

福岡県における水稻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 および玄米窒素含有率からみた望ましい窒素吸収パターン

荒木雅登・山本富三・田中浩平¹⁾
(生産環境研究所)

福岡県における良食味早生品種‘ほほえみ’と‘つくし早生’の収量と玄米窒素含有率からみた合理的施肥法の確立を目的として、両品種の幼穂形成期、穂揃期および成熟期までの窒素吸収量と、生育・収量および玄米窒素含有率との関係について検討した。その結果、収量および玄米窒素含有率の両面から望ましい窒素吸収量の目標値とこれに対応する収量レベルは

- 1 ‘ほほえみ’で幼穂形成期に 5.5gm^2 、穂揃期 9.5gm^2 、成熟期 11.5gm^2 で収量水準は 550gm^2 、目標初数は m^2 当たり30,000粒、
- 2 ‘つくし早生’では幼穂形成期に 7gm^2 、穂揃期 10gm^2 、成熟期に 10.5gm^2 で、収量水準は 560gm^2 程度で m^2 当たり初数は26,000粒であった。

また、‘ほほえみ’よりも‘つくし早生’の方が、窒素の玄米生産効率が高く、成熟期窒素吸収量が同一の場合、収量が高かった。

[キーワード：玄米窒素含有率，水稻，窒素吸収，早生品種]

Influence of Varietal Characteristics and Uptake of Nitrogen on the Growth, Yield and Quality of Rice in Fukuoka Prefecture.(1) The Optimum Pattern of Nitrogen Uptake for Stable Yield and Nitrogen Content in Brown Rice of Early Varieties of ‘HOHOEMI’ and ‘TSUKUSHIWASE’. ARAKI Masato, Tomizou YAMAMOTO and Kohei TANAKA (Fukuoka Agricultural Research Center, Chikushino, Fukuoka 818 - 8549, Japan) *Bull. Fukuoka Agric. Res. Cent.* 21 : 6 - 10 (2002)

To establish the optimum method of fertilization recommendation for improvement of yield and inhibition of increasing N content in brown rice, a study was conducted to know the relationship between the amounts of nitrogen (N) uptake at three major growth stages and yield and N content in two early brown rice varieties namely ‘HOHOEMI’ and ‘TSUKUSHIWASE’. The results revealed that, at the same level of N uptake at harvest stage of both the varieties, the yield and N use efficiency of ‘TSUKUSHIWASE’ brown rice was higher than that of ‘HOHOEMI’. The optimum pattern of N uptake for achieving high yield and low N content in brown rice was as follows: (1) The optimum amount of N uptake at panicle formation stage, full heading stage and at harvest stage was 5.5 , 9.5 and 11.5gm^2 respectively for ‘HOHOEMI’ variety. (2) In case of ‘TSUKUSHIWASE’ variety, the optimum amount of N uptake at panicle formation stage, full heading stage and at harvest stage was 7 , 10 and 10.5gm^2 respectively. Further, the total yield and number of spikelets per m^2 for ‘HOHOEMI’ were 550gm^2 and 30,000 and that of ‘TSUKUSHIWASE’ were 560gm^2 and 26,000 respectively.

[Keyword : Brown rice, Early variety, Nitrogen content, Nitrogen uptake, Rice]

緒 言

福岡県における水稻の品種別作付比率は、2000年には極早生の‘夢つくし’と中生の‘ヒノヒカリ’の2品種で約75%に達し、作付品種の偏りが年々顕著になっている。しかし、気象災害の回避や作業の効率化および共同乾燥調製施設の効率の利用を図る上では、熟期の異なる数品種を作付することが不可欠である。本県においては、日本晴に代わる良食味早生品種として1994年に‘ほほえみ¹⁰⁾’を、1995年に‘つくし早生¹¹⁾’を準奨励品種に採用して普及を開始した。しかし、生産現場においては収量や食味の変動が大きいことから、作付が伸び悩んでいるのが現状である。

