

葉身の長さ，幅，生存率の測定によって得られる稲の葉面積の測定精度など

誌名	農業および園芸 = Agriculture and horticulture
ISSN	03695247
著者名	川島,長治 小川,敦史 井上,博茂
発行元	養賢堂
巻/号	93巻7号
掲載ページ	p. 569-575
発行年月	2018年7月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



葉身の長さ、幅、生存率の測定によって得られる稲の葉面積の測定精度など

川島長治*・小川敦史**・井上博茂***

〔キーワード〕: 比葉面積 (SLA), 稲, 自動面積計,
乾物生産, 物差し, 葉面積, 葉身の
長さ・幅・生存率

はじめに

乾物生産の面から稲の収量成立過程を把握する場合、葉面積の測定は必須である。

葉面積を初めて測定したのは Boysen Jensen (1932) と思われ、その方法の詳細は明らかでないが、葉の形を紙上に写し取り、その面積をプランメーターにより、写し取った紙の重さを天秤によって測定して求めた (今日の「比葉面積」による方法) と思われる。自動面積計が発明されてからは (Murata and Hayashi 1967), その測定値が葉面積の標準と考えられている。〔比葉面積 (Specific Leaf Area) は以下 SLA と記す〕。

葉面積の測定法には自動面積計による方法、デジタルカメラによる葉型の撮影とそれが占めるグリッド数 (Koyano 2000) や、葉型のスキャンニングとその自動面積計による測定による方法 (Caldas et al. 1992) がある。ほかに、管型日射計と小型光センサーによる方法、すなわち稲個体群の草冠内の、管型日射計による全天日射強度と、小型光センサーによる小面積の可視域日射強度とから非破壊的に (測定試料を採取することなく立毛のまま) 葉面積指数を推定しようとするものもある (二口・石井 1997)。

自動面積計による葉面積の測定には誤差が生じ易い。すなわち、(1) 同一試料であっても反復間に変動が生じるし、(2) 稲の幼植物についてや (池永・蘇我 1971), (3) 試料の採取から実際の測定作業までの間に生じる「萎凋」による葉の「巻き込み」などによる誤差 (平井・高橋 1981) が生じる。さらに、(4) 著者らの経験によれば、止葉から 2~4 枚下の葉では、中肋から葉縁部へ向かって V 字状の断面を呈するが、そのために葉の表面が平らになるこ

とはなく、(5) 葉身が長い場合には測定中に「捻れ」が生じ、それらによる誤差も生じる。

川島・平野 (1982, 1983) は、「物差し」による葉身の長さ、幅の測定による葉面積計算式として $Y = 0.72x + 1.20$ (ここで、 y は葉面積、 x は葉身の長さ×幅) を提示した。その後さらに葉身の「生存率」、すなわち各葉身の全面積に占める「生存部分」の割合を加える必要があるとした (川島 2008)。ただしこの方法は方法的には新しいものではなく、すでに角田 (1964) や Bhan and Pande (1966) によって検討されている。それにも関わらず川島・平野 (1982, 1983), 川島 (2008) がその検討を行ったのは、価格を含めて入手が容易な機器で、研究者・技術者のもとより農家の人でも葉面積の測定が簡単に行えるようにしたいと考えたためであった。その際併せて、稲の「生理・生態学的生産構造」の把握を含めてのことである (川島・小川 2010, 川島 2014, 川島 2015, 川島・小川 2015)。しかし角田 (1964) や Bhan and Pande (1966) を含め、それらによって得られる値が正確か否かの詳細な検討は行われていない。そこで、自動面積計による方法、SLA による方法と比較しつつその検討を行う。併せて角田 (1964) や Bhan and Pande (1966) を参考にしながら、川島・平野 (1982, 1983), 川島 (2008) の計算式の妥当性、および葉面積測定に必要な採取株数について検討する。

