

農業と科学

平成4年7月1日(毎月1日発行)第417号
昭和31年10月5日 第3種郵便物認可

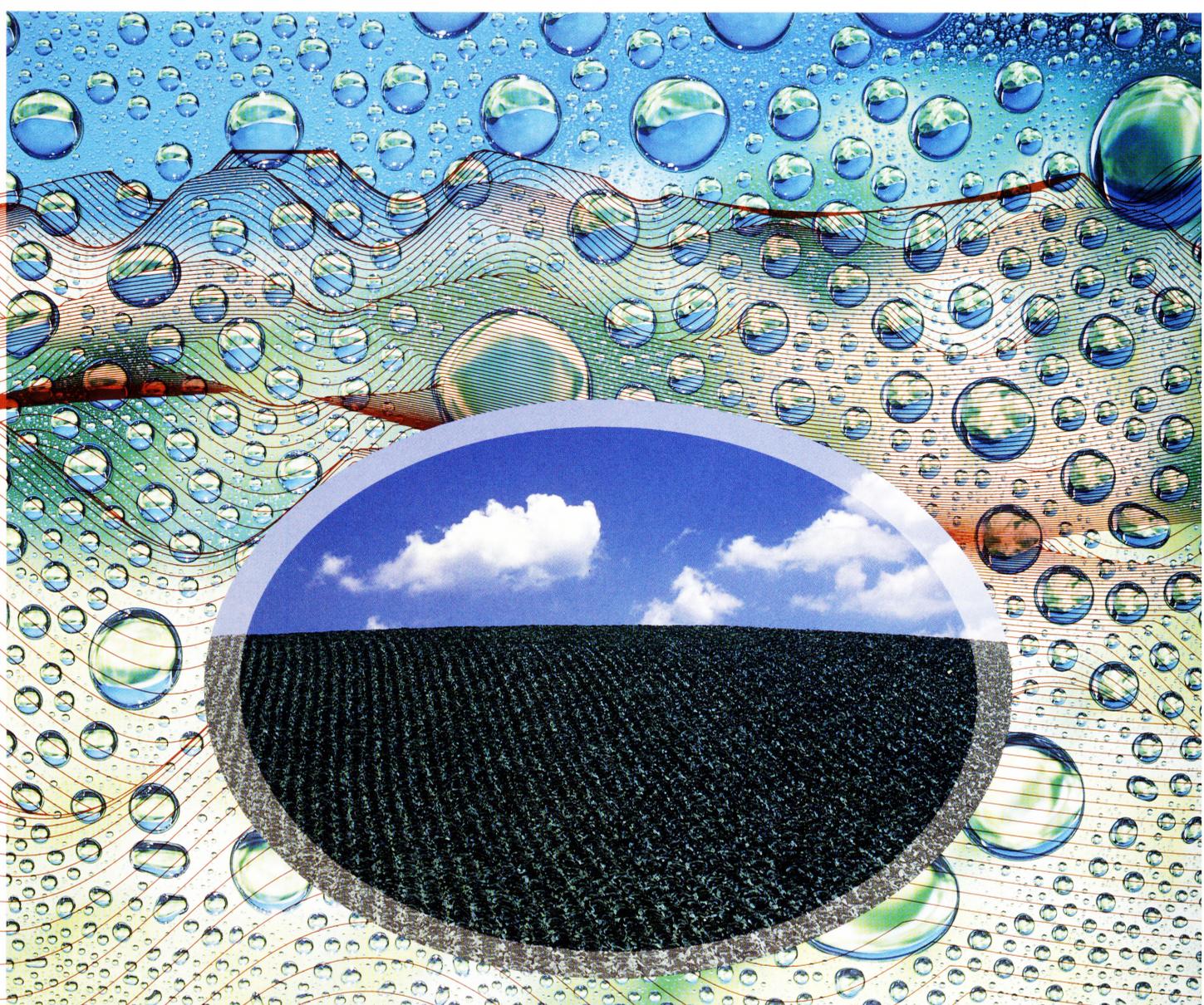
〒112 東京都文京区後楽1-7-12林友ビル
発行所 チッソ旭肥料株式会社

編集兼発行人:内藤佳之
定価:1部35円

農業と科学

CHISSO-ASAHI FERTILIZER CO., LTD.

1992
7



西南暖地における緩効性肥料の効果的な施用法

—熊本県菊池地域の稲作事例調査から—

熊本県農業研究センター

農産園芸研究所 矢部試験地

主任技師 坂 梨 二 郎

前 熊本県菊池農業改良普及所

1. はじめに

熊本県の北部に位置する菊池地域は、藩政時代には、大阪は堂島の米相場を左右するほどの「菊池米」の産地として古くから知られ、今も豊かで恵まれた環境・風土の中にあつて、その伝統を受け継いだ良質・良食味米は、高い評価を得ている。

また、地域全体を見渡すと、粗生産額の約60%を占める畜産部門の堆肥を有効に利用して、麦—米の作付を中心に、花き、メロン等の施設園芸およびニンジン、ゴボウ等の露地野菜の生産といった多様な農業が展開されている。

さて、今回、報告する事例については、上記の地域において、緩効性肥料を用いての水稻の施肥の省力化と生産安定を目的に平成2年および平成3年において当地域の稲作研究グループ「菊七会」会員16名の研究課題として取り組んだものである。

即ち、この課題は、研究グループ会員の経営が

水田における米—麦の体系あるいは米—施設園芸が多いこともあつて、輪作農法の中の米の役割をみすえたうえで設定された。そして、それは、将来、直面するであろう“稲作生産者の高齢化”“農作業受委託システムの構築と高度化”等の問題を解決する稲作省力化へのメニュー作りの一つとして課題が取り上げられたと言える。

2. 試験の方法

供試品種 ヒノヒカリ

基 肥 LP複合444・E80号 (LP140号タイプ)

窒素施与方法 表1参照

試験の規模 15a

3. ヒノヒカリの特性とLP複合の窒素の発現

ここで、ヒノヒカリの栽培特性について整理して、後述のLP複合の窒素の発現パターンの推測の意義についてふれおきましょう。

平成2年から普及拡大された「ヒノヒカリ」は、食味が良く、一般的には、生産者には作りやすい

本号の内容

§ 西南暖地における緩効性肥料の効果的な施用法	1
熊本県菊池地域の稲作事例調査から	
	熊本県農業研究センター 農産園芸研究所 矢部試験地 主任技師 坂 梨 二 郎 (前・菊池農業改良普及所)
§ 肥料の来た道帰る道	6
8. 肥料工業と農事試験場の誕生	
	京 都 大 学 名誉教授 高 橋 英 一
§ 熱帯におけるインド型水稻におよぼすLP肥料の効果(その2)	8
	(株)日本工営(前・国際稲研究所) 和 田 源 七

