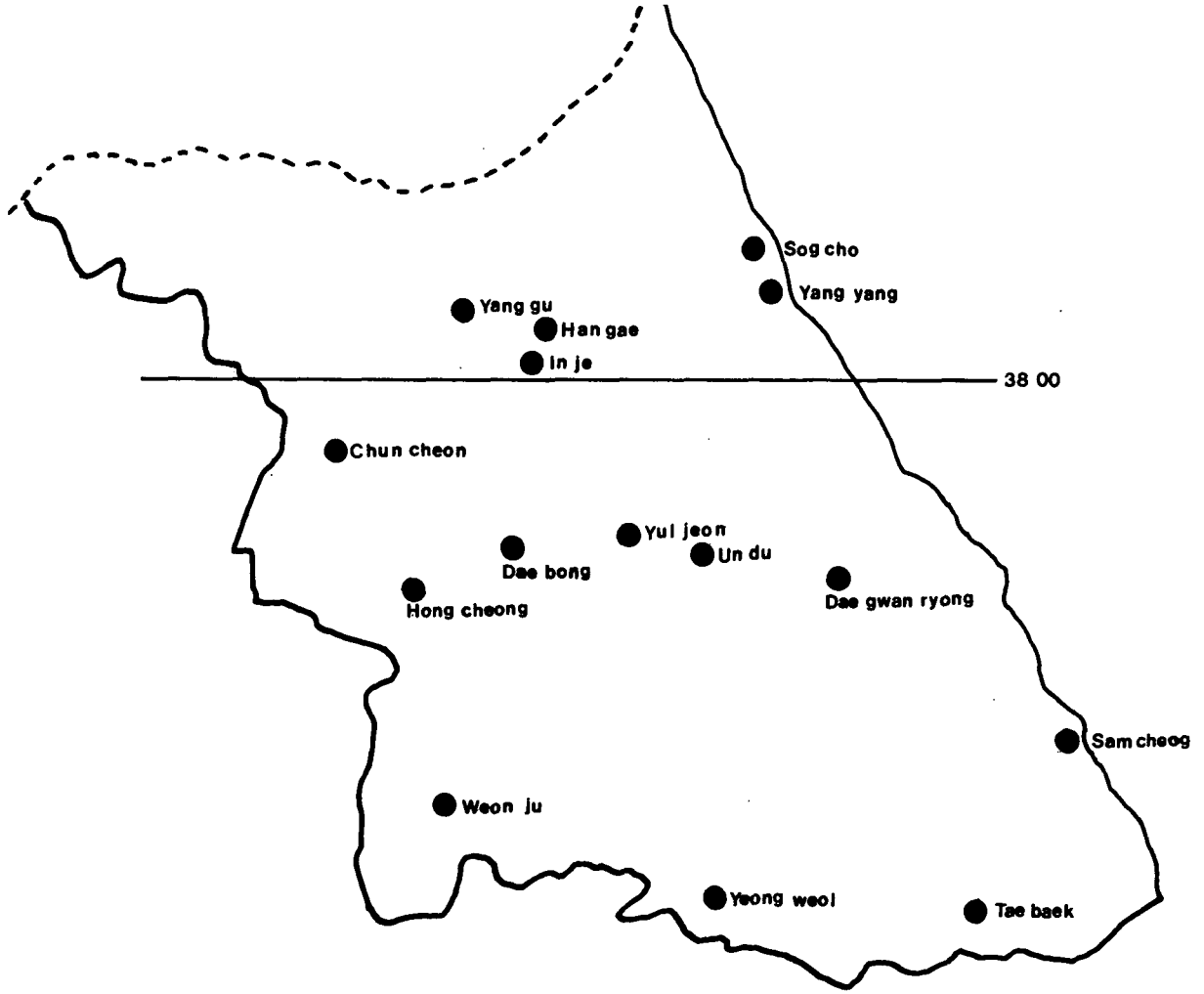


Fig 2. Distribution map of soil freezing meter in Kang won area.