材料と方法

使用した自動面積計は、2010 年には LI-3100C (LI-COR Inc., USA), 2011 年には AAM-9 型 (林電工製, 東京) であった。2つの機種を用いたのは 2010 年には秋田県立大学で、2011 年には京都大学高槻農場で測定したための偶然であって、両機種とも普段に使われ、一般に測定値は正しいとされている。

葉面積の測定方法は、

(1) A シリーズ (meter) : 7 株を株ごとに自動面

*秋田県立大学名誉教授 (Choji Kawashima)

**秋田県立大学生物資源科学部 (Atsushi Ogawa)

***京都大学大学院農学研究科 (Hiromi Inoue)

積計で測定

- (2) B シリーズ (meter) : 7 株を株ごとに自動面積計で測定 [A シリーズ (meter) の反復に相当]
- (3) B シリーズ (SLA) : 3 株を株ごとに自動面積計で測定, 4 株を株ごとに SLA によって測定,
- (4) C シリーズ (CLA) : 葉身の長さ, 幅を「物差し」により, 生存率を「目視」によって測定し, 川島・平野(1982, 1983), 川島(2008)にしたがって葉面積を計算
- (5) C シリーズ (meter) : 川島・平野(1982, 1983)によって選抜した 30 本の茎について自動面積計で測定 (ここで meter とは自動面積計による測定, CLA は Calculated Leaf Area のイニシアルの略である),

の 5 つであった。ただし B シリーズ (meter) は A シリーズ (meter) の反復であり, C シリーズ (meter) もそれに類似する方法であるので実質的には (1), (3), (4) の 3 つである。

材料は滋賀県草津市北山田町中島由富氏が 30a 区画水田で, 慣行移植栽培した「日本晴」と「コシヒカリ」(2010, 2011 年。いずれも滋賀県の奨励品種), 同木川町「木川営農組合」が 25a 区画水田で, 直播き栽培した滋賀県の奨励品種「秋の詩」(2011 年)。これらの栽培法は表 1 のとおりである。

測定時期は収量確保上重要な出穂期以後 (登熟期) であり, 1 本の茎当たり葉面積 [葉面積 (cm²)

/茎] について比較検討する。結果は兩年ともほぼ同様であったので, 主として 2011 年の結果について述べる。

結果と考察

1. 葉面積 (cm²) / 茎の茎間変動

稲を含む作物では, 茎間あるいは株間に葉面積の変動があり, それらは各茎の生長の差, 茎数の違い, 隣接株相互の関係などによって生じるが, 採取株数の相違 [A シリーズ (meter) の 7 株と, A シリーズ (meter) + B シリーズ (meter) の 14 株] に関わらず, 茎間の変動幅は変動係数で 10 を少し上回り, やや大きかった (表 2)。それでもこの変動幅は楠田 (1994) とほぼ同じであった。著者らの材料は, m² 当たり穂数 357.4 本, 10a 当たり 600Kg とかなり良好な生育を示した農家水田の「日本晴 (2010 年)」についてであり (それでもほぼ例年どおり), 試験研究機関におけるように精密に栽培された稲ではない。すなわちここでの葉面積/茎の茎間変動は現実の稲作農家によって栽培された稲についての実際例であるが, 茎間の変動幅は精密に栽培された稲とほぼ同じであった [ただし楠田 (1994) では株間の変動であるが]。

つぎに B シリーズ (SLA) および C シリーズ (CLA) の葉面積について, A, B, C シリーズ (meter) の値と比較しつつみる。

表 1 供試材料の栽培法 (2011 年)

	コシヒカリ	日本晴	秋の詩
栽植密度*	18.3	18.9	22.5
移植 (コシヒカリ, 日本晴) または播種 (秋の詩) 日	5 月 21 日	5 月 21 日	5 月 14 日
水管理			
中干し	7 月 1~15 日	7 月 1~15 日	7 月 10~17 日
落水期	8 月 23 日	9 月 20 日	9 月 20 日
施肥法**			
基肥	1.56	2.4	-
追肥			
分けつ盛期		1.2	
幼穂形成期			4.5
減数分裂期	2.4	4.5	
出穂期直後	1.2		
出穂期	7 月 29 日	8 月 15 日	8 月 22 日

*: m² 当たり株数, **: 10a 当たり窒素成分量 (Kg).

