

いくつかの水稲品種における葉中窒素含有率と 葉色・玄米中タンパク質含有率の関係

黄農栄*・澤田富雄**

要 約

携帯型葉中窒素測定装置と葉緑素計を用いて、6つの水稲品種の葉中窒素含有率と葉色、玄米中タンパク質含有率との関係を検討した。

- 1 品種を問わず、減数分裂期、穂揃期、乳熟期における葉色値と葉中窒素含有率には正の相関関係があり、葉色の濃い個体の葉中窒素含有率は高い傾向にあった。また、生育が進むにつれ、その相関は高くなった。
- 2 玄米中タンパク質含有率と葉中窒素含有率との相関も、高い相関を示し、減数分裂期、穂揃期、乳熟期と生育が進むにつれ、高くなった。
- 3 今回の6つの供試品種においては、乳熟期の葉中窒素含有率と葉色値は、品種が異なっても、玄米中タンパク質含有率と高い相関を示し、回帰を外れる品種はなかった。

Relationship of Leaf Nitrogen Content, Leaf Color and Protein Content in Grains in Several Rice Varieties

Nonrong HUANG and Tomio SAWADA

Summary

Investigations were made on nitrogen (N) content of leaves by a handy N analyzer, color values of leaves by chlorophyll meter and protein content of grains of 6 rice varieties.

- (1) A positive correlation was observed between N contents of leaves and color values of leaves at reduction division stage, 10 days after heading period and milky stage irrespective of rice varieties.
- (2) The correlation was higher as rice plants matured.
- (3) The highest correlation between protein contents in grains and color values or N contents in leaves was observed at the milky stage irrespective of varieties. The regression represents the data of all varieties.

キーワード：携帯型葉中窒素測定装置、葉中窒素含有率、葉色、玄米中タンパク質含有率

緒 言

これまでに、品種や栽培条件による食味の差異には、米中のアミロース、タンパク質含有率などの食味関連成分が関与していることが明らかにされてきた^{1,4,5)}。

このうち、米中タンパク質含有率は、栽培条件による変動が大きいことが知られており、特に後期追肥によるタンパク質の増加は食味を落とすことが指摘されている^{2,5,6)}。

一方、幼穂形成期以降の葉中窒素含有率と米中タンパク質含有率の間には、高い相関があり、同一品種の場合、葉中窒素含有率が高まると、米中タンパク質含有率も高まることが示唆されている⁶⁾。

また、松崎³⁾は生育時期と栽培条件が同じであれば、品種が異なっても葉色と葉中窒素含有率の間に高い相関関係があることを報告している。岡本⁴⁾は、極早生～晩生42品種の穂揃期における葉中窒素含有率と米中タンパク質含有率を調査した結果、葉色値や葉中窒素含有率の高い品種はおおむね米中タンパク質含有率も高いことを報告している。しかし、回帰から外れる品種が存在することを指摘しているため、葉色、葉中窒素含有率、玄米中タンパク質含有率の関係は、品種個々について調査

1998年8月31日受理

* 中央農業技術センター海外技術研修員(1997.8~1998.3),

現中華人民共和国広東省農業科学院水稲研究所

** 中央農業技術センター

する必要がある。

そこで、兵庫県で作付けされている奨励品種の葉色・葉中窒素含有率、米中タンパク質含有率の回帰を明らかにするため、いくつかの品種を用いて、葉中窒素含有率と玄米中タンパク質含有率との関係を検討した。

なお、葉中窒素含有率は、立毛状態のまま葉中窒素を測定できる携帯型葉中窒素測定装置^{6,9,10)}を用いて測定した。また、一般に葉色測定用に用いられている葉緑素計を併用し、供試品種の葉中窒素含有率と葉色値との関係も検討した。その結果、若干の知見が得られたので報告する。

なお、本報告は、著者の一人、黄農栄が1997年8月～1998年3月、兵庫県立中央農業技術センター農業試験場作物部での研修期間中に得られた知見をまとめたものである。

材料及び方法

供試品種として、兵庫県の早生～中生の奨励品種である「日本晴」、「あじまる」、「ヤマビコ」、「中生新千本」、「金南風」、「ヒノヒカリ」の6品種を用いた。調査時期は、減数分裂期（ここでは出穂14～7日前）、穂揃期（出穂7～12日後）、乳熟期（出穂18～25日後）とし、葉中窒素含有率などの生育反応および収量性を1株ごとに調査した。品種別の調査時期を表1に示した。

