HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	ばれいしょの生理生態学的研究 : 第９報　裁植密度を異にする個体群における生産構造の品種間差異
Author(s)	中世古, 公男; 由田, 宏一; 吉田, 稔
Citation	北海道大学農学部邦文紀要, 8(3), 182-187
Issue Date	1972-06-30
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/11834
Type	bulletin (article)
File Information	8(3)_p182-187.pdf

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

ばれいしょの生理生態学的研究

第9報　栽植密度を異にする個体群における生産構造の品種間差異

中世古公男・由田宏一・吉田　稔
(北海道大学農学部農学科食用作物学講座)

Physio-ecological studies on potato plant

IX. Varietal differences of productive structure at various population densities

Kimio NAKASEKO, Kōichi YOSHIDA and Minoru YOSHIDA
(Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Sapporo, Japan)

Received November 4, 1971

緒　言

ばれいしょの栽植密度に関する研究はこれまできわめて多く実施され，その報告も多い。しかしながら，栗原ら[3] (1963) も指摘しているように，その多くは塊茎収量の比較に終始しているため，光合成の場である地上部の密度反応，さらにはこれと塊茎収量との関連性についての基礎的な知見はきわめて乏しい。

栽植密度を異にする個体群において，個体の生育の差をもたらす最も大きな要因の一つは光に対する競合であろう。この光に対する競合は生育に伴う生産構造を規制し，さらに生産構造は群落内部の光の分布を制約する。

著者らはばれいしょの栽植密度反応を乾物生産の面から生育解析的に追究するに先立ち，栽植密度を異にする個体群における生産構造の発達の差異ならびにその品種間差異を明らかにするとともに，群落内部の光の分布と地上部の形態的，生態的諸特性との関連について基礎的な検討を行なった。ここにその結果の概要を報告する。

材料及び方法

男爵薯ならびに農林1号を供試し，4月30日に栽植した。栽植密度は10a当りおのおの25000株(A), 16000株(B), 11111株(C)および4938株(D)の4区(Table 1)で，いずれも正方形植である。種薯は4つ切りとし，萌芽後直ちに1茎立とした。施肥量は10a当り硫安30kg，過燐酸石灰45kg，硫酸加里45kg，の割合で耕耘整地前に全面散布した。

調査は塊茎形成開始直後の6月30日と生育中期の8月5日に行なった。調査方法は先ず地際から高さ10cm毎の群落内照度を東芝5号照度計を用いて測定した。照度の測定はほぼ株間の対角線交点上で行なった。照度測定後，各区10個体について層別に刈取り，階層別に葉身，茎(葉柄を含む)に分別し，それぞれの葉面積の測定ならびに生体重および乾物重(80°C, 72時間乾燥)の秤量を行なった。葉面積は自動葉面積測定装置により測定した。

Table 1. Plant density and planting pattern

Density code	No. of plants per 10 a	Plant* spacing (cm)	Field area per plant (cm^2)
A	25000	20	400
B	16000	25	625
C	11111	30	900
D	4938	45	2025

* Equidistant square pattern and singling.

結果ならびに考察

1. 生産構造の推移とその品種間差異

塊茎肥大初期(6月30日)における男爵薯および農林1号の生産構造をFig. 1に示した。男爵薯の生産構造についてみると，階層別の葉量(乾物重)はいずれの区に

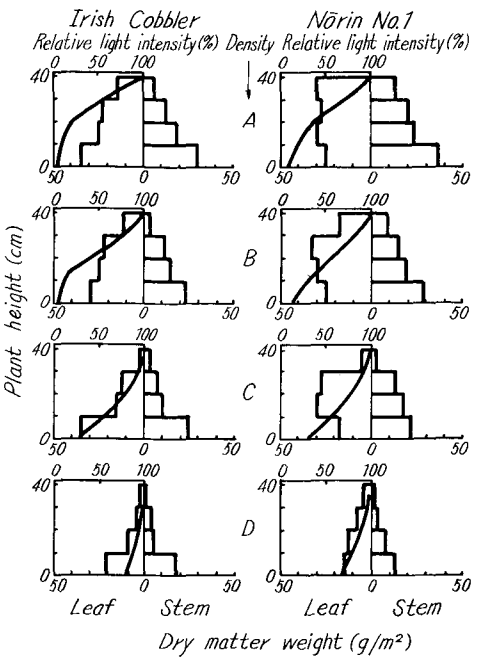

Fig. 1. Productive structure of two varieties at different densities on 30th June.

