

光合成作用と呼吸作用からみた馬鈴薯の乾物生産

津野幸人*

昭和51年7月7日受付

Dry Matter Production of Potato Plants with Special Reference to Photosynthesis and Respiration

Yukindo TSUNO*

These studies were carried out in order to investigate the characteristics of dry matter production of the potato, in the form of potted plants of two varieties grown from March to July. The net photosynthesis and respiration were measured by the assimilation-chamber-method. The amount of net CO₂ assimilation per day was calculated using the estimate of diurnal photosynthesis and the nocturnal respiration amounts.

Both values, the actual and the calculated values of the increment in dry weight during the investigation period, probably coincided during the main growth stages, excepting the early stages. It might be concluded that the dry matter production of potatoes during their vigorous growing stage has been supported by a high-net-assimilation-rate of about 100g/m²/week, the same values under field conditions being obtained by other researchers in Japan.

The high net assimilation rate of potatoes was due to the length of the day, about 14 hrs, and the low consumption ratio of photosynthates of between 10-15 %, resulted from the low night temperatures during this period.

緒 言

馬鈴薯は比較的短い期間に多量の乾物生産をおこなう特性をもっている。わが国における馬鈴薯の乾物生産に関する成績^{1~3)}を検討すると、葉面積指数は他のイネ科作物に比して低い値をとっていることがわかる。それ故に多くの乾物生産をあげるためには純同化率が高く維持されていなければならない。また、純同化率の中心部分を構成する光合成速度にしても、他作物に比して決して高い値ではないことは別報⁶⁾で指摘したとおりである。馬鈴薯の乾物生産をになう純同化率の高さの原因を、その光合成作用と呼吸作用から解析する目的で以下に述べる実験を行なった。

作物の光合成作用を問題とする場合には、最終的には圃場における乾物生産をとりあげなければならぬことはもちろんである。しかし、光合成量および呼吸量を測定して、その差と乾物生産量との一致を期待するには、現在のところ同化箱法による圃場での群落光合成測定に難点があるので、正確な測定値を得ることがむづかしい。そこで、比較的測定法に難点の少ない個体光合成をとりあげ、植木鉢栽培の馬鈴薯の乾物生産を解析することにした。実験は1965年農林省農業技術研究所生理第2科(埼玉県北本市)で実施されたものである。

材料および方法

馬鈴薯品種、男爵薯および農林1号を実験材料とした。

* 鳥取大学農学部砂丘利用研究施設 乾地生態部門
Sand Dune Research Institute, Faculty of Agriculture, Tottori University

種いもは3月16日にウスブルン消毒を行なったのち、頂芽のみをえらんでペーパー・ポットに植えて、それを苗床に伏込んだ。被覆を行なわないままで3月30日まで地温のみをあげるために電熱線で加温し、3月31日からは電熱を切ってビニール障子をかけた。この操作で萌芽はきわめて齊一となった。4月22日に生育の揃ったものを径24cmの植木鉢に定植した。鉢には肥沃な土を詰め基肥として化学肥料(3-10-10)を施し、5月29日に硫酸5gを追肥した。これらについて乾物重調査用として毎回20鉢あて採取した。この20鉢のうちには、いずれの回とも個体光合成測定株が8-10個体含まれるよう配慮した。

個体光合成測定は別表⁵⁾のごとく同化箱法でおこなった。呼吸作用の測定は乾物重測定の方法を抜き取り、直ちに株を葉身、茎(葉柄を含む)、根、塊茎、種いもに分解し、それぞれを呼吸測定箱に入れて通気し、発生するCO₂量を赤外線炭酸ガス分析計で測定した。呼吸測定箱は長さ60cm、径20cmの硬質塩化ビニール管で、その両端を閉じたものを水平に置いたものである。この中に測定材料を金網に乗せて入れ、空気を一方より送り、他端より排気した。なお小型ファンで箱内の空気をゆるやかに攪拌した。

