 論 文

冬期栽培用としての縦穴の性能について*

—主として穴の温度性格—

鈴木 清太郎

(電力中央研究所, 農電研究所)

A Vertical Cave as a Winter Cultivator

Seitaro SUZUKI

(Agricultural Laboratory, Central Research Institute of Electric Power

Industry, Abiko, Chiba Prefecture)

1. はしがき

冬期栽培用として用いんとする縦穴は防霜或は避寒用では普通のフレームより勝れている結果を得たので、その大要を報告する。言うまでもなくこの種の縦穴は有史以前に利用されたであろうが、それを近代科学的に検討されたのはいまだ聞かない。

2. 観測場所

穴の所在地：千葉県柏市豊四季 915, 北緯 36° 東経 140°

穴の深さ：95cm

断面長方形の断面積：72×53 cm²

穴は平らな赤黄色の関東ロームの畑地を掘り下げたもので、穴の4面の側壁は畑地そのもので、板囲などでかこつていない。

この縦穴は特別な試験の場合とか、穴中の記録紙の取替えとかそのほかやむをえぬ場合を除いて、常に日射が透過するように4mmの厚硝子板でよく蓋をし、また夜間熱の逸散を防ぐために、発泡ポリスチロールの7cmの厚板でさらに蓋をする。

この状態で1カ年半にわたつて、連続穴の上部および下底の気温を測つた。なお穴の入口近くの地表3cm高の気温を比較のため測定した。まずこの穴とフレームとの防寒度には大差あるかどうかを知りたい。比較用のフレームは普通よりも少し大きく、長さ180cm、巾108cm、高さ平均49cm、そしてわずかに地中に掘込んである。夜

Fig. 1. Vertical cave as winter cultivator, its contents and environment.

T: Thermograph, H: Hygrograph, K: Green Vegetables, S: Shrubs (Azalea).

間は穴同様発泡ポリスチロールの厚板で被うのである。比較用フレームは穴より少し離れすぎており、北方23mの水平距離にある。

3. 縦穴とフレームとの内外接地気温比較

すべて地面上3cm高の気温比較で、日数も1965年3月上旬の数日間にすぎない。今1965年3月6日の記録紙を見ると、地表温は0時より6時まで大体零下1℃の低温であり、フレーム内でも-1℃~-3℃の低さにもなるが、縦穴上部は約6℃の高温である。(後で説明するように下底もこれに近い)。ただ3月ばかりでなく一般に一年を通じてこの縦穴中では5℃以下に降下したことがない。湿度は非常に高くほとんど穴中は1日を通じて100%に近い。日射が穴中にさし込む間と思われる約8時

* 昭和41年4月6日全国大会にて発表

Fig. 2. Autographic records in cave, frame and outside on ground.

Fig. 3. Cave bottom air temperature.

間だけ、穴中は入口近くも底も側面近くも湿度82%である。外はこの間30%前後で非常に乾いている。かように穴中は湿度が常に異常に高く、またその上無風状態であるから蒸発散量も従つて少いのでそのため植物の体温も下降することが非常に少ないと思われる。フレームの場合は、植物のある場合はとも角、縦穴に比して高温でないから、従つて体温は低下しにくいと思われる。以上の結果から縦穴が従来広く用いられてきたフレームより数等防霜避寒に適するといえよう。

4. 縦穴が防寒用として優秀なる他の理由

これを明らかにするため穴中の気温の模様を調べなければならない。第3図は縦穴中の気温が窓を閉じたり、開いたりするとどのように変化するか、晴天と曇雨でどう違うかを調べたものである。温度曲線に山ができるのは直接ガラス窓を通して日射が穴内に入るためである。またフレームのように四方が板だけでなく厚い土壁で囲まれているからでもある。つまり深い地中の熱を利用しているからである。

全年を通じての穴内外の気温比較、あとで改めて説明するが、縦穴内の空気は夜間、上部と下部と温度差がほとんどないといつてよく、あつても入口近くが底部より少

し高い位で夜間上下よく混合している。そこで縦穴内外の温度比較はここでは入口に近い所にある自記計のを使つたが、穴の中央部を使つたのと大差がないと思われる。

第4図の実線は大気に露出した地表近くの最低気温変化の曲線で波線は縦穴内の最低温度変化を表わす。前者は冬期の好晴の朝であるためと、水蒸気張力の小さいために夜間より早朝にかけて輻射放熱が激しいので低温となり、秋期も乾燥するので輻射放熱のため低温となる。

Fig. 4. Annual minimum temperature change (ten day average).

