

## 水稻の二段施肥栽培について

誌名	農業技術
ISSN	03888479
著者	吉野, 喬
巻/号	46巻10号
掲載ページ	p. 457-461
発行年月	1991年10月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター  
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



# 水稻の二段施肥栽培について

吉 野 喬

## 1. はじめに

二段施肥栽培を紹介するに当たっては、その開発の土台となっている側条施肥栽培の発展の経過と当面している問題点に触れる必要がある。

側条施肥技術は、田植機の普及するなかで田植直後の養分吸収を促進し、あわせて肥料成分とくに窒素の利用率を高めたいとの意図のもとで、水稻の株元に肥料を局所施用する方式が開発された。現在、側条施肥田植機は全国的にかなり普及されているが、田植前に施肥・代かきをする従来の慣行施肥に比べ水田から排出される養分が少なく、水質汚染を軽減するので、環境保全的な技術として評価されている。すでに側条施肥を柱とした水稻の栽培体系が確立されつつある。

水稻栽培の作業体系からみれば、側条施肥は、田植と基肥施用が一行程になると同時に、倒伏しやすい品種で田植直後に施用していた根付け肥を省略できる点で施肥作業の省力化に貢献している。しかし、側条施肥が普及するとともに、施用した肥料の肥効が早く切れ、つなぎ肥(中間肥)を必要とすることが多く、その対応が必要になってきた。

水稻栽培のコスト低減が求められるなかで、施肥効率の向上と施用量の低減ならびに施肥回数を減らす方向が要望されている。このような要望をうけて緩効性窒素肥料を用い、水稻の成熟までに要する肥料の全量を基肥施用する、いわゆるワンショット方式が試みられたが、対象となる品種が限定されたり、良食味米の栽培体系に馴染まないなど、明るい見通しは得られていない。

このような背景のもとで、側条施肥技術の短所を補い、追肥作業を省略する目的で、基肥として側条と深層に同時施用する方式、いわゆる二段施肥のできる施肥同時田植機が試作され、これを利用した圃場段階の試験が各地で実施されている。ここでは二段施肥田植機の試験のうち、水稻に対する肥効からみた二段施肥の特徴を紹介することにする。

Takashi YOSHINO: Effect of Dual Application of Basal Fertilizer on the Growth of Rice Plant. 農業技術 46(10), 1991.

## 2. 二段施肥田植機の概要

試作機はいずれも側条施肥田植機に深層施肥のための施肥機を追加したもので、すでに数社が試作機を作成し、現場での試験に取り組んでいる。基本的な構造は、田植機の後部に側条施肥用のホッパー、肥料繰り出し調節部、代かき土壌の深層へ肥料を送り込むための作溝ディスクあるいはパイプ部分からなる。肥料繰り出し部のシャッターは植付クラッチと連動している。側条施肥部からは植付条ごとに肥料が施用されるのに対し、深層施肥では植付2条の中央部に施用される仕組みになっている。側条施肥ではフロート下部に溝切りが付き、肥料は繰り出し部からパイプを経て溝部分に自然落下する。深層部への施肥は機械メーカーがそれぞれ独自の工夫をこらしており、異なる方式をとっている。すなわち、粒状肥料の場合には繰り出し部から送り出された肥料はスパイラル式、ディスク作溝部とピストン方式あるいは送風方式により代かき土壌の深層部に施用される。ペースト状肥料の場合にはポンプ方式でノズルから注入するもので、機構上では側条施用と同じである。

深層施肥の深さの調節は8ないし15cmになっている。二段施肥田植機はいずれも6条乗用型であるが、深層施肥機の重量は肥料を搭載した状態で約50kgになり、前方にバランスウエイトを装着するとさらに重量は増す。

