福岡県における水稲品種の窒素吸収特性
第2報 ‘夢つくし’の窒素吸収量と収量

荒木雅登・山本富三・満田幸恵
（生産環境研究所）

福岡県において育成された良食味品種‘夢つくし’の「理想的窒素吸収パターン」を策定するための第一段階として，幼穂形成期，穂揃期および成熟期までの窒素吸収量と収量との関係について明らかにした。その結果，収量性を重視した場合の目標窒素吸収量は，幼穂形成期までに7gm^{-2}，穂揃期までに10.5gm^{-2}，成熟期までに12.5gm^{-2}であった。このときの穂数は㎡当たり450本で，籾数は32,000粒程度と推定され，収量は高収年に600gm^{-2}程度期待できる。さらに，成熟期までの窒素吸収量が13gm^{-2}以上になると倒伏が見られた。
［キーワード：水稲，窒素吸収，夢つくし］

Influence of Varietal Characteristics and Uptake of Nitrogen on the Growth, Yield and Quality of Rice in Fukuoka Prefecture. (2) The Relationship between Nitrogen Uptake and Yield for the Rice Variety of 'YUMETSUKUSHI'. ARAKI Masato, Tomizou YAMAMOTO and Yukie MITSUDA (Fukuoka Agricultural Research Center, Chikushino, Fukuoka 818－8549, Japan) *Bull. Fukuoka Agric. Res. Cent.* 21：11－15 (2002)
To establish the optimum method of fertilization to improve yield and quality of the rice variety ' YUMETSUKUSHI' revealed by Fukuoka Agricultural Research Center, we examined the relationship between the amounts of N uptake at three major growth stages (panicle formation stage, full heading stage and harvest stage) and the yield. The results revealed that the amount of N uptake for achieving maximum yield was 7gm^{-2} at panicle formation stage, 10.5 gm^{-2} at full heading stage and 12.5gm^{-2} at harvest stage and a maximum yield of 600gm^{-2} can be achieved in a high yielding season. During harvest stage, the number of panicles per ㎡ and unhulled rice per ㎡ obserbed were 450 and 32,000 respectively. The lodging of rice plants can be noticed if the amount of N uptake at harvest stage is more than 13gm^{-2}.
[Keyword : Nitrogen uptake, Rice, YUMETSUKUSHI]

緒　言

消費者の良食味米志向を反映して，近年，各地の農業試験場においては，食味の優れる品種の育成が盛んに行われている[3]。福岡県で育成された水稲良食味品種‘夢つくし’[4,10]は，2000年の作付面積が11,900haで，本県水稲作付面積の28%を占めている。生産現場において作付が定着しているばかりでなく，販売の面でも「福岡県産米」として消費者に受け入れられている。米の食味は，米粒中の窒素含有率との間に負の相関があることが知られている[5]。しかし，米粒中の窒素含有率は窒素過剰施肥によって上昇[2]して食味が低下することが，各良食味品種の特徴を生かし切れない一つの要因となっている。今後，米市場における「良食味米」間の競争が激化する中で[12]，‘夢つくし’が生き残ってゆくためには，適正な肥培管理の下で‘夢つくし’の食味評価を高めることが必要と考えられる。

これまで収量・品質の面で合理的な施肥法を確立するため，水稲の「理想的窒素吸収パターン」について‘コシヒカリ’や‘ヒノヒカリ’等の報告[6,8,9]はあるが，‘夢つくし’についてはまだ明らかにされていない。そこで，筆者らは収量や品質を維持した上で，食味水準の向上が期待できる「理想的窒素吸収パターン」を解明するため，‘夢つくし’の各生育時期における窒素吸収量と収量・品質及び食味との関係について検討を行っている。食味に関しては，続報で論じることとして，本報では生育時期別の水稲の窒素吸収量と収量の関係について報告する。

試験方法

1999～2000年に，‘夢つくし’を供試し，福岡県農業総合試験場内の造成水田圃場（県内の4種類の土壌を客土）で試験を実施した。試験圃場の作土の理化学性および試験区の構成についてそれぞれ第1表，第2表に示した。試験区として，速効性肥料による分施区と被覆尿素による1回全量基肥区を設けたが，分施区は県の施肥体系に準じて出穂前20～18日に穂肥の1回目を，その7～10日後に2回目を施用した。分施区で使用した速効性肥料は，1999年は基肥が尿素入り硫加燐安48号（16-16-16），穂肥が尿素入り窒素加里化成2号（16-0-16）で，設定した窒素成分量になるように施用した。なお，不足

第1表　試験圃場の作土の理化学性

圃場	土壌群	土性	pH	EC Sm^{-1}	T-C gkg^{-1}	T-N gkg^{-1}
A	中粗粒灰色低地土	SL	6.2	0.0033	7.8	0.8
B	中粗粒黄色土	SL	5.9	0.0030	2.8	0.3
C	黒ボク土	CL	6.4	0.0059	38.5	2.9
D	細粒灰色低地土	LiC	6.5	0.0047	12.4	1.4

注）県内の農耕地土壌を客土した造成水田圃場.