表1 各展示圃の窒素施肥法

No.	年次	区分	窒素施肥法 kg/10a						備考
			基肥 LP+なたね 油粕	活着肥	つなぎ肥	穂肥	晩期	計	
1 N氏	1990	LP40区	(5.6)	1.0	1.0	0.8	2.1	10.5	壤土、CEC：13程度 ケイフン100kg/10a
		慣行区	2.4	1.0	2.4	2.1	1.4	9.3	
2 H氏	1990	LP42区	(5.8)	0	1.0	0	0	6.8	砂壤土、CEC：13程度
		慣行区	3.2	0	0	1.4	0	4.6	
2 H氏	1991	LP30区	(4.2)	0	1.0	0	0	5.2	
		慣行区	4.2	0	1.0	0	0	5.2	
3 K氏	1990	LP40区	(5.6) + 2.0	0	0	1.8	0	9.4	砂壤土、CEC：11~12程度 肥料成分溶脱率が高い
		慣行区	3.0 + 2.0	0	0	2.1	2.5	9.6	
3 K氏	1991	LP45区	(6.3) + 2.0	0	0	1.1	0	9.4	基肥：なたね油粕40kg/10a 1991年、ケイフン90kg/10a
		慣行区	3.6 + 2.0	0	0	2.8	0	8.4	
4 J氏	1990	LP40区	(5.6) + 2.0	0	0	0	2.1	9.7	埴壤土、CEC：16程度 基肥：なたね油粕40kg/10a
		慣行区	3.2 + 2.0	0	0	2.1	2.1	9.4	
4 J氏	1991	LP40区	1990年に同じ						
		慣行区	1990年に同じ						
5 T氏	1990	LP50区	(7.0)	0	0	0	0	7.0	砂壤土、CEC：12程度
		慣行区	2.4	0	0	2.1	2.1	6.6	

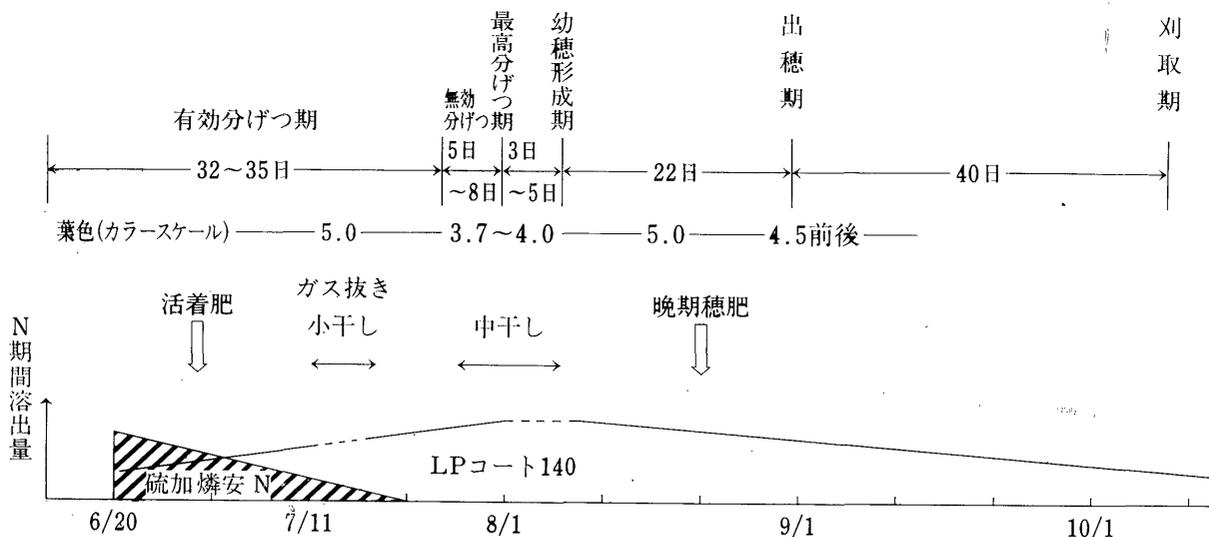
- (注) 1) 上記LP40区はLP複合444-E80号(14-14-14、窒素成分14%のうちLPコート140号の窒素を80%含む。)を10a当り40kg施用したことを示す。(○印)
 2) 慣行区の基肥：化成肥料、活着肥：硫安、つなぎ肥：出穂-35日前に、なたね油粕を施用、穂肥(晩期)：燐加安454、ケイフンのみを窒素成分に算入していない。
 3) 土壌条件：沖積土、灰色低地土
 4) 作付体系：麦類後水稲

との概評がある。しかし、偏穂重型で籾数が着きやすく、基肥窒素が多いと倒伏や上位3葉の伸長により受光体制のみだれやすい等の特徴があり、

収量面が伸び悩んでいる要因にもなっている。

また、図1に示すように「ヒノヒカリ」は、有効分けつを確保するまでの期間が32~35日程度と

図1 ヒノヒカリの生育パターンとチッソの発現 (モデル図)



短い。しかも、移植後15日前後には毎年、海外飛来性害虫のセジロウシカによる被害により分けつが抑制される恐れがあり、早期太茎分けつの確保が重要なポイントになる。

さらに、ラグ期が3～5日と短いため、この頃の稲の生育と葉色が一次、および2次枝梗数と着粒数、節間伸長、ないしは受光体制のよい草姿を決定する大切な時期であると言える。

したがって、栽培にあたっては、品種特性に十分注意を払い、圃場ごとに、また栽培ステージごとに窒素の溶出を制御する管理、特に水管理に努めることが必要になる。換言すれば、品種の特性を生かすため圃場に応じた施肥設計と窒素の発現傾向をよむことが重要である。