試験場所は中央農業技術センター内ほ場で、土壌は、細粒黄色土造成層（表層20cmが沖積水田表土）である。

試験は、1品種4連制とし、1区5株、計20株を調査した。各品種ともに、5月27日播種（1箱当たり120g播き）、6月18～19日移植、栽植密度は1株3～4本、 m^2 当たり20.8株の機械植とした。本田施肥は、窒素成分でa当たり基肥0.4kg（代かき前施用、尿素硫加燐安48号、窒素－リン酸－カリの成分比16-16-16）、分けつ肥0.2kg（移植20日後施用、尿素硫加燐安48号）、穂肥は2回分施で、それぞれ0.2および0.1kg（出穂24～17日前および14～7日前施用、NK化成2号、同16-0-16）の総量0.9kgとし、2回目の穂肥は減数分裂期の調査後に直ちに施用した。その他の管理は兵庫県栽培指導指針に準じて行った。

なお、各品種20株を供試し、葉中窒素含有率は完全展開第2葉を携帯型葉中窒素測定装置（佐竹アグリエキスパート）^{9,10)}、葉色値は同位置で葉緑素計（ミノルタ葉緑素計）、玄米中タンパク質含有率は玄米粒を近赤外分光法⁷⁾（ブランルーベIA500）により測定した。

表1 各供試品種の出穂・成熟期および調査時期

品種名	減数分	出穂期	穂揃期	乳熟期	成熟期
	裂期	(日)	(月日)	(日)	(月日)
日本晴	-12	8.24	+9	+25	10.8
あじまる	-14	8.26	+7	+23	10.10
ヤマビコ	-9	8.27	+7	+23	10.10
中生新千本	-7	8.24	+9	+25	10.10
金南風	-8	8.28	+12	+21	10.12
ヒノヒカリ	-11	8.31	+9	+18	10.15

注) -は出穂前, +は出穂後の日数を示す。

結果

水稻気象感応調査によると、1997年稲作期間中の気象条件は、生育初期は雨天が多く、やや低温に経過したため、生育は遅れ気味で、その後の好天により生育は回復したが、出穂・成熟期は平年より1～2日遅れた。稈長・穂長・穂数は平年並み、1穂粒数は多く、千粒重は平年並みで、登熟歩合がやや低下したものの、収量は高かった。

表1に各供試品種の出穂・成熟期、表2に葉中窒素含有率、葉色値、表3に生育・収量調査結果および玄米中タンパク質含有率を示した。

生育は概ね順調であったが、「ヒノヒカリ」は、いもち病の多発生のため、登熟歩合が低下した。

葉色値については、減数分裂期で有意に低い品種は「ヒノヒカリ」のみであったが、穂揃期では、「中生新千本」・「金南風」の高いグループと他品種の低いグループに分かれ、乳熟期では、濃い順に「金南風」>「ヒノヒカリ」・「中生新千本」>「日本晴」・「あじまる」・「ヤマビコ」となった。葉中窒素含有率は、減数分裂期には各品種とも有意な差がなかったが、穂揃期では「中生新千本」・「金南風」が高く、乳熟期では、高い順に、「金南風」 \geq 「ヒノヒカリ」 \geq 「中生新千本」>「あじまる」・「日本晴」・「ヤマビコ」となり、葉色値と同じ傾向を示した。また、「金南風」・「ヒノヒカリ」は穂揃期から乳熟期にかけて葉色値・葉中窒素含有率が低下せず、むしろ葉色値は増加する傾向にあり、他の4品種とは異なる傾向を示した。以上のように、葉色値・葉中窒素ともに、減数分裂期では品種間差異は小さかったが、穂揃期・乳熟期と進むにつれ、品種間差異が明確となった。

