HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	バレイショ根系の施肥水準と遮光処理に対する反応
Author(s)	岩間, 和人; 中世古, 公男; 後藤, 寛治 他
Citation	北海道大学農学部邦文紀要, 12(3), 176-182
Issue Date	1981-03-19
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/11949
Type	departmental bulletin paper
File Information	12(3)_p176-182.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

バレイショ根系の施肥水準と遮光処理に対する反応

岩間和人・中世古公男・後藤寛治
西部幸男*
(北海道大学農学部食用作物学教室
*北海道農業試験場作物第1部 畑作物第2研究室)

(昭和55年5月14日受理)

Responses of Potato Root Systems to Levels of Fertilizer and Shading Treatment

Kazuto IWAMA, Kimio NAKASEKO, Kanji GOTOH and Yukio NISHIBE*
(Laboratory of Field Crops, Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Sapporo, Japan
*Potato Breeding Center, Hokkaido National Agricultural Experiment Satation, Eniwa, Japan)

バレイショの生育と養分条件との関係について，これまで多くの報告がみられ[2,3,5,9]，窒素施用量の増加により葉面積が増大すること，他の環境条件が良好な場合には塊茎収量は生育期間中の葉積と密接に関係することが明らかとなっている。また，バレイショは遮光により大きな影響を受け，SALE[11]によると，35%の遮光処理により塊茎収量が26～42%減少し，また塊茎形成期の遮光により塊茎数が，塊茎肥大期の遮光により塊茎への乾物分配率が低下する。しかし，これらの報告では根系についての知見が不足しており，GREGORY[4]が述べるように，適正な施肥量を決定するためには養分吸収をつかさどる根系の生長を知る必要があろう。また，養分あるいは日射量等の環境条件の変化に対する根系の反応を知ることは，種々の環境条件下におけるバレイショの生育を理解するうえで重要であろう。

筆者ら[6,7]は，これまでにバレイショ根系の品種間差異ならびに地域間差異が地上部および塊茎生長と密接に関係することを明らかにした。本報では，施肥水準と遮光処理が根系の発達に与える影響について報告する。

材料および方法

試験は1979年に北海道農業試験場作物1第部畑作物第2研究室（島松バレイショ試験地）の圃場で行なった。供試品種は，早生の男爵薯と中晩生の農林1号および北海61号の3品種である。施肥処理では，N, P_2O_5, K_2O をそれぞれ12, 18, 12 kg/10 a の割合で施肥する標肥区と，その半量を与える半肥区および倍量の倍肥区を設けた。全量基肥とし，植付け前に条施した。遮光処理は，開花始の7月14日より8月6日に至る23日間，日照を45%遮断する寒冷紗を用いて行なった。なお，遮光処理を主試験区とし，施肥処理を副試験区とする，2反復の分割区法を用いた。

栽植様式は，75 cm×39 cm (3,419株/10 a) とし，5月10日に植えつけた。遮光処理直前の7月12日および処理直後の8月9日～12日の計2回，各反復区より5株，計10株について，深さ25 cmまでの掘取り調査を行ない，部位別乾物重と葉面積を測定した。

なお，島松の作土は樽前山火山灰層からなる砂壌土である。

試験結果

1. 乾物重に対する処理の影響

施肥処理と遮光処理との間に根乾物重を除き有意な相互作用が認められた。そこで，まず無遮光区について施肥の影響を述べ，ついで遮光の影響と相互作用を明らかにする。

(i) **施肥水準の影響**：開花始（7月12日）および開花1カ月後（8月12日）の根乾物重（根重）ならびに葉乾物重（葉重）を第1表に示した。開花始では根重および葉重は標肥区で大きい傾向が認められたが，処理間差異

は小さく有意でなかった。開花1カ月後では処理間に有意な差異が認められ，根重および葉重は施肥水準にともない大となった。しかし，根と葉では処理に対する反応程度が異なり，葉重は半肥区に比べ標肥区で2.7倍，倍肥区で4.3倍と施肥により著しく大となったのに対し，根重は施肥に最も反応した農林1号でも半肥区に比べ倍肥区で1.6倍と施肥に対する反応程度が小さかった。