37 0

Table 3. Cumulative subzero temperature of observation points.

	Dec '88				Jan '89				Feb				Mar					
	1st D	2nd D	3rd D	Total	1st D	2nd D	3rd D	Total	1st D	2nd D	3rd D	Total	1st D	2nd D	3rd D	Total		
Sam cheong	-0.1	-5.6	0	-5.7	-	-	-8.7	-8.7	-14.4	-2.5	-0.1	-	-2.6	-17.0	-	-	-	
Gang leung	-0.8	-8.8	0	-9.6	-	-2.9	-9.5	-12.4	-22.0	-3.2	-0.2	-	-3.8	-25.8	-	-	-	
Dae gwanyong	-34.3	-57.4	-65.0	-156.7	-26.2	-52.9	-71.7	-150.8	-307.5	-66.7	-34.4	-14.9	-116.0	-423.5	-36.9	-6.2	-0.7	-43.8
Yang yang	-2.7	-15.3	-1.5	-19.5	-1.6	-3.6	-14.1	-19.3	-38.8	-5.6	-0.6	-	-6.2	-25.5	-	-	-	
Yang gu	-23.2	-37.2	-54.7	-115.1	-37.2	-19.8	-45.2	-102.2	-217.3	-32.7	-8.1	-0.5	-41.3	-258.6	-6.8	-	-	-6.8
In je	-14.6	-32.9	-48.6	-96.1	-21.6	-23.6	-48.2	-93.4	-189.5	-37.3	-10.8	-0.4	-48.5	-238.0	-	-	-	
Hwa cheon	-29.7	-40.4	-55.8	-125.9	-30.7	-15.8	-41.9	-88.4	-214.3	-28.5	-6.1	-	-34.6	-248.9	-4.9	-	-	-4.9
Heong seong	-41.9	-51.1	-89.1	-182.1	-54.6	-27.0	-59.8	-121.4	-303.5	-68.0	-19.3	-5.0	-92.3	-395.8	-10.3	-	-	-10.3
Weon ju	-32.4	-49.1	-88.0	-169.5	-54.6	-29.3	-57.5	-141.4	-310.9	-70.2	20.6	-6.3	-91.1	-402.0	-14.1	-2.6	-	-16.7
Chun cheon	-11.4	-28.3	-47.5	-87.2	-22.6	-14.4	-47.5	-84.5	-171.7	-29.2	-4.3	-	-33.5	-202.5	-2.8	-	-	-2.8
Hong cheon	-28.9	-37.5	-60.9	-120.3	-31.0	-21.1	-50.4	-102.5	-222.8	-40.9	-10.1	-1.6	-52.6	-275.4	-5.3	-	-	-5.3
Yeong weol	-12.3	-24.8	-47.3	-84.4	-26.6	-8.2	-34.8	-69.6	-139.2	-26.6	-6.6	-0.8	-33.6	-172.8	-	-	-	

Table 4. Soil temperature (Dec. '88~Feb '89 at Chun cheon)

Soil depth(cm)	Dec 88			Jan 89			Feb		
	1st D	2nd D	3rd D	1st D	2nd D	3rd D	1st D	2nd D	3rd D
G-surface	-1.5	-20.0	-35.6	-9.6	-1.0	-7.2	-8.1	22.3	30.6
U- 5	2.2	-12.7	-20.2	-11.0	-0.5	-5.9	-10.3	15.2	29.8
U-10	11.6	-0.8	-9.6	-9.0	0.6	0.3	-4.9	11.0	28.8
U-20	24.9	14.1	2.2	-4.7	1.2	8.1	0.7	8.5	26.7
U-30	36.3	25.7	15.0	5.2	8.2	13.8	8.4	12.7	26.3
U-50	47.6	39.7	30.5	19.4	17.9	21.5	16.2	15.2	17.2

