



Title	ばれいしょの生理生態学的研究 : 第4報 生育・収量に及ぼす地温の影響
Author(s)	中世古, 公男; NAKASEKO, Kimio; 由田, 宏一 他
Citation	北海道大学農学部邦文紀要, 7(2), 287-293
Issue Date	1970
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/11798
Type	departmental bulletin paper
File Information	7(2)_p287-293.pdf



ばれいしょの生理生態学的研究

第4報 生育・収量に及ぼす地温の影響

中世古公男・由田宏一・吉田 稔

(北海道大学農学部食用作物学教室)

Physio-ecological studies in potatoes

IV. Influence of the soil temperature on growth and yield

Kimio NAKASEKO, Kōichi YOSHIDA and Minoru YOSHIDA

(Department of Agronomy, Faculty of Agriculture,
Hokkaido University, Sapporo, Japan)

Received August 1, 1969

緒 言

作物の生育ならびに収量は、生育期間中における気温、日射量、降水量等の気象因子の変動によって大きく左右されるが、地温もまた、根系の発達、養水分の吸収等に与える影響を通して生育・収量に及ぼす影響はきわめて大きい。地下部に着生する塊茎内に同化産物を蓄積するばれいしょにおいては、上記の一般的な相互関係のほか、地温は塊茎の形成・肥大、澱粉価および萌芽性あるいは2次生長等に直接的な影響をもたらす。したがってばれいしょにおいては、子実性作物の場合と異なり、地温は収量性を支配する主要気象因子のひとつといえる。このような見地からばれいしょの生育・収量と地温との関係について早くから注目され、研究報告もきわめて多い。たとえば、芽および根の発育と地温との関係については TOOSEY (1963)、塊茎形成・肥大と地温との関係に関しては SLATER (1963) および BUSHNELL (1963) によって要約されている。また杉ら (1953) は気温ならびに地温の諸形質に及ぼす相対的影響について報告しており、最近、YAMAGUCHI ら (1963) および EPSTEIN (1966) の研究により、生育・収量と地温との関係について新たな知見が加えられた。

しかしながら、これらの研究成果はポット栽培によって得られたもので、しかも限られた生育段階に関する場合がほとんどであり、地温の経時的、累積的效果に関しては不明な点が多い。本研究はこの点に着目し、圃場栽培条件下に5段階の地温処理区を設け、塊茎形成始期よ

り枯凋期にいたる間、数回の掘取調査を行ない、生長解析的手法を用いることによって、地温の経時的、累積的效果の解明を試みた。その結果、興味ある2, 3の知見を得たので報告する。

材料及び方法

早生主要品種「男爵薯」を供試し5月9日に植付けた。地温の調整は加熱用として電熱温床線、冷却用としてビニールホースに水道水を通水したものをを用いて行なった。これらは植付け前に地下20 cmにあらかじめ設置しておいた。栽植密度は畦幅75 cm、株間40 cm (3300株/10 a) で、施肥量は10 a 当り硫酸30 kg、過石40 kg、硫酸40 kgを全量基肥として施用した。その他の耕種方法は標準耕種法によった。

処理区の構成は無処理区 (C)、常時水道水を通水した低地温区 (L)、昼間通電し夜間は通水した昼高夜低地温区 (H-L)、昼高夜低地温区の逆の操作を行なった昼低夜高地温区 (L-H)、昼夜通電した高地温区 (H) の計5区である。通電、通水のきりかえは8時と17時に行なった。また地温処理期間は7月2日 (塊茎形成始期) から9月13日 (枯凋期) にいたる約70日間である。処理期間中における各区の平均地温 (地下10 cm) は Table 1 に示すように高地温区、昼低夜高地温区、昼高夜低地温区、無処理区、低地温区の順に高く経過した。