4. 結果の概要と考察

1) 生育経過と分けつの確保

図 2 稲作期間の気象（調査地点菊池市）縦軸は、平年値との差を表す。

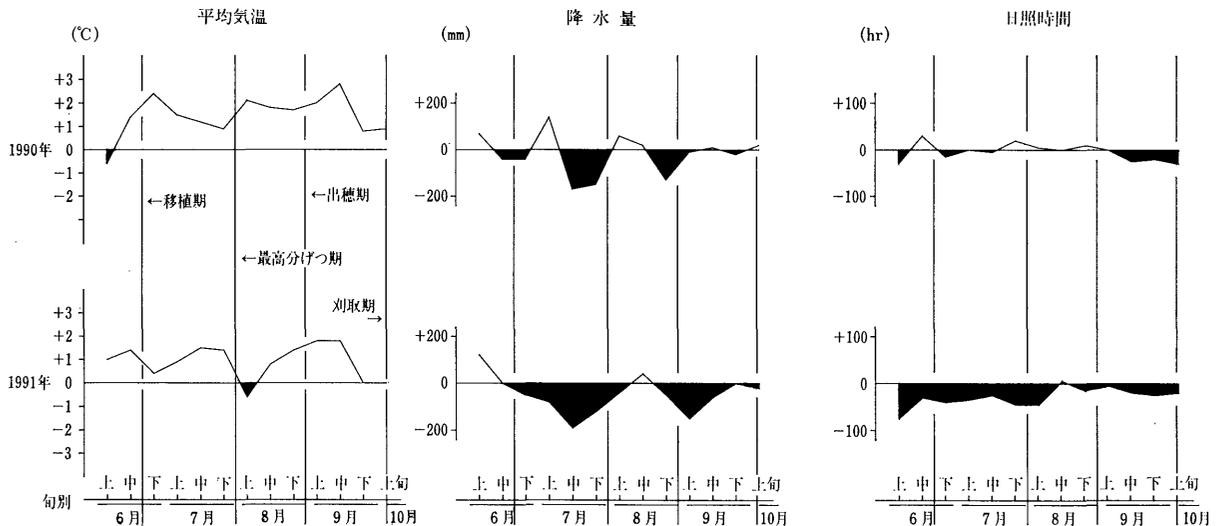


表 2 生育調査および成熟期調査の結果

No.	年次	区分	栽植密度 本/m ²	草 丈 (cm)						茎 数 (本/株)					成 熟 期			
				月/日						月/日					稈長 cm	穂長 cm	穂数 本/株	有効茎 歩合%
				7/11	7/21	7/26	8/1	8/6	7/11	7/21	7/26	8/1	8/6					
1	1990	LP40区	16.6	38.9	45.5	52.2	61.0	70.6	8.7	15.8	19.8	26.4	25.6	88.5	19.7	20.2	76.5	
		慣行区	16.6	35.1	45.2	52.0	62.3	73.8	6.1	14.6	24.0	29.0	29.2	85.4	19.2	23.5	80.5	
2	1990	LP42区	17.6	35.6		53.8	63.6	73.8	7.8		26.4	30.2	29.8	82.4	20.4	21.4	70.9	
		慣行区	17.6	35.8		54.4	60.4	73.3	8.3		24.1	30.4	29.7	80.2	18.3	21.9	72.0	
	1991	LP30区	17.9	32.3	48.4		62.7	70.6	5.8	16.0		19.9	19.4	77.4	19.2	16.7	83.9	
		慣行区	17.9	33.8	50.3		64.6	71.9	5.8	18.2		22.6	21.5	80.2	19.1	18.0	79.6	
3	1990	LP40区	19.2	38.6	55.2	63.6	70.1	76.6	10.4	19.1	21.9	24.4	23.5	85.0	21.5	20.5	84.0	
		慣行区	19.2	40.6	57.4	66.0	68.4	74.3	11.0	19.9	22.2	23.0	21.9	82.7	22.2	20.1	87.4	
	1991	LP45区	17.9	36.0			70.4	76.7	7.6		23.0	24.6	25.3	81.9	18.7	20.8	84.6	
		慣行区	17.9	37.5			70.7	74.4	8.7		24.4	24.9	22.5	80.7	18.8	20.1	80.7	
4	1990	LP40区	20.6	38.6	51.7	59.5	67.6	79.5	10.7	16.5	18.9	19.1	19.9	84.3	19.7	17.8	89.4	
		慣行区	20.6	36.3	49.9	59.2	67.1	77.4	9.2	14.9	17.1	18.4	18.5	83.0	20.0	18.0	97.3	
	1991	LP40区	18.8	29.2	38.4	49.5	62.3	69.6	5.3	14.2	20.2	19.8	19.2	75.6	19.8	19.0	96.0	
		慣行区	18.8	32.0	40.2	51.2	63.1	73.2	5.4	12.6	19.8	19.0	20.9	76.6	19.0	16.8	80.4	
5	1990	LP50区	17.9	24.0	37.5		65.0	70.4	4.9	11.7		20.9	22.0	80.9	18.1	21.9	99.5	
		慣行区	17.9	25.2	34.1		60.3	67.5	5.2	11.5		21.5	22.2	80.5	18.1	21.9	98.6	

図2に示した気象グラフから1990年の平均気温は、稲作全期間にわたり高めに推移した。移植後30日間の平均気温は、平年比109%であった。

一方、1991年についても、平均気温はやや高く推移し、特に、日照時間については、育苗期間(5月下旬)~有効分げつ終止期(7月下旬)に平年比の20%と日照が不足した。このため、肥料の分解吸収が遅れたことにより分げつの開始が遅れ後期分げつが発生した。また、8月中旬からは、高温に経過したものの茎の充実が悪く、籾数、穂数とも前年より減少し収量が低下した。(表2)

このような状況のなかで、LP区および慣行区を比較すると、No.1の活着肥施用の場合を除き、草丈では、年次および圃場により生育の傾向が一定していなかった。しかし、茎数において比較的砂質系の強いNo.2および3の圃場については、両年においてLP区の方で初期生育が僅かに劣るような傾向があると推察された。

このことから、土壌条件によっては、早期の太茎分げつを確保し、開帳型の稲にするため、No.1の活着肥の施用と浅水管理を検討する必要があると思われた。

なお、No.3および4においては、全窒素施用量で慣行区よりLP区の方が多くなっているが、なたね油粕の窒素成分の溶出がやや遅れ初期茎数確保に与える影響が小さいことから、基肥なたね油粕N-2.0kgは窒素量についていえば省略可能と思われた。その場合、LP区の窒素は慣行区の80%~90%となる。

2) 収量および収量構成要素について

1990年においては、概して、収量が安定し、両区の差異が少ないか、もしくは、LP区の方が優った。ただし、No.4で慣行区が収量が高かったのは、籾数が多い割には登熟歩合および粒重が高かったことによるものと考えられた。(表3)