2. Bシリーズ (SLA) による葉面積

Bシリーズ (SLA) と Bシリーズ (meter) 間、あるいは Bシリーズ (SLA) と Aシリーズ (meter) 間の葉面積値間にはほとんど相違はなく (表3)、ま

た、それら2つの組の株ごとの対応関係〔任意の株についての Bシリーズ (SLA) の値と Bシリーズ (meter) の値、および Bシリーズ (SLA) の値と Aシリーズ (meter) の値の間の関係〕には密接な相

表2 供試材料の葉面積 (cm²) / 茎の茎間変動

品種および測定日	測定法	葉面積/茎 (cm ²)	変動係数	
コシヒカリ 8月23日 (18)	Aシリーズ (meter)	88.44±10.09	NS	11.41
	Aシリーズ (meter) + Bシリーズ (meter)	91.99± 9.03		9.81
日本晴 8月30日 (15)	Aシリーズ (meter)	132.99±22.21	NS	16.70
	Aシリーズ (meter) + Bシリーズ (meter)	131.16±18.26		13.92
秋の詩 9月14日 (20)	Aシリーズ (meter)	94.33±10.75	NS	11.40
	Aシリーズ (meter) + Bシリーズ (meter)	95.58±11.08		11.59

品種および測定日欄の () 内の数字は出穂期後の日数.

表3 登熟期における各種測定法による葉面積 (cm²) / 茎

品種および測定日	測定法	葉面積/茎 (cm ²)	変動係数	
コシヒカリ				
8月10日 (5)	Aシリーズ (meter)	105.11± 7.98	NS	7.60
	Bシリーズ (meter)	98.77± 6.34		6.42
	Bシリーズ (SLA)	98.51± 6.38		6.48
8月11日 (6)	Cシリーズ (meter)	100.09		
	Cシリーズ (CLA)	103.18		
8月23日 (18)	Aシリーズ (meter)	88.44±10.09	NS	11.41
	Bシリーズ (meter)	95.53± 6.73		7.05
	Bシリーズ (SLA)	94.56± 7.85		8.31
8月24日 (19)	Cシリーズ (meter)	84.47		
	Cシリーズ (CLA)	84.25		
日本晴				
8月16日 (1)	Aシリーズ (meter)	133.99± 6.12	NS	4.57
	Bシリーズ (meter)	138.37±17.58		12.71
	Bシリーズ (SLA)	134.98±17.14		13.14
8月17日 (2)	Cシリーズ (meter)	157.07		
	Cシリーズ (CLA)	153.95		
8月30日 (15)	Aシリーズ (meter)	132.99±22.21	NS	16.70
	Bシリーズ (meter)	129.33±14.87		11.50
	Bシリーズ (SLA)	130.14±13.58		10.43
8月31日 (16)	Cシリーズ (meter)	149.49		
	Cシリーズ (CLA)	157.16		
9月14日 (30)	Aシリーズ (meter)	108.45±10.19	NS	9.39
	Bシリーズ (meter)	104.48±12.52		11.98
	Bシリーズ (SLA)	107.39±12.40		11.54
	Cシリーズ (meter)	113.78		
	Cシリーズ (CLA)	122.11		
秋の詩				
9月14日 (20)	Aシリーズ (meter)	94.33±10.75	NS	11.40
	Bシリーズ (meter)	97.75±10.18		10.42
	Bシリーズ (SLA)	96.25±14.48		15.04
	Cシリーズ (meter)	93.77		
	Cシリーズ (CLA)	102.24		

葉面積はA, Bシリーズ (meter), Bシリーズ (SLA) では7株の平均値と標準偏差.