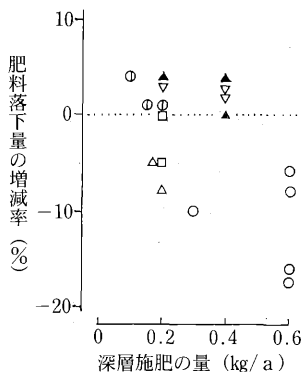
## 3. 深層施肥の精度

実際に圃場で二段施肥機を使用し、肥料粒の落下位置の深さ別に分布をしらべたデータによれば、肥料粒

施肥条の位置	地点	深さ 平均値	同 標準偏差	左
第1表 深層施肥部分から落下した肥料粒の垂直分布 (岩手県農試, 1990年)	左	9.0cm	0.4cm	はおおむね設定された深さに位置している(第1表)。肥料の落下位置はおおむね筋状になっているようである。ここに掲げた結果では落下位置の平均値は設定よりもやや浅めになっているが、代かきを
	2	8.9	1.2	
左	中央	8.8	0.5	ここに掲げた結果では落下位置の平均値は設定よりもやや浅めになっているが、代かきを
	1	9.6	1.1	
右	2	10.6	1.6	

した泥状の土中に施用されたにしては精度がむしろ高いと言うべきかもしれない。別の調査によれば設定どおりの深さになった例もある。落下位置の深浅には圃場条件や機種ごとの施肥方式の違いなどが関係していると思われるが、水稻の栽培管理からみた施肥位置の変動の許容範囲は明らかでなく、このような機械の出現で許容範囲が徐々に解明されるものと思われる。

肥料の落下量は施肥条ごとに調節される構造である。事前調整が正常であれば、目標量と実際の落下量はかなりよく合致する。各地の試験例のうち事前調整に問題のあったとするものを除外して、測定結果を第1図



第1図 二段施肥機深層施肥の肥料落下量と目標量に対する増減率

注 1) ○岩手, □山形, ▽新潟, △千葉, ⊙広島, ▲福岡  
2) 符号の同じものは同一試験地で落下量が調整された。

多くの場合5%前後であるため、落下量が目標値よりやや少なくなってくるようである。水稻の栽培では基肥施用量の10%以内の増減であれば支障をきたすことはほとんどなく、施肥量の精度に関しては実用上に支障なしと評価してよいであろう。

#### 4. 生育上の特徴

二段施肥栽培では基肥施用時に慣行施肥の追肥の一部あるいは全体量を側条施肥と深層施肥に振り分ける。側条と深層への施肥量の配分については別に述べるが、側条施肥として施用する量は、慣行全面施肥の基肥量と同じか、その20%減くらいの範囲である。深層施肥への配分量は摸索段階であり、施用量や肥料の種類について試験が開始されたところである。深層施肥への配分量は慣行施肥で追肥として施用される分量をおおよその目安としている。一部には二段施肥の基肥量、

追肥量とも慣行施肥に準じた体系をとる例もあった。

二段施肥栽培での水稻生育は、側条に肥料が施用されているので分けつ最盛期頃まではとりたてて特徴がでることはない。二段施肥下での特徴は、最高分けつ期を過ぎても側条施肥栽培でしばしば指摘されるような肥切れして葉色の落ちることがない点である。すなわち、深層施肥位置からの窒素吸収が最高分けつ期頃にはすでに進行していると見なされるわけである。

分けつ期からの葉色推移について岩手県農試と北陸農試の試験成績のうち代表的な試験区のデータを紹介する(第2表, 第3表)。岩手県農試の成績では慣行施

第2表 二段施肥区における水稻葉色の推移 (岩手県農試, 1990年)

区名	月日						
	6.30	7. 3	7. 5	7. 7	7.10	7.13	7.16
慣行施肥区	47.8	44.8	43.8	43.6	41.3	39.2	37.4
二段施肥7:5区	45.4	45.0	43.8	44.0	42.3	40.8	39.4

注) 葉緑素計 SPAD で測定, 出穂期 8月9日。

肥区に比べ二段施肥区での葉色は田植後50日後の7月上旬頃から濃くなり始め、慣行施肥区の穂肥施用期まで濃い状態が継続している。北陸農試のデータでも二段施肥区の葉色は、最高分けつ期ころに当たる7月6日にはすでに濃い状態になっているが、出穂期約5日後の8月14日には葉色が落ち始め、成熟期に近い9月のデータでは慣行施肥区よりもかなり薄い状態になっている。各地の試験成績の記述でも、二段施肥区では最高分けつ期頃からの葉色の推移からみてつなぎ肥は不要と判断されている。

