

葉緑素計による桑樹の簡易栄養診断

SUZUKI Makoto TAKAHASHI Kyoichi

鈴木 誠 ・ 高橋 恭一

桑園の生産性向上を図るためには、有機物や土壌改良資材の投入と共に、十分な量の施肥を行うことが重要である。施肥はできるだけ肥効率が高くなるように効果的な施用をする必要があるが、最近のように繭価格の低迷が続くと、農家では経費節減対策として施肥量を削減する状況にある。施肥量の減少は収量だけではなく葉質をも低下させるので、その結果繭生産量は落ち込むことになる。また収繭量の多い農家でも肥培管理が不十分な場合もみられるが、その原因として、生産された桑は野菜や果実のように市場出荷されることがないため、良い桑を作らなければならないという意識が薄いこと、さらに良質の桑とはいったいどのようなものであるのかという客観的な判断基準がないことなどが考えられる。

桑葉質の良否判断の方法は、1)桑葉の化学的性質を究明する方法、2)桑葉の物理的性質を究明する方法、3)桑葉の生物学的性質を究明する方法の三つがあり、それらを総合的にみて判断する必要がある³⁾。しかし、これらの方法は複雑な分析操作や飼育を行わなければならないと、葉質の判断までには技術と時間を要し、生産現場での迅速な対応は困難である。

一方、葉色の濃淡が作物の栄養状態（窒素含有率）と相関があることを利用して、ほ場における栄養状態を分析手法を用いなくて推定しようとする簡易栄養診断技術が、着色票・カラースケール・グリーンメーターを使用し、水稲を初め各種作物で検討されてきた¹⁾⁴⁾⁵⁾。さらに、今回新しく農林水産省の土壌作物生育診断機器開発事業（SPAD）によって、より精度が高く簡易な機器である葉緑素計 SPAD-502が開発され、様々な植物で適応性が検討されている。そこで、現場農家での簡易栄養診断技術の基礎資料とするため、本機種の桑樹での応用を検討したので、その結果の概要を報告する。

材 料 と 方 法

1. 供試機器 葉緑素計SPAD-502（ミノルタカメラ販売株式会社）

2. ポット試験

沖積層、壤土を1/2000 aポットに充填し、3月後半に桑品種「しんいちのせ」の中苗を植え付けた。植え付け後約10cmを残して伐採し、化学肥料（N10:P₂O₅:4:K₂O4%）を施用した。試験区は10a当たりの窒素量で、0,10,20,30,40,50,60,90kgの肥料を施用した区を設定し、1区3連制とした。

7月31日に枝条長、着葉数、条桑量調査及び葉緑素計の測定を行った。なお、葉緑素計の計測は、最大光葉より7枚目の葉の中央部分を5回測定し平均値を求めた。また、クロロフィルの定量はMackinney法、粗タンパク質・粗脂肪及び粗灰分は公定法に準じて行った。