おいても最下層部が最大で，上層部ほど小さく，葉群の主力は群落下層部に集中する。また，全葉量のうち最下層部の占める割合は粗植区ほど大きい。これに反し，農林1号では，最も個体密度の小さいD区においては男爵薯と同様最下層部に最大葉量をもつが，個体密度が高くなるに従い葉群の主力は中層部から上層部へと移り，最も個体密度の高いA区では各層にほぼ均等に分布している。

非同化部分である茎乾物重の分布についてみると，両品種ともいずれの区においても下層部ほど大きい。また，葉/茎比（乾物）は茎乾物重の分布と逆の傾向が認められた。とくに個体密度の高いA, B, C区の最下層部においては農林1号の比が男爵薯のそれに比し小さかった。葉/茎比は品種の形態的，生態的特性によっても異なるが，一方では光の強さが補償点以下になると落葉する[2]ために小さくなる。このstageではTable 2に示すごとく，LAIは2以下で地際の相対照度も男爵薯のA区を除き10%以上を示し，両品種とも最下層部において落葉は認められなかった。

つぎに，8月5日（塊茎肥大中期）の生産構造をFig. 2についてみると，男爵薯は草丈約50 cmで停止している

Table 2. LAI, specific leaf area, relative light intensity and number of branches

Date	Var.	Density code	LAI	SP. LA (cm²/g)	RLI (%)	No. of branches
June 30	I	A	1.98	266.2	2.4	0.2
		B	1.86	253.2	6.8	1.6
		C	1.24	235.7	22.8	3.4
		D	0.54	234.4	83.1	6.4
	N	A	1.88	230.3	10.4	0.8
		B	1.48	221.4	14.5	2.8
		C	1.05	219.3	29.1	4.9
		D	0.48	216.5	67.5	8.9
Aug. 5	I	A	3.23	326.7	5.1	—
		B	3.04	289.3	11.8	—
		C	2.65	274.2	12.2	—
		D	3.04	271.5	53.5	—
	N	A	3.74	265.0	3.1	—
		B	2.94	279.7	7.0	—
		C	3.00	256.8	7.8	—
		D	2.83	259.8	10.5	—

Note I: Irish Cobbler N: Nōrin No. 1 SP. LA: specific leaf area
RLI: relative light intensity at soil surface

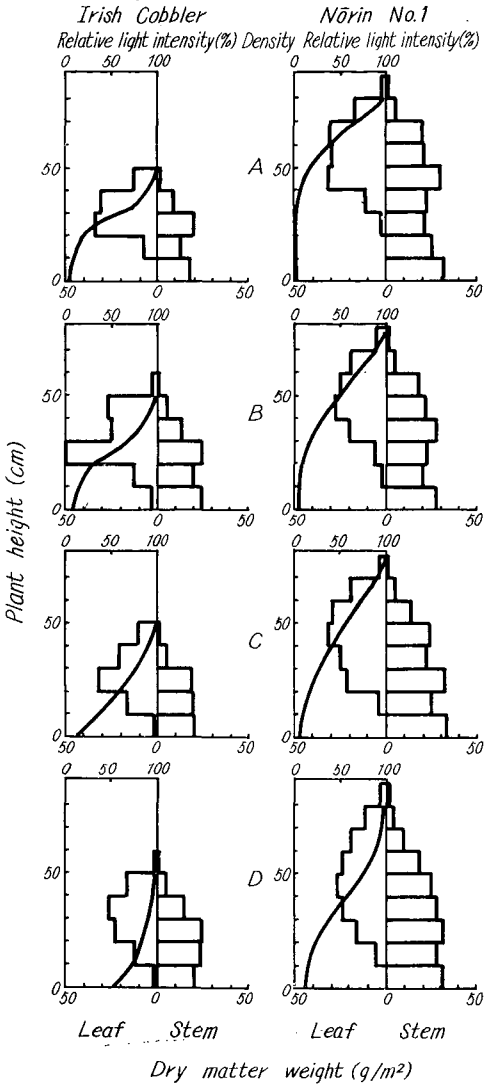

Fig. 2. Productive structure of two varieties at different densities on 5th Aug.