7月2日から約2週間ごとに各処理区より9個体を掘取り、葉数、茎長および茎数を調査、さらに葉、茎、地下部 (根および留枝) および塊茎に分別し生体重を秤量

Table 1. Soil temperature (°C) at 10 cm under soil surface in experiment periods

Treatments		July 2-17	July 18-31	Aug. 1-12	Aug. 13-25
Control (C)	Max.	19.9	22.1	23.7	20.2
	Min.	17.8	20.4	21.0	17.6
	Mn.	18.8	21.2	22.4	18.9
Low (L)	Max.	17.5	19.4	20.1	19.3
	Min.	14.4	16.8	17.3	15.0
	Mn.	15.9	18.1	18.7	17.2
High (H)	Max.	30.3	32.1	32.3	32.2
	Min.	29.8	31.5	32.0	31.6
	Mn.	30.1	31.8	32.1	31.9
High-Low (H-L)	Max.	23.6	25.9	27.0	23.8
	Min.	19.0	20.6	21.3	18.2
	Mn.	21.3	23.3	24.2	21.0
Low-High (L-H)	Max.	26.0	27.3	28.7	25.9
	Min.	23.5	24.9	26.2	23.1
	Mn.	24.7	26.1	27.4	24.5

後、80°C で約 48 時間通風乾燥し乾物重を秤測した。また葉面積の測定は自動葉面積測定装置によった。

結果および考察

1. 地上部の生育に及ぼす地温の影響

1) 地上部乾物重ならびに葉面積指数の推移

各区の個体当り地上部乾物重の推移を Fig. 1 に示したがこれによると、低地温区、無処理区および、昼高夜低地温区間の推移にはほとんど差異がなく、I 期 (7 月 18 日、処理開始後約 2 週間目) に最大に達し、III 期 (8 月 1 日、処理開始後約 6 週間目) までこの値を維持しその後減少した。一方高地温区は II 期 (8 月 1 日、処理開始後約 4 週間目) に最大に達し、その値は上記 3 区とほぼ同程度であったが、前後の生育が劣りやや熟期が早まった。これに反し、昼高夜高地温区は処理期前半における生育は高地温区と同様、他の 3 区に劣るが、処理期後半における生育が大で、III 期以後は低地温区と同様の推移を示した。

次に葉面積指数の推移を Fig. 8 に示す。これによると、各区の葉面積の推移は個体当り地上部乾物重におけるほぼ類似した傾向がみられるが、高地温区はいずれの調査時期においても他の 4 区に比し低く経過したことが特徴的である。また、最大に達してから葉の枯り程度は生育の遅れた昼高夜高地温区を除き、平均地温の高く経過した区ほど大であった。その結果、茶葉枯凋期は

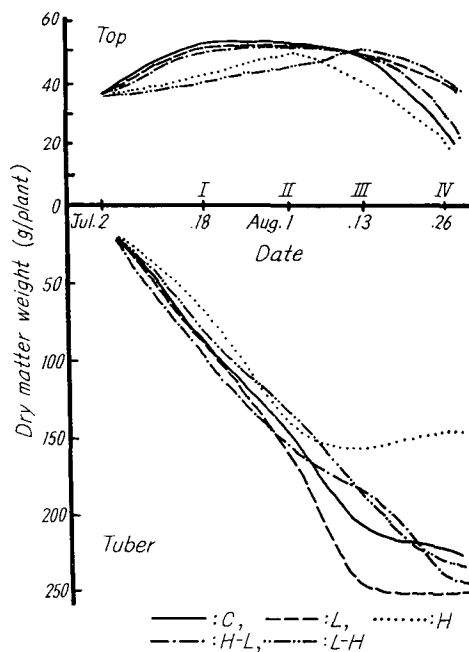


Fig. 1. Changes of top and tuber dry matter weight per plant.

Note: Same symbols used throughout all figures.

