

## ダイコンの発芽期とVernalizationとの関係に関する 研究II : 発芽期と低温感温性

西, 克久  
九州大学農学部

<https://doi.org/10.15017/22997>

---

出版情報 : 九州大学農学部学藝雑誌. 23 (1), pp.9-14, 1967-03. 九州大学農学部  
バージョン :  
権利関係 :

# ダイコンの発芽期と Vernalization との 関係に関する研究 II

発芽期と低温感温性

西 克 久

Studies on the relations between the seedling stage  
of *Raphanus sativus* L. and vernalizations II

Sensitivity to vernalization in the seedling stage  
of *Raphanus sativus* L.

Katsuhisa Nishi

前報でダイコンの発芽期における生長現象をその外部形態と器官別乾物重の変化からみてきたが、同じ発芽期にみられる発育現象について考えてみたい。ダイコンはその開花・登熟に際して、ある一時期に低温を必要とする植物であつて、従来、その時期は種子の発芽直後あたりとされていた。そこで、この低温に対する感応性が発芽期においてどのように変化するか、また、発育現象である vernalization 期間中でも生長現象がみられるかどうかなどについて試験を行なつた。

## 1 発芽期の Vernalization 効果

Vernalization の現象は seed vernalization と green vernalization に二大別され、seed vernalization type に属する植物では vernalization の現象は一般に発芽初期にみられるが、植物によつては発芽種子を低温処理してもその効果がなくて幼植物時代の低温処理の方が効果が認められるものがある。これらについて篠原 (1969)<sup>10)</sup> は十字科の植物を用いて研究し総合的に検討している。それによれば *Brassica* と *Raphanus* は低温に対する感応性によつて、1) 種子または発芽時の幼植物で低温に感ずる seed vernalization type, 2) 植物がある大きさに生長してから感応する green plant vernalization type, 3) 低温にはあまり感応しない non vernalization type の3つの型に分けられるとしている。第1型にはダイコン、カブが含まれ、第2型にはカンラン類が属し、第3型にはタカナ、カラシナがある。Seed vernalization type に属するダイコンの感温性についてのこれまでの研究をみると、星 (1933)<sup>7)</sup> によればハツカダイコンの感

温性は幼植物において大で発芽の直前期が最も顕著であつて、低温処理に最も適当な時期は胚子が発育を開始してから発芽直前に至る期間であり、萩屋 (1956)<sup>6)</sup> はミノワセダイコンの感温性は子葉が現われるところが最高で、苗令がこれより若い場合も進んでいる場合もともに低下することを明らかにしている。また江口ら (1944)<sup>2)</sup> によつてもダイコン類の感温性は苗令によつて異なることが報告され、田島 (1960)<sup>13)</sup> はミノワセダイコンの感温性は発芽直後あたりが最も高いとしている。

以上のようにダイコンの感温性は発芽期の初期に高いことが示されている。萩屋 (1956)<sup>6)</sup> はミノワセダイコンの苗令が前述の子葉出現期より若い場合も進んでいる場合も感温性はともに低下し、その低下は直線的ではないと報告している。ところで発芽初期の植物の生長は前報のように環境によつて従属栄養的条件下の生長と独立栄養的条件下の生長とに二大別される。そこで発芽期にミノワセダイコンの生長に伴つてその感温性がどのように変化するかをそれぞれ両条件下で生長しているものについて調べた。なお最適処理温度は萩屋 (1955)<sup>6)</sup> 田島 (1960)<sup>13)</sup> によつて 5°C 前後であるとされており、それより高くてもまた低くても効果は劣るようである。

またミノワセダイコンは田島 (1960)<sup>13)</sup> によれば 5°C で5日間処理することによつて vernalization の効果は現われ始め、処理日数が長くなるに従つて効果がよくなることが示されている。そこで、発芽後の日数が経過すれば感温性は低下するが、この低下を処理日数を多くすることによつて補うことができるかどうかについてもあわせ実験を行なつた。

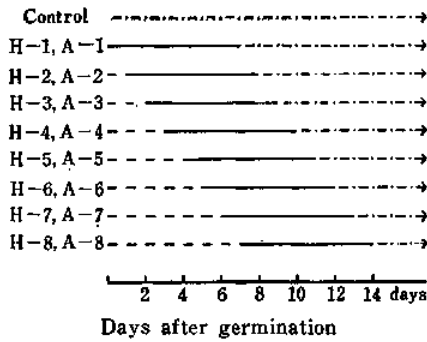


Fig. 1. Period of vernalization.