が，農林1号は90 cmに達しており熟性の差が明確に表われている。葉の垂直分布は両品種とも，いずれの区においても中間層に最大葉量をもち，その分布の型は各区とも類似しているのが特徴である。このような分布の型は6月30日における生産構造と比較してみると，早生品種男爵薯においては，20 cm以下の下層部の葉の落葉とそれより上層部における葉身の伸展によってもたらされたものであり，晩生品種農林1号においては，下層部の落葉と草丈の伸長に伴う群落構造の上層への発達によることがわかる。とくに下層部20 cm以下の葉量についてみると，密植区は粗植区より，農林1号は男爵薯より落葉の程度が大きい。

群落下層部の落葉は生育後期においては，葉の老化によるもののほかに，光の強さが補償点以下の条件で起こる場合が考えられる。そこで群落下層部の相対照度と落葉との関係を検討してみると，8月30日における20 cm以下の層の相対照度と葉量との間には品種をこみにして0.901**，落葉（同じく20 cm以下の層の6月30日における葉乾物重と8月5日の葉乾物重との差）との間には−0.818*の強い相関が認められた。このことは，群落下層部の落葉はおもに上層部の葉の繁茂度によって左右される下層部の光条件によってもたらされたものであることを示している。

2. 節位別複葉面積の品種間差異と生産構造との関係

前述したごとく，6月30日における葉乾物重の垂直分布に明確な品種間差異が認められ，男爵薯は下層部に，農林1号では中，上層部に葉の主力があった。生育前期においては，まだ個体間の競合も弱く，環境因子の累積効果も比較的少ないと考えられ，このような品種間差異は主として両品種の地上部の形態的，生態的特性の差異，とくに節位別の葉の大きさの違いによるものと推察される。そこで，7月5日，一般栽植条件下（75 cm×30 cm）に栽培された個体について主茎の節位別複葉面積を調査した。

その結果をFig. 3についてみると，両品種とも第7，第8節の葉が最も大きく，それより上位および下位に向って次第に小さくなるが，第11節以下の平均複葉面積は男爵薯125.6 cm²，農林1号64.1 cm²で男爵薯は農林1号に比しきわめて大きい。とくに第6節以下では，男

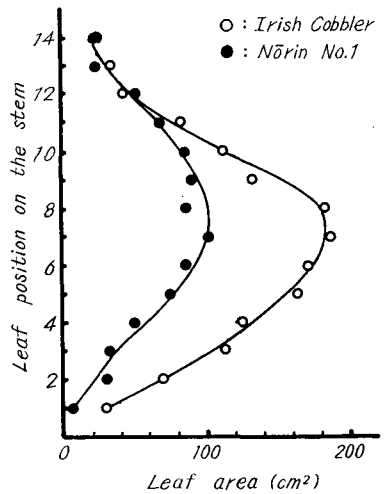

Fig. 3. Varietal diffrences of the compound leaf area on each leaf position.

爵薯は農林1号の2～3.5倍の面積をもつ葉を着生している。ばれいしょの葉は地面にほぼ水平に着生していることから，その節位高がわかれば階層別の葉面積を知ることが出来る。そこで節位別複葉面積を調査した個体について，各層に位置する節位とその葉面積を Table 3 についてみると，各層に位置する節位は両品種ともほぼ同様で，葉の垂直分布の型は6月30日におけるB区 (Fig. 1) と類似し，男爵薯は下層部に，農林1号は上層部に葉群の主力があった。これらの結果は，生育前期における葉群の垂直分布の品種間差異は基本的には葉の形態的な差にもとづいていることを示している。

Table 3. Vertical distribution of leaf area in the row spacing population at July 5

Stratum	Irish Cobbler		Nōrin No. 1	
	Leaf position	Leaf area	Leaf position	Leaf area
0–10	1– 5	2129	1– 5	736
10–20	6– 7	2179	6– 8	1370
20–30	8–10	1828	9–11	1828
30–40	11–14	1041	12–14	1041

Note Spacing: 75 cm × 40 cm
Stratum: height above ground level (cm)
Leaf area: cm^2 per 5 shoots

