

研究論文

栽培

## ナイルデルタにおける窒素分施肥法および施与量がイネの 収量・収量構成要素・乾物生産におよぼす影響

難波輝久

(国際協力事業団, エジプト米作機械化プロジェクト・栽培専門家)

**要旨:** エジプト・ナイルデルタの1980年代の水稻 (*Oryza sativa*) 栽培では, 窒素施与量  $10 \text{ g m}^{-2}$  を約半数の農家が全量基肥, 他の半数は2回分施 (基肥と幼穂形成期にそれぞれ50%) しており, 平均日射量が  $26 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  と極めて高いにもかかわらず精籾収量は  $650 \text{ g m}^{-2}$  であった. そこで品種 Giza 172 を供試し, 窒素について分施肥法と施与量を組み合わせた圃場試験を実施し, 多収のための最適施与法を検討した. 窒素分施肥法として, 移植期, 活着期 (移植7日後), 減数分裂始期, 穂揃期における分施割合 (%) を 100-0-0-0 (全量基肥区), 50-20-20-10 (前期重点分施肥区), 25-25-25-25 (均等分施肥区), 0-40-40-20 (後期重点分施肥区) の4処理を, また, 窒素施与量として 6, 12,  $18 \text{ g m}^{-2}$  の3処理を設定した. 窒素施与量  $18 \text{ g m}^{-2}$ , 前期重点分施肥区で穂数は  $460 \text{ 本 m}^{-2}$ , 籾数は  $47000 \text{ 粒 m}^{-2}$ , 登熟歩合は93%であり, 精籾収量は  $1120 \text{ g m}^{-2}$  と高収であった. 前期重点分施肥区では個体群生長速度 (CGR), 葉面積指数 (LAI) および純同化率 (NAR) は, 全期間を通じて高く推移し, とくに CGR は LAI に強く影響を受けるので, 大きな LAI を確保したことで高収を実現できたと考えられた. 全量基肥区では, 生育後期の窒素不足により単位面積あたり籾数は不足し, CGR も小さく, 登熟期の LAI は急速に低下した. また, 均等分施肥区や後期重点分施肥区では, 単位面積あたり穂数不足により単位面積あたり籾数は少なく, CGR, NAR も小さく登熟歩合も低く, 収量は低かった. 以上の実験結果から, 本地域では窒素多施与 ( $18 \text{ g m}^{-2}$ ) の前期重点分施, すなわち基肥50%, 移植7日後20%, 減数分裂始期20%および穂揃期10%の施与により高収が可能であると結論した.

**キーワード:** 収量, 収量構成要素, 水稻, 窒素施与量, 窒素分施肥法, ナイルデルタ, 葉面積指数.

エジプト・ナイルデルタにおける稲作期間中 (5~10月) の平均日射量は  $26 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ , 平均気温は  $25^\circ\text{C}$  であり, 極度の高温や低温, 障害型冷害および強風もない (難波2003). このように気象条件として極めて恵まれているにもかかわらず, 1980年代における精籾収量は  $500\sim600 \text{ g m}^{-2}$  であった. 当時の慣行栽培法における窒素施与量は約  $10 \text{ g m}^{-2}$  で, 分施肥法は全量基肥と2回分施肥法 (基肥+幼穂形成期) がおのおの約半数であった (難波1988). 慣行栽培法のうちで低収の大きな要因となっていたのは, 栽植密度, 窒素施与量および窒素分施肥法であり, 生育期別にみると全量基肥法では生育後期の窒素不足, また2回分施肥法では生殖生長期から登熟期の群落構造悪化による倒伏と考えられた.

このような背景から気象条件に恵まれたナイルデルタにおいて, 水稻の多収を図るために窒素施与量について前報 (難波2003) において検討し, 約  $20 \text{ g m}^{-2}$  が適正であることを明らかにした. 本研究においては最適窒素施与法を確立するために, とくに窒素分施肥法について解析した.

### 材料と方法

イネ (*Oryza sativa*) の栽培試験を, ナイルデルタの稲作

地帯である Kafi El Shakh 市 (北緯  $31^\circ 05'$ , 東経  $30^\circ 55'$ ) から西方8kmのエジプト米作機械化センター内の試験圃場で1985年に実施した.

