

低夜温による水稻光合成の低下と根の活力との関係*

津野 幸人・山口 武視・鋸口 浩之

(鳥取大学農学部)

平成元年4月26日受理

要 旨：水稻5品種（日本型3，日印交雑型2）をポットで土耕栽培し，穂首分化期より登熟中期に至る期間に，夜間10℃，12時間の低夜温処理を行い，それが翌朝の光合成・蒸散作用に及ぼす影響と，根の呼吸速度ならびに地上部の形質との関連について解析した。

処理翌朝に蒸散速度は抑制されたが，6時間後に無処理の約90%まで回復し，その後はこの値を維持した。

処理翌朝の光合成速度と蒸散速度はともに全ての品種および処理時期で無処理の値より低下し，なかでも日印交雑品種の低下度は大であった。また，相対蒸散速度（処理／無処理）と相対総光合成速度（処理後／処理前）とは比例関係が成立し，さらに処理葉の気孔開度は無処理葉より狭小されていることを認めた。低夜温は翌朝の気孔抵抗を増大させて光合成・蒸散を抑制したと考えられる。

相対総光合成速度（Pg）について，根の呼吸速度（R）と比葉面積（SLA）を説明変数として，重回帰分析を行なったところ，重相関係数は0.880*であり，Rが大でSLAが小である個体ほどPgは高い値を示した。同様の分析で，相対蒸散速度はRとSLAならびに1茎当り葉面積の3要因で高い重相関係数0.861*が得られた。根部のN含有率および全糖含有率の高いものほど根の呼吸速度は高く（重相関係数0.897**），また，純光合成速度と根の全糖含有率との間には比例関係が成立した。SLAと葉身暗呼吸速度とは負の相関関係があることより，葉の呼吸活性，根の呼吸活性がともに高い個体ほど，低夜温による光合成・蒸散の抑制は軽度であるといえる。

キーワード：気孔開度，光合成速度，蒸散速度，水稻，低夜温，根の呼吸速度，比葉面積。

Relation between the Depression of Photosynthesis by Low Night Temperature and the Root Activity of Rice Plant: Yukindo TSUNO, Takeshi YAMAGUCHI and Hiroyuki KANAKUCHI (*Faculty of Agriculture, Tottori University, Koyama, Tottori 680, Japan*)

Abstract: Five rice cultivars, three Japonica and two hybrids of Japonica—Indica, were grown in pots to examine the influence of low night temperature (10°C) on photosynthesis and transpiration during the period from young panicle formation to middle of the ripening stage.

Photosynthesis and transpiration were depressed from 3 to 46% by low night temperature when compared with those under natural night temperature. The depression was due to increased stomatal resistance. The percentage of depression of photosynthesis and transpiration were highly correlated (0.939**) with each other.

The relative value (treated/non-treated) of photosynthesis had high multiple regression coefficient ($R=0.880^*$) with both root respiratory rate and specific leaf area (SLA). The relative value of transpiration had high multiple regression coefficient ($R=0.861^*$) with root respiratory rate, SLA and leaf area per stem. The result shows that root respiratory rate was supported by its nitrogen and sugar contents, and also; SLA had a highly negative correlation to leaf respiration. Thus, a rice plant, having active root respiratory rate and low SLA which in turn has high leaf respiratory rate is capable to be released from low night temperature stress the next morning.

Key words: Low night temperature, Paddy rice, Photosynthesis, Root respiration, Specific leaf area, Stomatal aperture, Transpiration.

わが国の立地と作季からみて，水稻はその生育の初期と後期において低温の影響を強く受け，諸々の生理活性は温度によって規制される面が強いと考えられる。冷害に関する研究は別として，水稻に2，3日の期間低温処理（5～10℃）を施すと，光合成速度は10～50%程度抑制され^{1,6,9,12-16)}，また，他の植物においても同様の現象が認められている^{2,4,5,7,8)}。印度型および日印交雑型品種は日本型品種よりも低

温による光合成の抑制程度が大であるとの報告がある^{1,9,15)}。これに関して，同一品種でも生育時期により抑制程度が異なることが予想され，その抑制程度の強弱が如何なる要因によって生じるかを明らかにした研究は見当らない。

そこで，低温に遭遇する頻度の高い夜間における低温が翌日の光合成，蒸散に及ぼす影響と，特に根部の呼吸速度ならびに地上部の形質との関連について解析を行ったのでここに報告する。