第2表　試験区の構成

	試験区	施肥量[6] N 基肥	N 穂肥Ⅰ	N 穂肥Ⅱ	P_2O_5 基肥	K_2O 基肥	K_2O 穂肥Ⅰ	K_2O 穂肥Ⅱ	土壌の種類と試験区設置の有無 中粗粒灰色低地土	中粗粒黄色土	黒ボク土	細粒灰色低地土
1999年	L100-10[1]	10.0	0.0	0.0	8.0	8.0	－	－	○	○	○	○
	L100- 8[1]	8.0	0.0	0.0	8.0	8.0	－	－	○	○	○	○
	L100- 6[1]	6.0	0.0	0.0	8.0	8.0	－	－	○	○	○	○
	無窒素	0.0	0.0	0.0	8.0	8.0	－	－	○	○	○	○
	8+4+0	8.0	4.0	0.0	8.0	8.0	4.0	－	○	－	－	－
	8+2+2	8.0	2.0	2.0	8.0	8.0	2.0	2.0	○	－	－	－
	6+4+0	6.0	4.0	0.0	6.0	6.0	4.0	－	○	－	－	－
	6+2+2	6.0	2.0	2.0	6.0	60	2.0	2.0	○	－	－	－
	L100-12[1]	12.0	0.0	0.0	8.0	8.0	－	－	○	－	－	－
	L100-6+S80-2[2]	8.0	0.0	0.0	8.0	8.0	－	－	○	－	－	－
	L100-4+S80-4[2]	8.0	0.0	0.0	8.0	8.0	－	－	○	－	－	－
	L100- 4[1]	4.0	0.0	0.0	8.0	8.0	－	－	○	－	－	－
2000年	L30- 6+S80-2[3]	8.0	0.0	0.0	8.0	8.0	－	－	○	○	○	○
	L30- 4+S80-4[3]	8.0	0.0	0.0	8.0	8.0	－	－	○	○	○	○
	分施	6.0	2.0	2.0	8.0	8.0	－	－	○	○	○	○
	無窒素	0.0	0.0	0.0	8.0	8.0	－	－	○	○	○	○
	L30-10+S80-4[3]	14.0	0.0	0.0	8.0	8.0	－	－	○	－	－	－
	L30- 8+S80-4[3]	12.0	0.0	0.0	8.0	8.0	－	－	○	－	－	－
	L30- 6+S80-4[3]	10.0	0.0	0.0	8.0	8.0	－	－	○	－	－	－
	基肥 +S80-4[4]	10.0	0.0	0.0	8.0	8.0	－	－	○	－	－	－
	L30-4 +S80-3[3]	7.0	0.0	0.0	8.0	8.0	－	－	○	－	－	－
	L30-4 +S80-2[3]	6.0	0.0	0.0	8.0	8.0	－	－	○	－	－	－
	L30-4 + 穂肥[5]	4.0	2.0	2.0	8.0	8.0	－	－	○	－	－	－
	L30-12+S80-2[3]	14.0	0.0	0.0	8.0	8.0	－	－	○	－	－	－

1) LPコート100号を基肥で施用。
2) LPコート100号とLPコートS80号を基肥で施用。L100－及びS80－後の数字は施用量を表す。
3) LPコート30号とLPコートS80号を基肥施用。
4) 窒素成分量で化成肥料6gm^{-2}とLPコートS80号を4gm^{-2}基肥施用。
5) LPコート30号を基肥施用。
6) 施肥量の単位はgm^{-2}。

第3表　耕種概要

年次	施肥代かき	移植	穂肥1回目	穂肥2回目	出穂	収穫	分析試料採取日 幼穂形成期	穂揃期	成熟期
1999年	6/ 8	6/10	7/27	8/ 4	8/12	9/20	7/27	8/20	9/20
2000年	6/ 6	6/ 8	7/25	8/ 1	8/ 9	9/18	7/24	8/17	9/18