供試品種として, 試験実施時において本地域で最も広く栽培されていた Giza 172 (長稈少分げつ晩生種, 1970年育成) を用い, 窒素分施肥法と施与量の組み合わせ実験を2元配置法, 1区画  $200 \text{ m}^2$  ( $10 \text{ m} \times 20 \text{ m}$ ), 3反復の乱塊法で実施した. 1株苗本数は4本とし, 栽植密度は  $21 \text{ 株 m}^{-2}$  ( $22 \times 22 \text{ cm}$ ) として正方形植えた. 分施肥法処理 (split application, SA) は, 移植期, 活着期 (移植7日後), 減数分裂始期, 穂揃期における分施割合 (%) を 100-0-0-0 (全量基肥区), 50-20-20-10 (前期重点分施肥区), 25-25-25-25 (均等分施肥区), 0-40-40-20 (後期重点分施肥区) とした. 窒素は尿素で施与し, 施与量処理を 6, 12,  $18 \text{ g m}^{-2}$  (以下, それぞれ N6 区, N12 区および N18 区と略称) とした. リン酸 ( $\text{P}_2\text{O}_5$ , 重過リン酸石灰) およびカリ ( $\text{K}_2\text{O}$ , 塩化カリウム) は, おのおの6および  $4 \text{ g m}^{-2}$  を基肥として全層施与した. 育苗と水管理法は前報 (難波2003) と同様であり, 活着期の窒素追肥は塩類除去のための落水・再湛水後に施与し, 栄養生長終期には10日間の中干しをおこなった. 播種日および移植日はそれぞれ4月27日と5月18日,

収穫日は10月2日から8日であった。

調査方法は前報(難波 2003)に準じた。すなわち移植後10日ごとの生育調査に基づき平均値に近い5株の地上部を採取して器官別に分け、葉面積を測定して葉面積指数(以下LAI)を算出した。その後、80℃で24時間通風乾燥させ、地上部乾物重を秤量した。収穫期には、周縁部1mを除いた150株の地上部を刈り取り、平均1株穂数およびm<sup>2</sup>あたり穂数を計数した。ついで平均穂数の1株(代表株)を選定して籾数を計数し、塩水選(比重1.06)により精籾と不稔籾とに分け、登熟歩合を算出(精籾数÷総籾数×100)後、精籾を80℃で24時間通風乾燥し、千粒重を秤量した。代表株以外の149株を脱穀し、代表株の精籾重を加算して単位面積あたり精籾収量(以下、単に収量と略す)を算出した。なお、千粒重および収量は含水率14%に換算した。また、地上部全乾物重に対する精籾乾物重割合を収穫指数とした。

個体群成長速度(以下CGR)および純同化率(以下NAR)を常法(難波 2003)に従って算出した。

## 結 果

### 1. 収量および収量構成要素

収量は、いずれの分施肥法でも窒素施与量の増大とともに増加し、最大収量は前期重点分施肥区のN18区で1120 g m<sup>-2</sup>であり、N12区でも1080 g m<sup>-2</sup>とほぼ同様であった(第1

表)。最大収量を示した分施肥法は、いずれの窒素施与量でも前期重点分施肥区であり、最も低収であったのはN6区およびN12区では全量基肥区、N18区では均等分施肥区であった。単位面積あたり穂数は収量とほぼ類似した傾向を示し、全量基肥区と前期重点分施肥区のN6区では380と420本 m<sup>-2</sup>と差が認められたが、N12区およびN18区では450～470本 m<sup>-2</sup>とほぼ同様であった。後期重点分施肥区ではN6区およびN12区では310本 m<sup>-2</sup>、N18区では340本 m<sup>-2</sup>であった。1穂籾数は、いずれの窒素施与量区ともに後期重点分施肥区で最も大きく、N6区では100粒、N12区およびN18区では120粒であり、最も少なかったのは全量基肥区であった。単位面積あたり籾数は収量と同様の傾向を示し、いずれの窒素施与量区でも前期重点分施肥区で35000～47000粒 m<sup>-2</sup>と多かった。登熟歩合は、後期重点分施肥区におけるN12区およびN18区でそれぞれ89および80%であったのを除き90～93%であった。千粒重は、全量基肥区および前期重点分施肥区では26g以下であったが、均等分施肥区および後期重点分施肥区では26～27gとやや大きかった。分散分析によって交互作用が認められたのは収量のみであった。

全処理区を一括すると、収量と単位面積あたり籾数および穂数との間に1%水準、収量と1穂籾数および千粒重との間に5%水準の有意な正の相関関係が認められたが、収量と登熟歩合との間に有意な相関関係は認められなかった(第2表)。単位面積あたり籾数と単位面積あたり穂数およ