実験結果および考察

上述のような栽培法をとった結果、両品種とも生育は

均一であり、かつ実際圃場と大差のない生育量を示した。両品種の各時期における乾物重は第1表のとおりである。乾物増加曲線はスムーズな形状を示し(図省略)、6月23日までは両品種の全乾物重には大きな差はない。塊茎重においては早生種の男爵薯の方が初期から6月23日まででは重いが、以後、農林1号がそれを凌駕し、最終的には農林1号が男爵薯よりも36%重くなった。葉重の最大期は農林1号で6月23日、男爵薯で6月14日であり、前者が約10%重い。しかし、この差は6月14日以降に生じたものであって、それまでの葉重増加経過は両品種ともほぼ同様であった。

個体純光合成速度(光飽和値)の生育にともなう変化を第1図に示した。個体光合成は5月では男爵薯の方が農林1号よりもやや高いが、6月上旬で両者はほとんど一致し、さらに、6月中旬となると男爵薯は低下し、農林1号は下旬まで増加をつづけ、7月に入ってから急速に低下するといった経過をたどる。とくに大きな差異が認められるのは生育後期であって、両品種の早晚性とよく合致している。農林1号が晩生であり、6月下旬から7月上旬にかけて塊茎重の増加が大きいのは、同時期の光合成能力の大きさに依存していると考えられる。

個体光合成は葉面積と単位葉面積当たりの平均光合成速度に分解される。そこで両者の生育にともなう変化を検討してみよう。まず、第2図で平均光合成速度の変化をみる。5月では男爵薯の光合成速度が高く、最高値は

Table 1 Dry weight of each part of potato plant (g/plant)

Var.	Part	May 10	May 25	June 3	June 14	June 23	July 7	July 15
Nōrin No. 1	Leaf	0.638	3.500	3.360	7.265	7.825	6.425	4.955
	Stem+Petiole	0.600	2.740	4.185	7.870	9.110	10.150	9.270
	Root	0.579	1.525	1.530	2.715	1.800	2.025	1.772
	Tuber	0.010	1.475	4.610	14.08	30.15	50.24	59.75
	Mother tuber	3.680	2.25	2.040	1.46	1.27	1.00	—
	Dead part	—	—	0.120	0.32	0.63	1.425	2.135
	Total	5.503	11.490	15.845	33.72	50.785	71.265	77.882
Danshakuimo	Part	May 10	May 25	June 13	June 14	June 23	July 1	
	Leaf	0.674	3.325	3.640	7.145	5.860	5.815	
	Stem+Petiole	0.595	2.100	2.265	4.250	4.250	4.445	
	Root	0.447	0.805	0.990	1.680	0.960	1.178	
	Tuber	0.032	3.885	8.080	21.75	36.50	43.89	
	Mother tuber	3.460	2.155	2.300	1.807	1.21	1.240	
	Dead part	—	—	0.170	0.850	2.05	2.525	
Total	5.280	12.27	17.445	37.484	50.830	59.093		

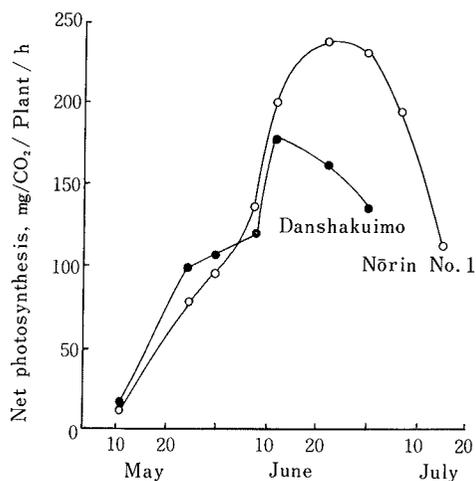


Fig. 1 The changes of net photosynthesis per plant with progress of time.

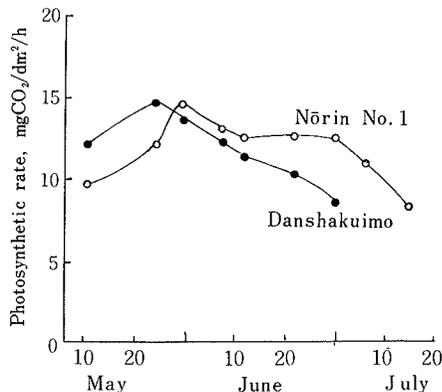


Fig. 2 The changes of net photosynthetic rate per unit leaf area with progress of time.

