

施肥法の開発

——側条施肥技術——

小 野 允

(秋田県農業試験場)

New Method of Fertilizer Application in Rice Culture

—Band placement of basal fertilizer beside the rows of seedlings—

Makoto ONO

(Akita Agricultural Experiment Station)

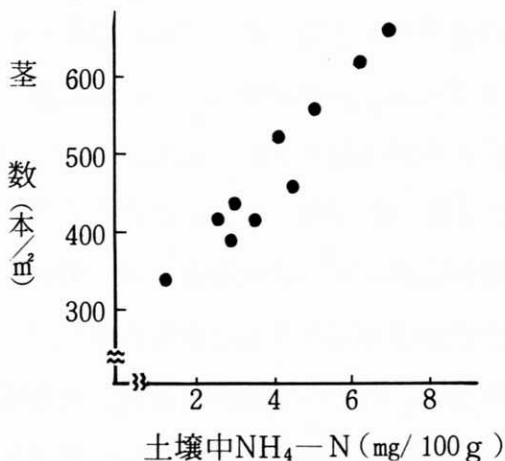
1 はじめに

これ迄の東北地方における稲作研究は、地理的条件から、基本的には、耐冷安定化稲作技術の確立が主体となっており、遅延型冷害克服のための稲作研究であった。

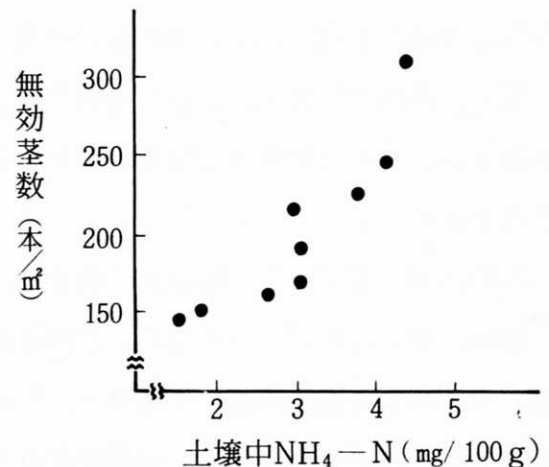
近年の東北地方の稲作は、高収量水準を維持しているものの、必ずしも安定的とはいえず、気象の変動、特に低温に対しての技術対応は万全とは云い難いのが現状である。この不安定要因を収量構成要素の面から解析してみると、穂数・一穂粒数・登熟歩合・玄米千粒重の中で、穂数と登熟歩合の変動が大きく、この2点を安

定させることによって、収量の安定化がはかれるものと考えられる。このため、これ迄の研究結果から、耐冷性早生品種の選択・健苗の育成・早植え・密植・地温管理も含めた地力増強などを励行させ、有効茎の早期確保と安全作期^{1~3)}内の出穂を目指して来たところである。

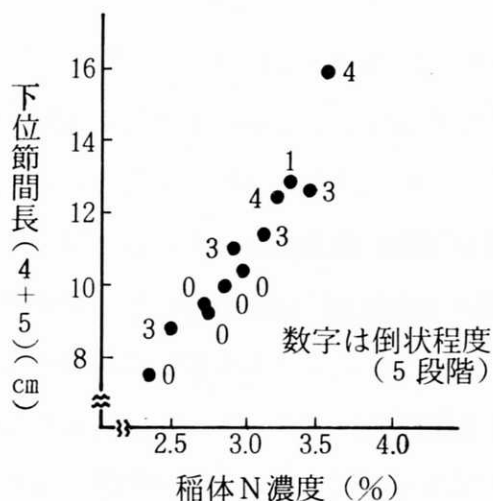
施肥法の面では、基肥窒素の多施用をひかえ、追肥の適正化を進めて来ている。本来、施肥は、水稻生育期間中の気象に対応して、生育を調節する手段であるため、常に最適な基肥・追肥量を事前に示すことは現在の気象予報下では至難である。一般的には、土壌窒素濃度と生育初期