第1表 エジプト・ナイルデルタ(Kaf1 El Shakh)における異なる窒素分施肥および施与量条件下での精籾収量、収量構成要素、地上部乾物重、収穫指数および有効歩合。

| 处 理 区                | 精粗<br>収量<br>(g m <sup>-2</sup> ) | 穗数<br>(本 m <sup>-2</sup> ) | 粗 数<br>1 穗 m <sup>-2</sup><br>(x10 <sup>3</sup> ) | 登熟<br>歩合<br>(%) | 千粒重<br>(g) | 收穫期<br>地上部乾物重<br>(g m <sup>-2</sup> ) | 收穫<br>指数 <sup>2)</sup> | 有効茎<br>歩合<br>(%) |    |
|----------------------|----------------------------------|----------------------------|---|-----------------|------------|---------------------------------------|------------------------|------------------|----|
| N 6×全量基肥区            | 644                              | 383                        | 76  | 29.0            | 92         | 24.9                                  | 1472                   | 0.38             | 74 |
| N 6×前期重点分施肥区         | 807                              | 416                        | 84  | 34.8            | 93         | 25.5                                  | 1751                   | 0.40             | 72 |
| N 6×均等分施肥区           | 758                              | 360                        | 89  | 32.1            | 93         | 25.6                                  | 1659                   | 0.39             | 85 |
| N 6×後期重点分施肥区         | 714                              | 310                        | 97  | 31.1            | 91         | 26.1                                  | 1631                   | 0.38             | 82 |
| N12×全量基肥区            | 804                              | 450                        | 79  | 35.4            | 91         | 25.3                                  | 1933                   | 0.36             | 72 |
| N12×前期重点分施肥区         | 1075                             | 452                        | 101   | 45.4            | 92         | 25.8                                  | 2229                   | 0.41             | 76 |
| N12×均等分施肥区           | 819                              | 359                        | 94  | 33.6            | 93         | 26.3                                  | 1917                   | 0.37             | 74 |
| N12×後期重点分施肥区         | 838                              | 310                        | 115   | 35.6            | 89         | 26.5                                  | 1882                   | 0.38             | 76 |
| N18×全量基肥区            | 966                              | 465                        | 89  | 41.3            | 92         | 25.5                                  | 2264                   | 0.37             | 70 |
| N18×前期重点分施肥区         | 1121                             | 459                        | 103   | 47.0            | 93         | 25.9                                  | 2502                   | 0.39             | 67 |
| N18×均等分施肥区           | 899                              | 393                        | 100   | 39.0            | 90         | 25.9                                  | 2190                   | 0.35             | 67 |
| N18×後期重点分施肥区         | 984                              | 336                        | 120   | 40.1            | 80         | 26.7                                  | 2028                   | 0.42             | 85 |
| 分散分析結果 <sup>1)</sup> |                                  |                            |   |                 |            |                                       |                        |                  |    |
| 窒素施与量(N)             | **                               | **                         | **  | **              | *          | **                                    | **                     | *                | ns |
| 分施肥法(SA)             | **                               | **                         | **  | **              | **         | **                                    | **                     | *                | ** |
| 交互作用(N×SA)           | *                                | ns                         | ns  | ns              | ns         | ns                                    | ns                     | ns               | ns |

<sup>1)</sup> \*\*, \* はそれぞれ 1%, 5%水準で有意。ns は有意差なし。

<sup>2)</sup> 収穫指数: 精籾乾物重/収穫期地上部乾物重。

第2表 精籾収量と収量構成要素との相関係数。

|                         | 穂 数<br>(本 m <sup>-2</sup> ) | 1 穂<br>籾 数 | 籾 数<br>(粒 m <sup>-2</sup> ) | 登熟歩合<br>(%) | 千粒重<br>(g) |
|-------------------------|-----------------------------|------------|-----------------------------|-------------|------------|
| 収量 (g m <sup>-2</sup> ) | 0.731**                     | 0.684*     | 0.995**                     | -0.154      | 0.629*     |
| 穂数(本 m <sup>-2</sup> )  |                             | 0.028      | 0.733**                     | 0.244       | 0.001      |
| 1 穂籾数                   |                             |            | 0.695*                      | -0.640*     | 0.938      |
| 籾数(粒 m <sup>-2</sup> )  |                             |            |                             | -0.226      | 0.628*     |
| 登熟歩合(%)                 |                             |            |                             |             | -0.565     |

\*\*, \*はそれぞれ1%, 5%水準で有意。

び1穂粒数との間にはそれぞれ正の相関関係が認められ、前者の相関係数は1%水準で有意であったが後者は5%水準であった。

## 2. 収穫期の地上部乾物重、収穫指数および有効茎歩合

収穫期の地上部乾物重は、いずれの窒素施与量とも前期重点分施肥区で  $1800 \sim 2500 \text{ g m}^{-2}$  と最大で、全量基肥区と均等分施肥区ではそれぞれ  $1500 \sim 2300 \text{ g m}^{-2}$  および  $1700 \sim 2200 \text{ g m}^{-2}$ 、後期重点分施肥区では  $1600 \sim 2000 \text{ g m}^{-2}$  と小さかった (第1表)。

