水稻の生育調節と栄養診断に関する研究

第1報 色票による葉色診断と単位面積当たり穎花数の推定*

松崎昭夫・刈屋国男

町田寛康・角田公正

(東京大学農学部)

昭和55年1月25日受理

著者らは既報³⁾⁵⁾において、オリンパスのししゅう糸を利用した色票を用いて葉色の判定が可能であること、また、この葉色の判定値は葉身窒素濃度の指標となることを明らかにした。最近、同様の考えがたにより葉色を表現しようとする試みが各地で行なわれるようになったが、基準となる「ものさし」が異なるために相互比較が困難であるなど、共通の尺度に対する要望も大きくなってきた。とくに、近年良質米への志向が高まり、耐倒伏性の弱い品種が作付されるようになったこと、および稚苗移植栽培の普及により、基肥窒素施用量を減じて過剰分げつを抑制し、倒伏を防止する栽培法が一般化した結果、生育中途での追肥が不可欠となってきたので、葉色判定のための「ものさし」に対する要望がますます大きなものとなってきた。このような背景のもとに富士写真フィルム社により水稻葉の光学的特性¹⁾をもとにして新しい色票が開発された。この色票の目盛は、第1図に示されるように色間隔が明るさ(L*)に関して均等であり、読み取りが容易になっている。

そこで、この新しい色票による葉色判定の実用性、葉身窒素濃度との対応関係、さらに、このようにして測定された葉色値と単位面積当たり茎数とから単位面積当たり穎花数を推定する試みについて検討した結果、若干の知見が得られたので報告する。

試験方法

この試験は、農業生産工学研究会の連絡試験として福岡・宮城・滋賀および富山の各県農業試験場と東京大学農学部田無農場において、第1表に示したように、それぞれの地域の代表的品種を用いて1978年度に実施された。栽培法は、葉色の異なる材料を得るために基肥窒素の施用量を数段階としたほかはそれぞれの場所の慣行法に準じた。

葉色程度の判定：葉齢指数82、90および95の時期に色票を圃場の葉面上に立て、3～5m離れた位置から観察して葉群の色に近い色票の番号(第1図参照)を読み取った³⁾。葉群の色が色票の色番号の間にあるとき、たとえば、色番号4と5の間にあるときは

Fig. 1. Color chart.

Scale A: Made of embroidery thread.

Scale B: Made of color film.

L*: Lightness.

Table 1. The number of leaf color observation at the stage of leaf number index 82, 90 and 95, and the number of observers.

Exp. station	Growth stage (LNI)			Variety used (Number of observation)			Number of observers
	82	90	95				
Fukuoka	6			Reiho (3)	Nankai No. 65 (3)		3
Miyagi	17		17	Sasanishiki (9)	Toyonishiki (5)	Nihonbare (3)	5
Shiga	16		16	Koshihikari (8)	Nihonbare (8)		5
Toyama	10		11	Koshihikari (4)	Koshijiwase (4)	Nihonbare (3)	5
Tanashi		24	24	Nihonbare (8)	Kochihibiki (8)	Toyonishiki (8)	3

*大要は第168回講演会(昭和54年10月)において発表

Fig. 2. Relation between observed values of leaf color and nitrogen content in leaf blade (Tanashi).

○ : Nihonbare, ● : Kochihibiki,
△ : Toyonishiki

4.5 と 0.5 刻みで読み取ることにした。なお、葉色の判定には個人差が伴うので、3人以上の観察者の平均値を用いた。

葉身窒素濃度および葉鞘染色比：葉色の観察地点から4株採取した。主稈と1次分げつあわせて10本を選び、最上展開葉を1と数えて上から2枚目と3枚目の葉身を各10枚一括してキエルダール分解後、オート・アナライザーを用いて葉身窒素濃度の分析に供した。また、この葉身に対応する葉鞘をヨード・ヨードカリ液で染色し、黒く染色した部分の長さの葉鞘の全長に対する比率を求めて葉鞘染色比とした^{2,8,9)}。

茎数および収量構成要素：生育の主要時期に茎数調査を行ない収穫期には収量分解調査により収量構成要素を求めた。

試験結果および考察

1. 葉色診断

(1) 葉色の判定

葉色の判定には観察者により若干の差がみられる点は、ししゅう糸による色票を用いた場合と同様である。しかし、新しい色票の場合には、第1図に示され

Fig. 3. Relation between percentage of stained length of leaf sheath and nitrogen content in leaf blade (Tanashi).

Symbols in figure are the same as shown in Fig. 2.