第3表 二段施肥区における葉色の推移(北陸農試, 1989年)

区名	月日			
	6.16	7. 6	8.14	9.18
慣行施肥区	40	41	31	28
二段施肥区	39	44	30	22

注) 葉緑素計 SPAD で測定

茎数やその増加様式は、二段施肥区において基肥施用段階で側条施肥の量がすでに調整されているため、慣行施肥区との関係は一定していない。しかしながら試験初年目には二段施肥区でも茎数の少なくなることが時たま見受けられる。二段施肥区で茎数が多すぎた、あるいは過剰生育になったとの記載も見あたらないようである。

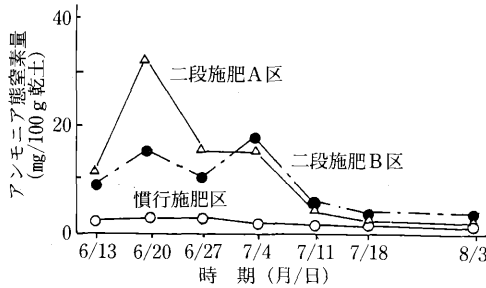
成熟期の稈長については二段施肥区と慣行施肥区とでほとんど同じであった。節間長の調査例は少ないが、二段施肥区では下位節間の伸びる傾向が指摘されている。二段施肥試験ではおもに倒伏し難い品種を使用しているため、倒伏の被害は見あたらないが、倒伏しやすいコシヒカリのような品種では基肥量を抑えるよう

にとの指摘がある。

### 5. 深層施肥からの窒素吸収

施肥設計の作成や試験データの解析上、深層施肥部から窒素がいつ吸収されるかを見極めることは非常に重要である。

水稻が深層施肥部の窒素を吸収し始める時期を正確に判定するにはかなり大がかりな調査を要する。そこで、いま利用できるデータのうち深層施肥条のアンモニア態窒素量から水稻の吸収時期を推定してみた。施肥条部位のアンモニア態窒素の急に減少する時期、すなわち、深層施肥部の窒素を水稻が活発に吸収する時期は、農業研究センター圃場で7月上旬頃で、出穂期から逆算して42日から35日頃に当たる(第2図)。つま



第2図 二段施肥の深層施肥条におけるアンモニア態窒素量の推移 (農研センター, 1989)

り深層に落下した肥料窒素の吸収は慣行施肥区の水稲の最高分げつ期頃に盛んとなっているようである。ただし、深層施肥部位に水稻根が到達し、その窒素を吸収し始める時期は出穂期前42日(5月末田植、田植から40日)よりも早いとみてよい。吸収時期を推定する方法としては他に水稻体の窒素分析値が利用できる。岩手県農試の1990年の成績(第4表)によれば、二段施肥区の水稲体窒素含有率は、出穂期前約45日頃(田植後38日)から慣行施肥区より高くなり始め、出穂期前20日頃にはかなり高い含有率になっている。岩手県農試の場合は、深層施肥部位のアンモニア態窒素量や水稻の窒素吸収量の推移をあわせ考察するならば、出穂

第4表 二段施肥区における水稻体の窒素含有率と吸収量 (岩手県農試, 1990)

区名	月日					
	6.15	6.25	7.5	7.16	7.26	穂揃
含有率 (%)						
慣行施肥区	3.63	3.56	3.01	1.54	1.81	1.14
二段施肥7:3区	4.24	3.74	3.09	1.93	1.75	1.18
吸収量 (g/m <sup>2</sup> )						
慣行施肥区	1.29	4.11	6.69	6.22	10.4	11.7
二段施肥7:3区	1.83	4.67	7.80	8.40	10.9	12.2