また、LP区のNo.2,3および4においては、最高分げつ期頃より葉色の低下が認められたため追肥を実施したが、No.5の基肥50kg/10a区では、LP区のNo.2,3および4に比べ、葉色の抜けが少なかったため、無追肥とした。このNo.5においては、収量面でも両区の差が小さく安定した収量値が認められた。

以上のこのことから、基肥一回施用においても慣行の2~5回の施肥体系と同等の効果が確認さ

表3 収量および構成要素

項 No.	目 年次	区 分	わら重 kg/10a	精籾重 kg/10a	玄米重 kg/10a	屑米重 kg/10a	屑米 率%	一穂 籾数	穂数 本/m ²	総籾数 粒/m ²	登熟 歩合%	千粒重 (g)
1	1990	LP40区	649.8	654.5	523.6	58.7	8.6	98.0	335	32,830	67.2	21.4
		慣行区	626.5	628.3	503.7	59.7	9.0	96.0	390	37,440	66.0	21.5
2	1990	LP42区	774.4	739.2	592.5	70.2	10.6	95.7	377	36,079	71.0	20.5
		慣行区	762.7	756.8	598.4	115.1	16.1	98.8	385	38,038	73.4	20.4
	1991	LP30区	533.9	611.5	439.4	81.6	15.7	90.1	299	26,940	78.7	20.9
		慣行区	572.6	595.5	421.9	81.6	16.2	92.0	322	29,624	77.1	20.7
3	1990	LP40区	780.8	787.2	659.2	78.7	10.7	118.2	394	46,571	58.0	21.4
		慣行区	806.4	787.2	633.6	78.2	11.0	121.5	386	46,899	59.0	21.5
	1991	LP45区	656.3	599.7	453.7	82.6	15.4	87.6	372	32,587	71.5	21.1
		慣行区	624.4	619.7	470.5	82.3	14.9	96.7	360	34,812	69.8	21.2
4	1990	LP40区	710.7	710.7	560.3	89.4	13.8	96.3	367	35,342	70.3	20.9
		慣行区	703.8	758.5	608.2	71.6	10.5	107.6	371	39,920	67.4	21.3
	1991	LP40区	612.8	705.9	522.7	82.4	13.6	88.0	357	31,416	78.1	20.4
		慣行区	557.8	661.6	493.1	82.3	14.3	90.0	316	28,440	82.8	20.6
5	1990	LP50区	680.2	698.1	560.9	81.3	12.7	86.3	392	33,830	77.0	20.6
		慣行区	668.3	704.1	566.8	97.3	14.6	87.1	392	34,143	80.1	20.9

表 4 穂 相 調 査

項 目 No. 年次 区分	一 次 枝 梗				二 次 枝 梗				一穂粒数
	分化数	退化数	直粒数	着粒割合	分化数	退化数	着粒数	着粒割合	
2 1991 LP30区	9.5	0.0	55.7	62.9%	12.8	3.7	32.8	37.1%	88.5
	慣行区	9.5	0.0	56.2	54.8%	17.3	5.2	46.3	45.2%
3 1991 LP45区	10.0	0.0	49.3	53.0%	16.3	2.8	43.8	47.0%	93.1
	慣行区	10.3	0.0	57.0	56.6%	16.0	2.3	43.7	43.4%
4 1991 LP40区	8.0	0.2	44.3	54.8%	12.2	4.8	36.5	45.2%	80.8
	慣行区	8.0	0.2	45.7	53.3%	12.8	3.3	40.0	46.7%

※調査は、台風被害による脱粒した粒数を補正した。

れ、かつ、1990年のように窒素の発現が生育初期の溶出型の年にあっても基肥LP40~50kg/10aの施肥と1回の追肥により施肥の省力化が期待できると考えられた。

また、1991年のように全体的に茎数が不足し、後期分けつが発生する場合、No.2のように一次枝梗の増加を目的とする穂首分化期直前の追肥が有効と推察された。例えば、No.2の圃場において、有効穂数が少ないと判断されるとき、窒素1kgレベルのつなぎ肥により粒数の確保が図られたと思われる。(表4参照)

5. おわりに

ところで、本地域も、兼業農家の増加、生産者層の高齢化、および都市との混住化が進んでいる。しかし地域には、30代~50代の先導的農家も数多く活躍されている。

そこで、5年~10年先の将来にあっては、省力化・機械化・協業化等の課題をひかえ早急に解決

できる技術や体制を構築する必要性が高いことは否めない。

そのような視点にたち、今回の調査を実施したが、本稿の事例は、砂質土壌のCECが11~16程度と比較的、肥もちの悪い土壌条件下での設定であった。そのため、今後は、異なる土壌条件や水温の低い地帯においても品種別緩効性肥料の溶出タイプごとの選定および地帯別窒素の発現パターンの解明とシュミレーション化が望まれるであろう。また、それにより生育診断が可能となり、さらに細やかな肥培管理指導ができると思う。

現在、本管内では、一部の管内火山灰地帯で中早生のヒノヒカリをはじめ、晩生種のユメヒカリおよびホシユタカ(ピラフ用)に緩効性肥料を活用しているが、安定生産はもとより食味、品質、並びに環境にやさしい稲作を生産者自らが消費者にアピールできるよう稲作改善に努めたいものである。

肥料の来た道帰る道

8. 肥料工業と農事試験場の誕生

京 都 大 学

名 誉 教 授 ・ 高 橋 英 一

産業革命の初期に、イギリスの先進的な農場主が骨粉肥料を施用して収益をあげたことは前に述べた。ロンドン北北西40kmに位置する Rothamsted の地主であった John Bennet Lawes(1814—1900)も自分の荘園で1836年から38年にかけてこの骨粉をカブに施用してみたが、予期したような効果が得られなかった。それは Rothamsted の土壌がチヨーク(炭酸石灰)質の残屑を含んでおり、骨粉からのリン酸分の溶出が抑えられたためと思われる。化学的知識のあった Lawes は1839年に骨粉を硫酸で処理して作物に施したところ、今度は顕著な効果があった。そこで彼はこの新肥料 (super phoshate of lime 過リン酸石灰)の効果を確認するために荘園内で圃場試験をはじめ、1842年5月には過リン酸石灰製造法の特許を取得し、製造原料の範囲を骨、骨粉、骨灰その他含リン物とした。そしてこれを製造する工場をテムズ川畔の Deptford に建て、1843年7月過リン酸石灰の最初の販売広告を Gardener's Chronicle 誌上に出した。これが人造肥料のはじまりであり、化学肥料工業の幕明けとなったのである。