低地温区、無処理区および昼高夜高地温区の 3 区が 9 月 12 日、昼高夜低地温区が 9 月 8 日、高地温区が 9 月 6 日となった。

以上のように、地上部乾物重ならびに葉面積に及ぼす地温の影響は昼夜 30°C を越える過高地温区において認められるが、16~27°C の範囲内ではその影響は小であるものと考えられる。

2) 地上部乾物率ならびに地下部乾物率

一般に地温は養水分吸収における根の生理的機能、土壌含水率および根系の発達程度などに影響し、これらが地上部生育量に間接的に影響するものと考えられる。

そこで、根の水分吸収が直接的に影響を及ぼすと思われる葉部ならびに茶部乾物率を Fig. 2 についてみるとつぎのことがいえる。i. 高地温区における茶葉部乾物率はいずれの調査時期においても他の 4 処理区の茶葉部乾物率に比し高く経過する。ii. 高地温区を除く 4 処理間では、低地温区における II, III 期の茶部乾物率を除いて処理間差異は小である。iii. 降水量が少なく乾燥条件下に経過した処理開始から I 期 (Fig. 3) において、茶部乾物率と平均地温との間に 0.968 の正の有意 (1% 水準) な相関関係が認められる。

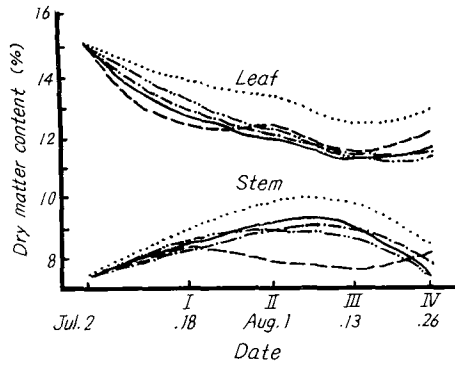


Fig. 2. Changes of dry matter content in leaf and stem.

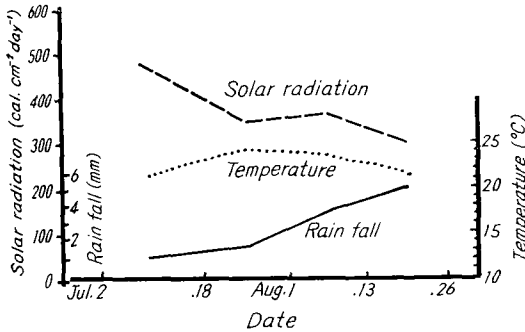


Fig. 3. Changes of climatic factors in experiment periods.

このように、茶葉部乾物率についてみても、前項の葉面積におけると同様に高地温区において地温の影響が大であった。これは水分吸収における過高地温の阻害作用によるものと考えられ、杉ら (1953) も指摘しているように、高温による根の機能障害に起因するものであろう。しかしながら、高地温区において、他の4区に比し処理期間中いちじるしい作土の乾燥状態が観察されたこと、また乾燥条件下で地温と葉部乾物率との間に正の相関関係が認められることから、高地温により土壌含水率が減少し、これが阻害的に作用する影響も大であると考えられる。また、降水量および1日射量等の土壌水分含有率に影響を及ぼす気象因子の変動によって、生育に及ぼす地温の影響も異なることが推測される。

EPSTEIN (1966) は本実験の処理期間に相当する生育段階について地温の差異が諸形質に及ぼす影響について調査し、根部乾物重は10.6~22.2°Cの範囲内で地温と負の関係、22.2~29.0°Cでは正の関係があること、また地温は根系の垂直分布に影響することを報告している。本実験においては根の詳細な調査を省略したため、地温の

根に及ぼす影響は明らかでないが、地下部乾物重 (塊茎を除いた側枝、根を含む) はいずれの調査時期においても処理間差が小で、地温との間には一定の傾向が認められなかった。

2. 塊茎肥大ならびに収量性に及ぼす地温の影響

1) 個体当塊茎乾物重の推移

個体当塊茎乾物重の推移を Fig. 1 についてみると、各処理区とも処理期間の前半はほぼ直線的に増大する。高地温区が他の区に比しやや低く経過するが処理間差異は小さい。しかし、処理期間の後期には処理間差異が次第に明らかとなる。すなわち、高地温区は III 期に最大に達した後ほとんど増加を示さない。これは高地温区においては他の4区に比し熟性が早まることによるものと考えられる。一方、低地温区および無処理区は II 期から III 期においては塊茎乾物重の増加程度が大であるが、その後は緩慢となる。また昼高夜低地温区および昼低夜高地温区は IV 期まで直線的に増大した。