るように、目盛りが L^* に関して均等になっており、また、「色」の部分も 4×8 cm と大きく、読み取りが容易であった。ただし、日中太陽高度が高く、快晴で、しかも風が強いときは判定が困難であった。したがって、太陽高度があまり高くない9時ごろに観

Table 2. Correlation coefficient between the value of leaf color observed by individuals and their mean value (Tanashi).

	LNI 90	LNI 95
$P_1 - P\bar{x}$	0.945**	0.815**
$P_2 - P\bar{x}$	0.963**	0.868**
$P_3 - P\bar{x}$	0.890**	0.905**
$P_1 - P_2$	0.920**	0.509*
$P_1 - P_3$	0.720**	0.557**
$P_2 - P_3$	0.790**	0.793**

Note: Number of observation is including 3 varieties.

Asterisks * and ** show the significant level of 5% and 1%, respectively. Same symbols will be used in following tables.

Fig. 4. Relation between ratio of leaf color to percentage of stained length of leaf sheath and nitrogen content in leaf blade (Tanashi).

Symbols in figure are the same as shown in Fig. 2.

察するのがよいようである。

葉齢指数 (LNI) 90 と 95 の時期における葉色の観察値の平均値 ($\bar{P}_x$) に対する観察者各人の葉色の観察値 ($P_1 \sim P_3$) の相関係数は、第2表にみられるように高い値を示した。しかし、子細にみれば、 $P_1 - P_2$ および $P_1 - P_3$ の相関係数が葉齢指数 95 の時期に低下している。これは、葉齢指数 95 の時期は穂肥施用区の葉色が上位葉から緑色程度を増してくる時期にあたっているため、より上位葉に比重をおいてみたか、下位葉まで含めて観察したかの違いによるものではないかと思われる。

(2) 葉色と葉身窒素含有率との関係

日本晴・コチヒビキおよびトヨニシキの葉齢指数 90 および 95 の時期における葉色と葉身窒素含有率 (2 葉と 3 葉の平均値、以下同様) の関係を第2図に示した。測定点数が少ないので3品種を混みにして扱ったが、既報³⁻⁵⁾の場合と同様に両者の間には密接な関係が認められた (田無)。また、第3表にみられるように、他の場所の場合にも第2図の場合と同様に密接な関係のあることが認められた。これらの結果、新色票による葉色の観察値から葉身の窒素含有率を推定することが可能であると思われる。

(3) 葉鞘染色比と葉身窒素含有率の関係

前項と同一株の葉鞘をヨード・ヨードカリ液で染色し、黒く染色した部分の長さを測定し葉鞘染色比を求めた⁹⁾。葉鞘染色比と葉身窒素含有率の間にも、第3図にみられるように密接な関係が認められた。肥切れ

Table 3. Correlation coefficient between nitrogen content in leaf blade and leaf color (A), percentage of stained length of leaf sheath (B) and the ratio of A to B.

Exp. station	Growth stage (LNI)	Number of observation	Correlation coefficient		
			Leaf color (A)	Percentage of stained length of leaf sheath (B)	Ratio of A to B
Fukuoka	82	6	0.779	-0.796	0.926*
Miyagi	82	17	0.765**	-0.731**	0.767**
	95	17	0.787**	-0.949**	0.893**
Shiga	82	16	0.372	-0.973**	0.853**
	95	16	0.955**	-0.877**	0.940**
Toyama	82	10	0.850**	-0.898**	0.802**
	95	11	0.870**	-0.513	0.966**
Tanashi	90	24	0.773**	-0.761**	0.894**
	95	24	0.535**	-0.742**	0.736**

Note: Nitrogen content in leaf blade and percentage of stained length of leaf sheath are the mean value of the second and the third leaf counted from top except underlined one, which is the value of the second leaf only.

等により葉鞘にでんぶんの蓄積が大きいとき葉鞘染色比が大きい値を示し、逆に葉鞘染色比が大きいときには葉身窒素含有率が低いことは広く知られている^{2,8,9)}ので、第3図の関係を利用して葉鞘染色比から葉身窒素含有率を推定することも可能である。この関係は、第3表に示されるように他場所の場合にも成立つことが認められた。

(4) 葉色の観察値・葉鞘染色比の比率と葉身窒素含有率の関係

前2項で明らかなように、葉身窒素含有率は葉色とは正の、葉鞘染色比とは負の相関関係にある。既報⁵⁾の結果からみて、葉色観察値の個人差や品種間の差を縮小するために、葉色の観察値を葉鞘染色比で除した値(葉色/染色比)を用いることが有効ではないかと考えて、この値と葉身窒素含有率との関係をみたものが第4図である。この図から、両者の間に密接な相関のあることが認められ、葉身窒素含有率を推定するために葉色の観察値と葉鞘染色比の比率は、それぞれ単独の場合よりもよりよい指標となりうるということが認められた。これは葉色の観察値にそれほど差異がない場合でも、葉鞘におけるでんぶん蓄積量が異なることがあり、葉色程度の変異の幅を拡大することによるものであると考えられる。