一方ドイツでは1840年に Liebig がイギリス科学振興協会の求めに応じて「化学の農業および生理学への応用」と題する、後に有名になった論文を発表したが、その中で Liebig は骨粉に希硫酸を加えてかきまぜ、熟成したものを水でうすめて作物に施すと、大きな効果があると述べている。骨粉を酸で処理して成分の有効化をはかることを思いついた人はほかにもいたが、過リン酸石灰を世に出す原動力になったのは、Lawes と Liebig の2人であった。Liebigは動植物起源の有機質肥料の効果は、それが土壌中で分解した結果生じる無機化合物でおきかえられることを説き、根強く残っていた「植物の養分は腐植である」という考えに終止符をうった。骨粉の数倍もの効果をもつ

新肥料への需要をみたすために、ヨーロッパ中の屠殺場から大量の骨が集められたが、すぐにはこれだけでは十分でないことがわかった。Liebig はイギリスが死者の骨、とくに戦場でたおれた兵士の骨を原料に使っていると非難した。しかし幸い19世紀後半になってアメリカその他でリン鉱石の鉱床が発見され、骨にとってかわることができた。

過リン酸石灰の発明は肥料そのものを製造する工業を誕生させたが、産業革命を契機として19世紀のヨーロッパに発達した諸工業からはいろいろな副産物が生れ、その中には独立した肥料商品になったものもいくつかあった。トーマス燐肥もその一つである。

1879年 S.G. Thomas は、中部ヨーロッパや北部スエーデン産のリン酸含量の高い鉄鉱石を利用するため、トーマス転炉を使用する製鋼法を発明した。これは従来の転炉内面の酸性ライニングを石灰を用いた塩基性ライニングにかえ、低ケイ素高リンのトーマス銑(P含量1.6~2.1%)を原料とするもので、酸化したリンをリン酸塩として炉壁に吸収し、銑からリンを除くしくみになっている。その結果リン酸含量の高いスラグが副生する。主成分はシリコカーノタイトで P_2O_5 16~20%を含み、リン酸肥料として有効であることが実証されて以来、ヨーロッパで大量に使用されるようになった。

19世紀には石炭の乾留によってコークス、石炭ガスが製造されるとともに、副生するタールやガス液中の成分に新たな用途が発見され、石炭化学工業が勃興したが、ガス液中のアンモニアを硫酸で硫酸として捕集し、窒素肥料として用いることもひろまった。このようにして鉱物起源の肥料とともに、過リン酸石灰、トーマス燐肥、副生硫酸といった工業製品が登場し、肥料もまた有機物依

存から脱却することが可能になった。

過リン酸石灰の製造をはじめた Lawes はさらに作物の肥培についてくわしく知ろうとして、1843年6月に化学者の Joseph Henry Gilbert (1817~1901) を招き、共同研究をはじめた。これは Lawes の死 (1900年8月) まで続いた世界でもっとも長い共同研究であった (翌年 Gilbert もこの世を去った)。またこの年、現在まで続いている Broadbalk 圃場試験をはじめた。Lawes はこの2つを記念して1843年6月を Rothamsted 試験場のはじまりとした。したがって明年の1993年には、この世界最古の試験場は150周年を迎えることになる。

「Broadbalk」は主要作物の養分要求性を知るために設計された試験の一つで、コムギを同じ土壌で同じ施肥法で栽培をつづけ、長期にわたる施肥法の違いの影響を明らかにしようとするものであった。そのため作物、土、肥料、排水の分析を行なって養分のバランスシートをつくり、与えた肥料がどれだけ作物に吸収され、どれだけ土の中に残り、どれだけが系外に失われるかをしらべた。共通した処理区は無肥料、ミネラルのみ、窒素とミネラル、厩肥のみである。このような試験設計は Liebig との論争に対処するものであった。

Liebig は当初作物にとって実際に補給が必要なのはミネラルであって、生育に必要なだけの窒素は大気中のアンモニアから供給されると主張していた。しかし Broadbalk の試験の結果は、窒素を与えないときのコムギの収量はわずかであり、ミネラル施用の効果も窒素が与えられたときに限りみられることを明らかにした。

このように作物の生育量と養分の吸収量を定量して両者の関係を求め、またこれらに対する肥培管理のちがいの影響を明らかにする「圃場試験」を行なうための試験場は、19世紀末から次第に各国に設けられるようになった。日本では1890年 (明治23年) 東京府下西ヶ原に農務局仮試験場が設けられ、1893年 (明治26年) には西ヶ原を本場に、各地方におかれた6支場からなる農事試験場が発足した。こうして農業はそれまでの全面的な経験依存から脱却し、科学的な施肥農業へと発展していったのである。

一口メモ

Liebig のイギリス非難

Liebig は「化学の農業および生理学への応用」第9版の中で次のように述べている。

ドイツの農業者はジャガイモがなかったら (当時ドイツとフランスは人口の3分の1がジャガイモを主食にしていた)、必要に迫られてイギリスの農業者と同じく、肥料資材としての骨粉に高い評価を与えざるを得なかっただろう。ドイツの農業者はその価値をほとんど理解できなかったで、数百万ツェントネル (1ツェントネルは50kg) もの骨粉の輸出を70年以上も傍観してきたのである。イギリス人にとって骨粉の輸入が必要であったとすれば、ドイツの畑からの骨粉成分の収奪がわれわれにとって不利だと考えるのは当然であろう。この資材がイギリスの畑で穀物とクローバーの収量を高めたとすれば、ドイツの畑の穀物とクローバーの収量はイギリス人が受けとった分だけ低下したにちがいない。(吉田武彦氏の訳による)

Liebig のイギリスに対する非難にははげしいものがあるが、これは彼自身も貢献した発見を Lawes が商業的に発展させて成功を収めたことに対する怨念のせいかも知れない。

もう一つの世界最古の試験場

フランスの化学者で農学研究のパイオニアでもあった Jean Baptiste Boussingault (1802~1887) は、妻の持参金代わりに Alsace の Bechelbronn の地所で1834年から一連の圃場試験をはじめた。その目的は植物は炭素と窒素をどこから得ているかを明らかにすることであった。彼もまた施用した肥料と収穫した作物を秤量、分析し、いろいろな輪作体系における養分のバランスシートを求めた。彼は輪作の中にマメ科作物があると、窒素の吸収量は施肥量を大幅に超過することをみだし、マメ科作物は大気中の窒素を固定していると考えた。Boussingault の圃場試験は不幸にも1870年の普仏戦争によって行なわれなくなり、世界最古の試験場たる栄誉は Lawes に譲ることになった。