5月中旬から7月にかけて地表が比較的高温で穴中温度とほとんど似たような経過をたどるのは梅雨期の高湿度と曇天のため輻射冷却が顕著でないためである。つまり地表温度は当時のそこを支配する気塊の影響を著しく受けており、それに反して縦穴温度は周囲の土壌温度の影響を多大に受けているためである。

5. 縦穴の温度日変化と年変化

第5図 a, b, c, d, は冬春夏秋各季節の典型的な地表3cm高と縦穴入口から35cm深および穴底から3cm高の1週間にわたる気温の日変化を示す。これによると8月の盛夏の場合を除いて夜間穴中ではきわめて僅かであるが穴の上部が高温であること（普通地温のときは1m深までは下部ほど暖）、また穴中ではほとんど同時に上方も下方も最高最低温度が現われる。ここで最低温度といつたのは多くの場合日出時の気温であるが、夜間の気温はほ

Fig. 5. Autographic records of temperature in the upper part and bottom in a vertical cave and outside of the ground.

— : Cave temperature near opening.

- - - : Cave temperature near bottom.

.... : Outside temperature 3 cm above ground near cave opening.

Fig. 5a. Records from 26 January to 1 February 1965.

Fig. 5b. Records from 20 to 26 March 1966.

Fig. 5c. Records from 8 to 14 August 1965.

Fig. 5d. Records from 17 to 23 October 1965.

とんど水平に近くわずかに右(朝時)に傾いているから、朝の最低温度で大体夜間温度を代表させても大きい誤りは起らない。

さて第4図によつて穴内外の温度差をみると穴外の地表近くの気温は、大陸と洋上からの気塊の影響を受けているが、穴中は穴を囲む左右前後の大土壁と穴の地底の勢力下にあるので、寒冷季節は穴外地表は輻射放熱で朝時は非常に冷えるが、穴中はそれが無いので、地表が零下何度というのに穴中は5℃とか6℃である。梅雨季節の場合は両者接近し、時には短時間であるが地表の気温が高いことさえる。

6. 縦穴内の温度変化

上にのべたように穴中温度比較は入口近くと、穴底近くのただ2点の自記温度計によるのみであるが、第5図a, b, c, をみると最低温度最高温度の出現時刻はほとんど地表温度のそれに近い、すなわち、いわゆる位相の差がないと言つても過言ではない。また最高温度は上下温度計で上が高くて下が低いが、最低温度もその傾向は認めうるがほとんど等しい。第一の点では温度変化が地上と異なるが他の点では地上と似ている。この性質は春夏秋冬を通じていえる。

これは第5図a, b, c, d, をみるによつて明らかであろう。つぎは年変化である。これも第4図と第5図でもわかるように地上の酷暑、盛寒時が穴中のそれと大体一致する。これが栽培上都合が良いと思う。暑さの程度は穴内外あまり差がないが酷寒の季節は差が非常に大きく、穴中はきわめて暖かい。そして穴中は温度の点で地上と位相の差が日変化においても年変化においてもほとんどない。数字で示すと東京、神戸では30cm深さの地温の最低はほぼ16℃、最高はほぼ17℃に近く、その時の時刻はそれぞれ10~11時および21~22時頃であるが、穴中では第5図a, b, c, に示すように平均最低18℃、最高

は深さによつてやや異なるが35cmでは23℃、出現時刻は7~8時および12~14時である。

7. 穴中の日照

この研究は縦穴が寒冷期においてある種の植物が少なくとも生存しうる温度を保ちうるかを知るためであつて、同化作用に必要な日照時の問題ではなかつた。しかし穴を硝子板で蓋をすることによつて冬至のように太陽高度の低い日でも日射は穴内に達し、さらに側壁に当つて反射し穴内をくまなく照らす。それゆゑ穴底の一隅に置いた小鉢のある種子がよく発芽し枝葉を出して生育し、また穴内の雑草と側壁よりのびた竹根茎より青々と葉を穴口より外に出そうとしたことは同化に必要な日照がかなりあつたことを実証する。なお穴の出口の背後に日中アルミニウム板を斜めにしておいて太陽光線を穴中に反射させて中を照射させることを常におこなつたことを述べておきたい。ただしそのアルミニウム鏡は約45°の角度にして常に一定に保たせたに過ぎない。ただほかの穴において試みたのであつたが、アルミニウム板を日光に当てて照射時間が8~11時の3時間の僅小時に地表で $1 \times 10^4 \sim 3 \times 10^4$ Lux, を得たがこれは斜めに入射してえたものの1.5倍に当るものであつた。すなわち、複雑さをいとなければ鏡によつて穴内を地表よりもかえつて多くの光を与えることができるのである。