表 2 各供試品種の葉中窒素含有率，葉色値

	個体数	減数分裂期		穂揃期		乳熟期				
		葉中窒素 %	葉色値	葉中窒素 %	葉色値	葉中窒素 %	葉色値			
日本晴	20	3.5	0.45	35.2±3.0	3.2	0.36	33.3±3.0	2.6	0.38	30.5±2.7
あじまる	20	3.4±0.21		34.7±2.1	3.1±0.27		32.6±1.9	2.7±0.26		31.3±1.9
ヤマビコ	20	3.3±0.29		34.9±2.6	3.4±0.39		33.3±2.0	2.6±0.37		30.2±2.3
中生新千本	20	3.5±0.33		35.9±1.7	3.6±0.34		35.5±3.1	3.2±0.47		33.7±3.6
金南風	20	3.5±0.27		35.0±1.9	3.5±0.32		35.4±2.5	3.4±0.28		36.4±2.3
ヒノヒカリ	20	3.3±0.34		33.3±1.5	3.3±0.35		32.6±2.7	3.3±0.18		34.2±1.8
全体	120	3.4±0.33		34.9±2.3	3.3±0.37		33.8±2.8	3.0±0.47		32.7±3.3

注) 表中 葉中窒素の±の数值は標準偏差。

表 3 各供試品種の生育・収量および玄米中タンパク質含有率

品種名	稈長	穂長	穂数	1穂初数	登熟歩合	千粒重	全重	精玄米重	玄米中 タンパク質
	cm	cm	/株	/穂	%	g/株	g/株	g/株	%
日本晴	78b	18.7b	18.4a	67bc	76.6b	22.3bc	69.4	24.7	7.3ab
あじまる	81cd	18.1a	17.9a	67bc	80.1d	21.9ab	68.8	23.6	7.1a
ヤマビコ	88e	18.7b	17.9a	59a	79.5cd	23.4d	71.6	25.0	7.5ab
中生新千本	80c	17.6a	21.6b	69bc	76.9b	22.6c	71.1	26.4	7.7b
金南風	76a	17.7a	20.3ab	64ab	78.6c	23.3d	73.1	24.8	8.3c
ヒノヒカリ	83d	18.9b	19.0a	71c	72.6a	21.7a	71.3	23.4	8.3c