* 大要は第186回講演会（1988年10月）において発表。本研究の一部は文部省科学研究費による。

材料と方法

供試材料として日本型 3(藤坂 5 号, ユーカラ, コシヒカリ)および日印交雑型 2(密陽 23 号, 水原 258 号)の合計 5 品種を用いた。これらを a/3000(容量 6 l)のプラスチックポットで土耕栽培し, 戸外で生育させた。移植は, ユーカラ, 藤坂 5 号は 1987 年 5 月 28 日, 他の 3 品種は 6 月 3 日に行い, 実験期間の平均気温は 6, 7 月が平年値より約 1°C 高く, 8, 9 月は平年値とほぼ同じであった。

穂首分化期より登熟中期に至る期間において各品種の材料を午後 7 時に気温 10°C に調節(湿度 90%以上)した人工気象室に搬入し, 夜間 12 時間低温に遭わせた。この時, 一部のポットは根部のみを 20°C に保温した。低夜温処理は処理装置の都合で全品種を同一の生育時期に揃えることはできなかった。

光合成作用は, 個体用同化箱(小糸工業製 MC-90W)を用い, 株元照度 35klx, 気温 25°C の条件下で水稻個体がとりこむ二酸化炭素量を赤外線炭酸ガス分析計(Beckman model 864)で測定し, その後同化箱に暗幕をかけて暗呼吸作用を測定した。測定順序は, 全植物低夜温処理個体, 地温 20°C の個体, 無処理個体とし, 1 個体の測定所要時間は約 2 時間であった。また, 光合成測定個体とは別のポット(同様の低夜温処理)を戸外に置き, その重量減を秤量した。これより, 同時間内における無栽植のポットの重量減を差引き, 蒸散量を算出した。個体光合成量, 個体蒸散量ともに個体葉面積で除して, 単位葉面積当りの速度として表示した。これは, 品種間, あるいは時期別での比較には, 葉面積を基準とした

速度をもってするのが適切であると考えたからである。さらに, 根は洗い出した後, 地中発根節のうち上位 3 節根(上根)とそれ以下の根(下根)に分けて切り取り, 既報¹⁹⁾と同様の方法で根の呼吸速度を測定した。測定値は温度係数(Q_{10})を 2.0 とみなして 30°C の値に温度補正した値を乾物 1 g 当りの二酸化炭素放出速度として示した。作物体各部の乾物材料について, 全窒素はセミ・ミクロケルダール法で, 全糖はソモギ・ネルソン法で定量した。

結果と考察

1. 低夜温処理が光合成と蒸散に及ぼす影響

第 1 表に各品種の処理時の地上部および地下部の形質を示した。各品種とも茎数, 穂数からみて圃場栽培の個体と同程度以上の生育量を示した。ただし, 日印交雑型品種の密陽 23 号と水原 258 号は無効茎が多く発生し, 登熟期の穂数が穂ばらみ期の茎数の約 50% となった。また, 夜間 10°C, 12 時間の低温処理後で葉色の変化や葉の萎凋等の外見的变化はみられなかった。しかし, 処理個体の光合成速度と蒸散速度はともに全ての品種, 時期において程度の差はあったが無処理個体よりも低下した。

まず, 低夜温処理後何時間まで蒸散速度が影響を受けるかを検討した。第 1 図は戸外自然条件下で測定したコシヒカリの蒸散速度であって, 無処理個体の値に対する相対値で示されている。全植物体 10°C および地温 20°C の個体とも蒸散速度は大きく変動しながらも, 約 6 時間後に無処理個体の約 90% まで回復し, その後, 小さな変動を示しながらほぼ 90% の値を維持した。この変動は, 蒸散にみあう水分の