塊茎乾物重（塊茎重）および全乾物重（全重）を第2表に示した。開花後の増加に大きな処理間差異が認められ，開花1カ月後の塊茎重および全重は半肥区で著しく劣った。

(ii) **遮光の影響**： 処理終了直後（8月9日）の遮光区の根，葉，塊茎および全重を第1，2表に示した。無遮光区（8月12日）と比較して遮光の影響をみる。根重では品種により遮光の影響が異なり，男爵薯と農林1号の根重は遮光区で小となるのに対し，北海61号の根重は遮光区で大となる傾向を示した。一方，葉重では施肥水準により遮光の影響が異なり，半肥，標肥区の葉重は遮光区で大となるのに対し，倍肥区の葉重は遮光区で小となる傾向を示した。このように根重と葉重に対する遮光処理の影響は品種あるいは施肥水準により異なったが，いずれの区でも遮光の影響は小さいといえる。

Table 1. Responses of root and leaf dry weight to treatments

Date	Variety[1]	Root dry weight (g/m^2)				Leaf dry weight (g/m^2)			
		Levels of fertilizer[3]			Mean	Levels of fertilizer[3]			Mean
		1/2	1	2		1/2	1	2	
		The first sampling							
12 July	D	7.13	8.00	8.06	7.73	49.20	68.50	66.26	61.32
	N	8.23	10.50	9.65	9.46	57.39	75.63	68.40	67.14
	H	5.76	8.09	5.85	6.57	44.43	59.20	47.44	50.36
	Mean	7.04	8.86	7.85		50.34	67.78	60.70	
Significant effects[2]	F		NS				NS		
	V		NS				**		
	F×V		NS				NS		
	The second sampling								
12 Aug. (Plots unshaded throughout)									
	D	7.08	8.12	9.18	8.13	2.67	63.25	99.94	55.29
	N	10.35	13.30	16.82	13.49	45.43	90.63	151.62	95.89
	H	7.22	7.58	7.68	7.49	40.35	87.72	124.06	84.04
	Mean	8.22	9.67	11.23		29.48	80.53	125.21	
9 Aug. (Plots shaded during the period from 14 July to 6 Aug.)									
	D	5.83	10.12	7.78	7.91	40.65	81.34	76.79	66.26
	N	8.67	11.68	14.19	11.51	56.16	89.58	130.51	92.08
	H	7.53	7.16	8.76	7.82	60.86	98.23	134.90	98.00
	Mean	7.34	9.65	10.24		52.56	89.72	114.07	
Significant effects[2]	S		NS				NS		
	F		**				**		
	S×F		NS				*		
	V		**				**		
	S×V		*				NS		
	F×V		**				NS		

Note. 1) D: Danshakuimo, N: Norin No. 1, H: Hokkai No. 61.
2) S: Shading, F: Fertilizer, V: Variety. (S×F×V) was not significant.
3) 1: Standard; N=12 kg, P_2O_5=18 kg, K_2O=12 kg/10 a.