これらの点が場所および品種を異にしても成立つかどうかをみるために、福岡・宮城・滋賀および富山の各県農試での試験結果と対比したものを第3表に示した。この表からも明らかなように、葉色の観察値・葉鞘染色比の比率(葉色/染色比)と葉身窒素含有率の間には、それぞれの場所内では数品種を含む場合にも有意な相関関係が認められた。

上述の諸点から考えて、新らしく開発された色票は葉色程度の判定に利用でき、また、葉鞘染色比とあわせて利用することにより栄養診断上の有力な指標となりうると思われる。ただし、実際場面で

Fig. 5. Relation of the products of leaf color and number of tillers to the number of spikelets per square meter (Tanashi).

Symbols in figure are the same as shown in Fig. 2.

Table 4. Correlation coefficient between dry weight and the number of tillers per square meter (Tanashi).

Variety	Number of measurement	Growth stage (LNI)	
		90	95
Nihonbare	8	0.865**	0.569
Kochihibiki	8	0.759*	0.896**
Toyonishiki	8	0.855**	0.863**

Table 5. Correlation coefficient between the number of spikelets per square meter and leaf color, and the product of leaf color and the number of tillers per square meter.

Exp. station	Number of measurement	Leaf color			Leaf color × No. of tillers		
		LNI 82	LNI 90	LNI 95	LNI 82	LNI 90	LNI 95
Fukuoka	10	0.828**		0.799**	0.843**		0.897**
Miyagi	17	0.764**		0.771**	0.902**		0.954**
Shiga	16	0.842**		0.957**	0.912**		0.959**
Toyama	11	0.843**		0.783**	0.901**		0.835**
Tanashi	12		0.669*	0.606*		0.560(*)	0.751**

Note: (*) means slightly below the significant level.

は栽培地がきまれば、気象条件・品種・栽培様式等が限定されるので、どのような栽培上の対策をとるべきかを葉色程度に還元して指標化するのがより便利であると思われる。

2. 単位面積当たり穎花数の推定

穎花分化期、すなわち葉齢指数約90の時期の窒素吸収量は単位面積当たり穎花数と密接な関係があること^{5,6,10,11)}、また、窒素吸収量当たりの穎花数生産効率には地域性があること⁷⁾が知られている。単位面積当たり窒素吸収量は単位面積当たり乾物量と窒素含有率に分解して考えることができる^{5,6)}ので、この時期における乾物量と窒素含有率が得られれば、単位面積当たり穎花数を推定することができるはずである。第2図および第3表にみられるように、葉身窒素含有率は葉色程度から推定できるので、乾物重の代わりに簡単に測定できる生長量の指標があれば、圃場において、即座に単位面積当たり穎花数の推定が可能となる。

葉齢指数約90の時期には、無効分げつがかなり淘汰されて、茎数と乾物重とは密接な関係を示すようになる（第4表）ので、乾物重の代替値として単位面積当たりの茎数を取り、葉色程度との積を求めて単位面積当たり穎花数との関係をみたものが第5図である。葉齢指数90の時期の相関係数は若干劣るが、葉齢指数95の時期には密接な関係が得られた。これらの関係は第5表にみられるように、福岡・宮城・滋賀および富山の場合にも認められた。単位面積当たり穎花数は葉色単独の値とも密接な相関を示すけれども、田無における葉齢指数90の場合を除き、葉色と茎数の積との関係のほうがより密接であった。このことは、単位面積当たり穎花数を推定するためには栄養状態と生長量の両者を勘案することの必要性を示すものと考えられる。

「稲と語る」とか「稲の顔色をみる」という古来の表現は、色票や茎数のような尺度を用いることによって、より客観化・科学化することができ、穂肥施用の場合など栽培上の判断基準としてより適切に使用することができるように思われる。

摘 要

新しく開発された富士写真フィルム社製の色票を用いて、葉色診断の実用性と単位面積当たり穎花数の推定を試み、次の結果を得た。

1. 新色票は従来のししゅう糸を利用した色票よりも色面積が大きく、葉色の判定が容易であった。
2. 葉色の観察値は葉身窒素含有率と密接な関係を

示し、葉鞘でんぶんの蓄積度をあらわす葉鞘染色比もまた葉身窒素含有率と密接な関係にあることが認められた。その結果、葉色の観察値と葉鞘染色比の比率は葉身窒素含有率を推定する普遍的な指標となることが認められた。