— vernalization, - - - - heterotrophic (H) or autotrophic (A) condition, ····· natural condition.

実験方法

1) ミノワセダイコンの生長に伴う感温性の低下に関する実験

ミノワセダイコン (*Raphanus sativus* L. var. *raphanistroides* Makino, variety "Minowase") を1昼夜吸水させた後、暗所 (25°C) で発芽させた。Vernalization 前の生長環境としては前報 (I) で記述したと同じ従属栄養的条件と独立栄養的条件とを設け、第1

図のように発芽当日のもの、各の両条件下で2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 日目まで生長させたもの、それぞれ 100 個体ずつを vernalization (5 ± 1°C, 7 日間) した。vernalization 後、それらを圃場に植えつけた。そして植えつけ後30, 40, 50, 60日目に抽苔個数を調べてその感温性の変化を研究した。

2) ミノワセダイコンの感温性の低下を処理日数の増加により補なう実験

1) の実験と同様の材料を vernalization 前の生長環境として従属栄養的条件下において発芽当日のもの、2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 日目まで生長させたもの各 100 個体ずつを、それぞれ 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 日間のように従属栄養的条件下での生長日数が1日ずつ多くなればそれに応じて処理日数を1日ずつ多くして vernalization 後、圃場に植えつけた。そして植えつけ後30, 60日目に抽苔個数を調べてその感温性の低下と処理日数の増加との関係を研究した。

実験結果

Seed vernalization type の植物の感温性は発芽直後に最も高く、生長とともにそれが低下するものと考えられている。これをミノワセダイコンについて調べ

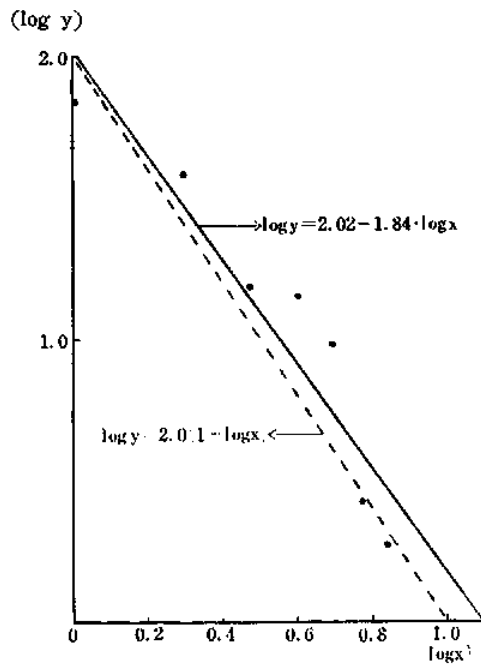
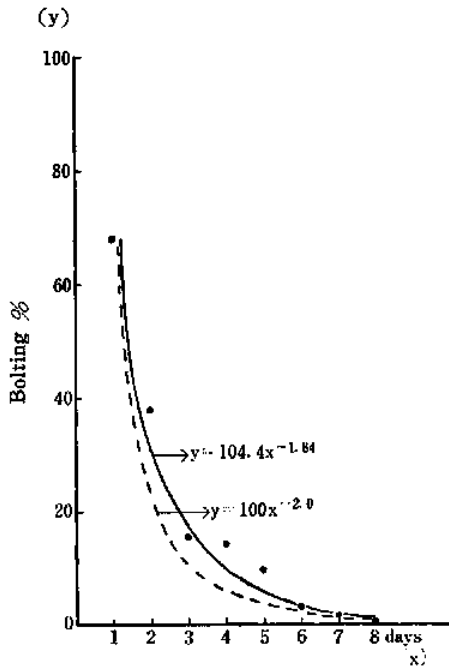


Fig. 2. Effect of vernalization (heterotrophic growth).