Table 2. Responses of tuber and total dry weight to treatments

Date	Variety	Tuber dry weight (g/m^2)				Total dry weight (g/m^2)			
		Levels of fertilizer			Mean	Levels of fertilizer			Mean
		1/2	1	2		1/2	1	2	
		The first sampling							
12 July	D	55.99	44.35	36.30	45.55	159.69	187.38	171.23	172.77
	N	48.73	37.01	15.13	33.62	172.10	199.88	158.99	176.99
	H	53.97	50.43	20.07	41.49	145.93	175.64	114.86	145.48
	Mean	52.90	43.93	23.83		159.24	187.63	148.36	
Significant	F		*				NS		
effects	V		NS				**		
	F×V		NS				NS		
		The second sampling							
12 Aug. (Plots unshaded throughout)									
	D	410.32	646.65	646.59	567.85	451.74	785.86	831.52	689.71
	N	466.80	675.29	600.82	580.97	588.68	888.81	935.03	804.17
	H	507.47	608.22	561.37	559.02	612.79	795.40	812.53	740.24
	Mean	461.53	643.39	602.93		551.07	823.35	859.69	
9 Aug. (Plots shaded during the period from 14 July to 6 Aug.)									
	D	340.36	408.31	291.13	346.60	432.04	577.76	446.32	485.37
	N	333.87	334.40	291.64	319.97	457.89	544.61	612.19	538.23
	H	353.07	431.51	371.15	385.24	485.41	643.13	697.02	608.52
	Mean	342.43	391.41	317.97		458.45	588.50	585.18	
Significant	S		NS				NS		
effects[1)]	F		*				**		
	S×F		*				*		
	V		NS				*		

Note. Symbols are the same as those shown in Table 1.
1) (S×V), (F×V) and (S×F×V) were not significant.

これに対して塊茎重および全重は遮光区で著しく小さく，特に標肥，倍肥区では遮光区の塊茎重は無遮光区の50%であった。しかし，処理の影響は品種によって異なる傾向が認められ，北海61号では他の2品種に比べ遮光の影響が小さかった。

2. 生長パラメータへの影響

開花後1カ月間の生長パラメーターを第3表に示した。まず無遮光区について施肥水準の影響をみる。個体群生長速度 (CGR) と葉面積指数 (LAI) は，施肥水準が高まると大なり，特に半肥区から標肥区への増加が著しい。また単位根重当乾物増加速度 (E_R) は施肥により大となる傾向を示した。しかし，純同化率 (NAR) と葉面積に対する根重の割合 (R/LA) は施肥水準が高まると低下した。

つぎに遮光の影響をみると，LAIは遮光区の方が大きいが，他のパラメーターは全て遮光区で小さく，CGRは無遮光区より30%，またNARは44%低下した。そして遮光による影響の程度は品種により異なり，CGRとNARが農林1号ではそれぞれ36%，53%と大きく低下したのに比べ，北海61号では14%，30%の低下にとどまった。

3. 塊茎収量への影響

塊茎乾物収量を第4表に示した。無遮光区における8月12日から収穫期までの塊茎増加量は，半肥，標肥，倍肥区でそれぞれ85，157，533 g/m^2であり，倍肥区での増加が著しい。そして最終収量は半肥区に比べ標肥区で1.5倍，また倍肥区で2.1倍の多収を示した。

遮光区における処理終了後の8月9日から収穫期まで

Table 3. *Effects of treatments on growth parameters for about one month after initial flowering*

Parameter[1]	Variety	Unshaded plots				Shaded plots				Significant effects[2]		
		Levels of fertilizer			Mean	Levels of fertilizer			Mean			
		1/2	1	2		1/2	1	2		S	F	V
CGR	D	9.42	19.31	21.30	16.68	9.73	13.95	9.83	11.17			
($g/m^2/day$)	N	13.44	22.23	25.03	20.23	10.21	12.31	16.19	12.90	NH	**	**
	H	15.06	20.00	22.51	19.19	12.13	16.70	20.80	16.54			
	Mean	12.64	20.51	22.95		10.69	14.32	15.61				
LAI	D	0.42	1.83	2.52	1.59	1.32	2.49	2.56	2.12			
	N	1.26	2.20	2.95	2.14	1.59	2.68	3.19	2.49	NS	**	**
	H	1.17	2.20	2.41	1.93	1.60	2.61	3.14	2.45			
	Mean	0.95	2.08	2.63		1.50	2.59	2.96				
NAR	D	28.93	10.56	8.44	15.97	7.43	5.72	3.84	5.66			
($g^2/m/day$)	N	10.66	10.16	8.48	9.77	6.40	4.75	5.06	5.40	NS	NS	NS
	H	12.75	9.05	9.30	10.37	7.53	6.34	6.67	6.85			
	Mean	17.45	9.92	8.74		7.12	5.60	5.19				
E_R	D	1.31	2.40	2.48	2.06	1.52	1.55	1.24	1.44			
($g/m^2/day$)	N	1.46	1.91	1.96	1.78	1.21	1.16	1.39	1.25	NS	NS	**
	H	2.32	2.81	3.35	2.83	1.83	2.43	2.91	2.39			
	Mean	1.70	2.37	2.60		1.52	1.71	1.85				
R/LA	D	20.80	4.40	3.43	9.54	4.97	3.66	3.09	3.91			
(g/m^2)	N	7.31	5.33	4.37	5.67	5.30	4.11	3.72	4.38	NS	*	NS
	H	5.48	3.54	2.77	3.93	4.10	2.92	2.29	3.10			
	Mean	11.20	4.42	3.52		4.79	3.56	3.03				