分のりん酸は過燐酸石灰（0-17-0）で，加里は塩化加里（0-0-60）で補った。2000年の分施区の速効性窒素肥料は硫安（21-0-0）で，りん酸と加里については苦土入りりん酸加里高度化成40号（0-20-20）で施用した。なお，被覆尿素区については第2表の脚注のとおり溶出日数の異なるリニアタイプおよびシグモイド型80日（日数は窒素成分の80％溶出に要する日数）タイプを使用した。施肥は全面全層とし，移植は6月上旬に1株4本を栽植密度20.8本m^{-2}で，手植えした。その他の耕種概要を第3表に示した。幼穂形成期（最長茎幼穂約2～3mm），穂揃期に平均茎数株を1区当たり5株，成熟期に10株を採取し，穂揃期以降は茎葉と穂に分け，乾物重を測定後，粉砕し分析試料とした。全窒素の分析は，ケルダール分解後，水蒸気蒸留法で行った。

結果および考察

1　気象経過と生育概況

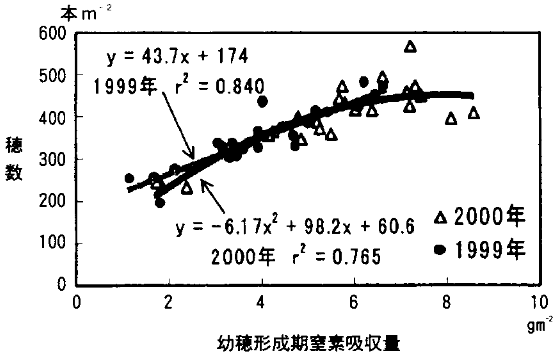
1999年は，移植後から7月5半旬にかけて低温寡照気味で推移した。7月6半旬以降の気温は平年並であったが，著しい寡照で経過した。その後も寡照傾向は成熟期にかけて続いた。初期生育は良好であったが，登熟期間中の寡照のため登熟歩合が低下した。2000年は移植から6月6半旬までは高温寡照，さらに7月6半旬までは高温多照で経過したことから，茎数は多めで推移した。登熟期については，8月5半旬から9月3半旬にかけてが高温で推移したために乳・心白米の発生が見られた。

なお，県内水稲の作況指数は1999年で88，2000年104であった。

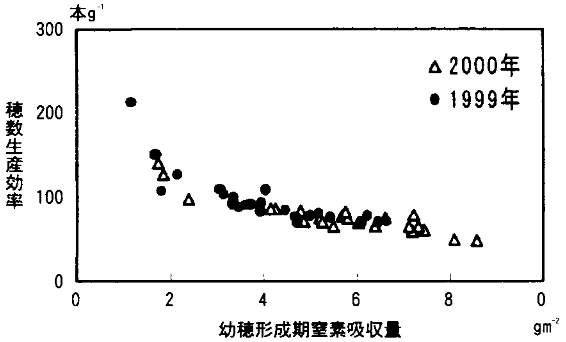
2　幼穂形成期までの窒素吸収量と穂数

幼穂形成期までの窒素吸収量は，最小1.2gm^{-2}，最大8.6gm^{-2}でm²当たり穂数は200～570本であった。

幼穂形成期までの窒素吸収量と穂数との関係を第1図に示した。既に報告されている[7~11]ように，幼穂形成期までの窒素吸収量が増加するに従って、水稲の穂数は増加する傾向にあった。各年次の回帰曲線（直線）から，窒素吸収量と穂数との関係を比較すると，窒素吸収量3～6gm^{-2}の範囲では，窒素吸収量に対応する穂数は，両年次でほぼ一致した。すなわち，6gm^{-2}程度までは窒素吸収量が増加するにしたがって直線的に穂数が310～440本まで増加した。一方，6～9gm^{-2}の範囲については2000年の回帰曲線を適用すると，窒素吸収量7gm^{-2}でm²当たり穂数