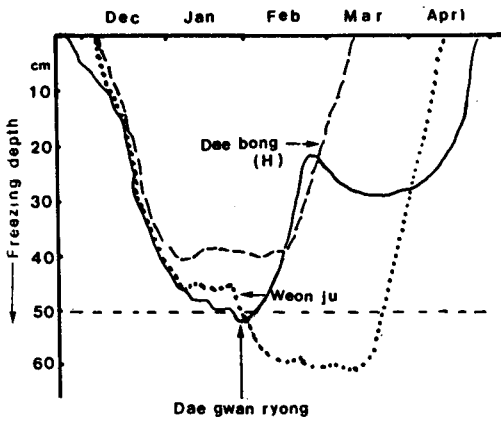


Fig 3-1. Change of soil freezing depth(Dec. '88~April '89)

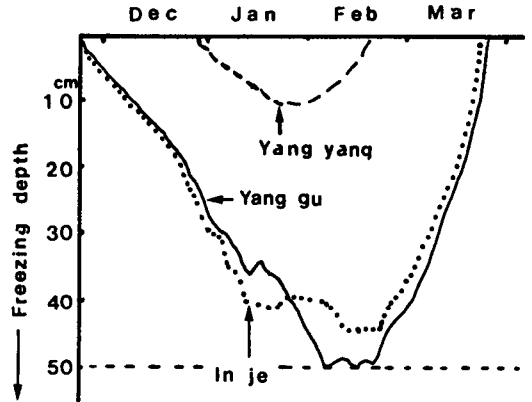


Fig 3-3. Change of soil freezing depth (Dec. '88~Mar. '89)

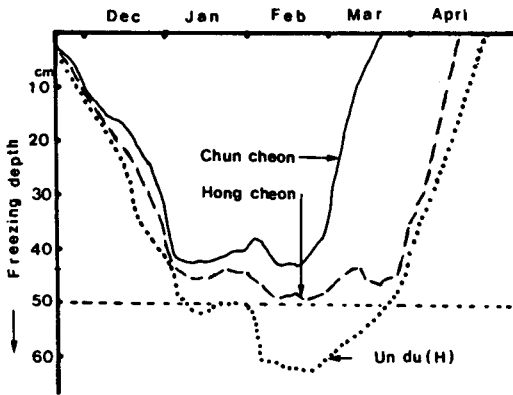


Fig 3-2 Change of soil freezing depth (Dec. '88~April. '89)

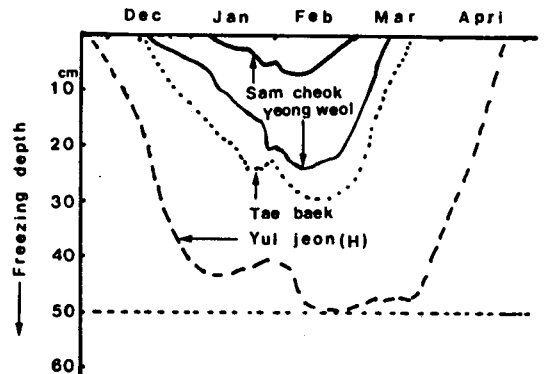


Fig 3-4. Change of soil freezing depth (Dec. '88~April. '89)

었다.(Fig 3-2)

東草, 襄陽地區는 積算寒度가 28℃였으며 凍結深도 10cm程度였고 麟蹄地區(溪凌里와 於論里)는 45~40cm였으며 楊口地區의 積算寒度는 26.5℃ 内外로 凍結深은 50cm 内外였다.(Fig 3-3-

三陟地區(三陟市 史直洞)는 5~6cm 凍結하다가 끝났고 寧越地區는 25cm内外로 왕겨 40cm 被覆이면 凍結없이 越冬할 수 있는 地域이 되겠다.