Note. 1) CGR: Crop growth rate, LAI: Leaf area index, NAR: Net assimilation rate, E_R: Efficiency of roots, R/LA: Root dry weight/LAI.
2) Interactions are not significant.
Other simbols are the same as those shown in Table 1.

Table 4. Responses of dry tuber yield (g/m_2) to treatments

Variety	Unshaded plots				Shaded plots				Significant effects[1]					
	Levels of fertilizer			Mean	Levels of fertilizer			Mean	S	F	S×F	V	S×V	F×V
	1/2	1	2		1/2	1	2							
D	469.91	717.58	925.55	704.35	492.65	657.24	635.51	595.13						
N	565.09	781.02	1289.47	878.53	611.28	853.79	1073.74	846.27	NS	**	NS	**	NS	**
H	603.01	903.23	1192.16	899.47	654.99	902.89	1189.80	915.89						
Mean	546.00	800.61	1135.73		586.31	804.64	966.35							

Note. 1) (S×F×V) was not significant. Other symbols are the same as those shown in Table 1.

の塊茎増加量は，半肥，標肥，倍肥区でそれぞれ244，413，648 g/m² である。前述の無遮光区の塊茎増加量と比較すると，半肥区および標肥区では遮光区の方が著しく大きい。この結果，最終収量は倍肥区でのみ遮光による減収が認められた。また減収程度は品種により異なり，農林1号と男爵薯で著しかった。

考　察

バレイショの地上部および塊茎生長に及ぼす施肥水準と遮光処理の影響については，DYSON と WATSON[3]，HARRIS[5] および SALE[10,11] らが詳述しており，ここではこれまで明らかでなかった根系に及ぼす影響について考察を加える。

1. 施肥水準の影響

施肥水準が高まると LAI は著しく増大したのに対し，根重の施肥による増加程度は小さかった。CLUTTERBUCK と SYMPSON[2] は窒素施用量が増すと根重が増加すると報告した。しかし，根重の増加は無施肥区と施肥区との間では認められたものの，10～30 kg/10 a の施肥水準間の根重の差異は小さく，当実験の結果と一致した。また WELBANK ら[13] は麦類で，地上部重に比べ根重の施肥反応が小さいことを明らかにした。これに対して，LESCZYNSKI と TANNER[9] は灌漑間隔と養分との実験で，窒素施用量 26 kg/10 a の区に比し 20 kg 区の根重が著しく大となることを示した。しかし LESCZNSYKY らの示した根重の差異は施肥の影響ではなく，灌漑間隔の差異によるものと推察される。以上より，バレイショ根重の施肥水準に対する反応は LAI の反応に比べ小さいといえる。