さらに葉の垂直分布に関与する要素として分枝の生長がある。栗原ら[3] (1963) は男爵薯は主茎の葉および茎乾物重が分枝におけるものより多いのに反し，農林1号は主茎の葉および茎乾物重が分枝におけるものよりはるかに少なく，農林1号は男爵薯に比し分枝力が強いことを報告している。本試験においても Table 3 に明らかなように，分枝数は個体密度の小さい区ほど多く，かつ農林1号が男爵薯に比し多い。とくに粗植区においては両品種とも下位節位に強力な分枝を着生しており，下層部ほど葉量が多くなる。このように葉の垂直分布の密度反応にみられる品種間差異は葉の大きさの違いのほかに分枝性が密接に関与している。

3. 群落内相対照度と LAI と関係

両 stage における各区の地際の相対照度を Table 2 についてみると，両品種とも密植区ほど小さく，また各区における LAI の隔差の大きかった6月30日においては，LAI と地際の相対照度との間には強い相関関係が認められた。つぎに群落内部における相対照度の減衰過程を Fig. 1 および2についてみると，密植区ほど群落上層部における光の吸収程度が大きい。これは，一つには，個体密度が小さい区ほど隣接する個体間の葉の重なりが少ないことによるもので，とくに個体占有面積の大きいD区においては男爵薯では生育末期まで中，上層部の葉の重なりが認められなかった。

門司・佐伯[4] (1953) は群落内の或る高さにおける光の強さ (I) はその高さから上にある葉の総量（葉面積指数で表わし F とする）により決まり，その関係はつぎの式で表わされることを明らかにした。

$$I = I_0 e^{-K \cdot F}$$

または

$$\log\left(\frac{I}{I_0}\right) = -KF$$

I_0 は群落上面での入射光の強さで，$\left(\frac{I}{I_0}\right)$ は相対照度である。K は吸光係数といい，葉の配列，傾斜，厚さ等によりかなり変動する。

Fig. 4-A は6月30日における相対照度と LAI との関係を A, B, C 区をこみにして示したものである。なお，D区は前述したごとく，群落中，上層部では隣接した個体間の葉の重なりがほとんどなく，4個体間の中間で測定した照度は葉の光吸収程度を適確に表わしていないと考えられるので除外した。これについてみると，LAI 2 の点での相対照度は男爵薯で約4.5%，農林1号では約20% で葉の光吸収程度は男爵薯 (K=1.57) が農林1号 (K=0.96) に比しきわめて大きい。この吸光係数にみられる品種間差異は8月5日についても同様に認められた。前述したごとく，吸光係数は主に葉の形態的な差異により異なるものとされている。ばれいしょの葉（複葉）はおおむね早生種ほど卵形の小葉を密に着生し，

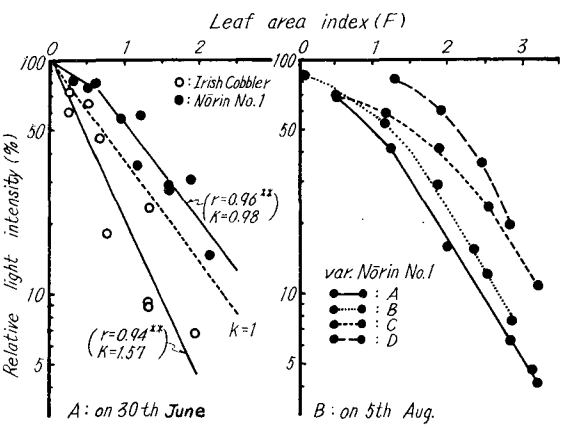

Fig. 4. Relation between leaf area index from the top of the crop and relative light intensity.

晩生種は倒心臓形，小形で疎な形態を示す品種が多い[7]。本試験に供試した男爵薯（早生）および農林1号（晩生）においても上記と同様の形態的差異が認められた。とくに男爵薯は農林1号に比し大形の小葉を密に着生し，小葉の重なりが顕著で光の吸収程度と熟性と関連する複葉の形態的特性との関係がうかがえる。

つぎに Fig. 4-B に8月5日における相対照度と LAI との関係を農林1号についてみると，両者の関係は6月30日におけるものとその様相を異にし，栽植密度で対応関係を異にする。すなわち群落下層部，換言すれば LAI の大きな側ではいずれの区においても勾配（吸光係数）はほぼ同じであるが，群落上層部（LAI の小さい側）では個体密度の小さい区ほど勾配が大となるため，同一葉面積指数では粗植区ほど相対照度は大きい。この傾向は男爵薯においても同様に認められた。このような差異は 1) 個体占有面積が大きい区ほど群落上層部における隣接個体間の葉の重なりが少なく，群落上面は波状を呈し，入射光は群落上面よりかなり下まで入ること，2) ばれいしょの複葉は上部に向うに従って小葉は小さくなり，小葉着生の疎な形態を示し，群落上層部では光の透過が良好なこと等に起因しているものと推察される。