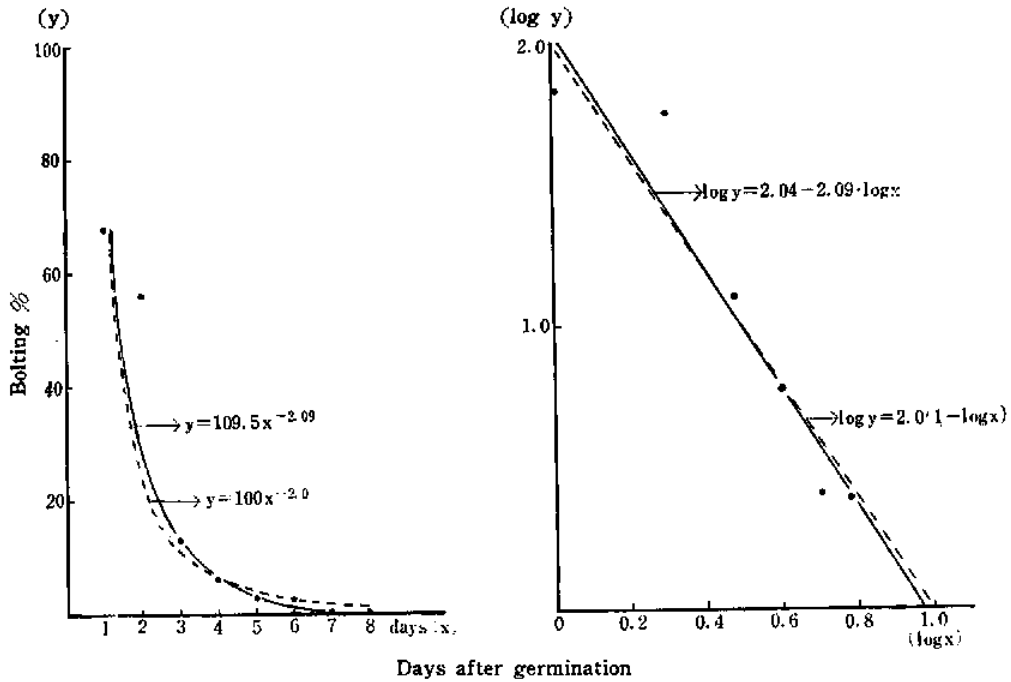


Fig. 3. Effect of vernalization (autotrophic growth).

てみた結果は第2図<sup>1</sup>および第3図<sup>2</sup>のようである。従属栄養的条件下で生長したものは発芽後の日数( $x$ )と抽苔率( $y$ )との間に  $y=104.4x^{-1.84}$   $\log y=2.02-1.84 \cdot \log x$  (相関係数 $-0.93$ )の双曲線の関係を示して発芽後の日数の経過につれて感温性(抽苔率で表わした場合)は急速に低下している。また独立栄養的条件下で生長したものも同様に  $y=109.5x^{-2.09}$   $\log y=2.04-2.09 \cdot \log x$  (相関係数 $-0.94$ )の双曲線の関係となつて感温性は時日の経過につれて急激に低下している。すなわちミノワセダイコンの抽苔率で表わされる感温性は発芽後日数の二乗近い数値に反比例して低下して行くことがわかる。

1)の試験で一定の処理日数に対するミノワセダイコンの感温性は処理前の生長状態が大きいかほど低下することがわかったが、この感温性の低下を処理日数の増加と言う量的なもので補うことはできないかと考えて行なつた<sup>2)</sup>の試験からは第4図<sup>3</sup>のような結果が得られた。すなわち感温性の低下はある程度、処理日数の増加で補われるが、その補われ方は処理前の生長状態に対して一様ではなく、このような処理日数の増加方法では発芽期の後半期はよく補われるが、中期にその効