収量や食味に対する施肥の影響は大きく、品種の特性に応じた合理的な肥培管理により、収量と品質を高水準で安定させることが求められている。合理的施肥法を確立するためには、水稻の「理想的窒素吸収パターン」を明らかにする必要があるが、これは水稻の最適な生育相とそれに応じた時期別の窒素吸収量との関係^{2,8,12,18)}を元に提唱されているもので、これまでに‘コシヒカリ’や‘ササニシキ’について論じられている。県内作付品種では‘ヒノヒカリ’について、すでに時期別の窒素吸収量と生育・食味等の関係^{6,7,14,16)}が明らかにされており、‘ヒノヒカリ’の収量安定と品質向上に大きく寄与している。‘ほほえみ’と‘つくし早生’についても単位面積当たり初数や米粒中のタンパク質含有率の目標値は明らかにされている^{4,7)}が、収量と品質を安定させる合理的施肥のための窒素吸収パターンは明らかにされていない。

1) 現豊前分場

生産現場においては、土壌の窒素供給量が各々の水田で異なるが、水稻の各品種の高品質安定生産のための窒素吸収パターンを解明することによって、各水田毎の適正窒素施肥量の決定が可能となる^{9,18)}。すなわち、生育段階毎の水稻が要求する窒素量から各々の水田土壌の窒素供給量を差し引いた量に窒素利用率を除することで、地力に応じた施肥量を算出することができる。また、穂肥を施用する場合、水稻の窒素栄養状態を診断する上での指標となり、収量安定と食味向上を図るためには極めて重要である。さらに、近年肥効調節型肥料を用いた全量基肥施用法が普及しているが、この場合、使用する肥料の溶出タイプの選択や配合割合、施肥量を決定する上でも生育時期別の理想的な窒素吸収量を明らかにすることが必要である。

そこで本報では、両品種の生育時期別の窒素吸収量と収量・玄米窒素含有率等の関係について検討し、品種の特性を生かした望ましい窒素吸収パターンを明らかにした。

試験方法

1995～1997年に、福岡県農業総合試験場内の水田において‘つくし早生’および‘ほほえみ’を供試し、施肥窒素量を変えて栽培した(試験1)。施肥窒素量は、基肥を0, 2, 4, 5, 6, 7g^m⁻²の6水準、穂肥(1回目+2回目)を0+0, 2+1.5g^m⁻²の2水準とした。‘つくし早生’については、試験1に加えて1996～1998年に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)で施肥窒素量を基肥0, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 16g^m⁻²、穂肥を0+0, 2+2, 3+3, 4+4g^m⁻²とし全施肥窒素量を0～24g^m⁻²に変えた試験区を設けて検討した(試験2)。試験圃場の作土の理化学性を第1表に示した。穂肥時期は、

第1表 試験実施圃場の土壌の理化学性

	土 壌	土性	T-C	T-N	CEC
			gkg ⁻¹	gkg ⁻¹	cmol(+)kg ⁻¹
試験1	中粗粒灰色低地土	SL	13.4	1.4	12.08
	中粗粒灰色低地土	SL	23.1	2.1	15.30
	中粗粒灰色低地土	SL	7.8	0.8	9.91
試験2	中粗粒黄色土	SL	2.8	0.3	7.91
	黒ボク土	CL	38.5	2.9	30.93
	細粒灰色低地土	LiC	12.4	1.4	21.29

注) 試験2は、県内の農耕地土壌を客土した造成水田圃場にて実施。

施肥基準に準じ、出穂前20～18日に1回目を、その7～10日後に2回目を施用した。使用した肥料は、基肥に尿素入り硫加燐安48号(16-16-16)、穂肥に尿素入り窒素加里化成2号(16-0-16)を用いて設定した窒素成分量になるように施用し、施肥基準量より不足する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。なお、一部の区の基肥窒素には被覆尿素LPコート100号(40-0-0)、LPコートS100号(40-0-0)、LPコートSS100号(40-0-0)を用いた。移植は6月中旬にm²当たり栽植密度を20.8～22.0本として1株4本を手植えで行った。

た。幼穂形成期(最長茎幼穂約2～3mm)および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、粉碎し分析試料とした。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。搗精は試験用小型精米機(サタケ社ツーインワンパス)で搗精歩合が90%となるよう行った。