本実験は実測にあたり器械の一部は農電研究所と気象大学校より借用しておこなつた。実験にあたつては農電研究所研究担当宮川逸平君と気象大学教官荒井哲男君の援助を受けたところが多かつた。ここに二君ならびにそれぞれの当局者に対して厚く謝意を表したい。

8. 要 約

深さ1m近い縦穴(水平断面積72×53cm²、東西に長い土穴)を関東ロームの地中に掘つて、日中は厚硝子板

で、夜間は更に厚い発泡ポリスチロール板でカバーし、その内で冬期5℃までは耐えうる植物を人工保温の類をはぶき栽培しうる成果をえた。穴中の気塊は夜間温湿度の点で上下2層よく混合されている。しかし日中は日射のためか上層高温である。穴温には年変化と日変化があり、前者は穴を囲む周囲の地温に大きく支配され、冬は寒冷で夏は暑い。後者は主として日射に原因する。穴中は一年を通じて6、7月の梅雨期は僅少ながら低温で、

そのほかの月は高温である。すなわち4月末から7月まで（晩春から初夏）は穴内外の温度は非常に接近するが秋から冬は穴は非常に暖かで外が零下11℃になつても穴は6℃に止まる。照度は冬至の低い高度の太陽でも光の一部を穴の上部に送るので、それが反射して一部同化作用を助ける。湿度は飽和に近い状態にあつて、一日数時間は高温であり、残りの時間は飽和状態に近い。

Summary

With an object to have some cold sensible plants grow in winter, an oblong small cave has been constructed in loam soil very poor in organic matter. It is 95 cm deep, and has side-lengths 72 cm east to west, 53 cm north to south. A thick glass plate serves as a cover during the day, while at night a 7 cm thick air bubbled polyethylene flat sheet is put there on tightly to doubly prevent heat escape from the cave.

One year and a half's experiments found the cave answered our purpose very well, i.e., (1) Its temperature does not drop down below than 5°C though that close to the earth surface outside of the cave falls down 8°C below zero.
(2) The cave is almost saturated with water vapor everywhere and every time except as few hours as sunshine continues to penetrate into the cave interior through the glasspane.
(3) The incident and reflecting solar rays in the cave are found to give, if equipped with mirror-walls, enough light to have plants grow verdant even when the sun is low in the heaven in the middle of winter.

支 部 だ よ り

1. 九州支部42年度大会のお知らせ

つぎの要領で九州支部大会がひらかれますので、会員各位の多数の参加を希望します。

期日：昭和42年7月14（金）15日（土）

場所：大分県農業技術センター

（宇佐市大字北宇佐，65）

日程：14日—研究発表・特別講演・総会

15日—国東半島の農業事情の見学

なお、特別講演としてはつぎのものが予定されている：

東九州の気象特性	窪田（大分気象台長）
傾斜地の気象	今岡（愛媛県理科センター）
高冷地の気象	坂上（九大農）
農業における水の配分	佐藤（九農試）
最近の農業気象	武田（九大農）

2. 中・四国支部42年度大会のお知らせ

つぎの要領で中・四国支部大会がひらかれますので、会員各位の多数の参加を希望します。

期日：昭和42年7月25（火）26日（水）

場所：松江湖東会館（松江市灘町1の3）

日程：25日—26日—エキスカージョン（県農試など）

発表希望者は7月14日までに松原茂会員（松江市乃木福富町島根農科大学）に連絡して下さい。なお、参加・宿舎の申込みは7月22日が期限です。

3. 北陸支部会誌 No. 1 発行さる

昭和42年3月に支部会報1号が発刊された。その内容はつぎのようである：

1. 北陸支部だより	
2. 長期予報の方法論	佐藤正夫
3. 雪下環境と作物	田崎順郎
4. 雪下におけるカンランの結球肥大	瀬古竜雄
5. 雪害実験所の紹介	斉藤博英
6. 果樹雪害について	大沼匡之
7. 水稻の冷水害とその対策	中村千里
8. その他	

希望者は北陸支部（新潟県高田市長稲田北陸農試内）に連絡して下さい。