期前の40日から20日頃にかけて吸収が活発に行われたと推察される。上の2例で見られたように吸収時期からみると二段施肥区の深層施肥部の窒素の吸収時期は穂肥窒素のそれよりかなり早いばかりでなく、かつて東北地方で普及した深層追肥の施用適期とされた出穂期前35日よりも早いと言えそうである。

上に述べたような窒素吸収をとるなら、二段施肥で深層施肥部に施用された窒素は、穂となる分げつの充実や退化防止に貢献してくる。さらに穂肥時期まで一茎当りの窒素保持量を増加させるため、穂肥を省略しても面積当たりの穎花数は減少しないであろう。穂肥施用期を過ぎると漸次窒素の濃度が低下し、淡い葉色に推移するようになる。かつての深層施肥技術は寒冷地のように窒素吸収の緩やかな地域でも出穂前の35日頃に施用され、しかも豆炭状の固形肥料を埋め込んだことで水稻による急速な吸収を抑えることができ、そのために穂肥と実肥の二つの役割を代行できた。二段施肥栽培において水稻が深層施肥から窒素を吸収し始める時期は、根系の広がりいかんによって決まってくる。したがって、二段施肥に深層追肥と同じ機能を期待するのは無理であり、二段施肥のもつ特徴を活かしながら、技術化を図ることが大切である。

### 6. 収量および構成要素

東北から九州地域まで幅広く実施された二段施肥試験から、二段施肥区と側条施肥あるいは基肥の全面施用に穂肥を施用した

第5表 二段施肥区と慣行施肥区との収量、同左構成要素の比較(総数14組)

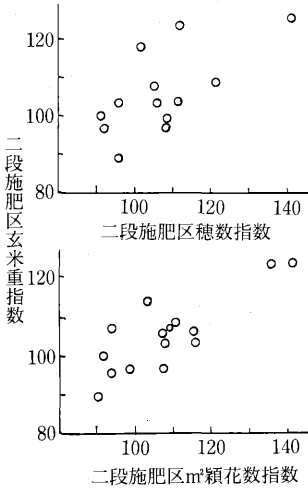
項目	階級区分	試験数
玄米重指数	<97	3
	98~102	1
	>103	10
穂数	<95	3
	96~105	4
	>106	5
穎花数/m <sup>2</sup>	<95	3
	96~105	4
	>106	7
登熟歩合増減*	<-4	2
	-3~+3	7
	>+4	5
玄米千粒重	<97	6
	98~102	8
	>103	0

注) 慣行区を指数100とし、階級区分をしていいる。

\*印は慣行施肥区に対する二段施肥区データの増減

慣行施肥区とを抜粋した(第5表)。とくに断わりのないかぎり、深層施肥に普通化成肥料を施用した区を選んでいる。二段施肥区では総窒素施用量は慣行区に比べ10%増肥から、30%減肥まで試験地で幅をもっている。収量構成要素に関しては全体で14組の試験のうち、穂数について慣行施肥区に比べ二段施肥区で減少したものの3、同水準4、

増加したものの5点で一定の傾向はなかった。同様に㎡当りの穎花数についても、減少3、同じ4、増加7点でとくに傾向はない。登熟歩合では同じの点数が多い。



第3図 二段施肥区/慣行施肥区の指数表示のみ穂数、穎花数と玄米重との関係

玄米千粒重では低下6件、同じ8件で全体として二段施肥区で低下する傾向にあった。

玄米収量では慣行施肥区に比べ、二段施肥区で減収が3、同じ1、増収10点であった。

慣行施肥区に対し二段施肥区の玄米重が増収・減収する要因には穂数と面積当たりの穎花数とがかかわってくると推定されるが、第3図に見るように穂数、穎花数とも慣行施肥区に及ばない場合には、二段施肥区で玄米重が減収する傾向にある。

### 7. 施肥適量および肥料の種類

二段施肥試験では、水稻の生育と収量の安定化を目指した施肥の適量をめぐり、品種をはじめとして地域、作期などの栽培環境との関係を検討している段階にあ

る。各地で実施された試験の施肥条件と玄米重との一部を抜粋して第6表としてまとめているが、施肥条件は非常に多様である。ただし、同一試験地では試験の積重ねで慣行施肥区を基準としてみた二段施肥区の生育の安定化や収量の向上に経験が活かされているように見受けられる。