結果および考察

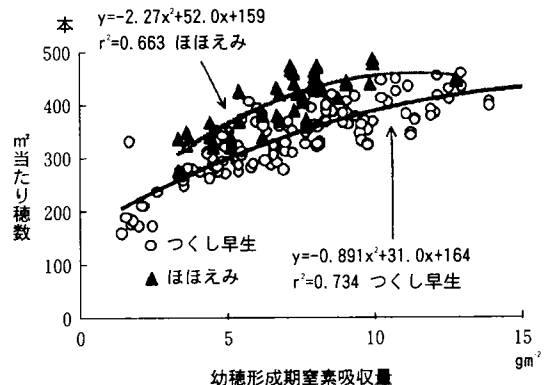
1 気象経過と作柄

4か年とも試験期間の気象は概ね良好で、収量に著しく影響を及ぼす台風の接近もなかった。ただし、1998年は、9月上旬～10月上旬が平年に比べ高温で経過し、9月上旬～中旬の日照時間も平年を大きく上回り、登熟期間中の気象経過が他の3か年と比べてやや特異的であった。なお、県内の水稻の作柄は1995年で作況指数103、1996年で104、1997年99、1998年103であった。

2 幼穂形成期までの窒素吸収量と穂数

試験を実施した4か年の稲作期間を通して、低温寡照や高温多照等の異常気象や台風被害はなかったため、4年間を込みにして解析を行った。

‘つくし早生’と‘ほほえみ’の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。水稻の穂数は、生育前半の稲体窒素吸収量と相関が高い^{11,19)}が、本試験においても窒素吸収量が増加するに従って、穂数は増加する傾向にあった。また、幼穂形成期までに吸収された窒素の穂数生産効率は品種により異なる¹⁹⁾ことが報告されているが、‘ほほえみ’は幼穂形成期までの窒素吸収量が11.5g^m⁻²以上になると穂数の増加が停滞するのに対し、‘つくし早生’では14g^m⁻²まで窒素吸収量の増加に伴って穂数が増加した。また、同じ穂数を確保するためには‘つくし早生’が‘ほほえみ’よりも多くの窒素吸収量を要することから、同一圃場で同一窒素施肥量の場合、‘ほほえみ’の方が穂数の確保が容易であると考えられた。

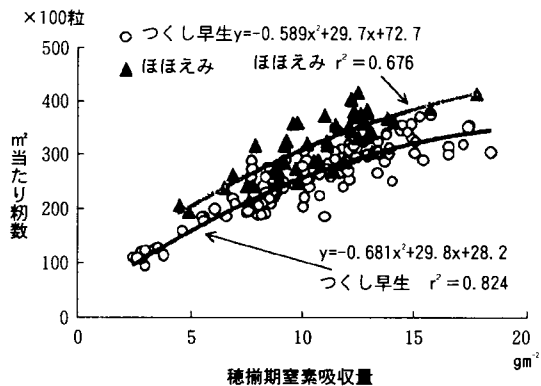


第1図 幼穂形成期までの窒素吸収量と穂数との関係

3 穂揃期までの窒素吸収量と初数

穂揃期までの窒素吸収量とm²当たり初数との関係を第2図に示した。m²当たり初数と出穂期前後の窒素吸収量との間には高い相関があることが報告されている^{13,19)}よ

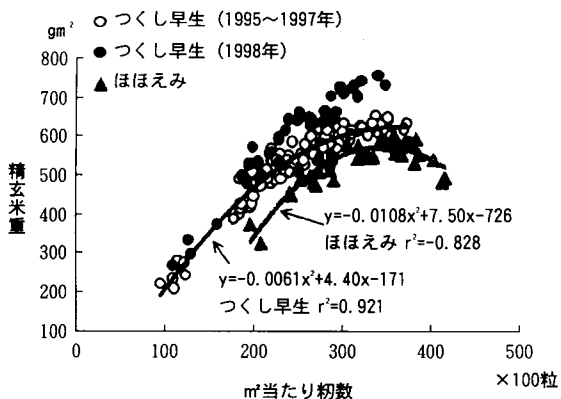
うに、本試験でも窒素吸収量が多いほど㎡当たり粒数は増加した。同じ粒数を確保するためには‘つくし早生’の方が‘ほほえみ’よりも窒素吸収量が多く必要であったことから‘つくし早生’は‘ほほえみ’よりも粒生産効率が低い品種であることが示唆された。また、両品種とも窒素吸収量が、15g㎡を超えると窒素吸収量の増加に伴う粒数の増加割合は次第に小さくなるものの、18g㎡程度までは増加し続けると推定された。