NSはCシリーズを除く測定値間で, t-testにより有意差が無いことを示す.

Cシリーズは各測定日, 各品種とも反復はない.

品種と測定日欄の () 内の数字は出穂期後の日数.

関関係が存在した。それを相関関係式でみると (表4), $y=1.047x-4.91$ と $y=1.025x-1.73$ [ここで y は B シリーズ (SLA) の値, x は B シリーズ (meter) または A シリーズ (meter) の値] で, ほとんど同じ傾き (1.047 と 1.025) と y 切片 (-4.91 と -1.73), 相関係数 0.997 と 0.975 (それぞれ $P<0.01$) で, それら定数間や相関係数間に有意差はなかった。すなわちこれらは, B シリーズ (SLA) の値が同一試料の meter 値とよく一致することを示す。

B シリーズ (SLA) と B シリーズ (meter) や A シリーズ (meter) の葉面積値の精度については後述する。

3. C シリーズ (CLA) による葉面積

C シリーズ (CLA) と C シリーズ (meter) の値間には, 相関係数 0.986 ($P<0.01$) のもとで相関関係式 $y=1.129x-6.84$ が認められ [表4. C シリーズ (CLA) と C シリーズ (meter) の測定は, 各品種, 各測定日とも反復数は 1 回であるので, ここでの相関関係は全品種, 全測定日込みのもの], 2つの測定値間には, 相関関係式の傾き 1.129 にみられるとおり多くの場合, C シリーズ (CLA) の値は C シリーズ (meter) の値を僅かながら上回っていた (表3)。これは, C シリーズ (meter) では, 葉面積測定過程で, 葉身の巻き込みや捻れによって葉身を完全な平にすることができない (とくに葉身基部) ことによっている。この点は A シリーズ (meter) や B シリーズ (meter) でも同じで, このような誤差は,

自動葉面積計を用いる測定法では不可避で, それは, 葉身が自動面積計の上下のポリエチレンフィルム, あるいはスキャナーの上蓋と下のガラスによって挟まれる過程が必ずあるためである。C シリーズ (CLA) では, 測定葉を萎凋させないようにすれば葉身の巻き込みは生じない。すなわち, C シリーズ (CLA) はそれらによる誤差が伴わず, その意味で正確であると考えられる。また, C シリーズ (CLA) の値は A シリーズ (meter) や B シリーズ (SLA) の値よりやや大きかった (表3)。

4. C シリーズ (CLA) と他の測定法間の測定値の品種による相違

C シリーズ (CLA) と他の測定法間の測定値の相違は「コシヒカリ」より「日本晴」や「秋の詩」で明瞭であった (表3)。この相違は葉身の大きさに関係すると思われ, 葉身が長いほど, 捻れによって葉身を平らにすることが困難なことに伴う誤差によって測定値は小さくなると考えられる。この点を 3 品種の葉身の長さや幅についてみると, C シリーズ (CLA) の値は長く・広い葉身を持つ「日本晴」と「秋の詩」 (表5) では「コシヒカリ」よりやや小さな目であった。

5. C シリーズ (CLA), B シリーズ (SLA), および A, B, C シリーズ (meter) の値間の葉面積の相違

C シリーズ (CLA) による測定値は B シリーズ

表4 各種葉面積測定法による測定値間の相関関係式と相関係数

要因		相関関係式	相関係数
y	x		
B シリーズ (meter)	A シリーズ (meter)	$y=1.001x-1.70$	0.965**
B シリーズ (SLA)	A シリーズ (meter)	$y=1.047x-4.91$	0.975**
B シリーズ (SLA)	B シリーズ (meter)	$y=1.025x-1.73$	0.997**
C シリーズ (CLA)	C シリーズ (meter)	$y=1.129x-16.84$	0.986**