収穫指数は、N6区およびN12区では前期重点分施肥区で  $0.40 \sim 0.41$ 、N18区では後期重点分施肥区で  $0.42$  と大きかった。有効茎歩合は、N6区では均等分施肥区で85%と最も高く、ついで後期重点分施肥区の82%、全量基肥区および前期重点分施肥区はおおの74%および72%であった。N12区では前期重点分施肥区および後期重点分施肥区で76%と最も高く、均等分施肥区および全量基肥区は74%および72%であった (第1表)。N18区では後期重点分施肥区で85%と最も高く、全量基肥区は70%、前期重点分施肥区および均等分施肥区は67%と低かった。

## 3. 生育にともなう単位面積あたり茎数、地上部乾物重、LAI および CGR の推移

単位面積あたり茎数は、全量基肥区と前期重点分施肥区では生育初期より急速に増大したが、均等分施肥区および後期重点分施肥区ではこれらより遅れて増大した (第1図)。最大茎数は全量基肥区あるいは前期重点分施肥区であり、後期重点分施肥区で最も小さかった。

生育に伴う地上部乾物重、LAI および CGR の推移を、各処理区の代表例として窒素施与量処理ではN18区、分施肥法処理では前期重点分施肥区を選び第2図に示した。

窒素分施肥法による地上部乾物重の区間差は移植後20日頃までは小さかったが、それ以降では大きくなり、生育期間を通じて前期重点分施肥区で大きく、後期重点分施肥区で小さく推移した。また、地上部乾物重は窒素施与量が多いと

きに生育期間を通じて大きかった。

LAI は前期重点分施肥区で生育期間中大きく推移した。最大LAIは前期重点分施肥区で9と最も大きく、ついで全量基肥区で8、均等分施肥区および後期重点分施肥区では約7であった (第2図)。出穂期以降のLAI低下割合は全量基肥区で最大で、ついで前期重点分施肥区であり、均等分施肥区および後期重点分施肥区ではやや小さかった。前期重点分施肥区におけるLAIは、窒素施与量が多いほど高く推移し、最大LAIはN18区で9、N12区で8、最も小さかったのはN6区の7であった。出穂期以降のLAI低下割合はN6区で40%と大きく、N12区では34%、N18区は28%と小さかった。

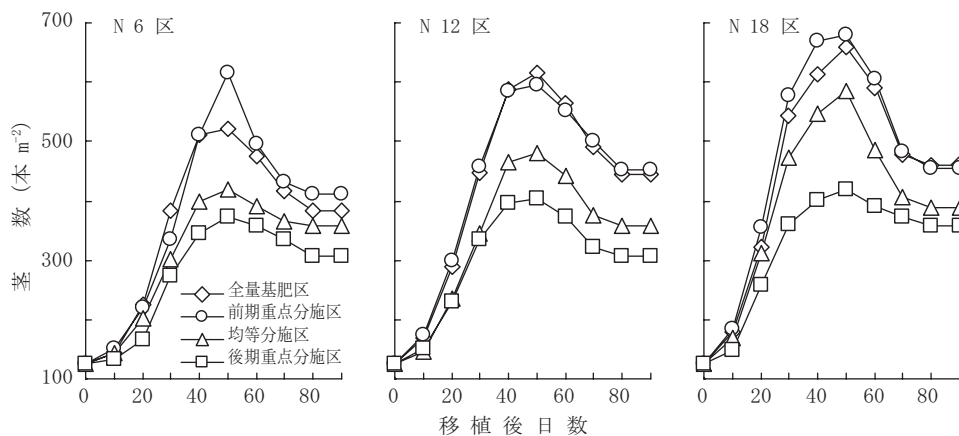
移植期から出穂期までのCGRは前期重点分施肥区で最も大きく、均等分施肥区と後期重点分施肥区では小さく推移した (第2図)。出穂期以降においてはいずれの分施肥区とも低下したが、均等分施肥区での低下が著しかった。最大CGRの到達日数は全量基肥区で最も早く (移植後60~70日)、ついで前期重点分施肥区で (70~80日)、均等分施肥区および後期重点分施肥区では最も遅く (80~90日)、最大CGRはそれぞれ31、34、27、 $28 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ であった。なお、窒素施与量の多いときにCGRは全生育期間を通じて大きかった。