第2図 穂揃期までの窒素吸収量と粒数との関係

4 収量面を重視した窒素吸収パターン

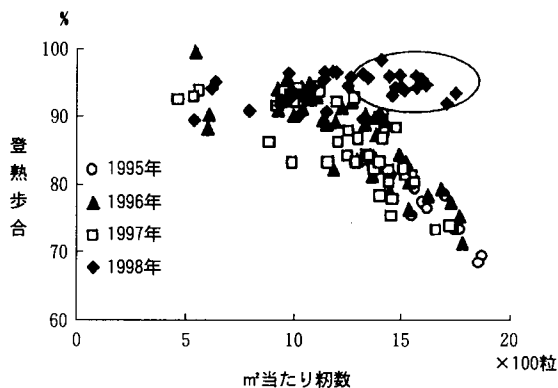
‘つくし早生’および‘ほほえみ’の㎡当たり粒数と収量の関係を第3図に示した。試験を行った4か年の中で1998年の‘つくし早生’については他の年次と傾向が異なり、同じ粒数レベルでの収量が高かった。その要因としては、1998年の‘つくし早生’は、㎡当たり粒数が26,000~35,000粒と多くても登熟歩合は90%以上と高く、他の年次と傾向が大きく異なったためと考えられた(第4図)。これは、1998年が他の3ヶ年に比べて登熟期間の気温が高く、登熟中期の日照時間が多かったことに起因



第3図 粒数と収量との関係

するものと考えられた。そこで、‘つくし早生’の収量については1998年のデータを除外して解析を行った。

㎡当たり粒数が過多となると倒伏の発生や登熟歩合の低下等により減収する¹³⁾が、第3図から‘ほほえみ’は㎡当たり34,000~35,000粒程度で収量は最大となり、それ以上になると減収すると推定された。一方、‘つくし早生’では粒数が32,000粒以上になると収量増加が停滞す



第4図 ㎡当たり粒数と登熟歩合との関係

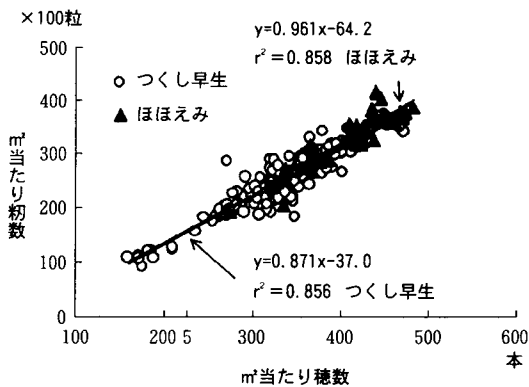
注) 品種は‘つくし早生’

るものの、本試験で得られた粒数の範囲内では大きく減収することはなかった。

以上の結果から、収量性を重視した場合の目標粒数は、‘ほほえみ’では㎡当たり34,000粒、‘つくし早生’では32,000粒で、これらに対応する収量は各々580g㎡、620g㎡であった。また、この目標粒数を確保するために必要な穂揃期までの窒素吸収量は第2図から、‘ほほえみ’では12g㎡、‘つくし早生’では15g㎡と推定された。

粒数と穂数との関係を第5図に示した。粒数と穂数との関係は一次回帰式で表され、この回帰式から上記の目標粒数を確保するためには、‘ほほえみ’で㎡当たり420本、‘つくし早生’で410本程度の穂数が必要であった。この穂数を確保するためには、第1図の回帰式から幼穂形成期までに各々窒素吸収量7.5g㎡、12g㎡を要すると推定された。