** : 0.01%水準で有意。

表5 コシヒカリ, 日本晴, 秋の詩の葉位別葉身長と幅 (cm)

品種	止葉 (第 n 葉)		(n-1) 葉		(n-2) 葉		(n-3) 葉		(n-4) 葉	
	長さ	幅	長さ	幅	長さ	幅	長さ	幅	長さ	幅
コシヒカリ	24.2	1.0	37.6	0.9	41.2	0.8	37.8	0.8	31.2	0.8
日本晴	38.9	1.3	42.4	1.0	43.4	1.0	42.7	1.0	42.9	1.0
秋の詩	32.7	1.2	42.3	1.1	48.7	1.0	41.9	1.0	33.9	0.8

(SLA) や A シリーズ (meter) の値よりやや大きかったのに対して、B シリーズ (SLA) と A シリーズ (meter) の値はほぼ同じであった (表 3)。その相違の多くは、葉身の形態的特性や自動面積計の機械的特性による誤差に基づく。さらに、C シリーズ (CLA) と B シリーズ (SLA) 間、および C シリーズ (CLA) と A シリーズ (meter) 間、[C シリーズ (CLA) と B シリーズ (meter) 間でも同じ] の測定葉身の枚数の相違も関係する。穂揃い期の頃には、葉身の枚数/茎は 5~5.5 枚の最高に達しているが、C シリーズ (CLA) の測定に使われる葉身の枚数およそ 90~150 枚 (1 本の茎当たり 3~5 枚の葉身×30 本の茎) は B シリーズ (SLA) の 180~300 枚 (3~5 枚/茎×20 本の茎/株×3 株) や A シリーズ (meter) の 420~700 枚 (3~5 枚/茎×20 本の茎/株×7 株) よりずっと少ない。この相違は自動面積計による測定誤差の大小、したがって側定値の正確さに密接に関係する。すなわち B シリーズ (SLA) や A シリーズ (meter) などの自動面積計や SLA による値は僅かばかり少なめに測定されるのに対し (その程度は、表 3 にみられるように変動係数 10 前後)、C シリーズ (CLA) の測定値は総じて正確である。

6. 川島・平野 (1982, 1983) によって測定された葉身の長さ、幅の再現性

登熟期間中に数回、同一水田から採取した「日本晴 (2010 年)」について葉身の長さ、幅を測定し、連続測定間の変動をみると (表 6)、茎間の変動が大きい最下位葉 (止葉から 4~5 枚下の葉) を除いて変動係数は 3.10 以下であった。すなわち、連続

測定間の葉身の長さ、幅の相違は下位葉を除いて小さく、このことは、反復測定においては葉身の長さや幅は必要に応じて測定すればよく、葉位別葉身の生存率のみの測定で可であることを示す。したがって省力的に、非破壊的に測定できることを示す。

7. C シリーズ (CLA) に適合する数式

川島・平野 (1982, 1983)、川島 (2008) による計算式は、葉面積 = $[(0.72l \times b) + 1.20] \times \text{生存率}$ (ここで l は葉身の長さ、 b は幅)、すなわち $y = (0.72x + 1.20) \times \text{生存率}$ である。他の研究例では比例定数は、日本型品種について 0.715 (角田 1964)、印度型品種について 0.802 (Bhan and Pande 1966) である。すなわち角田 (1964) の $y = 0.715x$ を参照すると、日本型品種について川島・平野 (1982, 1983)、川島 (2008) の数式は妥当であると考えられる (ただし、別の機会に述べる予定であるが、通常の紡錘形以外の葉身には適用できない。たとえば Lemont は、とくに止葉付近の最上位葉の葉身の長さは短い幅は極めて広い)。

8. 葉面積測定に必要なかつ適当な試料の株数

本研究の 5 つの測定シリーズにおいては 7 株を採取した。茎当たり葉面積と各器官の乾物重の測定について、楠田 (1994) の簡易法 II ではつぎのようである。