15mg CO₂/dm²/hrである。以後、7月初旬にかけて漸減していく。他方、農林1号のそれは5月では男爵薯より低い値であるが6月初めに最高値に達し、6月中はほとんど横ばい状態で経過し、7月に入ってから急速に低下するといった経過を示している。とくに、生育後半において両品種に顕著な差異のあることが注目される。個体光合成は葉身の光合成を打消す要因として、非光合成器官の呼吸量が含まれているので、非光合成器官の呼吸が多い時期では葉身のみの光合成測定値よりはかなり低く出ることが考えられる。個体光合成量をその個体の葉面積で除して得られた平均光合成速度は、当然、葉身のみの値よりは低い値となっている。とくに生育初期では茎の呼吸量が多いため個体の平均光合成速度が個葉の場合よりも相当低い値とみななければならぬ。このことを考慮しても、乾物生産の主要な期間は平均光合成速度10—15mgCO₂/dm²/hrの範囲で経過し、さして高い光合成速度とは考えられない。

個体当たり葉面積の変化は第3図に示したとおりである。両品種の葉面積の推移は葉重のそれとほとんど一致し、6月10日まではほとんど差はないが、6月中旬以後において男爵薯では増加が停止し、むしろ漸減している。農林1号では6月下旬にピークを示したのち急激に葉面積が低下している。乾物調査に正確を期すために、葉の枯れ上がりが激しくなる直前までしか葉重を調査していないが、両品種とも最終回調査直後、一せいに葉が枯れ上がってしまったことを附記しておきたい。

さて、以上で個体光合成に関連する要因の検討が終つ

たので、次には個体呼吸に関連する事項をとりあげることとする。乾物調査毎に測定した各部位の呼吸速度を第2表にかかげた。なお、すべての測定値は各部位のQ₁₀(温度係数)にしたがって25.0℃での値に補正してある。

まず、葉身の呼吸速度(乾物重当たり)をみると両品種とも生育初期では9mg CO₂/g/hr台であるが、生育後期では3—4mgCO₂/g/hrまで低下した。茎(葉柄を含む)においても葉身と同様な傾向であるが、速度の絶対値は茎の方が低い。また、二品種の間では地上部の呼吸速度は6月以降、農林1号の方が高い値で推移した。

塊茎と根との呼吸速度を比較すると興味深い事実が指摘できる。すなわち、第2表で5月10日のtuberはいわゆるStolonの状態であって、これと根とを比較するとStolonの方が呼吸速度が大である。ところが塊茎が肥大すると急速に呼吸速度は低下し、根のそれよりもはるかに低い値となる。根の呼吸速度は5月上旬から下旬にかけて急落したのち、以後生育後期にかけて漸減してゆく。種いもの呼吸速度は初回調査時から6月23日までほぼ一定値で推移するのが特徴的である。なお、葉身の呼吸速度と光合成速度とは正の相関を持つ⁶⁾ことを明らかにしたが、第2表から計算すると両者の比率は1(呼吸25℃, 葉面積当たり):7(光合成, 光飽和値)前後で広い範囲に成立していることがわかった。

第2表に示した各部位の呼吸速度にそれぞれの部位の乾物重を乗じて、部位別呼吸量とし、さらにその総和を個体呼吸量としてとり扱うことにした。このような操作でintactの状態の呼吸を損なうのではないかという懸念

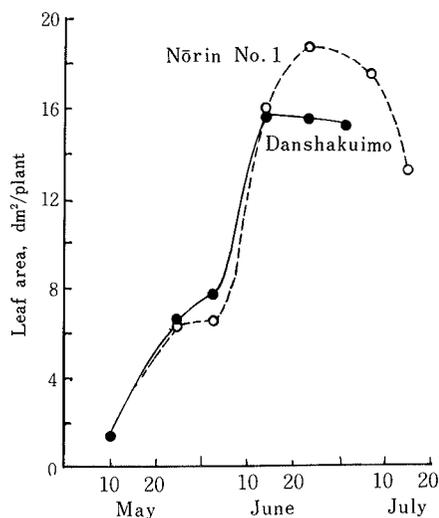


Fig. 3 The changes of leaf area per plant with progress of time.