第 1 表 処理時における供試材料の地上部および地下部の形質。

品 種	地 上 部							地 下 部			
	出穂前(-) 後(+) 日数	茎数・ 穂数 本/株	葉面積 cm ² /茎	SLA cm ² /g	葉重 —	茎重 g/茎	穂重 —	呼吸速度 mgCO ₂ /gDW/h	N%	全糖%	根重 g/株
ユーカラ (7月19日)	-20	32.5	26.4	177	0.13	0.20	—	5.4	1.45	3.1	2.43
	+ 8	30.0	29.5	180	0.17	0.63	1.01	2.7	—	2.2	5.00
藤坂 5 号 (7月26日)	-20	26.0	49.5	189	0.21	0.41	—	4.2	1.30	2.8	4.26
	+19	21.0	28.1	153	0.19	1.00	1.62	1.6	—	2.3	4.88
コシヒカリ (8月14日)	-32	24.0	42.6	209	0.23	0.30	—	5.3	—	2.8	3.25
	+ 6	21.3	78.4	174	0.41	1.59	0.44	2.0	—	2.5	6.17
密陽 23 号 (8月23日)	-31	39.8	45.6	232	0.19	0.55	—	3.1	0.84	2.0	6.93
	+ 4	20.0	95.7	206	0.48	1.94	0.52	1.7	—	1.7	7.94
水原 258 号 (8月24日)	-17	44.5	52.7	213	0.26	0.69	—	2.1	0.74	2.3	6.95
	+17	23.5	48.7	170	0.27	1.12	1.99	1.8	—	2.1	7.40

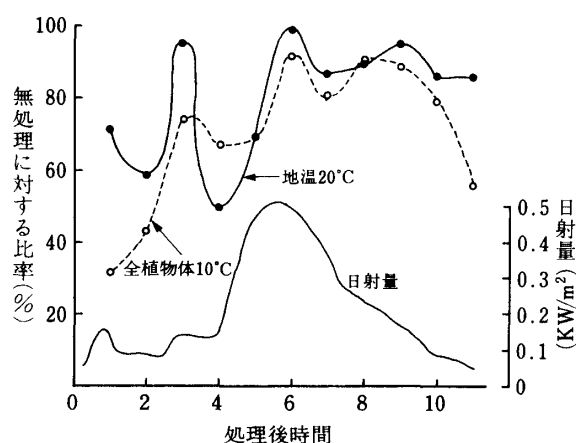
各数値は 3 個体の平均値, % は対乾物。() 内は当該品種の出穂日。

第2表 低夜温処理前後の個体葉面積当りの純光合成速度 (\overline{Pn}), 同暗呼吸速度 (\overline{r}), ならびに同総光合成速度 (\overline{Pg}) と処理前に対する処理後の比率 (%).

品 種	出穂前 (-) 後 (+) 日数	\overline{Pn}			\overline{r}			\overline{Pg}		
		処理前	処理後	比 率	処理前	処理後	比 率	処理前	処理後	比 率
ユーカラ	-20	21.2	17.6	83	7.8	7.8	100	29.0	25.4	88
藤坂5号	-20	14.7	12.0	82	4.6	4.6	100	19.3	16.6	86
	+19	13.1	12.7	97	3.8	3.7	97	16.9	16.4	97
コシヒカリ	-32	10.7	10.7	100	4.1	3.1	76	14.8	13.8	93
	+6	12.6	10.7	85	2.5	2.3	92	15.1	13.0	86
密陽23号	-31	11.2	6.4	57	2.2	2.2	100	13.4	8.6	64
	+4	9.7	6.5	69	2.6	2.1	81	12.3	8.6	70
水原258号	-17	8.5	6.4	75	2.1	1.2	57	10.6	7.6	72
	+17	9.5	8.3	87	4.4	2.9	66	13.9	11.2	81

1. \overline{Pn} , \overline{Pg} : $\text{mgCO}_2/\text{dm}^2/\text{h}$, 25°C , 35 klx . \overline{r} : $\text{mgCO}_2/\text{dm}^2/\text{h}$, 25°C .

2. 低夜温処理は気温, 地温ともに 10°C .



第1図 低夜温処理後の蒸散速度の変化.
品種: コシヒカリ, 1987年7月15日
測定.

供給が不足した場合にみられる現象^{15,17)}であり, 気孔の開閉運動に連動するものと考えられている. 蒸散の抑制は当然, 気孔抵抗の増大となって光合成を抑制すると推測できるので, 処理後ただちに測定した個体 (全植物体 10°C) の光合成値を解析の対象とした.

第2表に, 個体葉面積当りの純光合成速度 (\overline{Pn}), 同暗呼吸速度 (\overline{r}), 両者の値を合計した総光合成速度 (\overline{Pg}) ならびにそれぞれの処理後/処理前比率を示した.