側条施肥栽培の基肥窒素量は、普通肥沃度の水田で慣行全面施肥時の20%削減、肥沃度の低い水田では削減を控えるのが一応の目安である。二段施肥においても側条に関しては従来の体系を踏襲できそうである。

深層施肥の窒素量についてはa当たり0.4kgまではとくに問題を生じていないが、0.6kgまで増加すると、穂イモチ病の発生が増えたり、成熟期が遅れることなどが指摘されている。

現在のところ二段施肥試験では耐倒伏性の比較的強い品種が供試される傾向にある。関東・北陸地域ではキヌヒカリ級の品種を用いると、穂肥施用を省略しても慣行施肥栽培に匹敵する玄米収量が期待できそうである。コシヒカリ級の倒伏しやすいく品種では、二段施肥の側条・深層に追肥の窒素量を上乘せするわけにはいかない。こうした品種であっても二段施肥によってつなぎ肥の施用を省略することは期待できる。

二段施肥機の試験では肥料の種類についてもかなり幅広く取り上げられているので、これについても触れてみたい。

二段施肥機で使用する肥料は、深層に施用する場合も、側条用の粒形の揃ったものが推奨されている。寒

第6表 慣行施肥区・二段施肥区における施肥条件と玄米収量

(施肥：窒素 kg/a)

県名・試験地	試験年度	区名	基肥			つなぎ肥	穂肥	実肥	合計	玄米重 (kg/a)	同左指数	備考 品種名
			全面	側条	深層							
岩手県農試	1989	慣行施肥区	0.5			0.1	0.2+0.2	1.0	1.0	59.1	100	あきたこまち
		二段施肥区	0.7	0.3*								
"	1990	慣行施肥区	0.7			0.2+0.2	1.1	1.2	68.8	100	あきたこまち	
		二段施肥区	0.7	0.5								
茨城県農試 竜ヶ崎	1990	慣行施肥区	0.72			0.3	1.02	1.04	47.2	100	キヌヒカリ	
		二段施肥区	0.64	0.4*								
千葉県大網 白里町	1990	慣行施肥区	0.4*			0.3	0.7	0.7	52.9	100	コシヒカリ	
		二段施肥区	0.2*	0.2*								
新潟県北陸農試	1989	慣行施肥区	0.4			0.15+0.15	0.2	0.9	54.2	100	キヌヒカリ	
		二段施肥区	0.3	0.4**								
"	1990	慣行施肥区	0.4			0.2	0.2	1.0	63.4	100	キヌヒカリ	
		二段施肥区	0.4	0.4**								
滋賀県農試	1989	慣行施肥区	0.4			0.05	0.4	1.05	60.1	100	日本晴	
		二段施肥区	0.3	0.5*								
福岡県農試	1989	慣行施肥区	0.6			0.2+0.15	0.95	0.65	54.3	100	日本晴	
		二段施肥区	0.45	0.2**								
筑柴野市	1990	慣行施肥区	0.6			0.2+0.15	0.95	0.95	47.4	100	ヒノヒカリ	
		二段施肥区	0.45	0.4*								

注) \*緩効性窒素肥料, \*\*超緩効性窒素肥料, ほかは普通化成肥料

冷地や温暖地では側条・深層に普通化成、緩効性窒素含有肥料をそれぞれ単独、あるいは組み合わせで施用するなど、肥料の種類選択が多様である。それに対して暖地では深層施用の窒素ができるだけ遅く吸収されるようにと、肥効発現のとくに遅い超緩効性の窒素を含有した肥料を選ぶ傾向がある。生育経過の葉色観察によると、緩効性肥料を施用した水稲では最高分げつ期以後、葉色を濃く維持する傾向はほぼ共通して認められているが、それが収量や収量構成要素に効果をもたらしたという成績は得られていない。二段施肥栽培における緩効性あるいは超緩効性肥料の肥効特性の解明が待たれる。