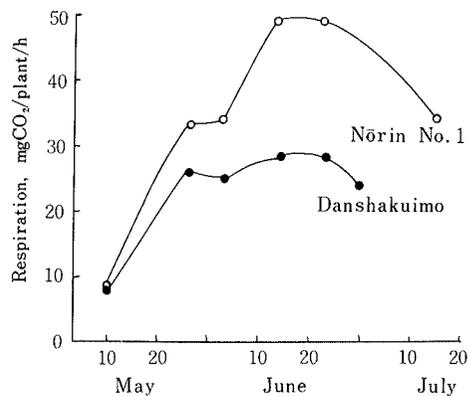


Fig. 4 The changes of respiration per plant at 25°C with progress of time.

Table 2 Respiratory rate (mgCO₂/g dry-wt./h) at 25°C of each part of plant

Var.	Part	May 10	May 25	June 3	June 14	June 23	July 1	July 12
Danshakuimo	Leaf	9.20	8.15	4.98	3.62	3.44	3.01	—
	Stem+Petiole	7.60	4.89	2.51	1.64	1.75	1.145	—
	Root	8.90	5.31	3.09	2.40	2.73	2.18	—
	Tuber	9.92	1.52	1.46	0.208	0.169	0.089	—
	Mother tuber	0.56	0.45	0.302	0.327	0.410	0.0316	—
Nōrin No. 1	Leaf	9.30	9.03	7.24	4.72	3.89	—	3.75
	Stem+Petiole	8.30	4.69	3.31	2.92	2.24	—	1.17
	Root	10.00	5.31	3.73	3.11	2.92	—	2.47
	Tuber	13.34	2.58	1.52	0.395	0.230	—	0.0767
	Mother tuber	0.58	0.85	0.525	0.531	0.595	—	—

Table 3 Comparison with amount of intact plant-respiration and total amount of each part-respiration for potato plant

Part	Amount of respiration at 30 °C		Dry weight (g)	Respiratory rate (mgCO ₂ /g/hr)	Coefficient of temperature (Q ₁₀)
	Actual (mgCO ₂ /hr)	Relative (%)			
Intact plant	183.8	105.7	62.5	2.94	—
Leaf	89.4	51.4	21.2	4.22	1.79
Stem+Petiole	49.7	28.6	14.6	3.40	1.87
Root**+Tuber**	34.8	20.0	26.7	0.75	** 1.82 , ** 2.15
Total	173.9	100.0	62.5	2.78	—

Note. Var. Danshakuimo, Measuring date; June 29.

が生じる。そこで、まず intact の状態で個体呼吸を測定しておき、直ちにその個体を葉、莖（葉柄を含む）および地下部（塊茎+根）に分解し、既述の手続きで各部位の呼吸を測定した。その結果は第3表に示された如く、各部位呼吸の合計値を100とすれば intact の状態での呼吸は105.7であり、おおむね等しい値を得た。そこで、各部位の呼吸量の合計値を個体呼吸量とみなした。

各調査時期における個体呼吸量と各部位の呼吸量、ならびに個体呼吸量のうちで占める各部位呼吸の比率は第4表のとおりである。同表の内容を明瞭にとらえるために第4図および第5図を作成した。まず、個体呼吸量を第4図でみれば、5月10日は両品種とも等しい値であるが、6月23日以後いづれの調査時においても農林1号の呼吸量が男爵薯よりも格段に多い。両品種とも個体呼吸量は6月中旬にピークを示したのち6月下旬以後に低下するが、これは主として地上部呼吸量の減少に起因するものであることが第4表より指摘できる。

各部位呼吸量の個体呼吸量に占める比率の推移を第5図でみれば、男爵薯では5月10日で葉身呼吸量比率が37%であるが、生育がすすむにつれてその値は増加し、最

終調査時には60%近くに達している。この傾向は農林1号でもうかがえる（第4表）。莖、葉柄の呼吸量比率は男爵薯では全期間を通じて20%前後であり、農林1号では20~30%であって、やや後者の方が高い比率である。著者らはすでに甘藷について第5図と同様の調査をおこなっている。⁴⁾それによれば、甘藷葉身部呼吸量の全個体呼吸に占める比率は約50%前後であって、全生育期を通じて変動は少なく、ただ塊根呼吸量比率のみが生育後期にかけて増加するといった傾向である。馬鈴薯の塊茎呼吸比率は6月3日の調査時に大となるが、生育後期では12~13%程度であって、甘藷の場合の30~40%よりははるかに低い値であった。第4表からわかるとおり、馬鈴薯においては光合成産物の消費の主体は地上部であって、その値は両品種をこみにして生育初期で60%、後期では80%にも達する。この点からして馬鈴薯の過剰生育は受光能率の低下によって純同化率を引き下げざるばかりではなく夜間の呼吸消費を増大する方向からも純同化率に不利に作用する。