2) 個体当塊茎体積の推移

Fig. 4 に塊茎比重より換算した個体当塊茎体積の推移を示した。同様に明らかのように、各処理区の推移の様相は塊茎乾物重の場合に類似している。しかし、後期における処理間差異は塊茎乾物重に比しいちじるしく小さい。これらを要するに地温の塊茎肥大に及ぼす影響は、同化産物の蓄積としての乾物の増大については大であるが、受容体としての体積の増大には小であるといえる。

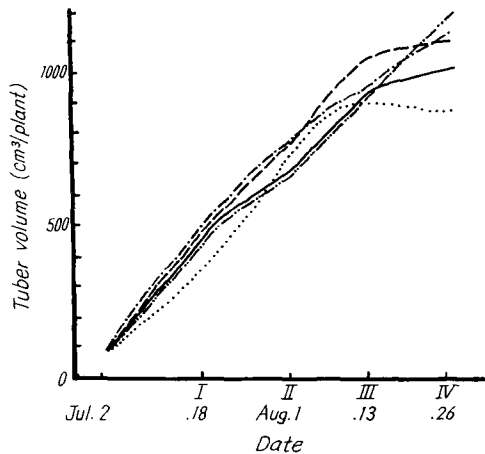


Fig. 4. Changes of tuber volume per plant.

3) 平均1個薯重および薯数の推移

個体当塊茎体積は平均1個薯体積と薯数に比例する。そこで平均1個薯体積に相当する平均1個薯重の推移を Fig. 5 についてみると、処理開始後生育が進むにしたが

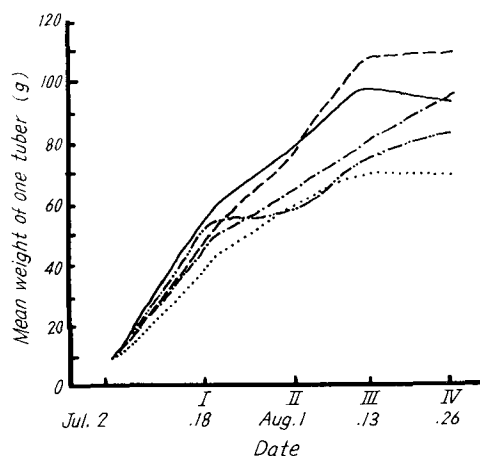


Fig. 5. Changes of mean weight of one tuber.

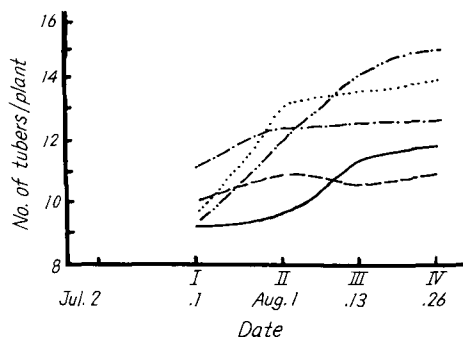


Fig. 6. Changes of number of tubers per plant.

い次第に処理間差異が大となり、地温が高い区ほど低く経過した。すなわち地温の累積的効果がみられる。そして処理後期には平均1個薯重との間に密接な負の相関関係が認められるにいたる。これに反し、薯数は昼低夜高地温区を除く4区間において、処理開始後約4週間目にほぼ一定となり、平均地温の高い区ほど多く、地温と薯数との間には正の相関関係がみられる (Fig. 6)。昼低夜高地温区ではIV期まで薯数が増大し続ける点が注目される。これは同区の地上部の生育が遅延型を示したことに関連し、昼夜地温の逆処理の結果によるものと考えられる。