低夜温による純光合成速度の低下をみると, 穂ばらみ期間で最も著しいのは密陽23号で, 次いで水原258号であった. この時期コシヒカリは影響を受け

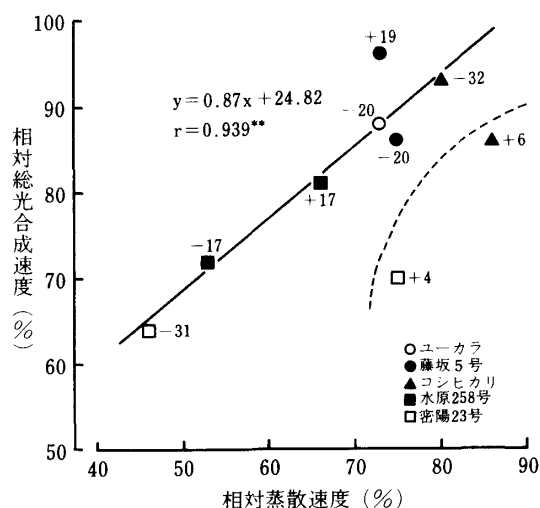
ていない. 登熟期で低下の激しいのは, やはり密陽23号で, 次いでコシヒカリとなり, 藤坂5号は無処理と大差がない. すべての品種の総光合成速度の低下度は \overline{Pn} と同様の傾向であった. 全般的にみて, 日印交雜型品種は低夜温による光合成の低下が大であるといえる. 一方, 同様に暗呼吸速度 (\overline{r}) をみると, 穂ばらみ期で低下の著しい品種は, 水原258号とコシヒカリであって, 他の3品種は影響を受けていなかった. 登熟期では水原258号, 密陽23号に約20~30%の低下がみられたが, 他は無処理と大差のない値を示した. 暗呼吸速度においては, 水原258号のみが低夜温による顕著な抑制が認められた.

村田ら¹⁴⁾は降霜に遭遇した水稻葉は呼吸が増大し, この呼吸の昂進は低温によるものであろうと推察している. また, 田中ら¹⁶⁾も 5°C , 46時間の低温処理した後の呼吸は一時的に増大すると報告している. 本実験では, 呼吸の増大は認められず, むしろ低下傾向がみられる. 12時間ほどの短時間の低温による呼吸低下は, 蒸散の低下 (第3表) から推測される気孔開度の減少によるものであろう. 特に考慮すべきは, 本実験では個体全体の呼吸を測定し, それを単位葉面積当りで表示しているのだから, 稈, 葉鞘などの非光合成器官の呼吸も包含している点である. つまり, 非光合成器官の呼吸低下の可能性も考えられるが, この検討はなされていないので確言できない.

次に, 低夜温が蒸散速度に及ぼす影響について第3表で検討する. 蒸散速度はそれぞれの測定日が異なるので日射量, 気温が一定でなく, 品種間, 時期

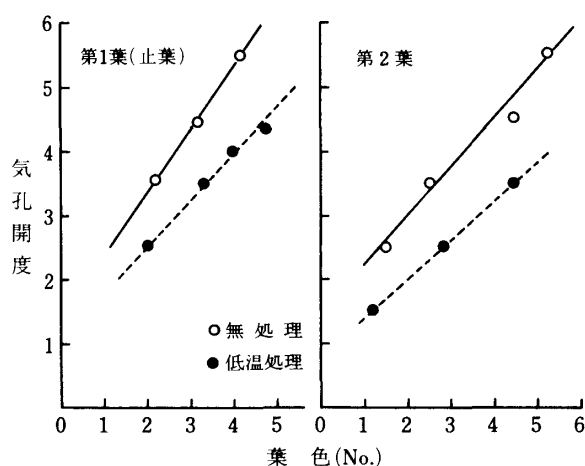
第3表 低夜温処理翌日の蒸散速度 ($\text{gH}_2\text{O}/\text{dm}^2/\text{h}$) と無処理に対する比率 (%).

品 種	出穂前 (-) 後 (+) 日数	処理時の地温 ($^{\circ}\text{C}$)						測定時間 (h)
		無処理	20 $^{\circ}\text{C}$	比 率	10 $^{\circ}\text{C}$	比 率	平 均 比 率	
ユーカラ	-20	(17.9)	(13.3)	74	(12.9)	72	(13.1)	12.0
	+8	5.41	3.42	63	4.12	76	3.77	9.5
藤坂5号	-20	1.94	1.66	83	1.25	64	1.46	11.5
	+19	6.20	4.37	71	4.69	76	4.53	0.5
コシヒカリ	-32	0.61	0.52	85	0.45	74	0.49	11.0
	+6	3.47	2.80	81	3.14	91	2.97	1.0
密陽23号	-31	0.96	0.43	45	0.44	46	0.44	10.5
	+4	3.40	3.00	88	2.09	62	2.55	0.5
水原258号	-17	0.55	0.30	55	0.27	49	0.29	9.5
	+17	2.94	2.41	82	1.47	50	1.94	0.5

()内は $\text{gH}_2\text{O}/\text{plant}/\text{h}$ で表示. 戸外自然条件下で測定.