## 4. LAI と収量との関係

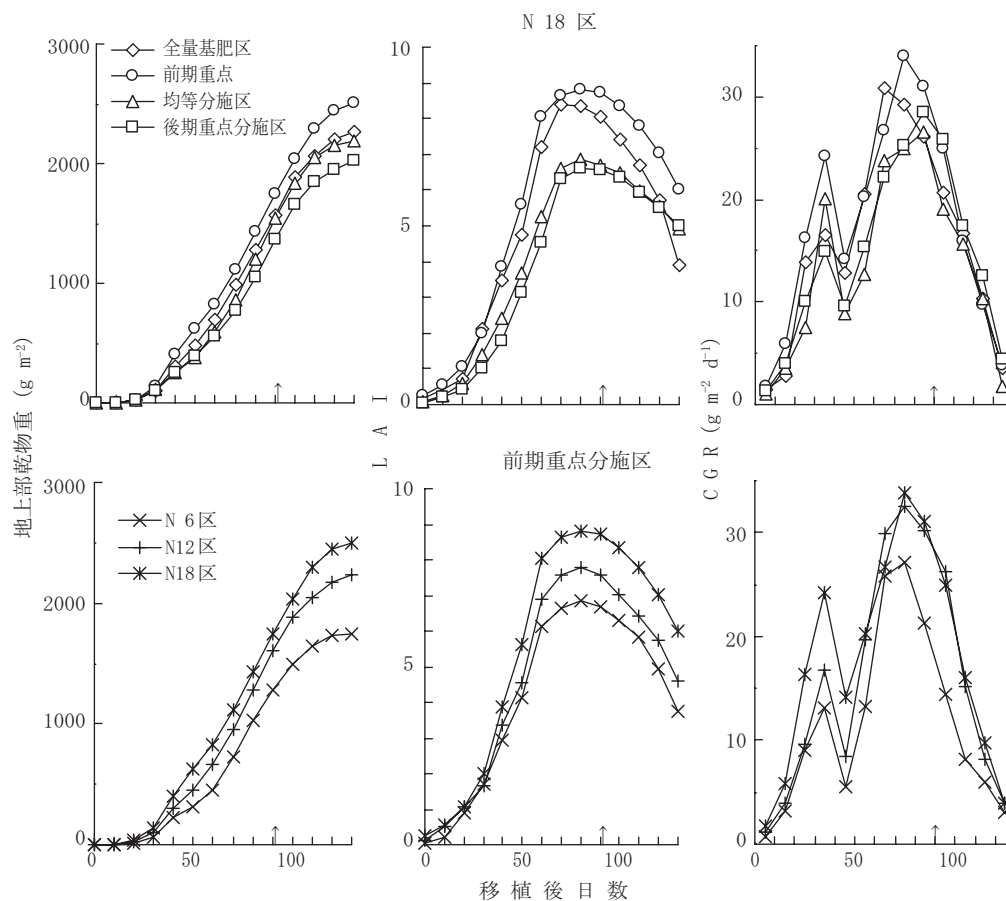
出穂期LAIと収量との間には、全体についてみると有意な正の相関関係 ( $r=0.822$ ,  $P<0.01$ ) が認められた (第3図)。また、各分施肥法についても窒素施与量の増大によりLAIは大きくなり収量も増加した。前期重点分施肥区ではLAIおよび収量ともに大きかったが、全量基肥区ではLAIは大きかったが収量は小さく、均等分施肥区および後期重点分施肥区ではLAIおよび収量ともに小さかった。

## 5. 生育各期のLAIあるいはNARとCGRとの関係

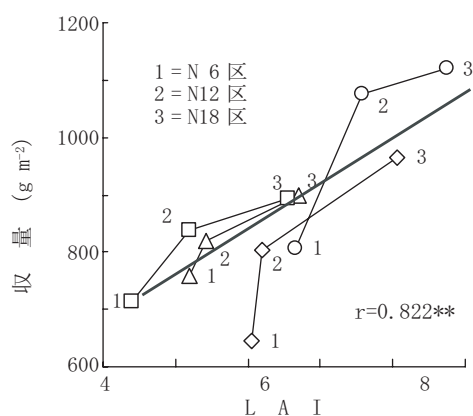
窒素施与量の増大に伴って有効分げつ期において前期重点分施肥区ではLAIとCGRがともに増加し、全量基肥区ではLAIは大きくなったがCGRは小さかった (第4図)。均等分施肥区は窒素施与量が增大してもLAIは小さく、後期重



第1図 生育にともなう茎数の推移。



第2図 生育にともなう地上部乾物重, LAIおよびCGRの推移(N18区および前期重点分施肥区).  
↑ は出穂期.



第3図 出穂期 LAI と収量との関係.  
相関係数(r)は全体. \*\*は1%水準で有意.  
図の窒素施肥法のシンボルは第1図と同様.