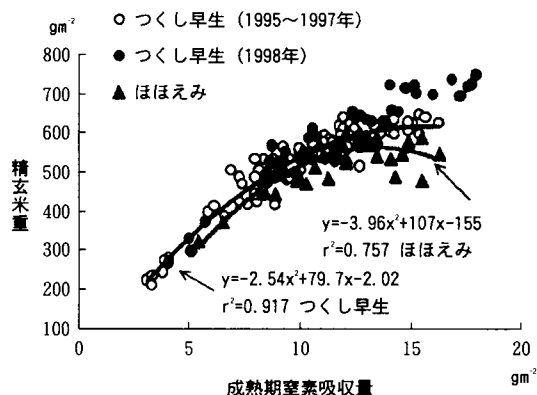
成熟期までの窒素吸収量と精玄米収量の関係を第6図



第5図 粒数と穂数との関係

に示した。試験を行った4か年の中で1998年の‘つくし早生’については他の3か年に比べて同一窒素吸収量における収量がやや高く、窒素吸収量レベルが高い程この傾向が顕著であったが、これは先に論じたように、登熟期間中の気象経過に起因するものと考えられた。そのため‘つくし早生’の収量については1998年のデータを除外して解析を行った。

水稻の成熟期までの窒素吸収量と収量との間には密接な関係がある¹⁹⁾が、両者の関係は‘つくし早生’、‘ほほえみ’ともに二次回帰式で表された。‘ほほえみ’では、



第6図 成熟期までの窒素吸収量と収量との関係

窒素吸収量の増加に伴う収量の増加は 13.5g/m^2 で停滞するが、'つくし早生'は 15.5g/m^2 程度まで収量は増加した。これは、'ほほえみ'では窒素吸収量の増加に伴い籾数が過剰となり屑米歩合が高くなり、収量の増加が停滞するのに対して、'つくし早生'は玄米千粒重が大きく、粒厚が厚いため¹⁾、籾数過剰によって多少粒が小さくなくても屑米となりにくいことが要因の一つとして考えられた。また、一般に多肥条件下では、倒伏のため登熟不良等により減収するが、'つくし早生'は短稈で耐倒伏性が優れている¹⁾。本試験において'ほほえみ'では窒素吸収量が 14g/m^2 を越えると倒伏が見られたが、'つくし早生'では最大 18.5g/m^2 であっても倒伏が認められなかったことも、収量の極大ピークがほほえみよりも窒素吸収量の高水準側にあることの一因と考えられた。また、同じ窒素吸収量のレベルで収量を比較すると、'つくし早生'は'ほほえみ'よりも収量が高く、玄米生産効率の高い品種であると判断された。

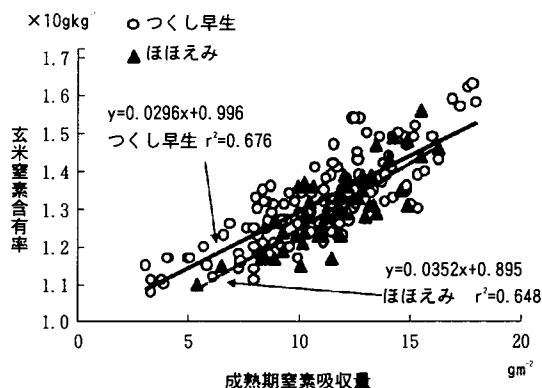
収量性を重視した場合の成熟期までの目標窒素吸収量は、上記の収量目標と第6図の回帰式から、'ほほえみ'で 13.5g/m^2 、'つくし早生'で 15.5g/m^2 程度と考えられた。

5 玄米窒素含有率からみた望ましい窒素吸収パターン

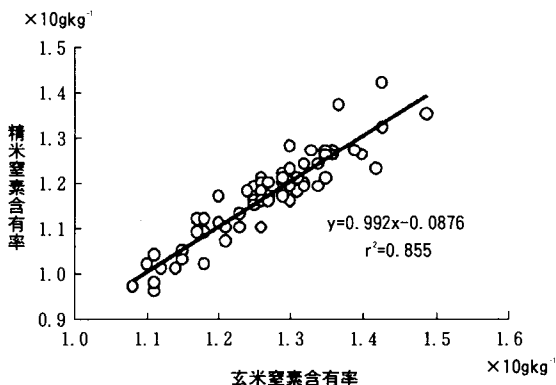
成熟期までの窒素吸収量と玄米窒素含有率との関係を第7図に示した。米の食味に最も影響を及ぼす米粒中含有成分は窒素であり、窒素含有率が高いほど食味は劣る^{3,9)}ことから、現在、福岡県内に作付されている数品種について、米粒中窒素含有率(タンパク質含有率)の良食味米目標上限値が提唱されている^{4,5,16,17)}。その目標値は'ほほえみ'については、玄米中で $13\text{g/kg}^{17)}$ 、'つくし早生'については玄米窒素含有率での報告はないが、精米タンパク質含有率が $72\text{g/kg}-1$ である⁴⁾。第8図に'つくし早生'の玄米窒素含有率と精米窒素含有率との関係を示した。両者の間には高い正の相関が認められ、得られた回帰式から精米タンパク質含有率目標値 72g/kg^{1} は玄米窒素含有率で 13.1g/kg^{1} 程度と推定された。これは'ほほえみ'の 13g/kg^{1} とほぼ同水準であった。