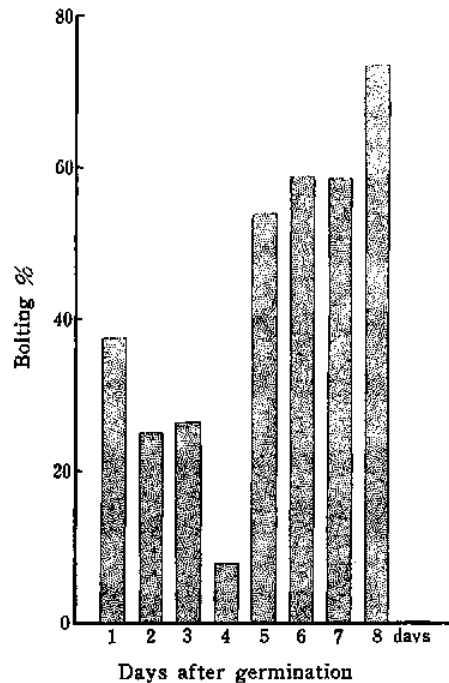


Fig. 4. Effect in addition of vernalization period.

1) 植えつけ後60日目の調査結果、他の30, 40, 50日目の調査結果も同様の傾向を示している。

2) 植えつけ後60日目の調査結果。

果の少ない時があり、初期にもこの方法では多少低下している。

## 考 察

Vernalization に対する感応性は植物の種類、生長の時期などによつて異なり、vernalization に seed vernalization (種子春化) と green vernalization (緑体春化) の2つがあることはよく知られているところであるが、同じ seed vernalization でも植物の生長状態によつて感応性に变化があることも知られている。これまでに 尾 (1933),<sup>7)</sup> 江口 (1944),<sup>8)</sup> 萩原 (1956),<sup>6)</sup> 篠原 (1959),<sup>10)</sup> 田島 (1960)<sup>13)</sup> らによつて一般に seed vernalization type の植物の感温性は発芽の直後に最も高く、その生長に伴つて低下すると言われているが、それが植物の生長に対してどのような関係をもつて変化するかは未だ知られていない。本研究では両者の関係を函数的にはあくし、そこから植物の発育現象と密接な関連のある生理的令の理解への緒口を見いだそうとした。

実験結果の項で述べたようにミノワセダイコンの感温性は従属栄養的条件下、独立栄養的条件下ともに発芽後の日数に対して双曲線の関係を示して低下している。この関係からみると感温性は発芽直後には非常に高いが、時日の経過につれて急速に低下し、その低下の度合は後期になるほど小さく、初期ほど大きいことがわかる。すなわち感温性(高い)の存在は非常に短時日に局限されている。

また従属栄養的条件下と独立栄養的条件下とは植物の生長状態は前報 (I) で述べたように全く異なるが、感温性の低下の仕方は両者ともに双曲線を描いて同じ傾向を示しており、異なるのはただその速さだけである。両条件下での感温性の低下の速さを第2、3図から比較すると独立栄養的条件下の方が従属栄養的条件下に比べえ直線の勾配が大きくなつていて、幼植物の乾物重はいくら増加しても感温性は早く低下することがわかる。すなわち感温性の变化は乾物重というような量的なものとはあまり関係がないように思われる。なおこれらの函数の数値からおそらく理想的な条件下(例えば vernalization 前、後の生長をそれに好適な一定の環境下で行わせるなど)では  $y=100x^{-2}$   $\log y=2.0(1-\log x)$  の簡単な関係になるかもしれないとも考えられる。すなわちミノワセダイコンの感温性は発芽後の日数の二乗に反比例して変化するのではないかとも思われる。