注) 表中のアルファベットは異符号間で 5%水準で有意差があることを示す。

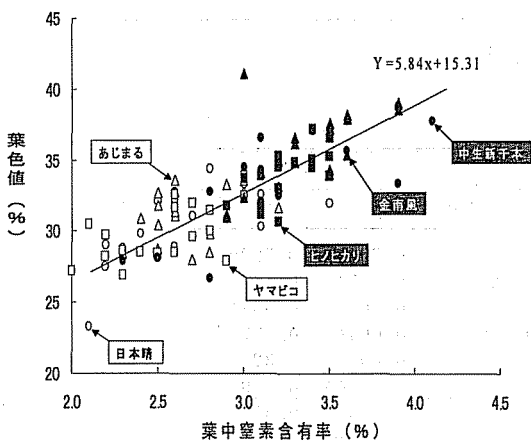


図 1 乳熟期における葉中窒素含有率と葉色値の関係

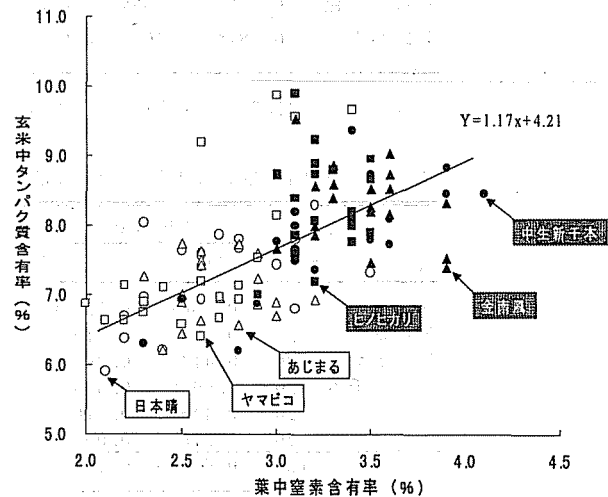


図 2 乳熟期における葉中窒素含有率と玄米中タンパク質含有率の関係

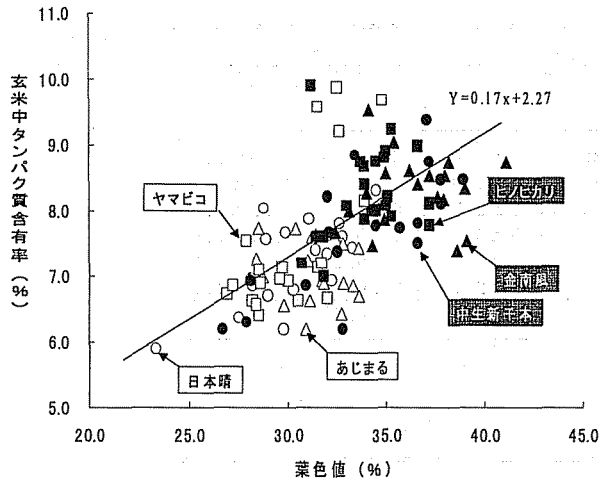


図3 乳熟期における葉色値と玄米中タンパク質含有率との関係

表3に示したように、稈長・穂長・収量構成要素には品種間差が認められたが、全重・精玄米重には有意な品種間差が認められなかった。

玄米中タンパク質含有率には有意な品種間差が認められ、多い順に「金南風」・「ヒノヒカリ」>「中生新千本」≥「日本晴」・「ヤマビコ」≥「あじまる」であった。

図1に乳熟期における葉中窒素含有率と葉色値の関係、図2に同時期の葉中窒素含有率と玄米中タンパク質含有率の関係、図3に同時期の葉色値と玄米中タンパク質含有率の関係を示した。相関係数はそれぞれ0.823, 0.615, 0.619で、1%水準で有意な正の相関があった。「日本晴」・「あじまる」・「ヤマビコ」は乳熟期の葉中窒素含有率および葉色値が低く、玄米中タンパク質含有率も低かったが、「中生新千本」・「金南風」・「ヒノヒカリ」は葉中窒素含有率および葉色値が高く、玄米中タンパク質含有率も高い傾向にあった。

表4 葉中窒素含有率と葉色値、タンパク質含有率の相関(全体)

	減分期N	穂揃期N	乳熟期N	減分期葉色	穂揃期葉色	乳熟期葉色	タンパク質
減分期N	1.000						
穂揃期N	0.282**	1.000					
乳熟期N	0.194*	0.408**	1.000				
減分期葉色	0.520**	0.254**	0.099	1.000			
穂揃期葉色	0.409**	0.700**	0.387**	0.359**	1.000		
乳熟期葉色	0.228**	0.489**	0.823**	0.117	0.441**	1.000	
タンパク質	0.187*	0.407**	0.615**	0.178	0.356**	0.619**	1.000

注) 表中 *は5%, **は1%以下の有意差があることを示す。

表5 品種別・生育段階別の葉中窒素含有率と葉色・タンパク質含有率の相関係数

	個体数	減数分裂期		穂揃期		乳熟期	
		葉色	タンパク質	葉色	タンパク質	葉色	タンパク質
日本晴	20	0.756**	0.591**	0.732**	0.586**	0.707**	0.528*
あじまる	20	0.134	0.019	0.282	-0.229	0.447*	0.170
ヤマビコ	20	0.414	0.269	0.695**	0.417	0.702**	0.534**
中生新千本	20	0.564**	0.383	0.606**	0.650**	0.604**	0.777**
金南風	20	0.446*	0.070	0.704**	-0.012	0.498*	-0.321
ヒノヒカリ	20	0.275	0.098	0.534**	0.251	0.657**	0.089
全体	120	0.520**	0.187*	0.700**	0.407**	0.823**	0.615**

注) 表中 *は5%, **は1%以下の有意差があることを示す。

葉中窒素含有率、葉色値、玄米中タンパク質含有率の関係はそれぞれ以下の回帰式で示された。

$$c=5.84n+15.31$$

$$p=1.17n+4.21$$

$$p=0.17c+2.27$$

上式で、nは葉中窒素含有率、cは葉色値、pは玄米中タンパク質含有率を示す。

各調査時期の葉中窒素含有率、葉色値と玄米中タンパク質含有率の相関を表4に示した。葉中窒素含有率と葉色値の相関は、 $r=0.520, 0.700, 0.823$ と生育が進むにつれて高まった。表5に各調査時期別の葉中窒素含有率と葉色値との品種別相関を示した。減数分裂期では有意な相関の得られない品種もあったが、穂揃期・乳熟期ではほとんどの品種で有意な相関が得られた。

また、表2に示したように、葉中窒素含有率の標準偏差は、生育が進むにつれ増加した。

葉中窒素含有率と玄米中タンパク質含有率との関係も、表5に示したように、全体では、生育が進むにつれて相関が高まる傾向にあり、乳熟期で最も相関が高かった。

考 察

葉中窒素含有率と葉色値の相関はいずれの生育段階においても有意で、葉中窒素含有率と葉色値の相関が生育段階が進むにつれて高くなったが、この原因としては次のことが考えられる。