そこで、これまで論じてきた収量性重視の窒素吸収パターンに基づいて、成熟期までの窒素吸収量を'ほほえみ'で 13.5g/m^2 、'つくし早生'で 15.5g/m^2 として第7図の回帰式に適用した。推定された玄米窒素含有率は、各々

13.7g/kg^{1} 、 14.5g/kg^{1} で、これらは良食味米目標上限値を $0.7\sim 1.4\text{g/kg}^{1}$ 程度上回り食味の低下が懸念される。したがって、目標とする食味水準を確保するためには、窒素吸収量の目標値を収量面を重視した場合よりも少なく設定する必要がある。



第7図 成熟期までの窒素吸収量と玄米窒素含有率との関係



第8図 玄米窒素含有率と精米窒素含有率との関係

注) 品種は'つくし早生'

そこで、まず、上記の玄米窒素含有率の良食味米目標上限値に対応する成熟期までの窒素吸収量を第7図から推定した。その結果、'ほほえみ'では 11.5g/m^2 、'つくし早生'で 10.5g/m^2 であった。これに対応する収量は、第6図から、'ほほえみ'で 550g/m^2 、'つくし早生'で 560g/m^2 程度と推定された。このとき、籾数は第3図から'ほほえみ'で m^2 当たり $30,000$ 粒、'つくし早生'では $26,000$ 粒とする必要があり、この籾数に対応する穂揃期までの窒素吸収量は、第2図から各々 9.5g/m^2 、 10g/m^2 であった。これまでに収量や食味等からみた最適籾数は'ほほえみ'では $31,000$ 粒¹⁷⁾、'つくし早生'では $27,000$ 粒⁴⁾とされているが、本試験の結果もこれらの値に近い水準であった。しかし、いずれの品種についても、玄米窒素含有率の上限目標値の達成のためには $1,000\text{粒m}^{-2}$ 程度目標籾数を減らす必要性が示唆された。また、上記の m^2 当たり目標籾数、'ほほえみ'の $30,000$ 粒、'つくし早生'の $26,000$ 粒に対応する穂数は第5図から、各々、 m^2 当たり 380 本および 340 本で、この穂数を確保するためには第1図から、幼穂形成期までに'ほほえみ'で 5.5g/m^2 、'つくし早生'では 7g/m^2 程度の窒素吸収量を要すると考えられた。

これまでの‘ほほえみ’と‘つくし早生’の肥培管理法に関する報告¹⁷⁾は、主として米粒中タンパク質含有率を目標値以内にするための目標初数を論じたもので、適正施肥量について言及するものではなかった。今回明らかにした望ましい窒素吸収パターンによって、収量・玄米窒素含有率の面から理想的な施肥量を算出することが可能となる。しかし、水稻に吸収される窒素の大部分は、土壌から供給される窒素が占めている¹⁸⁾。したがって、実際に生産現場において、この窒素吸収パターンを利用するには、土壌の窒素供給力に幅を持たせて地力水準分けを行い、それぞれの水準に対応する窒素施肥量を設定することとなる。ただし、水田毎に適用して窒素施肥量を算出する場合には、各々の水田の土壌の窒素供給力を的確に評価し、栽培期間中の地力窒素発現量を推定する必要がある。しかし、地力窒素発現量の評価法で、現在、主流となっている反応速度論的手法¹⁹⁾は調査日数を100日以上要することから、労力、迅速さの面で生産現場の箇々の水田に適用するのは困難である。また、明らかになった窒素吸収パターンの利用場面としては水稻の窒素栄養状態を診断しながら、適宜、穂肥量の調整を行うことが挙げられる。その際には水稻の窒素吸収量を推定することが必要である。幼穂形成期以前において、水稻の草丈と茎数および葉緑素計値の積と水稻窒素吸収量との間には正の相関があるものの、生育時期のずれや年次によってかなりバラつくことが指摘されている²⁰⁾。今後、望ましい窒素吸収パターンに基づき、従来の施肥法を高品質安定生産のための‘精密施肥法’へと発展させるための残された課題としては、労力と時間を要する地力窒素発現量の調査法を簡便化し、水田毎の地力を的確に評価する方法を開発することや生育段階、気象等に影響されない窒素栄養診断法の確立が挙げられる。