感温性は両条件下ともに発芽第1期には高いが、第2期になると急激に低下し、第3期にはほとんどなくなるといつてもよいほどになる。以上のことから発芽

第1期は感温性の非常に高い時期であると考えられる。この感温性の非常に高い時期には前報 (I) で述べたようにミノワセダイコンは種子中ですでに分化している子葉と胚軸以外はまだ分化せず、全体的に小さくして器官の分化があまり進んでいない状態であつて、その乾物重に変化が少ない時期である。ところが器官分化が進み、急速な乾物重の変化が始まる第2期になると感温性は急激に低下するのは大変興味あることである。

生長に伴う感温性の低下を処理日数の増加によつて補つた2)の実験結果をみると、発芽後の日数が経過すればそれだけ処理日数を等差級数的に多くした増合、発芽第2期に非常に低い所がある。ところが第3期では高くなつてきているが、これはおそらく従属栄養的条件下で生長の飽和に近いものが、長い間低温処理されて栄養の不足状態になつて抽苔が促進されたものとみられる。第2期の抽苔率の非常に低いのは多分、従属栄養的生活から独立栄養的生活への移行などのようにダイコンが地下生活から地上生活への転換期にあつて体内で重要な変化が起り、それが感温性に影響しているためではないかと思われる。たとえば宇佐美ら (1956)<sup>14)</sup>によればコムギでは発芽後2~3日目に胚の終末呼吸系は銅酵素から鉄酵素へ転換すること、すなわち発芽後胚の生長と発育が進むにつれてチトクローム系の呼吸酵素が細胞内に生成されて発芽時とは違つた呼吸の終末酵素系が形成されることが明らかにされている。

さらに vernalization の現象は胚が未だ完成されていない母植物の穂上で登熟中でも進行することがライムギについて Gregory,<sup>3,4)</sup> Purvis,<sup>3,4)</sup> コムギについて Kostzuchenko,<sup>9)</sup> Wort,<sup>15,17)</sup> Aginjan,<sup>1)</sup> Weibel,<sup>15)</sup> Riddel,<sup>9)</sup> 篠原<sup>10)</sup> オオムギについて篠原<sup>10)</sup>らによつて知られており、vernalization と従属栄養的生活との間に何らかの関係を暗示しているようである。特に Aginjan<sup>1)</sup>によつて秋播型植物の種子が母植物上で vernalization を受ける際、その胚形成のごく初期においては、それより進んだ時期の場合よりも短い春化期間でよいと言ふことが知られているのは、vernalization を考える上に興味深いことである。

## 摘 要

1 発芽後、従属栄養的条件下および独立栄養的条件下で生長しているミノワセダイコン (*Raphanus sativus* L. var. *raphanistroides* Makino, variety "Minowase") の感温性はどのように変化するかについて

研究を行った。またその生長に伴う感温性の低下を処理日数の増加によつて補うことができるかどうかについてもあわせて研究を行なつた。

2 従属栄養的条件下で生長しているミノワセダイコンの感温性(抽苔率)の変化は発芽後生長につれて双曲線  $y=104.4x^{-1.34}$  ( $x$ : 発芽後の日数,  $y$ : 抽苔率) で表わされる。また独立栄養的条件下で生長しているミノワセダイコンの感温性の変化は双曲線  $y=109.5x^{-2.09}$  ( $x, y$  は上記に同じ) で表わされる。

3 両条件下で生長しているミノワセダイコンの感温性の変化を比較すると、独立栄養的条件下の方が乾物重の増加はあつても、その低下の度合が大きい。また感温性は発芽第1期には非常に高いが、第2期になると急速に低下し、ほと第3期にはほとんど消失してしまう。

4 Vernalization 効果の低下は処理日数を多くすることで程度補うことができる。処理日数を等差級数的に増加すると発芽第3期の抽苔率は高くなるが、第2期は非常に低い。

5 感温性の低下が急速に起り、処理日数を増加してもその効果があまりない発芽第2期は栄養型(従属的营养→独立的栄養)や発育相(感温相→感光相)の転換が起こり、ミノワセダイコンの地下生活から地上生活への移行が行なわれる時期であると考えられる。