上述のごとき事項を検討した結果、馬鈴薯の個体光合成とその構成因子（葉面積、平均光合成速度）さらに個

Table 4 Amount of respiration (g CO₂/part/day) of each part of plant and ratio of part's amount to total amount

Var.	Part	May 10	May 25	June 3	June 14	June 23	July 1	July 12		
Danshakuimo	Actual value	Leaf	6.20	27.10	18.13	25.86	20.16	17.50		
		Stem + Petiole	4.52	10.27	5.69	6.97	7.44	5.09		
		Root	3.98	4.27	3.06	4.04	2.62	2.57		
		Tuber	0.32	5.91	11.80	4.52	6.17	3.91		
		Mother tuber	1.94	0.97	0.69	0.59	0.50	0.39		
		Total	16.96	48.52	39.37	41.98	36.89	29.46		
	Ratio (%)	Leaf	36.66	55.9	46.1	61.6	54.6	59.4		
		Stem + Petiole	26.77	21.2	14.5	16.6	20.2	17.3		
		Root	23.55	8.80	7.8	9.6	7.1	8.7		
		Tuber	1.9	12.2	29.9	10.8	16.7	13.3		
		Mother tuber	11.4	2.0	1.8	1.4	1.4	1.3		
		Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0		
	Nōrin No. 1	Actual value	Leaf	5.93	31.61	24.33	34.29	30.44		18.58
			Stem + Petiole	4.98	12.86	13.85	22.98	20.41		10.85
Root			5.75	8.10	5.71	8.44	5.26		4.38	
Tuber			0.13	3.81	7.01	5.56	6.93		4.58	
Mother tuber			2.13	1.91	1.07	0.78	0.76		—	
Total			18.92	58.28	51.97	72.05	63.80		38.39	
Ratio (%)		Leaf	31.3	54.2	46.8	47.6	47.7		48.4	
		Stem + Petiole	26.3	22.0	26.6	31.9	32.0		28.3	
		Root	30.4	13.9	11.0	11.7	8.2		11.4	
		Tuber	0.7	6.5	13.5	7.7	10.9		11.9	
		Mother tuber	11.3	3.3	2.1	1.1	1.2		—	
		Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0		100.0	

Note. 1) Respiratory rate adjusted to mean night temperature at each time.

2) Length of night time used in calculation estimates as 10 hr at May and as 9.5 hr at June and July.

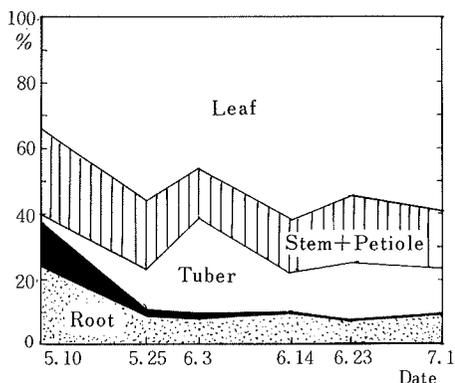


Fig. 5 Percentages of each part respiration to total (whole plant) respiration for var. Danshakuimo at various times.

Note. Black part shows mother tuber.

体呼吸量ならびにその内訳が明らかになった。ここで、
乾物生産量 = (昼間光合成量) - (夜間呼吸量) の式に従って、
乾物生産量を算出した。ただし、計算の前提として次の条件を設定した。

- a. 個体光合成速度は光飽和値を使う。
- b. 昼間の光合成時間を各時間とも12時間とする。したがって、
昼間光合成量 = 個体光合成速度 × 12
- c. 夜温は各期間の平均夜温を用い、呼吸速度は各部位の Q_{10} でその温度に補正する。
- d. 夜の長さ (呼吸時間) は5月中は10時間とし、6月
は9.5時間とする。
- e. 無機養分吸収による乾物増加は無視するが、 CO_2