引用文献

- 1) 浜地勇次・今林惣一郎・大里久美・西山壽・吉野稔・川村富輝・松江勇次(1998) 水稻新品種‘つくし早生’の育成.福岡農総試研報 17:1-8.
- 2) 廣川智子・伊藤純雄・北川靖夫(1995) 中粗粒質灰色低地土における良質米栽培時の土壌窒素および施肥窒素の動態と施肥技術.富山県農技セ研報 15:1-66.
- 3) 石間紀夫・平宏和・平春枝・御子柴稔・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.
- 4) 岩淵哲也・田中浩平・尾形武文・浜地勇次(2000) 水稻品種‘つくし早生’の食味向上のための栽培法.第1報 食味からみた最適初数, 収量及び食味向上のための穂肥施用法.福岡農総試研報 19:17-20.
- 5) 岩淵哲也・尾形武文・浜地勇次(2001) 京築地域における水稻良食味品種の食味からみた目標タンパク質含有率.日作九支報 67:4-5.
- 6) 角重和浩・山本富三・井上恵子・田中浩平(1993) ヒノヒカリの窒素栄養診断.第1報 ヒノヒカリの窒素吸収量と生育・収量との関係.福岡農総試研報 A12:15-18.
- 7) 角重和浩・山本富三・井上恵子・末信真二・田中浩平(1993) 水稻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.
- 8) 北田敬宇(1990) コシヒカリの多収水準における窒素吸収パターン.土肥誌 61:187-189.
- 9) 北田敬宇(1991) 水稻の理想的な窒素吸収パターンと土壌窒素無機化予測によるシステム施肥法.土肥誌 62:585-592.
- 10) 松江勇次・尾形武文・大隈充子・松尾太・住吉強(1996) 水稻の新しい準奨励品種‘ほほえみ’の福岡県における適応性.福岡農総試研報 15:11-14.
- 11) 松崎昭夫(1975) 水稻の葉令指数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.
- 12) 深山政治・岡部達雄(1979) 稚苗移植水稻の施肥法とその地域性.第1報 水稻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.
- 13) 深山政治・岡部達雄(1984) 水稻の品種特性と最適窒素保有量.土肥誌 55:1-8.
- 14) 末信真二・角重和浩・山本富三・井上恵子(1994) ヒノヒカリの窒素栄養診断.第2報 草丈・茎数・葉色からの水稻窒素吸収量の推定.福岡農総試研報 A13:5-8.
- 15) 杉原進・金野隆光・石井和夫(1986) 土壌における有機態窒素無機化の反応速度論的解析法.農環研報 1:127-166.
- 16) 田中浩平・角重和浩・山本富三(1994) ヒノヒカリの窒素栄養診断.第3報 窒素吸収量と玄米窒素濃度・食味との関係.福岡農総試研報 A13:9-12.
- 17) 田中浩平・松江勇次・原田皓二(1998) 水稻品種‘ほほえみ’の出穂, 成熟期特性と高品質安定栽培のための最適初数.福岡農総試研報 17:23-26.
- 18) 上野正夫・安藤豊・藤井弘志・佐藤俊夫(1988) 水稻の理想的な窒素吸収パターンと土壌窒素無機化量の関係.土肥誌 59:316-319.
- 19) 和田源七(1969) 水稻収量成立におよぼす窒素栄養の影響.農技研報 A16:27-167.