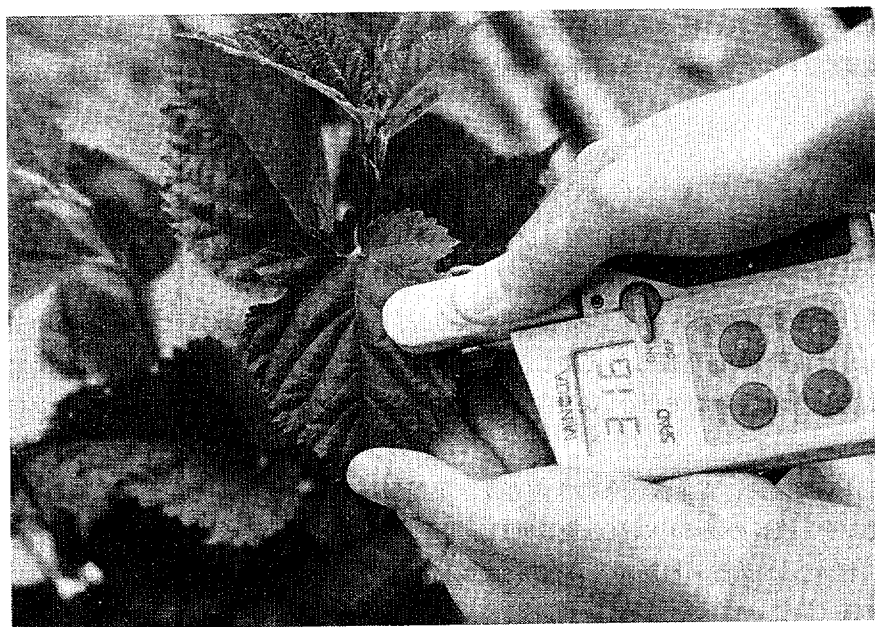
3. ほ場試験

供試桑品種は、沖積層、壤土のほ場に植栽されている植え付け5年目の「しんいちのせ」「しん

けんもち」「はやてさかり」及び「赤芽魯桑」であり、肥培管理は当所慣行法（N:30kg/10a）に従った。葉緑素計の測定は5月8日から約2週間隔で、最太古条の最長新梢に着生している葉の全てについて計測した。測定位置は、葉の先端部、中央部、側片中央部及び葉底の4カ所とし、それぞれ5株の平均値を求めた。

結 果 と 考 察

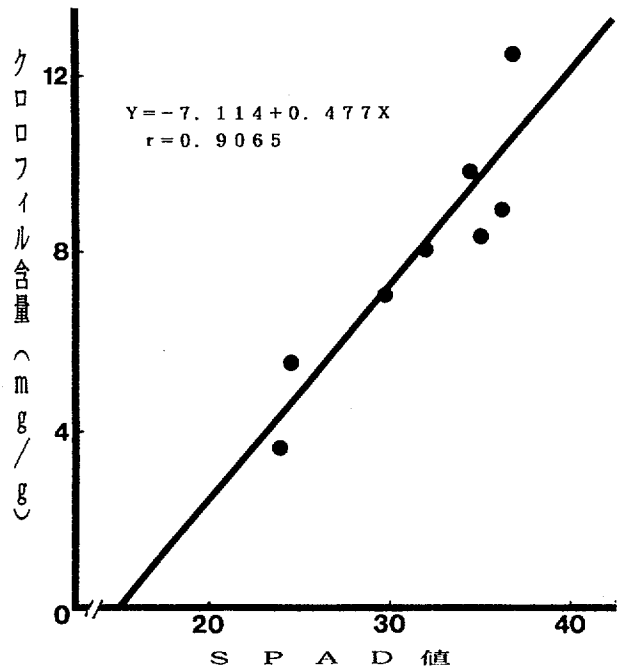
作物体の窒素含量が多くなると葉緑素（クロロフィル）含量も多くなり、葉の緑色が濃くなる。この原理を使って、葉色から作物体の栄養状態を知ることができる。今回供試した葉緑素計は、葉を計器にはさみ、650nmと940nmの光を発光させ、クロロフィルの吸収ピークがある赤領域とほとんど吸収がない赤外領域の光学濃度を測定して、その差をもとに緑色濃度を客観的に数値でデジタル表示するものである。測定はいたって簡単であり、第1図のように測定ヘッドの間に葉を入れ、それを閉じるだけで瞬時に指示値（SPAD値）が表示され、葉を傷めることなく、極めて迅速に測定できる。葉緑素計の指示値（SPAD値）と桑葉中のクロロフィル含量との相関を確かめたのが第2図である。本機種ではすでに様々な植物で、SPAD値とクロロフィル含量との間に高い正の相関があることが確かめられている。桑葉でも両者の間には高い相関が認められ、 $Y = 17.892 + 1.724X$ の一次回帰式が得られ相関係数は0.9065であり、葉緑素計により桑葉中のクロロフィル含量を推定することが可能であることがわかった。しかし植物により回帰直線の傾きが異なることが知られており、これは葉の厚さに関係し、同じクロロフィル含量であっても、葉の薄いものほどSPAD値は小さくなるという報告がある²⁾。桑でも品種の違いや、葉位などで葉の厚さは異なるので、より信頼性の高いデータの蓄積が必要と考えられる。



第1図 葉緑素計SPAD-502による桑葉の測定

ポットにおけるSPAD値と桑の生育量との関係を調べた結果を第1表に示したが、窒素施用量が増すに従い、枝条長・着葉数・条桑量及びSPAD値等が増加したが、葉量割合は逆に減少する傾向にあった。窒素施用量と桑葉成分との関係を第2表に示したが、窒素施用量に比例して桑葉中の粗タンパク質含量とクロロフィル含量が増加する傾向が認められた。しかし、粗脂肪及び粗灰分含量には明瞭な関係は認められなかった。