携帯型葉中窒素測定装置と葉緑素計における計測値の予測標準誤差は、それぞれ0.2%、3.0%であり、データの分散が十分に得られない場合には相関が低くなるものと考えられる。葉中窒素含有率の標準偏差が生育が進むにつれ全体的に大きくなっていることから、分散も大きく、相関係数も高まったと考えられる。

このことは、玄米中タンパク質含有率との関係にも認められ、全体では、生育が進むにつれて相関が高まる傾向にあった。これは、成熟期に近づくにつれて葉中窒素含有率との相関が高まる³⁾一般的な傾向だけでなく、その分散が大きくなったことにも一因があると考えられる。

品種を個別にみても、標準偏差が大きい場合に相関係数が有意になる場合が多かった。これらのことから、今回葉中窒素と玄米中タンパク質含有率との間に相関のみられなかったケースにも、十分なデータのレンジがあれば、有意な相関を見いだされることが期待できる。

また、葉色値が各調査時期の葉中窒素含有率に対応して有意な相関がある品種が多かったことから、今回の供試品種においては、調査時期を同じにした葉中窒素含有率と葉色値

の間には相関があり、品種間差異を考慮することなく成立すると考えられた。

山本ら¹¹⁾は、止葉の葉色は、出穂後10日頃に最も濃くなることを指摘している。今回の調査は上位第2葉を用いたが、「金南風」・「ヒノヒカリ」を除く4品種は同様の傾向を示した。しかし、今回、上記の傾向を外れた「金南風」・「ヒノヒカリ」についても、他の4品種と同様に、乳熟期の葉中窒素含有率、葉色、玄米中タンパク質含有率の回帰に適合していると考えられた。

以上のように、6つの供試品種においては、乳熟期の葉中窒素含有率と葉色値は、品種が異なっても、玄米中タンパク質含有率と高い相関を示し、回帰を外れる品種はなかった。

引用文献

- (1) 稲津脩(1988)：北海道産米の食味向上による品質改善に関する研究：北海道立農試報 66, 35-37
- (2) 本庄一雄(1971)：米のタンパク質含量に関する研究第2報 施肥条件のちがいが玄米のタンパク質含量およびタンパク質総量に及ぼす影響：日作紀 40, 190-196
- (3) 松崎昭夫(1974)：水稲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 A21, 27-129
- (4) 岡本正弘(1994)：炊飯米の粘りに関連する化学成分の育種学的研究：中国農研報 14, 1-68
- (5) 澤田富雄・井上浩一郎・曳野亥三夫・吉川年彦(1991)：混合有機質肥料の施用が水稲の生育・収量・品質に及ぼす影響：兵庫中農技研報(農業) 39, 17-22
- (6) 澤田富雄・吉川年彦・三好昭宏・江藤聡(1996)：携帯型近赤外分析装置による水稲の栄養診断 第2報 葉中窒素と収量・タンパク質含有率の固体別データ解析：第92回土肥学会関西支部講演要旨集, 26
- (7) 澤田富雄・吉川年彦・松原甲(1996)：近赤外低波長域を用いたタンパク質分析：土肥学会講演要旨集 42, 123
- (8) 吉川年彦・永井耕介・田中萬紀穂・松本修・澤正樹(1992)：近赤外分光法による農産物の非破壊品質評価 第4報 米の食味評価：中国農研 83, 86-90
- (9) 吉川年彦・澤田富雄・三好昭宏・江藤聡(1996)：携帯型近赤外分析装置による水稲の栄養診断 第1報 携帯型近赤外分析装置による須藤葉中窒素の測定：第92回土肥学会関西支部講演要旨集, 25
- (10) 吉川年彦・澤田富雄・三好昭宏・小河拓也・中村信彦(1997)：携帯型近赤外分析装置による水稲の栄養診断 第3報 携帯型近赤外分析装置による水稲葉中窒素の測定の精度の向上：土肥学会講演要旨集 43, 102
- (11) 山本寛人・岡本正弘・掘野俊郎・坂井真(1991)：イネの異なる生育時期における葉色と玄米窒素含量との関係：育種学会 41(別1), 212-213