- (1) 葉面積 : 葉面積 = 株ごとの生体重 × (葉身の乾物重に対する生体重の割合) × (株全体の乾物重に対する葉身の乾物重の割合) × SLA

表 6 登熟期の連続測定における葉位別葉身の長さ、幅 (cm. 日本晴)

試料の採取日	止葉 (第 n 葉)		(n-1) 葉		(n-2) 葉		(n-3) 葉		(n-4) 葉		(n-5) 葉	
	長さ	幅	長さ	幅	長さ	幅	長さ	幅	長さ	幅	長さ	幅
8 月 19 日 (4)	34.86	1.29	42.28	1.11	47.90	1.05	43.14	1.02	35.15	1.00	34.62	1.00
8 月 24 日 (9)	34.78	1.35	41.90	1.20	48.63	1.08	45.13	1.07	38.39	1.04	34.06	1.02
8 月 31 日 (16)	35.37	1.28	41.64	1.12	46.79	1.03	42.77	1.00	36.01	1.00	35.40	1.04
9 月 10 日 (26)	35.28	1.35	42.67	1.17	47.43	1.05	44.47	1.01	38.23	0.95	35.90	0.90
9 月 19 日 (35)	36.27	1.28	42.19	1.13	47.64	1.05	44.01	1.00	39.22	0.93		
9 月 24 日 (40)	34.33	1.30	42.19	1.17	48.37	1.07	44.95	1.05	39.90	1.06		
9 月 27 日 (43)	32.89	1.28	41.22	1.11	47.00	1.04	44.13	1.01				
平均	34.80	1.30	42.01	1.14	47.68	1.05	44.09	1.02	37.82	1.00	35.00	0.99
標準偏差	1.05	0.03	0.47	0.04	0.68	0.02	0.88	0.03	1.85	0.05	0.82	0.06
変動係数	3.02	2.46	1.13	3.10	1.42	1.62	1.99	2.63	4.90	5.02	2.33	6.28

第 (n-4)、(n-5) 葉は強勢な茎についてのみ。試料の採取日欄の () 内の数字は出穂期後の日数を示す。

表7 葉面積測定のための作業時間

	A シリーズ (meter)	B シリーズ (SLA)	C シリーズ (CLA)
栽植密度の測定	1 時間	1 時間	1 時間
株当たり穂数の測定 (30 株)	1 時間	1 時間	1 時間
上記 2 項目の計算	30 分	30 分	30 分
供試株の採取 (7 株)	30 分	30 分	30 分
供試株の前処理			
株の洗浄	20 分	20 分	20 分
供試株の運搬 (水田から実験室へ)	2 時間	2 時間	2 時間
供試茎の選抜 [C シリーズ (CLA)]			30 分
葉の切除			
A シリーズ (meter) および B シリーズ (SLA) (7 株×≒20 本×≒5 枚/茎≒700)	20 分	20 分	
C シリーズ (CLA) (30 本×≒5=150)			10 分
葉面積の測定			
A シリーズ (meter) および B シリーズ (SLA) (7 または 3 株×≒20 本×≒5 枚/茎≒300~700)	30 分×7 株=3.5 時間	30 分×3 株=1.5 時間	
C シリーズ (30 本×≒5=150)			3 時間
葉の通風乾燥 (B シリーズ)		48 時間	
葉の乾物重の測定 (B シリーズ)		10 分	
葉面積の計算			
A シリーズ (meter)	10 分		
B シリーズ (SLA)		30 分	
C シリーズ (CLA)			1 時間
自動面積計の保守	10 分	10 分	
合計	9.5 時間	56 時間	11 時間