4. 比葉面積と相対照度との関係

比葉面積 (specific leaf area)，またこの逆数である面積重 (specific leaf weight) は見かけの光合成能力と強い相関があり[1,5,6]，葉の質的能力を表わす重要なパラメーターの一つである。いま Table 2 に両品種の各区における比葉面積についてみると，6月30日においては両品種とも個体密度の高い区ほど大きく，また男爵薯は農林1号に比し大である。8月5日についてみると，男爵薯においては6月30日におけると同様個体密度の高い区ほど大であるが，農林1号においてはこのような傾向は認められない。また品種間では男爵薯が農林1号に比し大きく，両品種とも6月30日に比し大となっている。

これら各区の比葉面積は階層別の比葉面積の平均値であることから，さらに階層別比葉面積について検討してみると，両品種ともいずれの区においても群落下層部ほど大きく，各区をこみにして比葉面積と相対照度（対数）との間に Fig. 5 にみられるような直線関係が認められた。この結果は栽植密度を異にする個体群にみられる比葉面積の差異は群落内部における光の分布状態の差を反映したものであることを示している。また両者の対応関係を品種について比較してみると，6月30日では品種間差異は認められないが，8月5日においては同じ相対照度のもとでは男爵薯は農林1号に比し大きい比葉面積をもつ。これは熟性の違いによる両品種の光合成能力の差によるものと推察される。

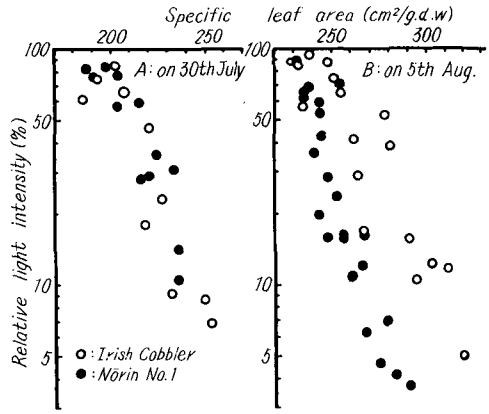

Fig. 5. Relation between specific leaf area and relative light intensity within the canopy.

このように，栽植密度を異にする個体群にみられる生産構造の差異は，単に群落内部の光の分布状態を規制するばかりでなく，葉の質的な面（光合成能力）ともきわめて密接に関連している。

論　　議

以上で，生産構造および吸光係数における品種間差異を明らかにし，これと関連する形態的・生態的諸特性との関係について述べたが，栽植密度反応にみられる品種間差異についての綜合的解析は続報において行なう予定であるので，ここで，生産構造よりみた両品種の密植適応性について若干の考察を加えておきたい。

生育前期の葉群の分布は，男爵薯ではいずれの栽植密度においても群落下層部に最大葉量があり，上層部ほど葉量が小さくなる分布を示したが，農林1号は個体密度が高くなるに従い葉群の主力は下層部から上層部へと移り，栽植密度でその分布を異にした。これは男爵薯が下位節位に大きな葉を密に着生し，分枝力が弱いこと，農林1号は比較的小さな葉を疎に着生し分枝力が強い等熟性と関連する葉の形態的・生態的諸特性の差によることを指摘した。

節位別複葉面積および群落内部の光の分布状態から両品種を比較検討してみると，下位節位に大きな葉を密に着生する男爵薯は早期に葉面積を確保する点で有利であるが，反面小葉が大なため，その重なりが多く光の吸収力が大となり群落下層部への光の透過は悪い。従って，群落構造の上層へ発達した生育後期では葉群は光条件の

悪い下層部に集中することとなり，光の利用効率は低下する。これに反し，比較的小さな葉を疎に着生する農林1号は，生育前期での葉面積の増大程度は男爵薯に劣るが，葉面積の大となる生育後期では葉群の主力は中層部にあり，光の透過も良好で男爵薯に比し有利と考えられる。