## 2 Vernalization 処理中の生長

Vernalization は休眠状態にある種子には効果なく、また乾燥状態の種子でも効果のないことはコムギ、ダイコン、ルービンその他の植物において認められている。このようにその効果があるためには種子が生長状態にあることが必要ことは現在よく知られている。しかし vernalization 中の生長についてはほとんど知られていないので、処理中に植物がどのように変化するかを、量的に乾物重の変化の上から調べてみた。

### 実験方法

ミノワセダイコンを1昼夜ぬれ水させた後、暗所(25°C)で発芽させ、発芽状態の同じものを選んでよく洗った砂を入れた容器に植えつけた。それを暗黒の低温条件下(5±1°C)とその対照として 30°C の暗黒の従属栄養的条件下とに於いた。試料は採取日の午後4時から5時の間にそれぞれ20個体ずつ採り、洗つて子葉、胚軸幼根などの各器官に分け、直ちに 100~103

°C の恒温器中で乾燥して乾物重量を測定した。なお Vernalization には発芽1日目のものを処理した。

### 結果および考察

第5図に示すように vernalization 処理中でも各器官別の乾物重の圃には変化がみられ、非常に緩慢ながら生長していることを示している。そして1週間の vernalization 中に対照の条件下(30°C)で1日で経過するのと同程度の生長をする。メバエの生長はほとんど停滞しているが、子葉では vernalization の初期には変化が少ないが、後になると変化が大きくなる。一方 30°C の対照区の方は前報(I)の 25°C の場合よりは生長が早く、したがつて器官相互間の変化が早く現れている。すなわちメバエの方は発芽6日目ごろに生長の極限に達し以後は自己分解の過程に入るが、子葉の方は6日目には未だ糖分はなくなり、それがなくなつて乾物重にほぼ変化がなくなるには1週間くらいかかる。Stokes (1952)<sup>11,12</sup>によれば *Heracleum* では vernalization 中に種子中の胚と胚乳の再構成が行なわれ、胚乳から胚へ物質が移動すること

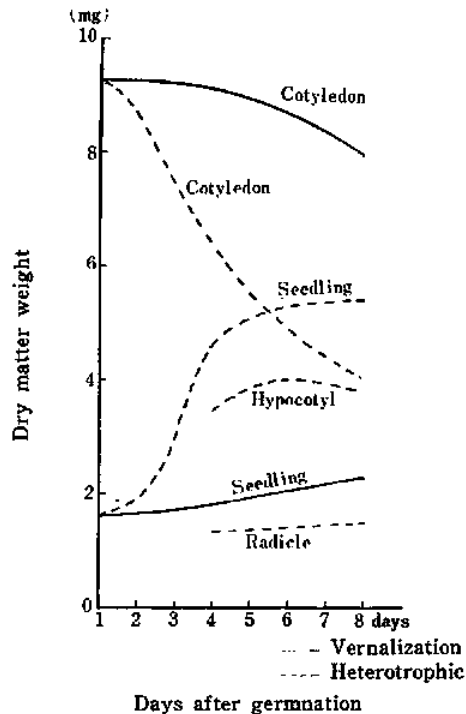


Fig. 5. Comparison of growth of the plant under vernalization and heterotrophic condition.

(Change of dry matter weight of each organ in the plant.)

が明らかになされていて、vernalization 中でも体内物質の量的な変化が起つていることがわかる。

Vernalization 中ではメバエは生長はするが、速度が小さく、これに関連して次のことが考えられる。コムギについて宇佐美<sup>14)</sup>が行なつた実験によると vernalization 中に呼吸率は一度大きくなって一時的に極大値を示し、それから下降して1に近づく。すなわち vernalization 中、一時的に炭酸ガスの発生が多くなる時期があることが示されている。これは組織で分解的な作用が起つて炭酸ガスが発生したものと考えられ、生長の停滞と関連づけて考えられる。

### 摘 要

Vernalization 中でもミノワセダイコン (*Raphanus sativus* L. var. *raphanistroides* Makino, variety "Minowase") は非常に緩慢ながら生長を続け、処理 ( $5 \pm 1^\circ\text{C}$ ) 1 週間後には対照条件下 ( $30^\circ\text{C}$ ) で発芽 2 日目のもと同じ状態になる。また vernalization 中、メバエの乾物重の変化はほとんど停滞に近い状態である。