熱帯におけるインド型水稲におよぼす LP肥料の効果 (その2)

(株)日本工堂 (前・国際稲研究所)

和田 源 七

ASおよびLP区の収量および収量構成要素の一部を表3および図5に示す。いずれの品種も作期および栽植密度に関係なく、同一施肥量ならLP区の収量はほとんどの場合AS区のそれを凌駕し、いずれの場合も2AS区のそれに近い値を示す。AS区とLP区の収量差は栽植密度の高くなるほど大きい。両肥料区の収量差と品種の早晩生との間では早生種にやや高い傾向がみられた。登熟歩合はほとんどの場合差がないことより、LP区の収量の増加は穂の容量(Sink size: 収量÷登熟歩合で表現できる)の増加による。LP区の

Sink size は窒素吸収量の差を反映して、同一施肥量の場合にはつねにAS区を上まわり、2AS区のそれにはほぼ等しい値を示す。

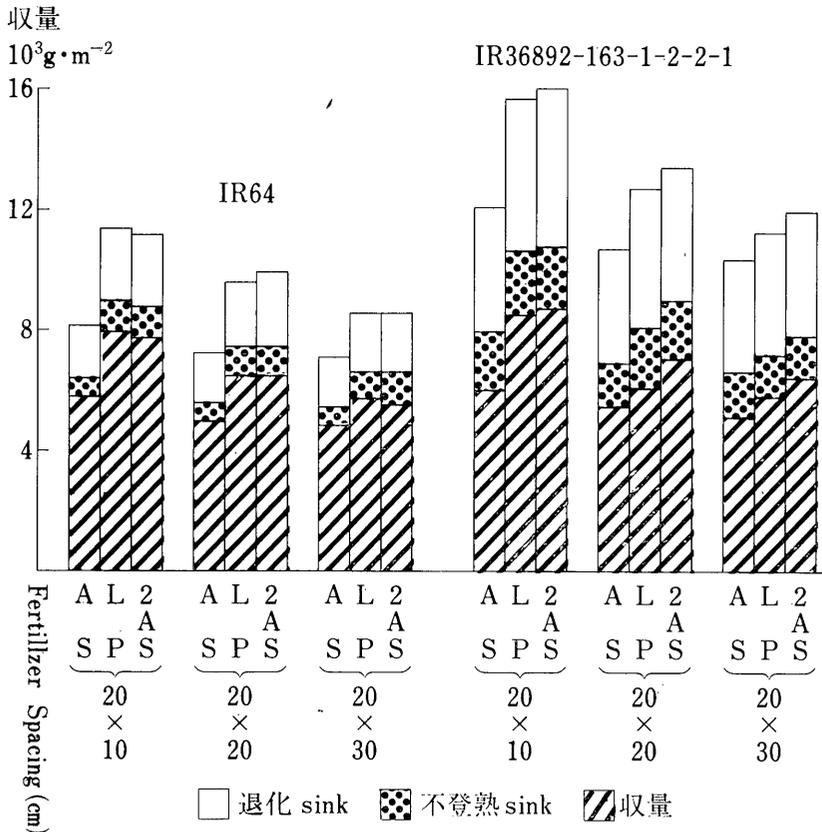
Sink size がほぼ決定される穎花分化終期における稲体窒素量と分化 Sink size (PS) および Sink size との関係を図6に示す。穎花分化終期の窒素量とPSおよび Sink size との間に強い正の相関がみられ、窒素の Sink size 生産効率におよぼす肥料の影響はほとんど認められない。したがって、Sink の生成に対しては穎花分化終期までの窒素吸収総量の影響が大きく、そこに至

表 3-1 LP100 が収量および収量構成要素におよぼす影響 (1987DS)

品 種	栽 植 密 度 (cm)	肥 料	穂 数 (m ⁻²)	1 穂 穎花数	m ² あたり 穎花数 (×10 ³)	Sink Size (g・m ⁻²)	退 化 Sink Size (g・m ⁻²)	登 熟 歩 合 (%)	精 粃 千粒重 (g)	収 量 (g・m ⁻²)
IR64	20×10	AS	443	64	28.4	685	213	81	24.4	555
		LP100	538	77	41.4	1,006	287	80	24.3	800
		2AS	556	78	43.4	1,042	310	81	24.0	841
	20×20	AS	332	70	23.2	565	204	88	24.3	495
		LP100	414	78	32.3	785	259	87	24.3	685
		2AS	412	77	31.7	774	248	87	24.4	670
	20×30	AS	310	77	23.8	585	188	83	24.5	487
		LP100	346	83	28.7	704	252	86	24.5	606
		2AS	358	79	28.3	690	227	87	24.4	597
IR36892-163- 1-2-2-1	20×10	AS	480	79	37.9	959	576	79	25.3	760
		LP100	567	88	49.9	1,277	751	82	25.6	1,024
		2AS	575	82	47.1	1,202	724	84	25.5	1,006
	20×20	AS	354	89	31.5	807	473	84	25.6	680
		LP100	375	97	36.3	931	567	83	25.6	770
		2AS	393	98	38.5	994	566	81	25.8	807
	20×30	AS	307	98	30.1	776	462	79	25.8	614
		LP100	330	96	31.7	821	492	79	25.9	646
		2AS	344	93	32.0	816	498	84	25.5	677

AS: 硫安 2AS: 硫安倍量

図5 収量および収量構成要素 (1987D S 4圃場平均)