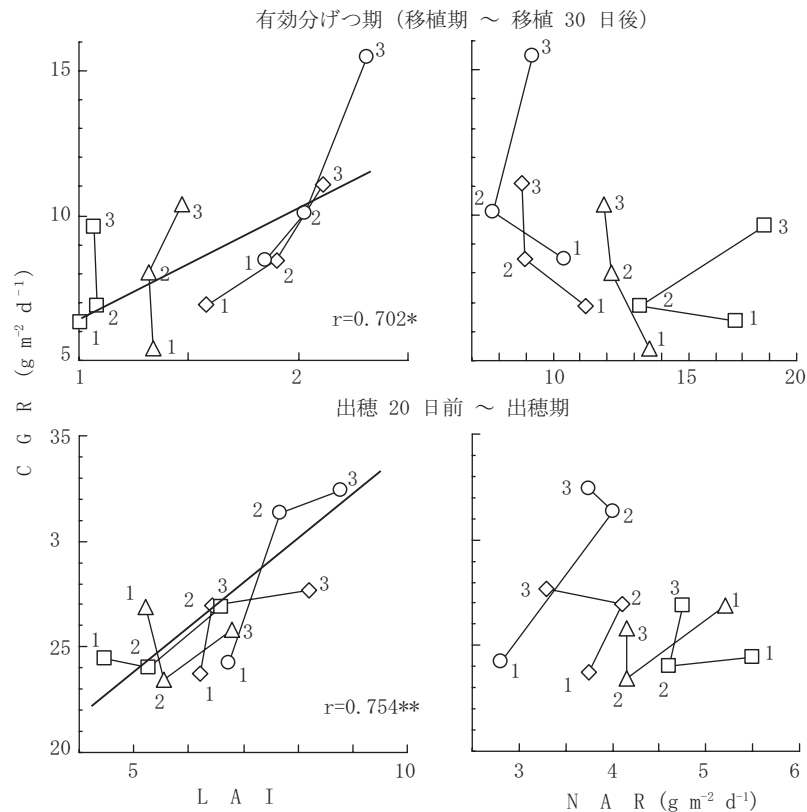
点分施肥区は LAI, CGR とともに小さかった. 出穂 20 日前～出穂期においても有効分げつ期とほぼ同様の傾向を示した. 有効分げつ期および出穂 20 日前～出穂期において, 処理区全体の LAI と CGR との間に有意な正の相関関係が認められたが, NAR と CGR との間には有意な相関関係は認められなかった.

## 考 察

窒素施与効果は環境条件によって著しく異なり, なかでも日射量の影響が最も大きい (村田ら 1976). 窒素レベルを種々に変えて単位面積あたり粒数の異なる品種を栽培したところ, 収量に対する粒数の効果は, 日射量が多いときはプラスに, 低いときにはマイナスに現れた (田中ら 1975). また収量構成要素別にみると, 単位面積あたり穂数は分げつ期の体内窒素含有率と密接な関係を示し (玖村 1956), 1 穂粒数は幼穂分化期またはえい花分化期 (出穂 35～20 日前) の窒素追肥により増加するので, その後の日射条件がよければ退化えい花数は少なく, えい花数の増大をもたらす (松島 1957). 登熟歩合および千粒重に対しても窒素は大きな支配力を持ち, その働き方は直接的には光合成能力の促進, 間接的には葉面積の拡大である (村田 1976). このように分げつ初期の窒素施与は茎数増大の効果が大きい, 生殖生長初期の過剰な窒素施与は群落構造の悪化を招くなど生育期間を通じて異なる効果を示し, 日射条件の高いほど窒素は高いレベルまで有効に利用される.

本実験では, いずれの分施肥法でも窒素施与量の増大に伴





第4図 生育各期のLAIあるいはNARとCGRとの関係。  
相関係数は全体、\*\*、\*はそれぞれ1%、5%で有意。  
図の窒素分施肥法、施与量のシンボルは第1、3図と同様。