それぞれの項目についての相関を第3表に示したが、桑葉中の粗タンパク質含量とSPAD値との間には相関係数0.9920の一次回帰式 ($Y = -14.823 + 1.093X$) が得られた。このことは、桑葉中の粗タンパク質(全窒素)含量が多くなると、葉緑素含量も多くなり、葉の緑色が濃くなることを表している。葉の緑色はSPAD値として表示されるので、その結果桑葉中の粗タンパク質含量を葉緑素計を用いることで、極めて迅速にしかも簡易に測定できることとなる。さらに桑葉中の粗タンパク質含量は、窒素施用量と高い相関 ($r = 0.9375$) があるので、SPAD値を読めばある程度の窒素施用量を判断できることが可能となる。また、窒素施用量を増加することにより、条桑量はある程度(今回の試験では60 kg / 10 a)まで比例して増収するので、SPAD値を読むことにより収量の手前も可能になるのではないかと考えられる。また、生産現場においては、投入した肥料と桑樹への養分吸収の関係や、施肥量と葉質の関係などを解説するより測定値を見せることができるのではないかとと思われる。



第2図クロロフィル含量とSPAD値

第1表 窒素施用量と桑の生育及びSPAD値

窒素施用量	枝条長	着葉数	条桑量	葉量割合	SPAD値
0 kg	56.3 cm	21.3 枚	57 g	81.8 %	23.9
10	80.7	30.0	115	76.2	24.5
20	94.0	34.3	139	74.9	29.8
30	109.3	37.3	185	73.0	31.9
40	110.0	33.7	167	71.0	35.0
50	115.3	36.0	198	70.9	34.5
60	115.0	35.0	218	68.3	36.3
90	118.7	33.0	213	66.9	36.7

第2表 窒素施用量と桑葉成分

窒素施用量	クロロフィル含量	粗タンパク質	粗脂肪	粗灰分	SPAD値
0 kg	3.6 mg/g	11.1 %	4.0 %	13.5 %	23.9
10	5.5	12.4	4.5	13.6	24.5
20	7.0	17.7	5.1	15.4	29.8
30	8.0	19.8	5.2	15.5	31.9
40	8.3	22.5	5.3	15.1	35.0
50	9.8	23.4	5.2	16.8	34.5
60	8.9	24.2	5.2	14.9	36.3
90	12.4	26.6	4.9	15.3	36.7

第3表 各項目における相関係数

	窒素施用量	条桑量	枝条長	粗タンパク質	粗脂肪	粗灰分	クロロフィル
条桑量	0.8749	——					
枝条長	0.8423	0.9799	——				
粗タンパク質	0.9375	0.9417	0.9478	——			
粗脂肪	0.5108	0.8106	0.8767	0.7511	——		
粗灰分	0.5538	0.7306	0.7833	0.7353	0.7720	——	
クロロフィル	0.9632	0.9124	0.9152	0.9510	0.6395	0.7124	——
SPAD値	0.8974	0.9333	0.9441	0.9920	0.7913	0.7224	0.9065

葉の測定場所及び葉位の違いによるSPAD値の変化を第4表に示したが、葉緑素計のセンサーが主脈及び支脈に当たらなければ、葉のどの部位を測定しても大差は認められなかった。また、葉位別にみるとSPAD値は上位葉では10~20、中位葉で30~35、下位葉で35~40であり、下位葉になるに従い値が高くなる傾向が認められた。桑葉中の粗タンパク質含量は一般に、上位及び中位の葉に多く下位葉に少ない傾向にあるが、SPAD値はこれと異なる傾向を示した。これは葉齢が進むに伴い葉の厚さが増加し、葉緑素計の透過光が減少したためと思われる。