### 参 考 文 献

- 1) Aginjan, A. A., 1950. チャイラヒヤン著, 中村英司訳 "植物開花生理", 171, 朝倉書店(1951)より引用。
- 2) 江口康雄, 小出正文, 1944. 大根及雑種の播種期と花芽分化期並にヴェーナリゼーションに就て, 園芸学会雑誌, 15: 1-27.
- 3) Gregory, F. G. and Purvis, O. N., 1938. Studies in vernalization II. The vernalization of excised mature embryos, and of developing ears. Ann. Bot., n-s 2: 237-251.
- 4) Gregory, F. G. and Purvis, O. N., 1936. Vernalization of winter rye during ripening.

Nature, 138: 973.

- 5) 萩原薫, 1955. 大根の Vernalization に関する研究 (第4報). 処理温度と抽苔との関係, 農業及園芸, 30: 597-598.
- 6) 萩原 薫, 1956. 大根の Vernalization に関する研究 (第6報). 階台による低温感応性の変化と分割処理の影響. 農業及園芸, 31: 1409-1410.
- 7) 星加賀美, 1933. 根菜類の開花促進に関する低温処理通期に就て. 農業及園芸, 8: 1613-1622.
- 8) Kostjuchenko, I. A. 1937. チャイラヒヤン著, 中村英司訳 "植物開花生理", 171, 朝倉書店(1959)より引用。
- 9) Riddel, T. A. and Gries, G. A., 1958. Development of spring wheat III. Temperature of maturation and age of seeds as factors influencing the irresponsive to vernalization. Agron. J., 50: 743-746.
- 10) 篠原捨喜, 1959. 十字花科作物を中心とした抽苔開花現象の種生態学的研究. 静岡県農業試験場特別報告, (6): 1-166.
- 11) Stokes, P., 1952. A physiological study of embryo development in *Heracleum sphondylium* L. I. Ann. Bot. (London), 16: 442-447.
- 12) Stokes, P., 1952. A physiological study of embryo development in *Heracleum sphondylium* L. II. Ann. Bot. (London), 16: 571-576.
- 13) 田島良男, 1960. Vernalization より見た開花生理. 日本植物生理学会報, 1: 45-49.
- 14) 宇佐美正一郎, 1956. 温度発育段階の生理学的研究, 生物科学, 特集号.
- 15) Weibel, D. E. 1958. Vernalization of immature winter wheat embryos. Agron. J., 50: 267-270.
- 16) Wort, D. J. 1940. Response of various spring wheats to vernalization. Pl. Physiol., 15: 137-141.
- 17) Wort, D. J. 1941. Phasic development of Marquis spring wheat and Fulhio winter wheat. Bot. Gaz., 102: 725-736.

### Summary

The change in sensitivity of the plant grown under the heterotrophic and the autotrophic conditions to vernalization was shown by the hyperbolas respectively to the lapse of days after germination. The decreasing rate in sensitivity of the plant grown under the autotrophic condition to vernalization was larger than that grown under the heterotrophic condition, nevertheless increasing of the dry matter weight was observed under the former condition. The sensitivity of the plant to vernalization was the largest in the first stage, decreased remarkably in the second stage and seemed to disappear in the third stage under both conditions. The decrease of effect in vernalization will be able to supplement to some extent by prolonging the vernalization period. The second stage in which rapid decrease of the sensitivity to vernalization and the little effect in addition of vernalization period was observed may be the transition stage from the subterranean life to the terrestrial life, and is the converting stage in the nutritive type and the developmental phase.

The plant grows very slowly in vernalization period. After vernalization (a week), it grows in the same state as in the 2nd day under the control (heterotrophic condition  $30^\circ\text{C}$ ). The changes in dry matter weight of the seedling was scarcely noticeable for vernalization period.