図—1 移植時土壌と28/VI茎数



図—2 穂首分化期の土壌Nと無効茎

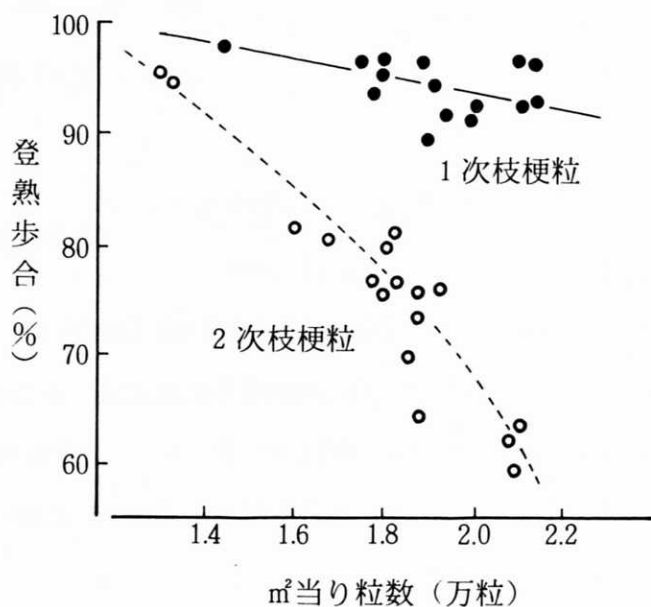


図—3 穂首分化期の稲体Nと下位節間長

の分げつ発生の関係を見ると、施肥による土壌窒素濃度が高い程分げつの確保は容易で、有効茎早期確保の観点から考えると、基肥窒素をひかえる方法は、肥料の積極的な施用法とは云い難い。しかし、全層施肥での窒素多用は、生育中期迄土壌窒素濃度が高く維持され、それに伴って稲体濃度も高くし、栄養生長期間を長引かせるとともに無効茎の発生歩合を高める。しかも、登熟力の弱い2次枝梗粒数を多くし、登熟歩合や千粒重の低下に結びつき易くなる。⁷⁾

基肥窒素施肥には、耐冷安定化稲作栽培に対し、以上のような相反する作用があるため、これ迄は育苗に重点を置き、高塩高糖苗の育成に努め、低温活着性を増強し、高濃度施肥と同じ効果をねらい、本田の初期生育量を確保して来たところである。

ところが、1970年頃から、田植えの機械化が普及し始め、限られたスペースの箱に密播された稚苗・中苗が主流を占めるようになり、これ迄、苗質に依存してきた耐冷性・初期生育量の確保などが求め難い状況になり、1976年以降の



図—4 枝梗別m²当たり粒数と登熟歩合

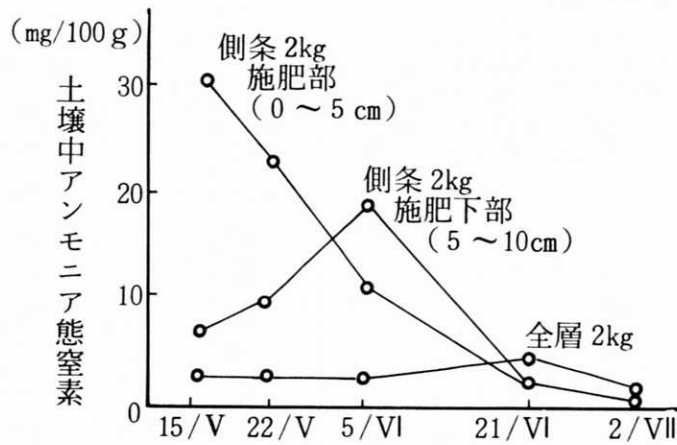
大きな気象変動に対しての収量の不安定性が指摘されるようになった。そこで、適正な品種の配置・箱苗への耐冷性附与など基本的な対策のほかに、近年は、機械移植を前提とした施肥面からの耐冷安定化技術の確立が求められるようになった。