量から乾物への換算係数を0.68とする。

以上の前提をふまえて毎日の昼間光合成量 (Pd) と夜間呼吸量 (Rn) を算出し、その差に0.68をかけて乾物量に換算した。計算結果は第5表のとおりである。

第5表中Aは計算による乾物増加量、Bは実測乾物増加量である。6月4日までは調査期間内の乾物増加量が7g以下であり、測定誤差の影響を大きく受けるおそれがあるので、6月4日以後の数値を問題としたい。まず、計算値で実測値を除いた値 (B/A, %) をみると、2品種ともに6月4日から14日までの値は実測値が計算値を30%以上、上廻っている。これを除くと計算値と理論値はかなり接近しており、上記前提のごときラフな条件設定でも光合成量、呼吸量から乾物生産量がほぼ推定できた。6月4日-14日間における推定誤差が大である原因については、二つの事項が調査の反省として考えられる。その一つは前回調査 (5月26日-6月3日) の乾物重が偏っていたこと、他の一つは同時期の日射が多いので、推定した光合成量よりもさらに実際の光合成量が多かった、ということである。しかしながらこの種の計算としては理論値と実測値がかなりうまく合致したと判断できるのではなかろうか。

つぎに第5表で純同化率を検討すると実測値において最高116.5g/m²/weekの値が認められ、計算値においては112.6g/m²/weekが最高で、乾物増加量の大である時期で87.6g/m²/weekがみられる。つぎに昼間光合成量のうちどれだけが夜間の呼吸で消費されたかということを示す Rn/Pd は、生育初期に高く、中期以後は低い値をとる。とくに男爵薯の後期における呼吸消耗率

Table 5 Comparison with the calculated value and actual value in dry matter production and its concerning factors

Var.	Period (Date)	Solar radiation (cal/cm ² /day)	Increment of dry wt.		(B)/(A) (%)	NAR		Rn/Pd (%)
			(A), (g)	(B), (g)		Calculation	Actual	
Danshakuimo	5.10 - 5.25	5 1 7	7.71	6.99	90.7	112.6	101.8	19.2
	5.26 - 6.3	3 3 4	7.77	5.18	66.7	83.6	55.7	16.2
	6.4 - 6.14	4 5 8	14.81	20.39	137.7	85.8	117.7	11.5
	6.15 - 6.23	3 6 6	13.29	13.35	105.5	66.0	66.4	11.3
	6.24 - 7.1	4 9 3	10.23	8.26	80.7	58.1	46.9	12.0
	Total		53.81	54.17	(100.7)			
Nörin No. 1	5.10 - 5.25	5 1 7	4.06	5.99	147.5	63.0	93.2	38.6
	5.26 - 6.3	3 3 4	6.45	4.35	67.4	77.3	52.1	23.0
	6.4 - 6.14	4 5 8	14.17	18.87	133.2	87.6	116.5	17.8
	6.15 - 6.23	3 6 6	17.60	17.08	97.0	78.5	76.1	13.9
	6.24 - 7.7	3 9 0	25.66	20.45	79.7	75.8	56.3	12.4
	7.8 - 7.15	4 6 9	7.83	6.62	84.6	50.5	37.4	18.4
	Total		75.77	73.36	(96.8)			

Note. A: Calculated value. B: Actual Value. NAR: Net assimilation rate (g/m²/week).

Rn: Amount of respiration during night time. Pd: Amount of photosynthesis during day time.

(Rn/Pd)は11%程度であり、他作物には例をみないほど低い値である。また農林1号においては、生育初期にRn/Pdが高く、それが一旦12%台まで低下したのち、最終調査期間で再び18.4%と増大している。これは同時期の平均夜温が高くなったため、夜間呼吸量が増加したことに起因している。馬鈴薯にとって高夜温の時期に栽培されることは、日中の高温による光合成の低下と、呼吸消費率の増大という二重の悪条件におかれることになるのである。