第1図　幼穂形成期までの窒素吸収量と穂数との関係



第2図　幼穂形成期までの窒素吸収量と穂数生産効率との関係

注）穂数生産効率（本g^{-1}）は穂数（本m^{-2}）を幼穂形成期窒素吸収量（gm^{-2}）で除したもの。

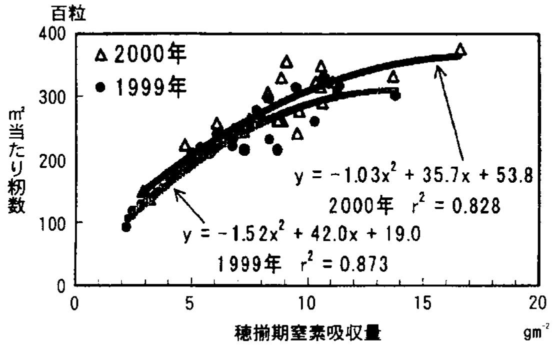
は450本に達し，それ以上となっても穂数の増加は停滞すると推定された。

また，幼穂形成期までに水稲に吸収された窒素の穂数生産効率と窒素吸収量の関係について検討した結果，同一窒素吸収量での穂数生産効率は1999年と2000年で差はないと考えられた（第2図）。

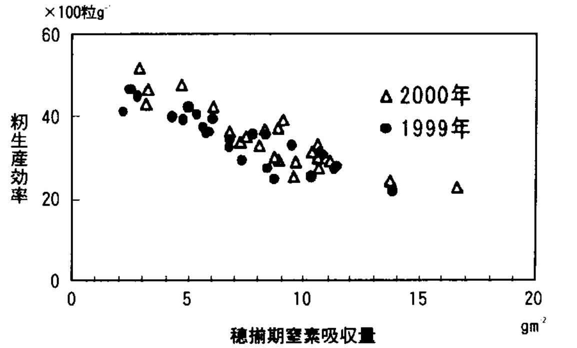
3　穂揃期までの窒素吸収量と籾数

穂揃期までの窒素吸収量は，2.2～16.6gm^{-2}で，m^{2}当たり籾数は，9,100～37,600粒の範囲にあった。

穂揃期までの窒素吸収量とm^{2}当たり籾数との関係を第3図に示した。m^{2}当たり籾数と出穂期までの窒素吸収量との間には，既報[8,11]と同様の高い正の相関が見られた。



第3図　穂揃期までの窒素吸収量とm^{2}当たり籾数との関係



第4図　穂揃期までの窒素吸収量と籾生産効率との関係

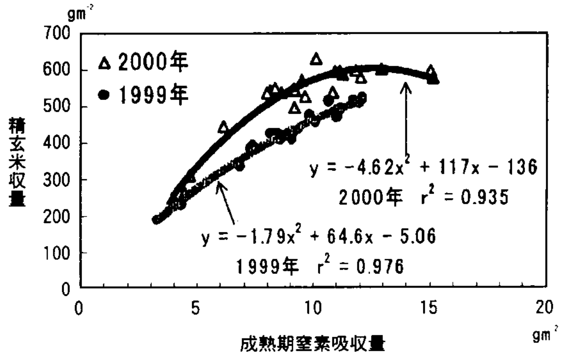
注）籾生産効率（×100粒g^{-1}）は籾数（×100粒m^{-2}）を穂揃期窒素吸収量（gm^{-2}）で除したもの。

両者の関係を表す年次別の回帰曲線によると，1999年では窒素吸収量12gm^{-2}のときのm^{2}当たり籾数は30,000粒で，13gm^{-2}に達すると籾数31,000粒m^{-2}となり，籾数の増加は停滞した。これに対して，2000年については窒素吸収量12gm^{-2}のときm^{2}当たり籾数は33,000粒，13gm^{-2}のとき34,000粒，14gm^{-2}のとき35,000粒で，15gm^{-2}で36,000粒m^{-2}に達するまで，窒素吸収量の増加に伴い籾数は増加し続けると推定された。すなわち，両年度を比較すると高収年の2000年では穂揃期までの窒素吸収量が12gm^{-2}を超える水準でも，1gm^{-2}増加する毎にm^{2}当たり籾数に1,000粒程度の増加が見込める一方，低収年の1999年では籾数の増加はほとんど見込めないと考えられた。

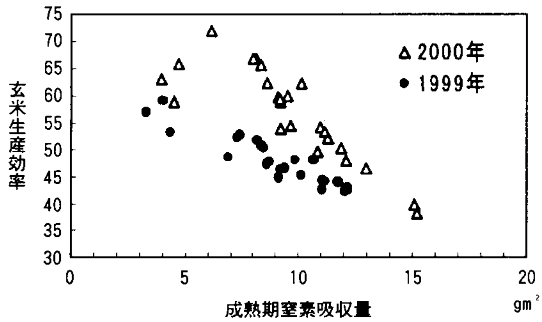
穂揃期までの窒素吸収量と籾生産効率との関係を第4図に示した。同一窒素吸収量で籾生産効率を年次間でプロットの分布で比較すると1999年が，2000年よりも若干低い傾向にあり，窒素当たりの穂数生産効率は両年で差がなかった（第2図）ことから，これは同一窒素吸収量での1穂籾数の差を反映したものであると考えられた。