つぎに両品種の吸光係数について検討してみると，男爵薯は農林1号に比し大である。門司・佐伯[4] (1953) の理論式からも明らかなごとく，吸光係数と葉面積指数との間には吸光係数が大になるにつれて最適葉面積指数は小さくなる関係がある。いま，95% の光を吸収する葉面積指数を両品種についてみると，塊茎肥大初期の6月30日では男爵薯で約2，農林1号では約3.5である。また塊茎肥大中期の8月5日では栽植密度により異なるが，男爵薯は2.0～3.0，農林1号は3.0～4.0の範囲にあり，農林1号が男爵薯に比較して密植適応性があると言えよう。しかし，一般には男爵薯は農林1号より密植すべきことが知られているが[3]，これは男爵薯が早生品種で葉数が少なく，かつ分枝力が弱いため，従来の慣行栽植法では最適葉面積指数に達しなかったためによるものと推察される。

摘　　要

1. 早生品種男爵薯および晩生品種農林1号を供試し，栽植密度を異にする個体群の生産構造の推移とその品種間差異を明らかにしようとした。

2. 生育前期の葉群の分布は，男爵薯ではいずれの栽植密度においても群落下層部に最大葉量があり，上層部ほど葉量が小さくなる分布を示したが，農林1号は個体密度が高くなるに従い葉群の主力は下層部から上層部へと移り栽植密度でその分布を異にした。生育後期では両品種ともいずれの栽植密度においても中間層に最大葉量があり，その分布の型はほぼ同様であった。

3. 95% の光を吸収する葉面積指数は生育前期では男爵薯で約2，農林1号で約3.5であり，生育後期においては栽植密度により異なるが男爵薯は2～3，農林1号では3～4の範囲にあった。

4. 階層別の比葉面積と相対照度（対数）との間に相関関係が認められ，栽植密度を異にした場合にみられる平均比葉面積の差異は群落内部の光条件の差異を反映したものであることが明らかとなった。

5. 葉の垂直分布および光の吸収程度にみられる品種間差異は熟性と関連する葉の大きさ，形および分枝性の違いによることが明らかとなった。

引 用 文 献

1) DORNHOFF, G. M., and R. M. SHIBLES 1970. Crop Sci. **10**: 42–45.
2) 吉良竜夫・穂積和夫 1959. 農業及園芸 **34** (1): 67–72.
3) 栗原　浩・西川広栄・田畑建司・大久保隆弘 1963. 東北農業試験場報告 **28**: 143–200.
4) MONSI, M. and T. SAEKI 1953. Jap. J. Bot. **14**: 22–52.
5) PEARCE, R. B., G. E. CARLSON, D. K. BARNES, R. H. HART and C. H. HANSON. 1969. Crop Sci. **9**: 423–426.
6) PEARCE, R. B. and D. R. LEE. 1969. Crop Sci. **9**: 791–794.
7) 田口啓作 1963. 作物大系，第3編，養賢堂.

Summary

The tow potato varieties—Iirsh Cobbler (early var.) and Nōrin No. 1 (late var.)—were grown at four population densities planted in square patterns and singling. The vertical distribution of leaf area, leaf and stem weight and relative light intensity were measured.

The results obtained were summerized as follows:

(1) At June 30, just after tuber formation, leaf weight of each layer within canopy was most abundant at the bottom and decreased on the upper for each density in Irish Cobbler. On the contrary, in Nōrin No. 1, the distribution of leaf weight of the lowest population density was equal to that of Irish Cobbler, but for higher population densities the maxmum of leaf weight were on the upper layer of the canopy (Fig. 1). The varietal differences of the foliage structure at this stage may be due to the differences of leaf size of each node and number of branches (Fig. 3 and Table 2). At Aug. 5, middle stage of tuber bulking, the profile of vertical distribution of leaf weight were similar among densities (Fig. 2).

(2) The linear regressions have been obtained between $\log_{10}$ of relative light intensity and leaf area index from the top of the crop, in both varieties, at June 30. The extinction coefficients of Irish Cobbler and Nōrin No. 1 were 1.57 and 0.98, respectively (Fig. 4–A). But the regressions at Aug. 5 were slightly curvilinear and differed among densities (Fig. 4–B). Furthermore, the strong correlation of specific leaf area and $\log_{10}$ of relative light intensity were recognized (Fig. 5).