以上の如く、平均1個薯体積(≒平均1個薯重)ならびに薯数に及ぼす地温の影響は顕著なものがあるが、平均1個薯体積に対して負、薯数に対して正の方向であるため、個体当塊茎体積としてみた場合には両者が相殺され、その影響は認め難くなる。

4) 澱粉価の推移

澱粉価に及ぼす地温の影響についてはもっとも注目す

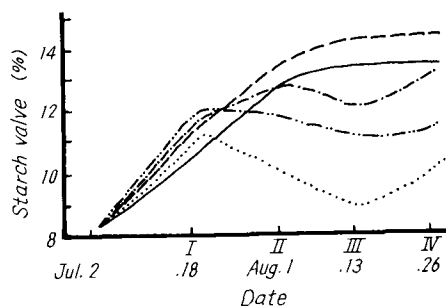


Fig. 7. Changes of starch value.

べき結果が得られた。澱粉価の推移を Fig. 7 についてみると、処理後約2週間は各区ともほぼ直線的に大となり、処理間差異も小で地温との間に一定の傾向は認められないが、約4週間目以後からは顕著な処理間差異を示した。すなわち、低地温区および無処理区は継続的に次第に高くなり、6週間目に上限に達し、低地温区は無処理区よりもやや高く経過しながら以後その値を持続する推移を示す。これに反し、昼高夜低地温区は4週間目から6週間目、昼低夜高地温区および高地温区は2週間目から6週間目にいたる間かえって次第に低下する傾向を示し、その低下の程度は地温の高い区ほど大であった。さらに、6週間目以後枯凋期にいたる間、これら3区の澱粉価は再び上昇する推移を示した。これら各区の澱粉価の推移と地温との間には、4週間目以後いずれの調査時期においても密接な負の相関関係がある。これは地温が高いほど呼吸による消耗の程度が大であることを示唆しており、塊茎乾物重にみられた後期の処理間差異もこれらと関連していると考えられる。

5) 収量と地温との関係

各処理区の塊茎収量を Table 2 に示した。これによると塊茎収量は無処理区および低地温区間ではほとんど差がなく、昼高夜低地温区および昼低夜高地温区は無処理区に比し約10%減少し、高地温区では約30%減少した。澱粉収量についてみると、処理期間中の平均地温の高い区ほど小で、地温と密接な負の相関が認められ、高地温区では無処理区に比し約40%も減少した。また、地温と澱粉価および平均1個薯重との間には負、地温と個体当薯数との間には正の密接な相関関係が得られた。

6) 2次生長と地温との関係

高地温によって2次生長が誘発されることは多くの研究者によって明らかにされている。本研究においても、処理開始後6週間目より昼高夜低地温区、昼低夜高地温区および高地温区の3区において2次生長塊茎が出現

Table 2. Influences of soil temperature on tuber yield

Yield components	Control	Low	High	High-Low	Low-High	r
Starch yield (kg/10 a)	579 (100)	600 (104)	358 (62)	500 (86)	473 (82)	-0.99**
Tuber yield (kg/10 a)	4323 (100)	4284 (99)	3113 (72)	3759 (87)	3905 (90)	-0.94*
Starch value (%)	13.4 (100)	14.0 (104)	11.5 (86)	13.3 (99)	12.1 (90)	-0.97**
Mean weight of a tuber (g)	94.0 (100)	98.9 (105)	51.0 (54)	86.1 (92)	72.3 (77)	-0.99**
No. of tubers per plant	13.8 (100)	13.0 (94)	18.3 (133)	13.1 (95)	16.2 (117)	+ 0.93*
Ratio of second growth (%)	—	—	36.1	6.1	19.1	—

Note. (): Relative value.

r: Correlation coefficients between mean soil temperature and each yield component

*: Significant at 5 % level

** : Significant at 1 % level

し、その後次第に出現率が大きくなった。Table 2に示すように収穫期における2次生長率は昼高夜低地温区は61%、昼低夜高地温区は19.1%、高地温区は36.1%であり、処理期間中の平均地温23~31.5°Cの範囲で地温と正の相関関係がみられた。また出現した2次生長の大部分は芽の伸長したもので、塊茎が2次的に肥大したものはわずかに認められる程度であった。