い収量は顕著に増加した（第1表）。これは本試験地における栽培期間中の平均日射量が  $26 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  と極めて高い条件にあったことによる。前期重点分施肥の場合に収量が最も多くなった要因は、収量と収量構成要素との相関関係（第3表）において明らかなように、単位面積あたり籾数の増大である。試験地の栽培期間中の平均日射量は極めて高いことから、単位面積あたり籾数は収量に対して極めて強い影響をおよぼしていた（第2表）。また、単位面積あたり籾数と単位面積あたり穂数との間に強い正の相関関係が認められたことから、高収を得るには単位面積あたり穂数の増大が極めて重要であり、ついで1穂籾数が重要である。単位面積あたり穂数は全量基肥区と前期重点分施肥区ではほぼ同数であるが、1穂籾数は全量基肥区で小さく、これは生育後期に窒素不足が起こったものと考えられる。均等分施肥区および後期重点分施肥区では単位面積あたり穂数が極めて少なく、生育前半、すなわち有効分げつ期に窒素不足が起こったものとみられる。さらに後期重点分施肥区のN18区では登熟歩合が低く、これは過大な1穂籾数によるものと考えられる（第2表）。一般的に、単位面積あたり籾数を1穂籾数で増大した場合に比べて、単位面積あたり穂数で増大した場合の方が登熟歩合は向上する（坪井1975）。また、NARは日射量の増大にともない増し、その増加はLAIが大きいほど著しく、日射量が高い場合では繁

茂した個体群で高い生産力を示す（村田1976）。生育期間を通じて日射量の高い本地域では、前期重点分施肥による積極的な単位面積あたり穂数増加と生育後期の適正な土中窒素濃度の管理によって安全で飛躍的な増収が期待できる。幼穂形成期前後の土中窒素濃度が高いことは高収の前提である籾数の確保に必須であるが、同時に減収の要因となる群落構造の悪化や倒伏をもたらす。また登熟期間中の土中窒素濃度も葉面積と光合成能を維持し、同化量を増大させるのにある程度の高濃度を維持することが必要である（村山1975）。高収を達成するためには、初期生育を旺盛に保ち有効茎を十分に確保すること、過繁茂を抑制すること、生育後期の栄養を維持することなどが要点であり（坪井1975）、前期重点分施肥区がこれに最もよくあてはまっているとみられる。

地上部乾物重は分施肥法により顕著な差異が認められ、いずれの窒素量区でも前期重点分施肥区で生育期間を通して最も高く推移した（第2図）。これは、基肥として全施与量の50%を全層施与とともに活着終期に20%を表層追肥したことにより、分げつ初期から小さな根系へ効果的に吸収されて分げつの発生が旺盛となり、生育後期には効果的な土中窒素濃度の維持により乾物生産が高く推移したためと考えられる。これに対し、全量基肥区では全量を移植期に全層施与したことから、栄養生長期の茎数は前期重点分

区とほぼ同様であったものの、生育後期には窒素不足に陥り、1穂数も小さく、乾物生産は前期重点分施肥区に比べて低く推移したと理解される。

生育期間中における LAI は前期重点分施肥区で最も高く推移し、これは基肥と活着終期の追肥により茎数が十分に確保された結果とみなせる (第2図)。また全量基肥区の LAI は最大値までは前期重点分施肥区について高く推移したが、それ以後は窒素不足により急速に低下が起こったと考えられる。生育初期に多くの窒素を施与した処理区ほど生育後期の下葉の枯れ上がりは多く、葉の寿命も短くなり、後期凋落の生育を示す (村田 1966)。一方、均等分施肥区および後期重点分施肥区では、有効分げつ期頃の LAI は小さく、これは土中窒素濃度が低いため単位面積あたり茎数確保が十分でなかったことが大きな要因である (第1, 2図)。生育期間中の CGR も前期重点分施肥区では出穂期ころまでは最も高く推移し、これは減数分裂始期の窒素追肥により、多収のための適切な生育が維持されたと考えられる。これに対し全量基肥区は、生育後期の窒素不足から LAI 最大値が前期重点分施肥区に比べて約 10 日間早く最大値に到達し、その後は急速な低下をたどった (第2図)。また均等分施肥区および後期重点分施肥区の LAI 最大値は小さく、到達時期も前期重点分施肥区より遅延し、これは茎数不足と生育後期の窒素過剰により起こったものと考えられる。LAI と収量との間には極めて強い正の相関関係が認められ (第3図)、増収には十分な単位面積あたり茎数確保による LAI の拡大が鍵であると推察される。なお、移植後 40 日から 50 日目における CGR の低下は中干しによるものと考えられる。

有効分げつ期および出穂 20 日前～出穂期において LAI と CGR との間には有意な正の相関関係が認められ、CGR は LAI に強い影響を受けていた (第4図)。また前期重点分施肥により大きい LAI、CGR および NAR を確保できた。

以上の結果から、まず窒素施与量を  $12\sim 18\text{ g m}^{-2}$  と多肥し、これを前期重点分施肥 (基肥 50%, 活着期 20%, 減数分裂期直前に 20% および穂ぞろい期に 10%) することで最も効率的に単位面積あたり穂数と粒数を確保し、高い収量を達成できると結論した。