4　成熟期までの窒素吸収量と収量

成熟期までの窒素吸収量と精玄米収量との関係を第5図に示した。成熟期までの窒素吸収量は3.3～15.2gm^{-2}の範囲で，精玄米収量は190～630gm^{-2}であった。年次別の回帰曲線によると1999年は3.3～12.2gm^{-2}の範囲で窒素吸収量増に伴って収量は増加し続けたが，2000年については窒素吸収量12gm^{-2}程度で収量が600gm^{-2}で最大に達し，

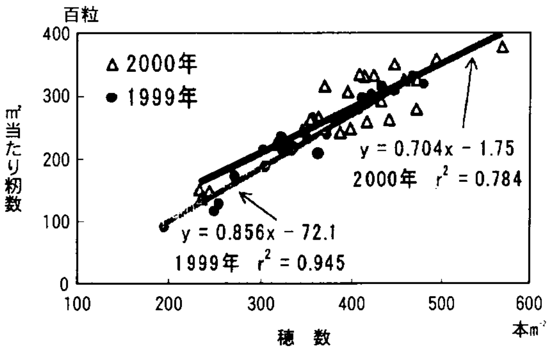


第5図　成熟期までの窒素吸収量と精玄米収量との関係

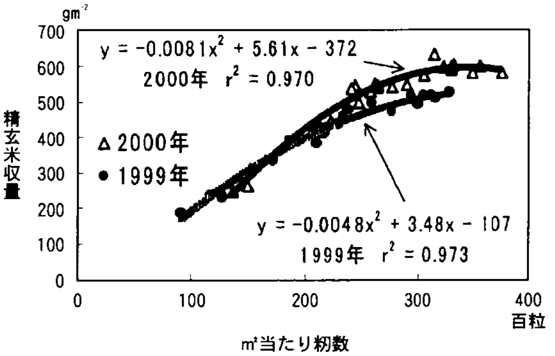


第6図 成熟期までの窒素吸収量と玄米生産効率との関係

注）玄米生産効率は精玄米収量（gm^{-2}）を成熟期窒素吸収量（gm^{-2}）で除したもの。



第7図 穂数とm^{2}当たり籾数との関係



第8図 m^{2}当たり籾数と精玄米収量との関係

収量増加は停滞した。すなわち，成熟期までの窒素吸収量が11gm^{-2}のとき，低収年であった1999年の490gm^{-2}に対して高収年の2000年では590gm^{-2}で100gm^{-2}の差があり，12gm^{-2}のときにはそれぞれ，510gm^{-2}，600gm^{-2}で高収年には窒素吸収量がこれ以上増加しても収量の増加は見込めないと推定された。

さらに成熟期までの窒素吸収量と玄米生産効率との関係を第6図に示した。同一窒素吸収量で比較すると，2000年の方が1999年よりも玄米生産効率が顕著に高かったが，これは上述の穂揃期までに吸収した窒素の籾生産効率が両年次で異なったこと，および成熟期までの同一窒素吸収量での登熟歩合が2000年の方が高い傾向にあったこと（データ略）に起因していると考えられた。

5 各生育時期別の目標窒素吸収量

穂数とm^{2}当たり籾数，m^{2}当たり籾数と精玄米収量の関係についてそれぞれ第7図，第8図に示した。前報で‘つくし早生’と‘ほほえみ’についても報告[1)]したとおり，各年次の穂数とm^{2}当たり籾数との関係は1次回帰直線で表され，m^{2}当たり籾数と精玄米収量については2次回帰曲線で表された。籾数が過多となると倒伏の発生，登熟歩合の低下等により減収するとの報告[8)]があるが，2000年においてm^{2}当たり籾数が31,000粒m^{-2}を越えた場合に倒伏するケースがあり，33,000粒を越えての倒伏は収量に影響を及ぼした（データ略）。倒伏した場合の成熟期までの窒素吸収量は13gm^{-2}を越えており，第5図の2000年の回帰曲線では窒素吸収量が12.5gm^{-2}付近で収量は極大値を示し，それ以上となると収量が減少に転じた。すなわち，最大収量を得るための成熟期までの目標窒素吸収量は12.5gm^{-2}であると判断された。