第2図 低夜温処理翌日の相対蒸散速度 (処理/無処理) と相対総光合成速度 (処理後/処理前) との関係.

図中の数字は出穂前(-) 後(+)日数.



第3図 葉色と気孔開度 (浸潤試薬示度) との関係. 品種: 水原258号, 出穂後18日調査. 葉色は富士葉色カラスケール (水稻用) で測定. 3~5葉の平均値で表示.

間での比較はできないが, 無処理の値に対する処理の値の比という相対的比較は可能である. 蒸散速度は処理時の地温に関係なく低夜温処理により抑制されている. 特に, 密陽23号と水原258号の穂ばらみ期の処理個体は, 無処理個体に対して約半分程度の蒸散速度でしかない. 登熟期でも水原258号は他の品種に比べて強く抑制されている. これらの傾向は, 総光合成速度の傾向と同様であり, 光合成速度と蒸散速度は気孔抵抗を通して密接な関係¹⁷⁾にあることは容易に推察できる. また, Kishitani and Tsunoda⁶⁾ も低温処理の蒸散速度と純光合成速度とは比例すると報告している.

既述のとおり, 本論文での $\overline{P_n}$, \bar{r} は個体での値を単位葉面積当りで表示しているのだから, $\overline{P_n}$ が個葉のそれより低い値をとるから, 両者の和である総光合成速度 ($\overline{P_g}$) を用いる方が光合成能力をよりよく示すと考え, この値を以下では解析の対象とした.

第3表の相対蒸散速度と第2表の相対総光合成速度との関係を求めると第2図に示した通りである. 出穂後1週間以内の2点を除いて, 穂ばらみ期, 登熟中期のものをこみして, 密接な相関関係が得られ, 直線式で示すことができた. 回帰直線よりはずれた2点の測定時期は穂からの蒸散が盛んであるので, 葉身からの蒸散は抑制されても穂の蒸散量が抑制さ

第4表 相対総光合成速度, 相対蒸散速度および根部呼吸速度の重回帰分析.

目的変数		説明変数					決定係数
		SLA	R	F (cm ² /茎)	根部 N %	根部全糖%	
相対総光合成速度 (%)	PC	-0.37	+ 3.32				0.774*
	SC	-0.85	+ 0.50				
相対蒸散速度 (%)	PC	-0.80	+11.71	+0.62			0.741*
	SC	-1.30	+ 1.41	+1.12			
根部呼吸速度 (R) (mgCO ₂ /gDW/h)	PC				+3.19	+0.69	0.805**
	SC				+0.68	+0.28	

PC: 偏回帰係数, SC: 標準偏回帰係数, F: 葉面積, *: 有意水準 5% で有意, **: 1% で有意.

れない場合には, こうした傾向をとるのではあるまいか.

このように, 低夜温によって蒸散と光合成とが相伴って低下するという事は, 気孔開度が小さくなって気孔抵抗が増大したことを意味しており, 他の報告^{2,4,8)}によってもそれは裏付けられている. これを確かめるために, 浸潤試薬(イソブチルアルコール: エチレングリコール混合液)³⁾を用いていろいろな葉色の葉の気孔開度を測定し, 葉色と気孔開度との関係を第3図に示した. 無処理葉と低温処理葉とでは回帰式が異なり, 両直線は1%水準で有意な差が認められた. すなわち, 同じ葉色であれば低温処理した葉身の気孔開度は, 無処理のものより小さくなっている. また, 葉色の濃い葉ほど気孔開度は大で, たとえ低夜温により開度が小となっても, 葉色の薄い葉より気孔抵抗は小さな値をとる. これより, 葉色の濃い個体で低夜温による光合成の抑制が緩和されることが予測できるのである.

ここまでの諸結果をまとめてみると, 10°Cの低夜温におかれた水稻個体は, 翌朝明所 25°Cという環境におかれたとき, 無処理の個体よりも気孔開度が狭搾されており, その程度に応じて光合成速度が抑制された. 低夜温は翌日の気孔開度に影響して光合成, 蒸散をとともに抑制すると結論できる.