3. 乾物生産と地温との関係

Fig. 9に各区の純同化率 (NAR) の推移を示した。これによると、高地温区の純同化率は7月前期(処理開始~I期)から後期(I期~II期)に上昇し、8月前期(II期~III期)に急激に低下している。低地温区および無処理区は7月後期に一次的に低下するが8月前期には上昇し、8月後期には再び急激に低下する推移を示す。また、これら2区間では低地温区が無処理区に比し高く経過した。昼低夜高地温区は無処理区とほとんど同様に経過したが、8月前期から後期にかけての低下の程度は無処理区に比し小であった。さらに昼高夜低地温区は7月前期

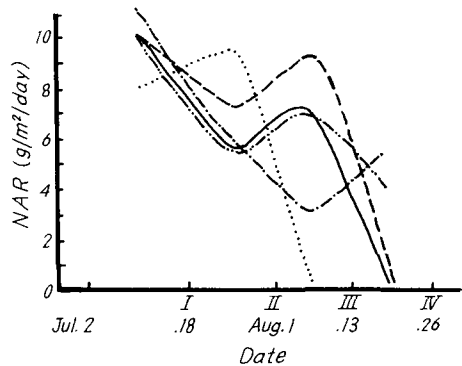


Fig. 9. Changes of NAR.

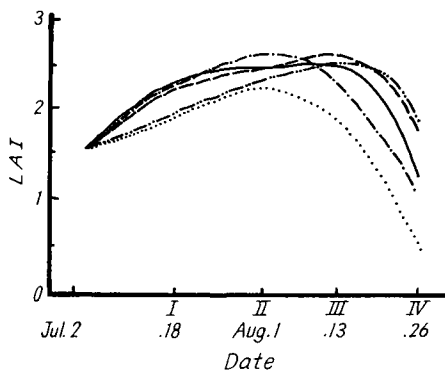


Fig. 8. Changes of LAI.

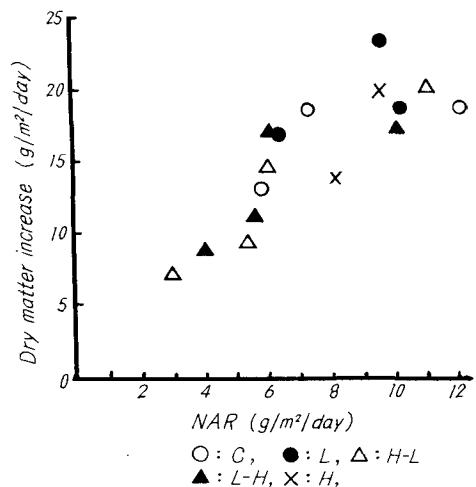


Fig. 10. Relation between CGR and NAR in var. Irish Cobbler grown at different soil temperature.

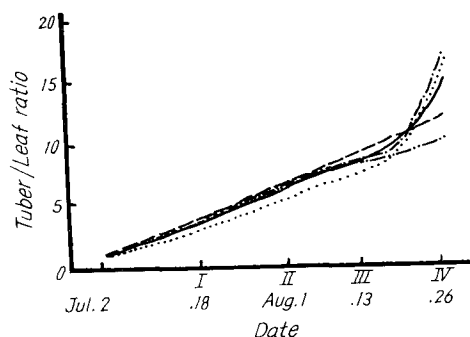


Fig. 11. Changes of ratio of tuber/leaf (dry weight base).