第8図において年次別の回帰曲線から1999年と2000年では収量レベルは異なったが，m^{2}当たり籾数が32,000粒程度で籾数の増加に伴う収量の増加割合は減少し，籾数がそれ以上となっても収量はほとんど増加しないと推定された。よって目標籾数はm^{2}当たり32,000粒と設定でき，この籾数に対応する穂数は，第7図からm^{2}当たり450本と考えられた。さらに，この穂数の確保のためには，第1図から幼穂形成期までに窒素吸収量を7gm^{-2}要すると推定された。ただし，第3図からm^{2}当たり籾数32,000粒に対応する穂揃期までの窒素吸収量は試験年次による籾生産効率が異なったため想定できなかった。そこで，穂揃期までの期間を幼穂形成期までと幼穂形成期以降穂揃期までの2期間に分けて解析を行った。2ヶ年を込みにして，幼穂形成期までの窒素吸収量と幼穂形成期から穂揃期にかけての窒素吸収量を説明変数としてm^{2}当たり籾数を推定する重回帰分析を行ったところ，下記の推定式が得られた。

$y=29.8x_1+8.72x_2+82.0$　$R=0.943^{**}$

y：m^{2}当たり籾数（×100粒）

x_1：幼穂形成期までの窒素吸収量（gm^{-2}）

x_2：幼穂形成期～穂揃期までの窒素吸収量（gm^{-2}）

**：1%水準

この重回帰式から幼穂形成期までの窒素吸収量が7gm^{-2}で，m^{2}当たり籾数32,000粒のとき，幼穂形成期～穂揃期までの窒素吸収量は3.5gm^{-2}程度と推定され，このことから穂揃期までの目標窒素吸収量は10.5gm^{-2}と考えられた。

以上の結果から，収量性を重視した場合，目標窒素吸収量は幼穂形成期まで7gm^{-2}，穂揃期で10.5gm^{-2}，そして成熟期までに12.5gm^{-2}で，m^{2}当たり籾数と穂数は32,000粒，450本が指標となると考えられた。またこのときの収量は，年次によって変動するが高収年では600gm^{-2}程度が期待できると考えられた。

今後，食味を加味した上で「理想的窒素吸収パターン」を設定するに当たっては，窒素吸収量と食味官能評価や米粒中の窒素含有率についての調査結果を踏まえて，明らかにする必要がある。

引用文献

1）荒木雅登・田中浩平・山本富三（2002）福岡県における水稲品種の窒素吸収特性．第1報 良食味早生

品種‘ほほえみ’，‘つくし早生’の収量および品質面からみた望ましい窒素吸収パターン．福岡農総試研報 21:6—10.
2）本庄一雄（1971）米のタンパク含量に関する研究．第2報　施肥条件のちがいが玄米のタンパク質含有率およびタンパク質総量に及ぼす影響．日作紀 **40**: 190—196.
3）堀末登（1997）品質の高度化・多様化に対応した優良品種の開発．農業及び園芸 **72**:159－165.
4）今林惣一郎・浜地勇次・古野久美・西山壽・松江勇次・吉野稔・吉田智彦（1995）水稲新品種‘夢つくし’の育成．福岡農総試研報 **14**:1—10.
5）石間紀男・平宏和・平春枝・御子柴穆・吉川誠次（1974）米の食味に及ぼす窒素施肥および精米中のタンパク質含有率の影響．食総研報 **29**：9—15.
6）角重和浩・山本富三・井上恵子・末信真二・田中浩平（1993）水稲品種ヒノヒカリの窒素吸収パターンの解析．第4報　望ましい窒素吸収パターンの策定．九農研 **55**:50.
7）松崎昭夫（1975）水稲の葉令指数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.
8）深山政治・岡部達雄（1984）水稲の品種特性と最適窒素保有量．土肥誌 **55**:1—8.
9）深山政治・岡部達雄（1979）稚苗移植水稲の施肥法とその地域性．第1報　水稲の生育時期別最適窒素保有量よりみた窒素の施肥法．千葉農試研報 **20**: 111—131.
10）尾形武文・住吉強・松江勇次・浜地勇次（1995）水稲新品種‘夢つくし’の食味及び理化学的特性．福岡農総試研報 **14**：11—13.
11）和田源七（1969）水稲収量成立におよぼす窒素栄養の影響．農技研報 **A16**:27—167.
12）八巻正（1997）市場競争下における米産地の対応．農業及び園芸 **72**:224－230.