3. 葉身窒素含有率と乾物重のかわりに測定容易な指標である葉色の観察値と茎数をとれば、これら両者の積と単位面積当たり穎花数との間には、密接な関係が得られたので、葉色と茎数の測定値から単位面積当たり穎花数の推定ができると考えられる。

4. 以上の結果は福岡・宮城・滋賀および富山の各県農業試験場における試験でも認められた。

謝辞 本研究の一部は文部省の昭和53年度科学研究費補助金(386031)を受けて実施されたものである。また、色票の製作および連絡試験については農業生産工学会工藤澄志氏をはじめ富士写真フィルム(株)渡辺苞氏、ならびに福岡・宮城・滋賀および富山県農業試験場の関係各位の御協力をいただいた。ここに記して謝意を表する次第である。

引 用 文 献

1. 秋吉 泰・渡辺 苞・松崎昭夫 1978. 稲の葉色の解析. 第1報 葉位による葉色の違いの検討. 日作紀 **47** (別 2): 13—14.
2. 飯田一郎 1968. 水稻の穂肥要否判定法. 農業技術 **23**: 257—260.
3. 松島省三・松崎昭夫・富田豊雄 1970. 水稻収量成立原理とその応用に関する作物学的研究. 第101報 水稻個体群の葉色表示法について (1). 日作紀 **39**: 231—236.
4. 松崎昭夫・松島省三・富田豊雄・朴 錫洪 1972. ———. 第110報 水稻個体群の葉色表示法について (2). 日作紀 **41**: 291—295.
5. ——— 1974. 水稻生育中期における窒素吸収制限とその栽培学的意義に関する研究. 農技研報 **A 21**: 27—129.
6. ——— 1975. 水稻の葉齢指数90までの窒素吸収量が外部形態・倒伏および収量構成要素に及ぼす影響. 日作紀 **44**: 458—464.
7. 村山 登 1969. 水稻の施肥と登熟に関する栄養生理. 農業技術 **24**: 71—78.
8. 大島正男 1966. 水稻の穂肥要否簡易判定法. 農及園 **41**: 1081—1082.
9. 戸刈義次・佐藤 庚 1954. 水稻における炭水化

- 物の生産及び行動に関する研究. 第2報 生育に伴う器官内澱粉消長に関する観察. 日作紀 **22** (3.4): 98—99.
10. 和田源七・松島省三 1962. 水稻収量成立原理とその応用に関する作物学的研究. 第63報 穎花数成立機構に関する研究. 日作紀 **31**: 23—26.
11. ——— 1969. 水稻収量成立におよぼす窒素栄養の影響——とくに出穂期以後の窒素の重要性について——. 農技研報 **A 16**: 27—167.

Studies on the Growth Control and the Nutritional Diagnosis in Rice Plants

I. The nutritional diagnosis based on the leaf color and the estimation of the number of spikelets per unit area

Akio MATSUZAKI, Kunio KARIYA, Hiroyasu MACHIDA
and Kosei TSUNODA

(*Experimental Farm, Faculty of Agriculture, The University
of Tokyo, Tanashi, Tokyo 188*)

Summary

Using the new color chart which was developed based on the colorimetric characteristics of actual leaves in rice plants, the authors investigated the usefulness of the leaf color diagnosis and the possibility estimating the number of spikelets per square meter by leaf color. Following results were obtained:

1. The newly developed color chart was easier to judge the leaf color grade (greenness) than the chart which was made of embroidery thread, because the new one had greater size in greenish parts (4×8 cm) and the equally plotted scale with reference to the lightness as compared with the old chart (Fig. 1.)

2. Observation values of leaf color highly correlated with the nitrogen content (%) in leaf blade of rice plants, and the percentage of the length of leaf sheaths stained by iodide solution to the whole length of them, which represented the degree of starch accumulation in these organs, showed highly negative correlation to the nitrogen content (%) in leaf blade. Moreover, the ratio of the observed values of leaf color to the percentage of stained length of leaf sheath showed higher correlation to the nitrogen content in leaf blade, compared with the case applying the two characteristics, the leaf color or the percentage of stained length of leaf sheath, individually (Figs. 2—4, Table 3).

3. High correlation existed between the number of spikelets per square meter and the product of the observed values of leaf color and the number of tillers at the stage of leaf number index, about 90. Accordingly, it was confirmed that the number of spikelets per square meter was able to be estimated based on the observed values of leaf color and the number of tillers per square meter (Fig. 5).

4. The results mentioned above (in Tanashi) were also recognized in the experiments carried on at Fukuoka, Miyagi, Shiga and Toyama prefectural agricultural experiment station.