ところで，CGR は LAI と密接に関係し (Fig. 1)，施肥水準が高まると著しく増大した。言うまでもなく同化物は葉で生産されるが，これには養水分が不可欠であり，従って単位根重当乾物増加速度 (E_R) は根系の養水分吸収能力を示す指標の一つと考えられる。本実験では E_R は多肥区で大となった。さらに体内窒素含有率が多肥区で大となることが知られており[2,3,5]，根重当りの養分吸収速度は施肥により増加するものと推察される。李と太田[8] は水稲根の α-NA 酸化率が無窒素区に比べ窒素施与区で高まることを認め，根系の養分吸収速度が施肥により高まることを示唆した。以上のことから，根系は養分吸収効率を高めることにより多肥に伴なう LAI および CGR の増加を支えているものと思われる。

2. 遮光の影響

根重の増加は遮光により抑制される傾向が認められた。しかし，塊茎あるいは全重の増加が遮光により著しく低下したのに比べ，根重増加の抑制程度は小さい。WELBANK ら[13] は小麦の根が急速に生長する時期の遮光により根重増加が著しく抑制されたと報告している。バレイショの根重増加は開花後少なくなる[6,7] ので，本実験で根重の処理間差異が小さかったのは遮光が開花後に行なわれたためと推察される。一方，LAI は遮光区

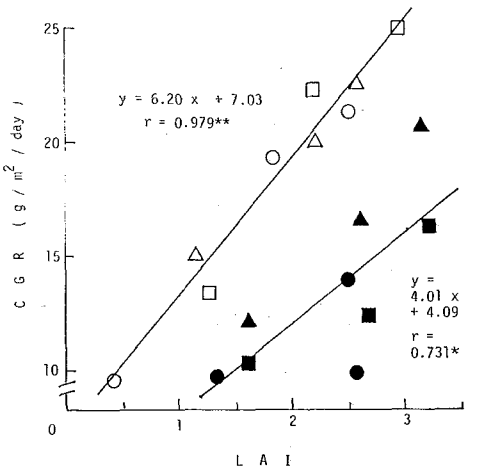

Fig. 1. Relationship between LAI and CGR for one month after initial flowering.

Note. Open and closed symbols show unshaded and shaded plots, respectively. Variety: ○; Danshakuimo, □; Norin No. 1, △; Hokkai No. 61.

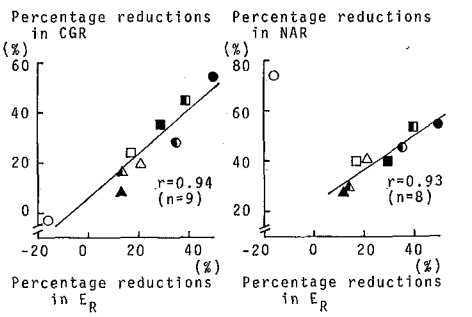

Fig. 2. Relationships between percentage reductions of E_R and CGR (left fig.), and between percentage reductions of E_R and NAR (right fig.) by shade treatment compared with unshaded controls.

Note. Variety: ○; Danshakuimo, □; Norin No. 1, △; Hokkai No. 61. Half closed, open and closed symbols show standard, half and double levels of fertilizer applications, respectively.

で大となった。これは，SALE[11] の結果と同様に，葉への乾物分配率（無遮光区 1.39%，遮光区 5.34%）と比葉面積（無遮光区 270 cm^2/g，遮光区 366 cm^2/g）の増加による。このように遮光により LAI は大きくなるのに対し，根重は小さくなる傾向を示し，根と葉では遮光の影響が異なるといえる。

つぎに E_R をみると，遮光により E_R は大きく低下した。CGR も NAR の著しい低下のため遮光区で小となった。そこで，E_R の遮光による減少率(%)，(無遮光区－遮光区)÷無遮光区，と NAR および CGR の減少率との関係をみると (Fig. 2)，それぞれ高い正の相関関係が認められ，E_R の低下が NAR および CGR の低下と密接に関係することがわかる。なお，半肥区の男爵薯における NAR の減少率が著しく大となり他の区と傾向を異にしたのは，無遮光区の葉の枯れあがりによるものといえる。以上のように，遮光は根系の養分吸収効率も低下させ，これは NAR および CGR の遮光による減少と密接に関係するものと推察される。