幸いにして、田植機に側条施肥の装置が着けられるように開発され、局所的高濃度施肥による水稻の生育調節が可能となった^{6, 8)}。

2 寒冷地での側条施肥とその特徴

(1) 側条施肥における $\text{NH}_4\text{-N}$ の消長

本田での側条施肥窒素の動態について検討するため、株間15cmの中央部から、100 ccの採土管で、表面から5 cm迄と5～10 cmの深さの土壌を採取し、土壌中の $\text{NH}_4\text{-N}$ を測定した。図—5には、幡野統の水田で硫加磷安11号を用い、窒素成分0.2 kg/aを深さ3 cmに側条施肥し、ササニシキを移植した時の土壌の $\text{NH}_4\text{-N}$ の推移を示した。その結果、移植直後の $\text{NH}_4\text{-N}$ は側条施肥部位で30 mgを超し、全層施肥に比べ非常



図—5 土壤中NH₄—Nの推移（秋田 1979）

に高い数値を示した。施肥後20日目頃になると、側条施肥部位のNH₄—N含量は急速に低下し、その下層と数値が逆転した。そして、施肥後1カ月目頃には、全層施肥した場合よりも、むしろ低い値となった。

このことは、移植直後、苗の新根が伸長し始めた時に、高濃度施肥部位からの養分吸収が可能であること、側条施肥窒素の一部は局所高濃度に施用されているため時間の経過とともに下層へ移動し、施肥域がやや広がることを示し、その後、水稻根が伸長し、株間への根量が著しく多くなる1カ月後には、側条の施肥窒素が殆ど吸収されてしまうことを示している。以上のような土壤窒素の推移の傾向は、地域・土壌型のいかに問わず同様で、水稻の初期生育に対する側条施肥の効果は画一的なものと判断される。

(2) 側条施肥位置と茎数の推移

茎数の増加には、品種をはじめ土壌・施肥量・⁴⁾施肥位置・温度が大きく関与している。

そこで、有効茎早期確保の観点から、側条施肥位置・施肥量の検討を行った。

5,000分の1 a ポットに、沖積土壌ならびに黒ボク土壌をそれぞれつめて、硫加磷安 121 号で

ポット当り窒素成分で50mgと150 mgを条施した。

施肥位置は、苗の横2 cmと4 cm、深さ2 cmと5 cmの組合せとし、網室と15℃恒温の人工気象室で栽培した。供試苗はトヨニシキの5葉苗である。

表—1に茎数の推移を示した。この結果、沖積土壌では、施肥位置が苗に近い場合茎数の増加が早く、深さや施肥量の差ははっきりしない。苗と施肥位置の間隔が大きくなると、浅い施肥の方が茎数増加に対する効果が高く、深く施肥した場合は施肥量を多くする方がよい。低温処理下では、側条施肥位置は苗に近く、しかも施肥量の多い方が有利である。黒ボク土壌の場合は、施肥量の多い方が早期茎数確保に有効で、施肥量の少ない条件では、茎数の増加が極端に遅れる傾向を示した。これは、透水性(30mm/日)をもたせたポット試験という環境もあって、透水液中に窒素が多量溶出していることから、溶脱も原因の一つと考えられる。低温処理下では、施肥量が少ないと常温以上に茎数の増加が抑制された。

以上の結果から、早期有効茎確保のための側条施肥位置は、苗の横の距離は近い方が効果的で、深さは水稻根の伸長方向に5 cm程度以内が

表一 1 施肥位置・量と茎数の推移

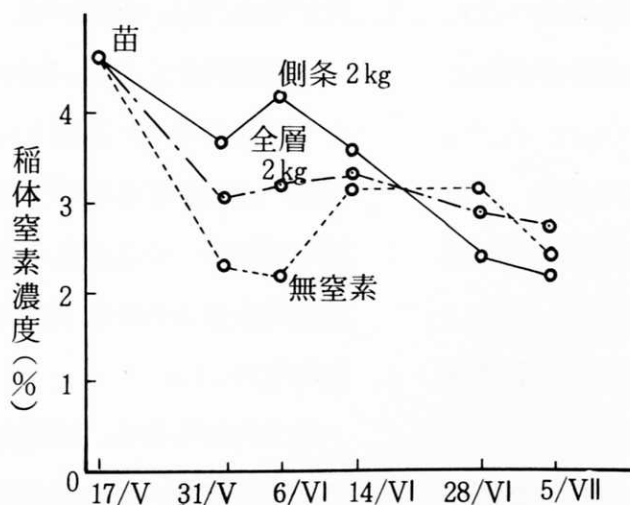
(秋田 1981)