栗田地區(洪川郡 內面)의 凍結深은 50cm였다.(Fig 3-4)

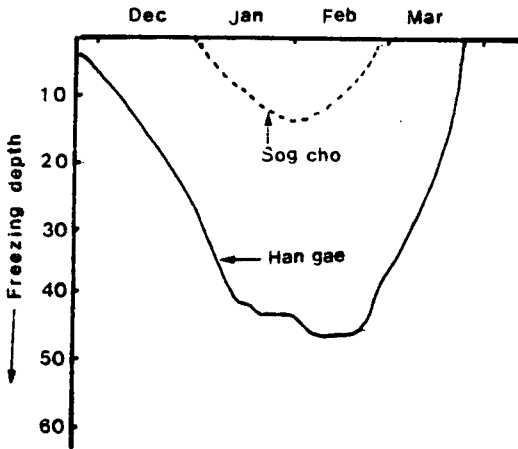


Fig 3-5. Change of soil freezing depth (Dec. '88 ~ April. '89)

IV. 摘 要

1. 標高 100m 地帶에선 冬季 積算寒度가 100℃ day 에 이르면 土壤凍結深은 30~35cm, 150℃day 면 40~45cm, 200℃면 47~48cm로 漸次 凍結深은 깊어졌다.

2. 비닐 被覆區는 無被覆의 露地보다 積算寒度 100℃day 에서 13cm, 200℃에서 17cm 内外 凍結이 적게 進展 되었으며 양겨 40cm 被覆區는 露地區의 土壤凍結이 25cm 進展될 때까지 전혀 凍結치 않았다.

3. 土壤被覆材로는 陽光의 透過率이 높은 카시미론 mat 被覆區가 保温 mat 被覆區보다 凍結이 적었다.

4. 解凍은 처음 地中の 最深凍結部位에서 始作하여 解凍線은 上昇하고 곧이어 地表面에서 解凍하기 시작하여 解凍線은 下降하여 漸次 上下 解凍線이 擴大되어 中間部位에서 解凍線이 接하여 完全解凍 되었다.

參 考 文 獻

1. 木下誠一·大野武敏: 紋別 における 凍土 觀測 結果(1966~1967)北海道大學 低温科篇 物理篇 25: 229-232 1967.

2. 淺野義人: 北海道 における 綠化樹木의 植栽分布と 温度氣候日造園雜誌 Vo148. No5. 1985

3. 洪鍾雲·淺野義人: 1983~84年 冬의 常綠樹의 寒害發生 關する 考察 -札幌의 場合- 1985. 日本造園學會 關東支部大會 發表

4. 石川政幸外: 北海道 における '64~65年 冬의 最深凍結深 の 分布 林試 北海道支場 報告 1 966.

5. 酒井昭外 1名: エリカ·及びカルーナ의 耐凍性 園藝雜誌 47(4) 511~516 1979.

6. _____: 花木 及び 綠化樹의 耐凍性 園藝雜誌 47(2) 248~260 1978.

7. _____: バラ의 耐凍性 (1) (種間及び 系統間의 耐凍性의 差) 園藝雜誌 28(4) 310~316 1959.

8. 小島忠三郎 外: 氣象環境と ヌギ의 寒害 (遠野 營林署管内 荷鞍石國有林의 調査結果) 林學會 論文集 167-169 1968.

9. 酒井昭: 植物의 積雪에 對する 適應. 低温科學 生物篇 34: 47-46, 1976.

10. _____: _____ 35: 15-43, 1977.

11. _____: 日本 における 常綠 及び 落葉廣葉樹의 耐凍性と それらの 分布 と의 關係, 日生態 學會誌 25: 101-111 1975.

12. 北陸農業研究資料: 積雪下의 環境 北陸農研資料 10, 1981.

13. 若浜五郎: 積雪内 における 融雪水의 移動, 低温學會 物理篇 21: 45-73 1963.

14. 大橋健治: 寒害豫防 のための 防風帶 保殘作用 について 林學會 大會 論文集 165-166, 1968

15. Agri Reseach Serv. Plant Hardiness Zone map, Miscellaneous publication No. 814 USDA Washington, D,C 1960.