るまでの窒素吸収過程の Sink 生成に与える影響は無視できる。

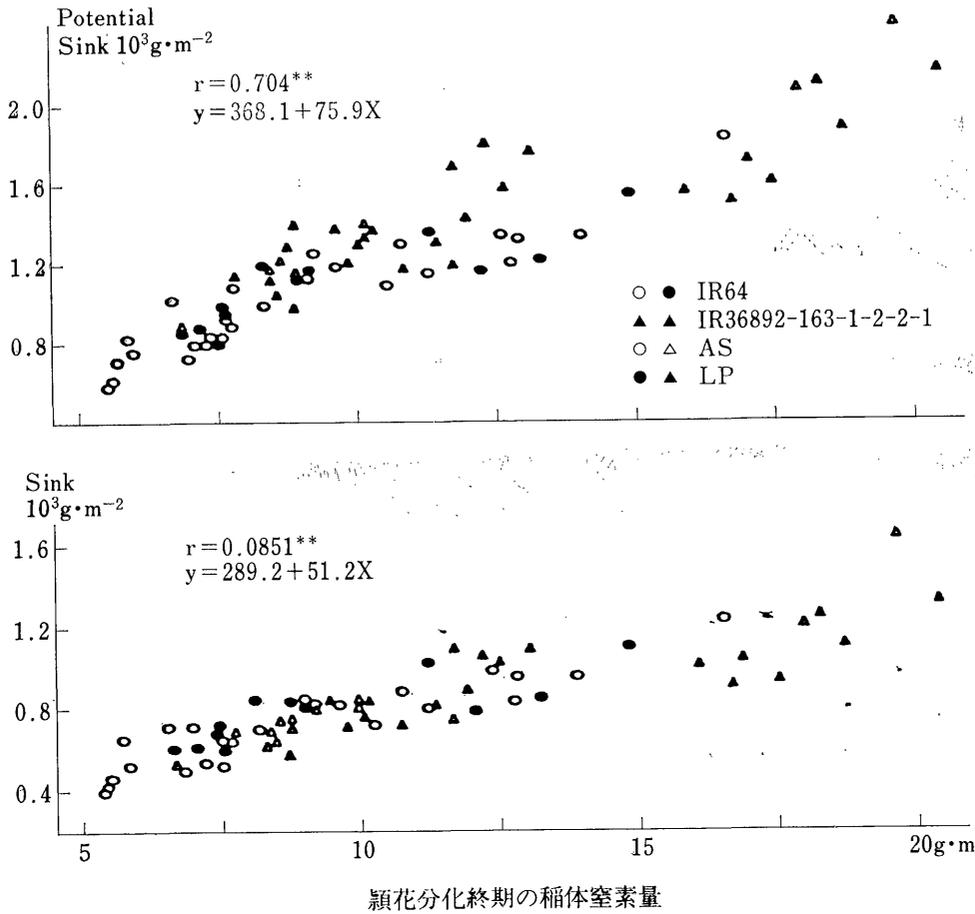
Sink size は同一品種の場合は1穂穎花数と穂数との積で近似的に表わしうる。穂数はLP区がAS区より多く、2AS区のそれにほぼ等しい。1穂穎花数はLP区がAS区に比し高い場合とほとんど差のみられない場合がある。LP区で1穂穎花数の多い場合は穂数の増加の少ない場合である。しかし、どのような条件の時にLP区に1穂穎花数が多くなるかは現在のところ明らかではない。いずれにしても、LP区のAS区に対する1穂穎花数の増加率は穂数のそれに比して小さく、LP区のSinkの増大は最高分けつ期以後の窒素吸収量の増大が無効茎を減少させたことによって生じた穂数の増大に負うところが大きい。

表3-2 LP100が収量および収量構成要素におよぼす影響 (1987WS)

品種	栽植密度 (cm)	肥料	穂数 (m^{-2})	1穂穎花数	m^2 あたり穎花数 ($\times 10^3$)	Sink Size ($\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$)	退化 Sink Size ($\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$)	登歩合 (%)	精粃千粒重 (g)	収量 ($\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$)
IR66	20 × 10	AS	389	86	33.5	659	377	78	19.7	516
		LP100	493	86	43.3	836	488	76	19.3	637
		2AS	487	89	43.8	880	598	77	20.1	679
	20 × 20	AS	301	95	28.6	560	317	81	19.6	451
		LP100	358	96	34.3	689	433	76	20.1	526
		2AS	351	99	34.7	701	551	78	20.2	544
	20 × 30	AS	267	104	27.8	550	292	78	19.8	427
		LP100	303	99	30.0	597	393	78	19.9	467
		2AS	298	103	30.7	620	471	79	20.2	488
IR36892-163-1-2-2-1	20 × 10	AS	366	77	28.2	711	408	82	25.2	586
		LP100	400	83	33.0	836	461	77	25.3	642
		2AS	392	80	31.4	804	531	82	25.6	658
	20 × 20	AS	297	85	25.2	650	364	81	25.8	524
		LP100	318	87	27.7	709	371	83	25.6	585
		2AS	341	86	29.3	756	492	81	25.8	610
	20 × 30	AS	252	86	21.7	547	310	83	25.2	453
		LP100	275	91	26.1	676	390	79	25.9	532
		2AS	269	96	25.8	676	377	82	26.2	553

AS: 硫安 2AS: 硫安倍量

図 6 穎花分化終期の稲体窒素量と Potentialsink および Sink size との関係



また、Sink size は P S と退化 Sink size (DS) し、P S も D S も大きい。しかし、退化 Sink 率の差によって決定される。L P 区は A S 区に比 は両区間にほとんど差がない。一般に幼穂形成期

表 4-1 溶出度の異なる L P の収量および収量構成要素におよぼす影響 (1986W S)

品 種	肥 料	穂 数 (m^{-2})	1 穂 穎花数	m^2 あたり 穎花数 ($\times 10^3$)	Sink Size, ($\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$)	退 化 Sink Size ($\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$)	登 熟 歩 合 (%)	精 粃 千粒重 (g)	収 量 ($\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$)
IR64	AS	288	78	22.4	545	121	86	24.3	467
	LP70	330	81	25.9	638	146	81	24.6	520
	LP100	328	89	29.2	723	166	84	24.8	605
	LP100+AS	320	78	25.7	609	147	88	24.3	535
	LP140	340	84	28.5	695	100	85	24.4	588
	LP140+AS	318	74	23.5	571	145	84	24.3	480
IR36892-163-1-2-2-1	AS	276	88	24.3	572	300	71	23.5	405
	LP70	338	83	27.9	659	324	71	23.6	466
	LP100	335	84	28.0	652	375	71	23.3	466
	LP100+AS	365	73	26.7	629	376	70	23.6	442
	LP140	340	81	28.2	653	374	70	23.1	453
	LP140+AS	348	74	25.9	608	338	72	23.5	439

より出穂期までの窒素吸収量の多い場合にはDSが少なくなる。LP区でDSの多いのはPSが多いためである。またLP区はAS区に比し有効茎歩合が高く、無効茎が少ないことより穎花の茎と共に退化した量は非常に少ない。これを考慮に入れば退化 Sink 率はAS区に高く、LPのSink退化防止の効果は認められるが、逆にLP区の単位窒素あたりのPS生産効率はAS区に比して低いとみられる。

そこで、LPの初期の窒素吸収の低さを補うため、その一部を硫酸に置きかえて初期生育を確保し収量を高めようと試みた。しかし、結果は予想に反して初期生育促進による収量増は認められず、LP単独区より減収した(表4-1)。このこと