No.	土 壤	施 肥 位 置		施肥量 (現物)	温 度 処 理	茎 数 (本 / ポット)					
		横の距離	深 さ			15 / VI	17 / VI	20 / VI	23 / VI	26 / VI	30 / VI
1	沖 積	2 cm	2 cm	0.5 g	普	12	15	18	20	22	26
2	"	2	5	0.5	"	15	18	20	22	23	26
3	"	4	2	0.5	"	15	19	23	23	25	27
4	"	4	5	0.5	"	12	14	16	17	19	21
5	"	2	5	1.5	"	18	19	21	23	24	30
6	"	4	5	1.5	"	9	13	17	22	22	25
7	"	全 層	—	1.5	"	12	14	15	17	20	22
8	"	2	5	0.5	低	8	9	12	14	17	19
9	"	2	5	1.5	"	9	15	15	16	19	20
10	黒ボク	2	2	0.5	普	8	11	12	14	18	19
11	"	2	5	0.5	"	8	9	12	13	15	20
12	"	4	5	0.5	"	5	5	7	9	11	15
13	"	2	5	1.5	"	15	18	20	21	24	29
14	"	全 層	—	1.5	"	11	11	13	15	18	22
15	"	2	5	0.5	低	7	7	7	8	10	12
16	"	2	5	1.5	"	7	7	9	12	16	20

有利である。施肥量は、保肥力の強い沖積土壌では少なくとも茎数増加に影響を及ぼさないが、保肥力の弱い黒ボク土壌では多く施用した方が効果は大きい。また、施肥位置と苗の距離が遠い場合も施肥量は多い方が有利であるが、これは、水稻根が施肥域に到達する時間と局所的高濃度施肥に対する土壌の養分保持力の関係とみられる。

(3) 側条施肥による稲体窒素濃度の推移

本田移植後の稲体窒素濃度は、苗代土壌の窒素濃度と本田における窒素濃度差や、水・地温の低さ、断根など、一般に環境の変化により低下する。その後、根圏温度の上昇や根の伸長・根量の増加などによる養分吸収の回復で、本田の施肥量にみあった稲体窒素濃度の上昇がみられ、⁵⁾それに伴った順調な分けつの発生が認めら



図— 6 稲体窒素濃度の推移 (仙北・ササニシキ・1979)

れるのが普通である。この場合、土壌窒素含量が小さいと稲体窒素濃度の回復も遅れる。

図一6には、無窒素条件と硫加燐安11号でa当り窒素成分で0.2 kgを全層施肥した場合と側条施肥した場合の稲体窒素濃度の推移を示した。品種はササニシキで、稚苗である。

結果は、無窒素条件のように極端な環境では、稲体窒素濃度の低下は著しく、濃度が上昇し分げつが発生し始める迄に長い期間がかかる。しかし、側条施肥では稲体窒素濃度の低下は少なく、回復上昇割合が著しく、高濃度を維持している。これが低節位の分げつ発生を有利にする。

側条施肥では、その後、乾物重が早く大きくなることや施肥窒素濃度は低く経過し易く、生殖生長期に入る頃には2.5 %以下になる場合もある。

表一2に出葉の推移を示したが、移植直後から窒素濃度の高い側条施肥では、出葉が順調で、全層施肥に比べると移植後1ヶ月で0.5葉増加している。このような現象も早期茎数確保・出穂促進に働いている。

表一2 葉数の推移

(秋田ササニシキ 1979)