さて, ここで低夜温処理時の地温が蒸散に及ぼす影響を第3表でみると, 穂ばらみ期では地温を 20°Cに保温した個体で蒸散速度が高い傾向があるが, 登熟期の日本型品種では逆転している. しかし, 日印交雑型品種では地温を 20°Cに保った個体の蒸散速度が高い. 田中・吉富¹⁴⁾は水稻において高地温で低気温の光合成への影響が軽減されると報告しており, 他の作物でも同様の報告がある^{2,7)}. 低夜温が翌朝の気孔開度の狭搾をもたらし, 日中においてそれが解除される過程が光合成の回復に結びつくとの見方から, 地温を高く保ち根の呼吸を高く保持した場

合とか, あるいは根の活力の強い個体ではその水分供給能力の高まりによって, 低夜温の翌朝の気孔開度の回復が速やかに行われるため, 光合成の回復が早いということであろう. この様な見地より, 根の活力を重視して以下の解析を行なうこととする.

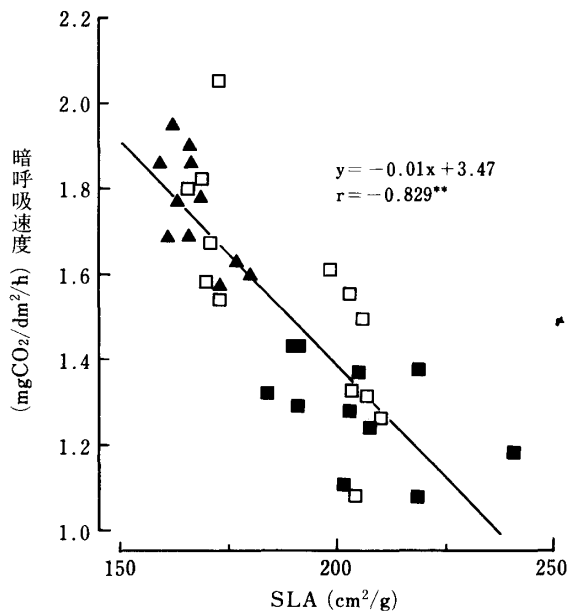
2. 相対総光合成速度, 相対蒸散速度に関与する要因の解析

低温による光合成の低下が日印交雑型の2品種においてなぜ強く起こるのであろうか. ひるがえって第1表をみると, 日本品種に比べてこれらは比葉面積 (SLA) が小で穂ばらみ期の根の呼吸速度 (上下根平均) が低いことがわかる.

そこで, このSLAと根の呼吸速度 (R) を説明変数とし, 相対総光合成速度 (Pg) を目的変数として重回帰分析を行なったところ, 第4表に示すように決定係数は $R^2=0.774^*$ (5%水準で有意) という結果が得られた. この2要因で相対総光合成速度の変動の約80%を説明できる. また, これらの要因間の相対的関与度を示すところの標準偏回帰係数は SLA: -0.85, R: 0.50 で, SLAは負の要因であるがより大きな値をとる. SLAとRとの内部相関は $r=0.209$ であり, 2要因は相互に独立して機能するものと考えられる.

このことより, 低温に遭遇しても光合成が低下しにくい個体は, SLAが小 (葉が厚い) で, 根の呼吸速度が高いものであるといえる. なお, 根の呼吸速度は, 上根の呼吸速度 (Y) と下根の呼吸速度 (X) との間に比例関係 ($Y=0.69X+0.83$, $r=0.832^{**}$, 1%水準で有意) が成立した.

次に, 相対蒸散速度に関与する要因を重回帰分析によって検討すると, さきのSLA, 根の呼吸速度 (R) に加えて1茎当り葉面積 (F) の3要因を目的変数としたとき, 決定係数は $R^2=0.741^*$ という結果を得た (第4表). これらの標準偏回帰係数は第4表にあるとおり, ほぼ同じ強さで関与している.