なお、本試験での最大収量は約  $1100\text{ g m}^{-2}$  であった (栽植密度  $21\text{ 株 m}^{-2}$ ) が、Giza 172 のような少分げつ型品種により一層の高収 ( $1400\sim 1500\text{ g m}^{-2}$ ) を得るためにはより高い栽植密度 ( $33\text{ 株 m}^{-2}$ ) と窒素施与量  $20\text{ g m}^{-2}$  が必要である (難波 2003)。

**謝辞:** 本試験の実施にあたりエジプト米作機械化研究所のカウンターパートおよび職員諸氏の多大なご協力、また取りまとめに際しては北海道大学大学院農学研究科、山口淳一元教授にご指導とご校閲を頂き、ここに記して深謝する。

## 引用文献

- 玖村敦彦 1956. 水稻に於ける葉身の窒素濃度が収量構成要素に及ぼす影響. 日作紀 24 : 177-180.
- 松島省三 1957. 水稻収量の成立と予察に関する作物学的研究. 農技研報 A5 : 1-271.
- 村山 登 1975. 第 8 集 わが国耕地における作物の生産力とその向上について. 一水稻を中心として. 「水稻の収量限界向上に関する研究」の結果からみた収量. (2) 土壌肥料両面から. 日作紀 44 : 492-497.
- 村田吉男 1966. 稲作技術発展の論理と方向. 25 周年記念シンポジウム. 東北大学農学研究所 : 51-70.
- 村田吉男 1976. 作物の生産力. 村田吉男・玖村敦彦・石井龍一 共著, 作物の光合成と生態. 一作物生産の理論と応用. 農山漁村文化協会, 東京. 147-237.
- 難波輝久 1988. エジプト・ナイルデルタの稲作機械化 一箱育苗について. 拓殖学研究 29 : 9-23.
- 難波輝久 2003. ナイルデルタにおける栽植密度および窒素施与量がイネの収量・収量構成要素・乾物生産におよぼす影響. 日作紀 72 : 133-141.
- 田中孝幸・長尾学禧・浪岡 実 1975. 水稻の生育各期における日射強度および窒素施肥法が収量および収量構成要素におよぼす影響. 日作紀 44 別号 1 : 17-18.
- 坪井八十二 1975. 第 8 集 わが国耕地における作物の生産力とその向上について 一水稻を中心として. 「水稻の収量限界向上に関する研究」の結果からみた収量 (1) 作物面から. 日作紀 44 : 488-492.

**A Method of Nitrogen Application for Maximizing Rice Yield in the Nile Delta** : Teruhisa NAMBA (*Ex. JICA Expert for Rice Mech. Inst., Kaf el Shakh. Egypt*)

**Abstract:** In the Nile Delta in 1980's, half of the farmers cultivated rice (*Oryza sativa*) by the basal application of nitrogen at  $10 \text{ g m}^{-2}$  and the remaining half by split application, half at transplanting and half at panicle initiation stages. However, grain (paddy) yield remained as low as  $650 \text{ g m}^{-2}$  despite the favorable solar radiation;  $26 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  during the cultivation period. In this study, to establish the most suitable nitrogen application method, we cultivated a cultivar Giza 172 by various nitrogen application methods combined with various application rates. Nitrogen fertilizer was applied at four growth stages (split application); transplanting, seven days after transplanting, the beginning of pollen meiosis and full heading. The proportion (%) of split application was 100 - 0 - 0 - 0 (basal application), 50 - 20 - 20 - 10 (split application with priority at the early growth stage), 25 - 25 - 25 - 25 (even split application) and 0 - 40 - 40 - 20 (split application with priority at the late growth stage). The rate of nitrogen application was 6, 12 and  $18 \text{ g m}^{-2}$ . Under the combination of the split application with priority at the early growth stage and application rate of  $18 \text{ g m}^{-2}$ , grain (paddy) yield was as high as  $1120 \text{ g m}^{-2}$  with 47,000 grains  $\text{m}^{-2}$  and 93% ripened grains. The crop growth rate (CGR), leaf area index (LAI) and net assimilation rate (NAR) under this combination were high throughout the growth stage. Under the basal application, LAI rapidly decreased and the number of grains per unit field area was low. Under the even split application and under the split application with priority at the late growth stage, grain yield was low because CGR and LAI were low throughout the growth period. In conclusion, split application of nitrogen, 50% at transplanting, 20% at 7 days after transplanting, 20% at the beginning of meiosis of pollens and 10% at the full heading stage, is most appropriate for obtaining a high yield in the Nile Delta.

**Key words:** Leaf area index, Nile Delta, Nitrogen split application method, Nitrogen rate, Paddy yield, Rice, Yield components.

---