第4表 葉位・部位・品種別SPAD値（5月22日）

葉位	しんいちのせ				はやてさかり	しんけんもち	赤芽魯桑
	先端部	中央部	側片中央部	葉底部	先端部	先端部	先端部
1	10.2	8.1	8.3	7.1	8.0	18.8	12.0
2	13.1	9.1	8.5	9.3	12.0	21.5	14.8
3	15.3	13.6	11.9	11.0	15.0	24.1	23.1
4	20.8	18.9	17.1	17.1	19.6	32.2	27.4
5	28.4	28.5	26.0	24.8	23.7	32.8	32.1
6	32.3	33.0	31.2	30.4	28.1	36.0	31.4
7	34.8	35.2	33.4	32.7	30.9	39.1	31.2
8	35.5	36.1	35.1	34.3	33.1	39.4	32.8
9	34.4	36.6	34.6	34.9	33.8	41.4	32.8
10	36.2	34.8	35.1	35.2	33.6	42.0	32.2
11	35.9	36.2	35.9	34.3	35.6	41.3	35.5
12	36.3	35.7	35.8	34.7	35.3	41.8	35.3
13	38.6	37.9	36.5	35.3	36.0	41.9	38.5
14	38.9	37.8	37.2	37.2	35.2	43.6	39.8
15	36.9	37.8	38.2	35.7	38.4	41.0	—
16	38.2	39.1	38.7	37.1	39.5	—	—
17	37.8	38.1	36.4	39.1	38.5	—	—
18	—	—	—	—	39.6	—	—

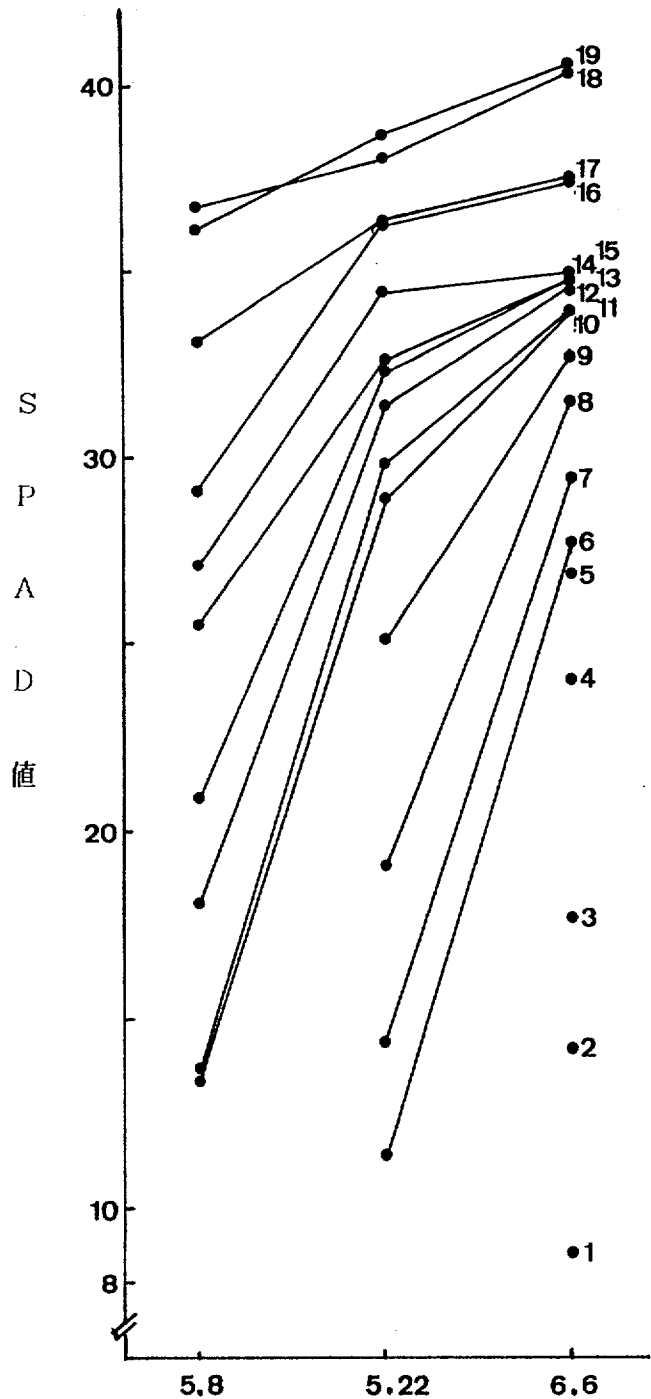
同じ葉について5月8日（掃立日）から6月6日（上簇日）まで経時的にSPAD値を測定した結果を第3図に示した。日が経過するにつれ、つまり葉が老化するにつれSPAD値が増大する傾向が認められた。