さらに興味ある点は，遮光の影響に品種間差異が認められたことである。Fig. 1 で遮光区における CGR と LAI の関係をみると，北海 61 号は他の 2 品種に比べ LAI に対する CGR の割合が遮光区で高く，遮光による NAR の低下の小さいことがわかる。Table 3 に示した遮光区と無遮光区をこみにした分散分析では NAR に有意な品種間差異が認められなかったが，遮光区のみの分散分析では有意な差異が認められた。また，Table 3 で明らかなように，北海 61 号は遮光区での E_R が他の 2 品種に比べ大きい。ここで，TARILA ら[12] はカウピーの子実収量の日射量に対する反応に品種間差異を認め，これがリン酸の吸収利用効率と関係すると報告している。また，BALIGAR と BARBER[1] は米国南部フロリダと北部インディアナで育成されたトウモロコシ自殖系統間に根の養分吸収効率の差異を認めた。このように，バレイショの遮光による生長抑制程度は品種・系統間で異なり，これには根系の養分吸収効率の差異も関係しているものと推察される。

以上本実験の結果より，根と葉では施肥水準および遮光処理に対する反応が異なり，また遮光の影響は品種によっても異なるものと推察される。

摘　要

バレイショ根系の施肥水準および遮光処理に対する反応を明らかにするため，主試験区として遮光区（開花後 23 日間 45% の遮光）と無遮光区，また副試験区として 3 施肥水準を設け，3 品種を供試して実験を行ない，遮光処理前の開花始と処理終了直後の計 2 回，掘取り調査した。

〔施肥水準の影響〕

1. 施肥水準が高まると LAI は著しく増大したのに対し，根乾物重の施肥による増加程度は小さかった。

2. 開花後 1 カ月間の個体群生長速度 (CGR) は LAI と密接に関係し，施肥により増加した。単位根乾物重当乾物増加速度 (E_R) も施肥により高まることから，根系は養分吸収効率を高めることにより多肥に伴なう LAI および CGR の増加を支えているものと推察された。

〔遮光の影響〕

3. LAI は無遮光区に比べ遮光区で大きいのに対し，根乾物重は遮光区で小さい傾向が認められた。

4. CGR は NAR の低下により遮光区で小さく，また E_R も遮光により低下した。E_R の遮光による減少率と CGR および NAR の減少率との間には高い正の相関関係が認められた。これより，遮光は根系の養分吸収効率を低下させ，これは NAR および CGR の減少と密接に関係するものと推察された。

5. 遮光の影響に品種間差異が認められ，北海 61 号は農林 1 号および男爵薯に比べ遮光による NAR および E_R の低下が少なく，遮光下でも CGR が高く維持された。

謝　辞

実験遂行にあたり多大な御援助をいただいた北海道農業試験場作物第 1 部畑作物第 2 研究室の入倉幸雄博士・奥山善直氏はじめ研究室員の方々，また北海道大学農学部食用作物学教室の由田宏一氏に厚くお礼申しあげます。さらに，本実験は日沖憲治君，磯田昭弘君の卒論実験とともに行なわれ，両君の援助に負うところが大きい。ここに深謝致します。

引用文献

1. BALIGAR, V. C. and BARBER, S. A.: Genotypic differences of corn for ion uptake, *Agron. J.*, **71**: 870-873. 1979
2. CLUTTERBUCK, B. J. and SIMPSON, K.: The interactions of water and fertilizer nitrogen in effects on growth pattern and yield of potatoes, *J. agric. Sci.*, Camb., **91**: 161-172. 1978
3. DYSON, W. and WATSON, D. J.: An analysis of the effects of nutrient supply on the growth of the potato crops, *Ann. appl. Biol.*, **69**: 47-63. 1971