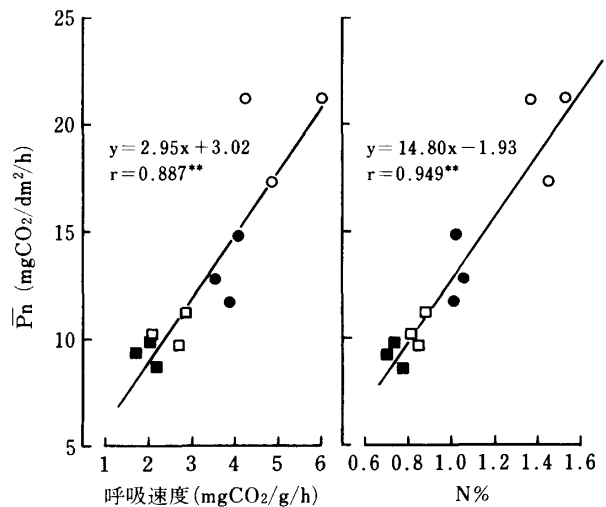


第4図 比葉面積 (SLA) と葉身の暗呼吸速度との関係。

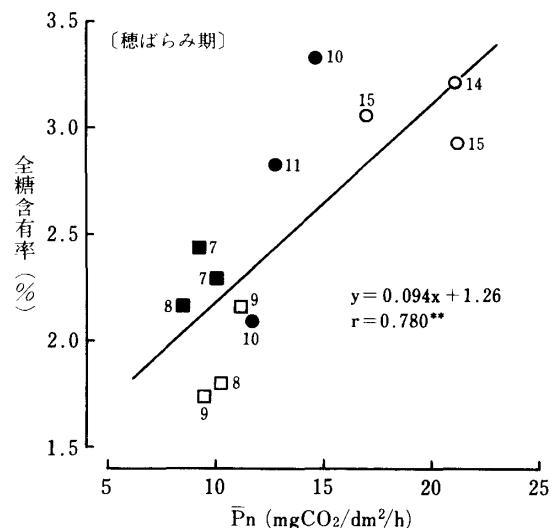
1987年9月13日測定。図中の記号は第2図と同じ。以下第5, 6図も同様。

第2図でみたとおり、相対総光合成速度と相対蒸散速度とは高い正の相関関係にあるので、関与する要因が重複するのは当然と考えられる。根の呼吸速度は吸水力に関係がある^{18,19)}ので、低夜温処理翌日の気孔開度の回復にプラスに作用することは、無理なく想定できる。しかし、SLAが小であるほど低夜温の影響を受けにくいのはなぜであろうか。他方では、低温による光合成低下の原因を、葉内における可溶性糖とでんぶんの過度の蓄積によるもの¹²⁾とするものや、根の活力低下に求めるもの^{1,9)}がある。また、佐藤・金¹³⁾によれば、低温処理による水稻光合成の低下は老化葉ほど大であるとしており、SLAの関与を指摘した報告は見当たらない。ただし、日印交雑型品種のSLAが日本品種より大であるとの報告はある¹⁰⁾。

SLAの持つ生理的意義を明らかにするため、登熟期に各品種の無処理個体の止葉とその次位葉を個葉測定用同化箱に入れて、暗呼吸速度を測定し、SLAとの関係を見たのが第4図である。みられるとおり、SLAの小である葉ほど暗呼吸速度が高い。第2表の暗呼吸速度は、既述のごとく非光合成器官の呼吸を含んでいるので厳密にSLAとの対応はとれないが、それでも穂ばらみ期ではかなり明瞭な負の相関関係 ($r = -0.868$) がある。この様に、本実験でのSLAは葉身の暗呼吸速度を示す形質となみすことができ、



第5図 根の呼吸速度と処理前の純光合成速度 (\bar{P}_n) との関係 (左図) ならびに根のN含有率と \bar{P}_n との関係 (右図)。



第6図 処理前の純光合成速度 (\bar{P}_n) と根の全糖含有率との関係。

図中の数字は根のN含有量 (mg/gDW)。

根の吸水力の強さとあいまって呼吸活性の強い葉身を保持する個体が、低夜温による光合成の抑制を軽減することができると考えられる。

次に根の呼吸速度 (R) であるが、著者らは既報¹⁹⁾で根の窒素含有率 ($N\%$) と根の全糖含有率の2要因が関与していることを指摘している。本実験でも第4表にかかげたように、上記2要因で高い重相関係数が得られ、既報¹⁹⁾の結果を再確認することができた。2要因の意味づけは既報¹⁹⁾にあるので本論文では省略する。さらに本実験では、根の呼吸速度と

無処理個体の純光合成速度との間に第5図左図に示した比例的関係が成立した。また、同右図のごとく根のN%と純光合成速度との間にも同様に高い正の相関関係がある。これらの関係は、根のN%と葉身N%との間には極めて高い比例関係があり^{18,19)}、葉身N%と純光合成速度とが比例することより成り立つものである。