(2) 各器官の乾物重：各器官の乾物重=個体全体の乾物重×(個体全体の乾物重に対する各器官の乾物重の割合)で、

これら (1), (2) の値を得るのに必要にして十分な株数は、「個体全体の乾物重」、「葉身の乾物重」、「葉面積」の順に、1 次標本 20 株〔測定水田から採取する試料の株数〕中、最高分げつ期では 4, 2, 2 株、穂揃い期では 7, 6, 6 株で、いずれも 1 次標本から順次ランダムに採取する。その際、葉身の形態的特性あるいは自動面積計の機械的特性に基づく誤差については触れられていないが、ともあれそこでの採取株数はそれほど多くない。

蔀ら (1988) では、条間 30cm×株間 15cm, 栽植密度 22.2 株/m², 株当たり 3 本植えて丁寧に手植えされた実験圃場から平均的な茎数を持つ 10 株中の 3 株が SLA, 残りの 7 株が自動面積計によって測定されている。徐ら (1997), 斉藤ら (1990a, 1990b), 三王ら (2002), 浅沼ら (2008) でも正確さを期す一方、測定に要する労力を最小にするために上述と

ほぼ同じか少ない。

これらの例は葉面積測定に 10 株ないしそれ以下で対応していることを示し、著者らの 7 株は正確な葉面積測定上不十分な数ではないと考えられる。

9. 3 つのシリーズの葉面積測定に要する時間

3 つの葉面積測定法の測定に要する時間をみると、A シリーズ (meter) と B シリーズ (meter) では 9.5 時間 (以下を含めていずれも約) であった (表 7)。一方 B シリーズ (SLA) では、試料の乾燥や秤量、それらによる計算に要する時間などが加わることによってそれ以上の時間 (56 時間) を要した。C シリーズ (CLA) では、茎当たり葉の枚数が最高である穂揃い期に、すべての葉身の長さ、幅、生存率を測定し、それらから葉面積を計算するすべてを 1 人で行うには 11 時間が必要であった (表 7)。

10. 3 つの葉面積測定法間の利点、欠点の比較

川島・平野 (1982, 1983), 川島 (2008) による

方法は、自動面積計のような高価な機器無しに、物差しのみで葉面積の測定が可能である(表6)。しかも、連続測定では葉身の長さ、幅の測定を省略でき、生存率のみの測定で可である。自動面積計による測定では、特別な考慮が払われない限り測定終了と同時に試料は廃棄され、後の再点検は不可能であるが、著者らの方法では測定データが記録として残り、それらを用いた加工も可能である。また、自動面積計による測定は簡単だとしても機器は高価であり、しかも葉身の捻れや巻き込みに由来する不正確さをもたらす「平ら」にすることの困難などによって誤差が生じ易い。同一試料の連続測定においても、測定値には機器の機械的特性による変動がある(平井・高橋 1981)。SLAによる測定は、自動面積計による葉面積測定の簡易法であるが、実際の値より小さめに測定されることが多い〔自動面積計やSLAによる値の誤差は変動係数10前後である(表3)ことは前述のとおり〕。さらに、この方法は手順がやや込み入っており、最終結果を出すまでに、試料の熱風乾燥や秤量、最終的な計算などが必要で、長時間を要する(表7)。

川島・平野(1982, 1983), 川島(2008)による葉面積測定に併せて穂長, 1穂穎花数, 葉鞘長, 節間長, 葉身の傾斜角, 葉位別葉身のSPAD-502 Plus計値などを測定すれば, 収量構成要素やcanopy structure, それらを総合した稲の生理・生態学的情報も得られる〔川島・小川(2011), 川島(2014), 川島(2015), 川島・小川(2015)のとおり。栽植密度や株当たり穂数の測定は試料の採取に先立ってなされる〕。主として出穂期後, すなわち登熟期に限られるものの乾物重を測定すれば生長解析も可能であって, 多面的利用が可能である(川島2008)。