から8月前期にかけて次第に低下し、8月後期には上昇する推移を示した。

このような純同化率の示す推移の様相は乾物生産速度 (CGR) についても認められ、全処理区間を通じてのこれらの関係を示すと Fig. 10 のようになる。乾物生産速度は純同化率と葉面積指数の積によって表わされるから、同図より、乾物生産速度に及ぼす地温の影響は、葉面積におけるよりも純同化率における影響の方が、より強く反映されることがわかる。純同化率は葉の光合成能力のほか、葉の量に対する非光合成器官（主として茎および塊茎）の量の割合、非光合成器官の呼吸率および単位面積当りの葉の重さなどの値によって変動する。しかし地温が純同化率に与える影響のもっとも大きいと考えられる要因は塊茎の呼吸率であり、Fig. 7 にも明らかのように、澱粉価と地温との間には負の相関関係が認められるから、高地温ほど塊茎へ転流する同化産物のうち呼吸によって消費する割合が大になるものと解される。また Fig. 11 に示すように、葉の量に対する塊茎量の割合は、生育末期を除き、高地温区が他の4区に比しやや低く経過しながらも、各処理間の差異は小であった。さらに各生育時期別の純同化率と地温との関係についてみると、8月前期に純同化率と地温との間に負の相関がみられるほかは、一定の傾向が認められない。また高地温区における純同化率の推移は他の4区の推移といちじるしく異なることは前述した。したがって地温は塊茎の呼吸率に及ぼす影響ばかりでなく、光合成能力その他純同化率を構成する要因にも影響を与えるものと考えられる。

摘 要

1. 本研究は地温がばれいしょの生育、特に塊茎肥大と同化産物の転流・蓄積に及ぼす影響を明らかにするため、男爵薯を供試し、5段階の地温処理区を設け、塊茎

形成始期より枯凋期にいたる間継続して処理を行い、採取調査の結果を生育解析的に考察した。

2. 地上部に及ぼす地温の影響は、昼夜 30°C を越える過高地温区において大であり、茎葉の乾物率が高く、生育が劣り、熟期が早まる傾向が認められたが、16~27°C の範囲内では影響は小であった。

3. 地下部塊茎については、平均地温が高いほど平均1個薯重は小となるが、薯数が増加するため、結果として個体当り塊茎体積には地温の影響はあらわれてこない。しかし、平均地温が高くなるほど澱粉価が顕著に低下するため、澱粉収量においては処理間差異がいちじるしく大となった。

4. 乾物生産速度 (CGR) に及ぼす地温の影響は、葉面積指数 (LAI) におけるよりも純同化率 (NAR) における影響の方がより強く反映された。

引用文献

- 1) BUSHNELL, J. 1925. Agr. Exp. Sta. Tech. Bull. 34: 29.
- 2) EPSTEIN, E. 1966. Agron. J. 58: 169.
- 3) SLATER, J. W. 1963. The growth of the potato. Butterworths, London. 114.
- 4) 杉 穎夫・安藤隆夫 1953. 日作紀 22: 123.
- 5) TOOSEY, R. D. 1963. The growth of the potato. Butterworths, London. 79.
- 6) YAMAGUCHI, M., H. TIMM and A. R. SPURR. 1963. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 84: 412.

Summary

In the present report, effects of soil temperature to the top growth, tuber bulking and dry matter production of potato plant were investigated. A variety, Irish Cobbler, were planted in the field and the plants were kept under 5 temperature conditions of the soil, 17.5°, 20.3°, 22.8°, 25.7° and 31.5°C, starting from tuber initiation to maturity.

At 31.5°C, the top growth indicated by the amount of dry matter and/or the LAI was most limited, while dry matter content of leaf and stem were the highest. In other series of the low temperature range, at 17.5°~25.7°C, regarding to the top growth, no significant differences were observed between them.

To the soil temperature, tuber growth responded more sensitively than the top growth. Mean weight of single tuber and its starch value decreased with the increased soil temperature, and this trend was

emphasized by the lapse of plant growth. Number of tubers per plant increased with increase of soil temperature.

It was revealed that there was a negative correlation between yield of tuber and mean soil tempera-

ture. It was also pointed out that the second growth of tubers was induced at 22.8°~31.5°C.

The time trend of the NAR was different among 5 conditions of soil temperature. The NAR was recognized to be positively correlated with the CGR.