根の呼吸速度に関与するもう一つの要因である根の全糖含有率は、純光合成速度の高い個体ほど高含有率であることがわかった(第6図)。本実験の材料はポット栽培したものであり、個体全体に光が当たるために、純光合成速度の高いものほど光合成量が多く、地下部へ配分される光合成産物も多くなったものと推察される。

著者らはすでに、根の呼吸速度が強い個体は光合成が40°Cの高温でもさして低下しないことを報告¹⁹⁾しており、本報では、低夜温の影響を軽減するためにも根の呼吸速度が重要な一要因であることを明らかにした。呼吸速度で示されるところの活力の強い根を保持するならば、気温の変動がもたらす悪影響に対して、稲体は強い抵抗力を発揮し得ると結論できる。

引用文献

1. 雨宮 昭・榎木信幸・田中市郎 1976. 作物の低温抵抗性に関する遺伝生理学的研究. 第2報 日印交雑稲および野生稲における光合成の低温障害と二三の生理的活性. 日作紀 45(別1): 159-160.
2. Crookston R. K., J. O'Toole, R. Lee, J. L. Ozbun and D. H. Wallace 1974. Photosynthetic depression on beans after exposure to cold for one night. Crop Sci. 14: 457-464.
3. Dale, J.E 1961. Investigation into the stomatal physiology of upland cotton. 2. Calibration of the infiltration method against leaf and stomatal resistance. Ann. Bot. 25: 94-103.
4. Drake, B. and K. Raschke 1974. Prechilling of *Xanthium strumarium* L. reduces net photosynthesis and, independently, stomatal conductance, while sensitizing the stomata to CO₂. Plant Physiol. 53: 808-812.
5. Izhar, S. and D. H. Wallace 1967. Effect of night temperature on photosynthesis of *Phaseolus vulgaris* L. Crop Sci. 7: 546-547.
6. Kishitani, S. and S. Tsunoda 1974. Effect of low and high temperature pretreatment on leaf photosynthesis and transpiration in cultivars of *Oryza sativa*. Photosynthica 8: 161-167.
7. 高 清吉・玖村敦彦・村田吉男 1978. コムギの光合成と物質生産に関する研究. 第4報 光合成に及ぼす低夜温の後作用に関する実験的検討. 日作紀 47: 69-74.
8. ———・——— 1978. ————. 第5報 低夜温の後作用の機作について. 日作紀 47: 75-81.
9. 李 善龍・雨宮 昭・田中市郎 1975. 日印交雑水稻とその母本品種の光合成能力に及ぼす低温の影響. 日作紀 44: 370-371.
10. 丸山幸夫・田嶋公一 1988. 日本稲およびインド稲の窒素に対する生育反応. 第2報 窒素施肥による稈伸長および葉面積増加の差異. 日作紀 57: 692-698.
11. 村田吉男・裏 聖浩・李 鍾烈 1968. 非切断葉の光合成測定のための使いやすい装置とそれによる測定例. 日作紀 37: 692-693.
12. 朴 仁根・角田重三郎 1983. 低温処理に対するイネ品種の光合成反応—特に葉における可溶性糖とでんぶんの蓄積に関連して—. 育雑 33: 404-410.
13. 佐藤 庚・金 鐘萬 1980. 水稻個体群における環境と個葉の生産・消費活動との関係. 第2報 葉位別個葉の光合成・呼吸に対する温度の影響. 日作紀 49: 251-256.
14. 田中市郎・吉富 進 1973. 水稻の光合成の生理的制御に関する研究. 2) 光合成, 光呼吸および蒸散に対する低温の影響. 日作紀 42(別1): 日作紀 109-110.
15. ———・秋田重誠 1976. 稲属の光合成の低温障害に関する研究. I. インド稲と日本稲の光合成に対する低温の影響. 日作紀 45(別1): 153-154.
16. ———・———・榎木信幸 1977. ————. III. 葉の老化と光合成の低温障害. 日作紀 46(別1): 203-204.
17. 津野幸人 1975. 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: 44-53.
18. ———・鳥生誠二 1987. 水稻根の呼吸阻害が光合成作用に及ぼす影響. 日作紀 56: 512-520.
19. ———・山口武視 1987. 水稻光合成の高温低下現象と根の呼吸速度との関係ならびに根の呼吸速度に関与する要因の解析. 日作紀 56: 536-546.