4. GREGORY, P. J., CRAWFORD, D. V. and MCGOWAN, M.: Nutrient relations on winter wheat. 2. Movement of nutrients to the root and their uptake, *J. agric. Sci.*, Camb., **93**: 495-504. 1979
5. HARRIS, P. M.: 5. Mineral nutrition, In the Potato Crop (Ed) HARRIS, P. M., Chapmann and Hall, London, 195-243. 1978
6. 岩間和人・中世古公男・後藤寛治・西部幸男・梅村芳樹：バレイショ根系の品種間差異と地上部の生育および塊茎収量との関係，日作紀，**48**: 403-408. 1979
7. 岩間和人・中世古公男・後藤寛治・西部幸男：バレイショ根系の地域間差異，日作紀，**49**: 495-501. 1980
8. 李 鐘薫・太田保夫：水稲の地上部形質におよぼす根の役割に関する研究，第4報．窒素の欠除および株内根域環境のちがいが根と地上部におよぼす影響，日作紀，**39**: 505-510. 1970
9. LESCZYNSKI, D. B. and TANNER, C. B.: Seasonal variation of root distribution of irrigated, field grown Russet Burbank potatoes, *Amer. Potato J.*, **53**: 69-78. 1976
10. SALE, P. J. M.: Productivity of vegetable crops in a region of high solar input, II. Yield and efficiencies of water and energy, *Aust. J. agric. Res.*, **24**: 751-762. 1973
11. SALE, P. J. M.: Effect of shading at different times on the growth and yield on the potato, *Aust. J. agric. Res.* **27**: 557-566. 1976
12. TARILA, A. G. I., ORMROD, D. P. and ADEDIPE, N. O.: Effects of phosphorus nutrition and light intensity on growth and development of the cowpea (*Vigna unguiculata* L.), *Ann. Bot.* **41**: 75-83. 1977
13. WELBANK, P. J., GIBB, M. J., TAYLOR, P. J. and WILLIAMS, E. D.: Root growth of cereal crops, Rothamsted Experimental Station Report for 1973, part 2: 26-65. 1973

Summary

The effects of levels of fertilizer and shading on root growth were studied in field-grown potatoes. In 1979 a split-split plot design of experiment (2×3×3) with two replications was settled as main plot, shading treatment (unshading and shading from 14 July to 6 August by 45% reduction on full sunlight), as sub-plot, 3 levels of fertilizer (1/2, 1 and 2, here the standard application was 12, 18, 12 kg/10 a for N, P, K, respectively) and as sub-sub-plot, 3 varieties, Danshakuimo, Norin No. 1 and Hokkai No. 61, respectively. The first sampling was done on 12 July (the initial flowering stage) only at unshading plots. The second sampling was on 12 August at unshading plots and on 9 August at shading plots.

Nutrient levels had less effects on root growth compared with leaf growth, which was extreamly large at the plots of higher nutrient levels after the first sampling (Table 1). Higher nutrient applications also enhanced tuber and total plant growth after the first sampling (Table 2).

Crop growth rate (CGR) for about one month after initial flowering was higher at the plots of higher nutrient levels and correlated with leaf area index (LAI) significantly (Fig. 1). Though root dry weight (DW) was little affected by fertilizer treatments, rate of dry matter production per unit root DW (E_R) became larger at higher nutrient plots (Table 3). This suggests that efficiency of nutrient uptake in root increases with higher nutrient levels.

Shading plots tended to have smaller root DW at shading plots. But differences between treatments in root DW and LAI were relatively small compared with large differences in tuber and total DW (Tables 1 and 2). Shading had large effects also on CGR, NAR and E_R (Table 3). Reductions (%) of E_R by shading treatment, namely, (Unshading plots - Shading plots)/Unshading plots, were highly correlated with reductions (%) of NAR and CGR (Fig. 2). This suggests that efficiency of nutrient uptake in root would be affected by shading, like as NAR.

Further, varietal differences in NAR and E_R in terms of the response to shading were also indicated. Hokkai No. 61 (highly yielding line of late maturity) showed less reductions in NAR and E_R by shading treatment compared with Norin No. 1 (main late cultivar) and Danshakuimo (main early cultivar).