参考文献

- 浅沼俊輔・二戸奈央子・大川泰一郎・平沢 正 2008. 水稻品種ササニシキとハバタキの収量, 乾物生産とこれに関わる生理生態的性質の比較. 日作紀 77 : 474-480.
- Bhan, Y. M. and H. K., Pande 1966. Measurement of leaf area of rice. *Agron. J.* 58: 454.
- Boysen Jensen, P. 1932. Die Stoffproduktion der Pflanzen. Translated edition into Japanese by Monsi and Nomoto. Tokai Univ. Press, Tokyo. pp.22-223.
- Caldas, L. S., C. Bravo, C. Piccolo, H. and S. M. Faria, C. R. 1992. Measurement of leaf area with a hand-scanner linked to a microcomputer. *Revista Brasileira de fisiologia vegetal* 4: 17-20.
- 二口浩一・石井龍一 1997. 管型日射計と小型センサーを用いたイネ個体群における葉面積指数の推定. 日作紀 66 : 135-136.
- 平井源一・高橋 誠 1981. 自動面積計による水稻の葉面積測定に当たっての留意点. 日作紀 53 : 328-329.
- 池永 昇・蘇我義男 1971. 水稻幼植物の葉面積測定誤差. 日作紀 40 (別2) : 113-114.
- 蔣 才忠・平沢 正・石原 邦 1988. 水稻多収性品種の生理生態的特徴について. -アケノホシと日本晴の比較-. 日作紀 57 : 132-138.
- 川島長治・平野哲也 1982. 水稻における葉面積の簡易測定法について. 日作紀 51 : 393-394.
- 川島長治 1983. 水稻における葉面積(LAI)の簡易測定法について. 農および園 58 : 905-908.
- 川島長治 2008. 水稻における葉面積指数の簡易測定法とその多面的利用. 農および園 83 (8) : 865-870.
- 川島長治・小川敦史 2010. 稲の葉面積を簡易に測定する際の問題点とその解決法. 農および園 85 (10) : 983-987.
- 川島長治 2014. 木川営農組合方式による鉄コーティング直播栽培の奨め. 農林統計協会, 東京. pp.1-125.
- 川島長治 2015. 滋賀県草津市, 木川営農組合所有の測定機器によって得られる生産現場(水田や畑)での稲・麦などの生育収量についての諸情報. 農および園 90 (10) : 1055-1066.
- 川島長治・小川敦史 2015. 稲の生長を支える根〔8〕. -地上部の生育の良否は根のそれによって規定される-. (その4) 地上部諸器官の空間配置(続き). 農および園 90 (7) : 770-781.
- Koyano, S. 2000. Simple method of measuring area by using digital still camera and personal computer. *Bull. Tokyo Metro. Agric. Exp. Stn.* 29: 43-48.
- 楠田 幸 1994. 水稻の圃場試験調査法の改善に関する基礎的研究. *中国農試研報* 13 : 1-60.
- Murata, Y. and K. Hayashi 1967. On a new, automatic device for leaf area measurement. *Proc. Crop Sci. Soc. Jpn.* 36: 463-467.
- 齋藤邦行・下田博之・石原 邦 1990a. 水稻多収性品種の乾物生産特性の解析. 第1報 密陽23号と日本晴の受光態勢の比較. 日作紀 59 : 130-139.
- 齋藤邦行・下田博之・石原 邦 1990b. 水稻多収性品種の乾物生産特性の解析. 第2報 早生・中生数品種間の比較. 日作紀 59 : 303-311.
- 三王裕見子・富沢洋平・真野ゆう子・大川泰一郎・平沢 正 2002. 湛水直播栽培した水稻タカナリの乾物生産特性. 日作紀 71 : 317-327.
- 角田重三郎 1964. 作物品種の多収性の生育解析的研究. 日本学術振興会. pp.1-127.
- 徐 銀発・大川泰一郎・石原 邦 1988. 水稻多収性品種タカナリの収量と乾物生産過程の解析. -1991年から1994年の4年間-. 日作紀 66 : 492-502.