以上のことから、ほ場でSPAD値を計測する場合、葉緑素計のセンサーが主脈及び支脈に当たらないければ葉の測定部位はどこでも良く、測定しやすい場所を計測すれば良いと思われる。また、葉位・葉の成熟に伴いSPAD値は変化するので、測定時期及び葉位を予め決めておく必要があると思われるが、今回の試験から第7～12葉位の中位葉では、どの時期でもSPAD値は30～35であり、さらに変動が小さかったことより、この付近の葉を測定するのが適当と思われる。

桑葉中の成分組成は桑品種によりそれぞれ異なることが知られており、当然SPAD値も品種により差があるはずである。第4表に「しんいちのせ」「はやてさかり」「しんけんもち」「赤芽魯桑」の葉位別SPAD値を示したが、品種間差異が認められ、特にヤマグワ系の「しんけんもち」が高くなっ

た。ヤマグワ系の桑は一般的に葉が厚く、緑色が濃い傾向にあるので、そのためSPAD値が高くなったものと思われる。このことから葉緑素計を用いて桑葉の栄養診断をする場合には、品種ごとにSPAD値とクロロフィル含量・粗タンパク質等との検量線を求める必要があると思われる。

今回の試験は1/2000 aポットと数品種の桑樹によるデータであるため、今後は、適正な栽培条件における場において、SPAD値を品種ごとに測定し、検量線を求める必要がある。そして、これを用いることにより、桑葉中の粗タンパク質含量等を推測することができ、生産現場における桑葉の栄養状態を推定することが可能であると考えられる。また、葉色と桑葉中の粗タンパク質含量との関係は、品種や生育時期により異なるため、今後は栽培体系に合わせ、地域・品種・仕立・生育時期別データの蓄積が必要と思われる。葉緑素計SPAD-502は簡易にかつ迅速に葉色の測定が可能のため、生育状況の確認、施肥時期、施肥量の判定など幅広い活用が期待できる。しかし葉緑素計による簡易栄養診断は桑樹の栄養状態を把握する一つの指標であるので、技術対策をたてる場合、養分吸収、気象、土壌条件などを加味して総合的に対応する必要があると思われる。



第3図 葉位別のSPAD値経時的变化
番号1~19:葉位

摘 要

桑樹の栄養診断法として、簡易に測定が可能な葉緑素計（SPAD-502）による診断法について検討したところ、次の結果を得た。

1. 葉緑素計の指示値（SPAD値）は、窒素施用量、条桑量、枝条長、桑葉中の粗タンパク質含量及びクロロフィル含量との間に高い正の相関が認められ、SPAD値が桑樹の簡易栄養診断に利用できることがわかった。
2. 桑葉の先端部、中央部、側片中央部及び葉底部それぞれのSPAD値は大差が認められず、測定は葉のどの部分でも良いことがわかった。
3. 生育中の桑葉のSPAD値は、上位葉で小さく、下位葉になるに従いその値が高くなる傾向を示した。
4. SPAD値は、品種により若干の差異が認められるが、同じ葉におけるSPAD値の経時的変化は、葉が老熟化するにつれ値が増大する傾向が認められた。

文 献

- (1) 深沢公善・古藤実・片野佳秀（1983）：ブドウ“巨峰”の施肥改善に関する試験（第3表） 栄養診断のための葉色測定，神奈川園試研報，30，39-45.
- (2) 増田拓郎・石井路子（1985）：樹木の活力評価法に関する基礎的研究—樹葉の分光反射率およびクロロフィル含有量について—，緑化研究，7.
- (3) 南澤吉三郎（1984）：改訂新版栽桑学—基礎と応用—，pp.299-326，鳴鳳社出版，東京.
- (4) 中鉢富夫・浅野岩夫・及川勉（1986）：日本土肥誌，57，190-193.
- (5) 中嶋靖之・許斐健治・藤田彰・伊東嘉明・松井正徳（1988）：葉色によるニホンナシの栄養診断，日本土肥誌，59，617-620.