## 8. おわりに

良食味米品種の作付面積割合が増えるとともに、耐倒伏性品種でとられていた穂肥・実肥重点の施肥体系から、安全性を重視して基肥の減量、つなぎ肥や穂肥・実肥でも少量ずつ分割施用する方法へ移行しつつある。施肥作業の省力化は、コスト低減にとってかなり大きい問題であるが、これは機械の開発により短時間で大面積を処理する方向と、追肥を省略する行き方とがある。機械開発による対応に関しては、水稲生育中の湛水軟弱地盤に適合し、しかもコスト上昇を抑えた施肥方式を作ることはかなり困難でなかろうかと予想している。現在、追肥のほとんどが人力に頼っており、

背負い式の動力散粒機すら一部地域にしか普及していないことから、急な飛躍は困難かと思われる。したがって、追肥不要あるいは追肥回数の少ない管理方法は技術面で多くの関心を集めることになる。

二段施肥試験の結果から、耐倒伏性の品種であれば、慣行の施肥体系の栽培に比べ収量の低下なしに追肥を省略できる可能性は実証されている。ただし、適正な施肥量として側条施肥は問題なしとしても、深層施肥の量については品種、栽培環境、土壌肥沃度との関係で引き続き検討する必要がある。

深層施肥部に施用された窒素の吸収は最高分げつ期頃に活発に行われているものであり、深層追肥技術とは窒素の吸収内容、生育反応とも異なっていた。二段施肥における窒素吸収の特性解明を進めることはもちろんであるが、その特性を活かす方向にも留意したい。

分施肥の施肥は、土性や肥沃度の欠点を補いながら、水稲の生育を安定化させた実績を持つ。水稲生育期間には気象変動があつて当然である。気象変動に対応するためには生育途中で軌道修正のできる余裕が必要になる。二段施肥栽培においても追肥全体を省略するのか、あるいは限られた場面に追肥を組み込んだ体系をとるかについても検討を要すると考えられる。

本稿をまとめるに当たり関連資料を提供していただいた新稲作研究会事務局 壺井進氏に御礼申し上げます。  
(農業研究センター業務第1科長)

## 青年海外協力隊員募集

今、地球上には、私達の力を必要とする国が沢山あります。青年海外協力隊は、そんな発展途上の国々に新しい技術協力をするために、日本の青年を派遣する国の事業です。

**資格**：20歳以上39歳まで（平成3年11月30日現在）の日本国籍を持つ青年男女

**応募方法**：青年海外協力隊所定の願書を事務局に提出（11月30までに）

**応募期間**：平成3年10月15日（火）～11月30日（土）  
（締切日消印有効）

**募集規模**：農林水産，加工，保守操作，土木建築，保険衛生，教育文化，スポーツの7部門約150職種約1,000名（派遣予定国は47カ国）

**選考試験**：第一次選考／筆記試験（技術，英語，協力隊員適正テスト）平成4年1月12日（日）各都道府県で実施。一次合格発表日1月30日（木）

第二次選考／面接試験（個人面接，技術面接）及び健康診断。二次合格発表は3月6日（金）

**訓練**：合格者は80日間の国内合宿訓練を終了後、各任国に向けて出発する

**派遣期間**：原則として2年間

**単身赴任**：隊員は単身赴任

**待遇等**：任国までの往復航空運賃及び訓練・派遣に係わる必要経費は事務局負担

住居は相手国政府提供

現地生活費月額200～545ドル支給

災害補償制度有り，雇用保険の受給期間の延長，無職参加者のための積立金制度あり。

**現職参加**：協力隊事務局では、現在勤務している人に在職のまま参加できる体制づくりを進めている。

参加者の所属先に対し、人件費の一部を補填する制度を設けて、隊員が有給休職などにより協力隊に参加できるようにしている。

**問合先**：150 東京都渋谷区広尾4-2-24

青年海外協力隊 事務局

TEL 03-3400-2761