論 議

馬鈴薯の乾物生産について生長解析の手法を適用して研究した事例は栗原ら²⁾ 串崎ら¹⁾ 田口ら³⁾ によって報告されている。これらを検討した結果、馬鈴薯における純同化率(NAR)の高さを指摘することができる。すなわち、栗原ら²⁾はNARの最高値が140g/m²/weekであり、同じく串崎ら105g/m²/week、田口らの成績は多くの場合80台であるが105g/m²/weekの例もある。この値を他作物の例、甘藷⁷⁾、水稻80g/m²/week⁴⁾に比較すれば如何に高い値であるかが容易に首肯できる。馬鈴薯の高いNARを支持するものは、光合成速度の高さではなくて、夜間呼吸消費率の低さと、栽培期間後期における昼間の光合成時間の長さであるといえる。関東での馬鈴薯の主要な乾物生産期間は5—6月でありこのときの日長は14時間にも達する。札幌は夏期の気温が栗原ら²⁾が茎葉伸長適温と規定した19—21℃の範囲に大部分が含まれる。昼間の時間が長く、日中高温にならず、しかも夜温が低いという条件が馬鈴薯の純同化率を高く維持する条件であり、しかもそれは同作物を栽培するうえでの好適条件であるといえる。

乾物生産速度は純同化率と葉面積指数(LAI)の二構成要素に分解される。最適葉面積指数については田口ら³⁾は3.84とし、このときの乾物生産速度(CGR)は175g/m²land/weekであり甘藷の120g/m²/weekに比して格段に高い。馬鈴薯は実際栽培の場で最高葉面積指数が4以上になることは少ない。北海道においても多くの場合2—3である。栗原ら²⁾の東北農試での成績ではLAIが3—3.5であり、大部分は3.0以下である。関東以南での春作馬鈴薯を観察するとLAIを3.0以上にすることは下葉の枯れ上がりの促進と、茎の徒長を招来するようであるが、この様な条件下では塊茎肥大最盛期が後期にずれて、高気温の時期に遭遇する。こうなると日中高温による光合成の低下と、夜間の呼吸消費率増大のために、乾物生産速度は引き下げられ、結果的には減収

をみることが多い。既述したとおり過剰繁茂は受光能率の低下ばかりでなく、地上部の呼吸量を増大させるので、光合成産物の呼吸消費率が低いという馬鈴薯の乾物生産の特性をそこなうことになる。呼吸消費の面からいえば、夜温の高い地域ほど地上部の生育量を抑制する措置が必要である。また、秋作馬鈴薯は塊茎肥大期における日長が短くなるので、そのときの純同化率が低下する⁷⁾と推定される。

摘 要

1. 馬鈴薯の乾物生産の特性を明らかにするため、植木鉢栽培した男爵薯、農林1号を材料とし、それらの個体光合成量および呼吸量から乾物増加量を推定した。

2. 乾物増加量の計算値および実測値は、おおむね一致した。このことに基づいて考察すれば、馬鈴薯の示す高い純同化率(90—120g/m²/week)は、光合成速度の高さではなくて、栽培期間の昼間の長さと同化産物の夜間呼吸消費率の低さによって支えられている。

3. 圃場条件においても馬鈴薯の乾物生産は葉面積指数よりも、むしろ純同化率の高さに依存していると推定される。一定の葉面積を早期に確保することは望ましいが、過剰繁茂は極力さけるべきである。

文 献

- 1) 串崎光男, 今村信子: 馬鈴薯の生育分析に関する考察. 北海道農試彙報, 77 11 (1962)
- 2) 栗原浩, 西川広栄, 田畑健司, 大久保隆弘: 馬鈴薯の栽培条件と生育との関係に関する解析研究. 東北農試報, 28 143 (1967)
- 3) 田口啓作, 吉田稔, 中世古公男, 由田宏一: 馬鈴薯の生理生態学的研究, 第2報, 乾物生産について. 北大農場報告, 7 33 (1969)
- 4) 津野幸人, 藤瀬一馬: 甘藷の乾物生産に関する作物学的研究. 農技研報告, D13 1 (1965)
- 5) 津野幸人: 数種作物における光合成作用と蒸散作用の関連について. 日作紀, 44 43 (1975)
- 6) 津野幸人: 馬鈴薯の光合成作用に関する二三の特性. 鳥大農研報, 29 (1976)
- 7) Watson, D. J. Comparative physiological studies on the growth of field crops. I. Variation in net assimilation rate and leaf area between species varieties, and within and between years. *Ann. Bot. N. S.*, 11 41 (1947)