は前述のように窒素吸収経過よりは窒素吸収の絶対量が収量に対する影響の大きいことを示している。

窒素溶出速度の異なるLPの下で栽培された水種の収量および収量構成要素の一部を表4-2,3に示した。同一作期で同一品種では登熟歩合に差がないので収量は Sink size の大きさによって決る。LP40, LP70およびLP100区の収量および Sink size は肥料区間にほとんど差はなく、いずれも対照区のそれに比して高かった。しかし、これらの肥料より窒素溶出速度の遅いLPでは品種の生育期間の長短により収量に与える影響が異なる。短期種IR58ではLP140およびLP180区の Sink size および収量は窒素溶出速度の速いLP

表 4-2 N溶出度の異なるLPの収量および収量構成要素におよぼす影響 (1988DS)

品 種	栽 植 密度	肥 料	穂 数 (m^{-2})	1 穂 穎花数	m^2 あたり 穎花数 ($\times 10^3$)	Sink Size ($g \cdot m^{-2}$)	登 熟 歩 合 (%)	精 粃 千粒重 (g)	収 量 ($g \cdot m^{-2}$)	
IR58	20×10	AS	505	63	32.0	688	93	21.5	641	e~g
		LP40	620	64	39.6	835	92	21.1	772	a~d
		LP70	635	58	37.9	804	92	21.2	736	b~f
		LP140	520	63	32.9	685	93	20.8	639	fg
	20×20	AS	522	63	32.7	677	93	20.7	631	fg
		LP40	608	62	37.9	767	92	20.2	705	c~f
		LP70	628	65	36.5	737	91	20.2	671	d~g
		LP140	488	61	29.7	623	91	21.0	569	g
IR66	20×10	AS	505	70	35.3	742	94	21.0	695	c~f
		LP40	575	73	41.7	872	94	20.9	817	ab
		LP70	560	76	42.4	870	89	20.5	780	abc
		LP140	625	73	45.8	954	90	20.8	859	a
	20×20	AS	462	75	34.5	710	93	20.6	659	d~g
		LP40	538	69	37.0	744	92	20.1	688	c~g
		LP70	540	76	40.8	809	91	19.8	735	b~f
		LP140	555	78	43.5	870	93	20.0	805	abc
IR36892-163- 1-2-2-1	20×10	AS	410	85	35.0	873	79	25.0	693	c~f
		LP40	450	91	41.0	1,073	74	26.2	797	abc
		LP70	435	95	41.3	1,063	75	25.8	798	abc
		LP140	485	88	42.6	1,121	70	26.4	781	a~d
	20×20	AS	392	79	31.0	796	81	25.7	645	d~f
		LP40	430	93	39.9	997	80	25.0	794	abc
		LP70	412	93	38.3	972	79	25.3	763	abc
		LP140	430	90	42.3	1,074	76	25.6	816	ab

AS:硫酸 末尾のアルファベットは収量の有意性を示し、異符号間には5%レベルで有意差があり、同符号間には有意差はない。

区に比して低い。また、IR66ではLP180の粗植区の収量がその他に比して低いが、中生種IR36892-163-1-2-2-1ではすべてのLP区間で収量に差を認められない。このように品種の移植より幼穂形成期までの生育期間の長さの差によって、各品種の収量の窒素溶出速度に対する反応が異なる。生育期間の短い品種ほど窒素溶出速度に対する反応が大きい。そして、窒素溶出速度に対して品種ごとにcritical pointがあり、そのcritical pointより窒素溶出速度が速ければ収量および収量構成要素に差は認め難い。したがって、LPを

基肥として使用する場合には品種の生育期間の長さによって、そのタイプは選択する必要があるが、その場合注意すべき点は唯一窒素溶出速度が使用品種に対して遅いものを避けることであり、critical pointよりN溶出速度の速いものを選択すれば窒素溶出速度の差の収量に与える影響は無視できる。日本では熱帯におけるほど生育期間の品種間差がないので、LP選択の問題は少ないものと思われる。また、特記すべきことはLP肥料にとって、どのタイプでも密植ほど収量増に結びつき易いことである(文献省略)。

表 4-3 N溶出度の異なるLPの収量および収量構成要素に取ばず影響 (1989DS)

品 種	栽 植 度 密 度	肥 料	穂 数 (m^{-2})	1 穂 穎花数	m^2 あたり 穎花数 ($\times 10^3$)	Sink Size ($g \cdot m^{-2}$)	登 熟 合 歩 合 (%)	精 粗 千粒重 (g)	収 量 ($g \cdot m^{-2}$)	
IR58	10×5	U	746	61	45.3	909	78	20.1	705	ab
		LP100	790	71	55.8	1,171	72	21.0	838	a
		LP180	708	66	46.7	906	73	20.0	689	abc
	20×10	U	449	65	29.3	586	76	20.0	446	e~h
		LP100	482	69	33.0	693	76	21.0	524	c~f
		LP180	415	65	26.9	562	73	20.9	409	e~h
	20×30	U	255	69	20.5	421	61	20.5	255	hi
		LP100	327	80	24.5	459	71	18.8	327	ghi
		LP180	222	70	18.2	351	63	19.3	222	i
IR66	10×5	U	560	80	44.7	925	77	20.7	717	ab
		LP100	554	94	52.2	1,046	74	20.0	776	a
		LP180	584	98	57.3	1,117	75	19.5	840	a
	20×10	U	381	78	29.7	583	79	19.3	460	d~g
		LP100	397	98	39.1	754	79	19.8	592	bcd
		LP180	385	101	38.9	770	75	19.4	576	b~e
	20×30	U	267	102	27.3	529	70	19.4	365	f~i
		LP100	286	138	39.4	766	65	19.4	499	d~g
		LP180	251	116	29.0	560	68	19.3	381	f~i
IR36892-163-1-2-2-1	10×5	U	532	79	42.8	1,105	44	26.2	483	d~g
		LP100	612	82	50.0	1,284	43	25.7	546	b~f
		LP180	550	96	52.9	1,388	41	26.3	574	b~e
	20×10	U	355	81	28.6	723	44	25.3	321	hi
		LP100	393	95	37.2	947	43	25.5	405	e~h
		LP180	403	84	33.9	871	43	25.7	372	f~i
	20×30	U	241	77	23.4	589	45	25.2	265	hi
		LP100	273	92	25.0	632	55	25.3	345	ghi
		LP180	264	96	25.4	645	43	25.4	276	hi

U: 尿素 末尾のアルファベットは収量の有意性を示し、異符号間には5%レベルで有意差があり、同一符号間には有意差はない。