区 名	1 / VI	4 / VI	12 / VI	18 / VI	21 / VI	4 / VII
無 窒 素 区	4.6	5.0	6.5	7.2	7.9	9.7
全 層 2 kg 区	4.7	5.2	7.0	8.0	8.5	10.0
側 条 2 kg 区	5.0	5.6	7.5	8.5	9.0	10.6

表一3 期間別窒素の吸収速度

(mg/m²/day)

区 名	26 / VI ~ 7 / VII	7 / VII ~ 15 / VII	15 / VII ~ 31 / VII	31 / VII ~ 10 / VIII
全 層 8	72.7	165.0	65.6	195.0
全 層 4 側 条 4	184.5	217.5	53.8	194.0
側 条 6	306.4	183.8	28.8	224.0

注. 7月31日 N: 0.2 kg/a 追肥 (鎧畑アキヒカリ 1981)

表一3には、期間別窒素吸収速度について側条施肥と全層施肥を比較して示した。全層施肥では、6月下旬から7月上旬にかけて小さく、7月中旬に大きくなっている。この点、側条施肥では、生育初期に吸収速度が大きく、7月中～下旬には非常に小さくなる。1981年は遅延型の年で、平年に比べると吸収速度の小さくなる時期が異なる。平年の秋田では、7月上～中旬である。

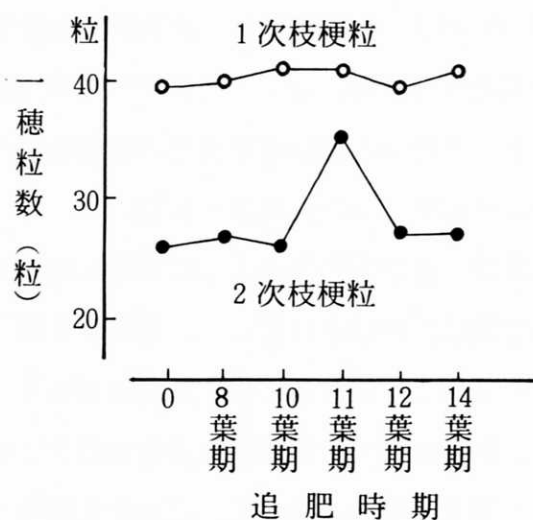
東北の水稻栽培では、7月上～中旬に生殖生長に入る場合が多く、この期間の窒素吸収速度の低下、ひいては稲体窒素濃度の極端な低濃度での推移は、これ迄の分げつを無効化したり、穂長を短くして、生産効率の低い稲作りとなる。

(4) 側条施肥と追肥時期

1株当りの施肥養分供給範囲は、全層施肥で栽植密度を30cm×15cmにした場合、株間の方向に7.5 cmずつ、条間の方向に15cmずつあり、これに作土深の分だけ加えた領域である。側条施肥では、株間の7.5 cmずつのみで、しかも、表層5 cm程度の所だけにしか養分供給域がなく、

水稻根の伸長速度からみても、側条施肥は全層施肥に比較すると早期に肥切れのおこることが理解される。このことが、先に述べた稲体窒素濃度の推移や窒素吸収速度にも現れている。これを補うためには、高地力水田の造成が理想的であるが、一般には追肥が考えられる。追肥を行うには時期の選択が重要で、図一7には追肥時期と一穂粒数の関係について示した。穂首分化期に該当する11葉期の追肥では、登熟力の弱い2次枝梗粒が増加し、登熟歩合や玄米千粒重を低下させる。また、下位節間を伸長させ倒伏にも結びつき易い。このため、追肥を行う場合、穂首分化期に追肥が強く作用せず、しかも、窒素濃度が極端に低下しないような早い時期に追肥しておくことが肝要となる。14葉で出穂する品種では、8葉期頃の追肥が効果的である。この時期には、基肥が持続しており、稲体窒素濃度が高いため、追肥の時期判定のための診断技術の確立が必要である。

穂肥は、その後の気象経過と生育状況に応じて実施することになり、これ迄の栽培法と変わらない。



図一7 追肥時期と一穂粒数
(秋田ササニシキ 1979)

(5) 側条施肥と収量

表一4に現地試験の初期茎数・穂数および玄米重について示した。試験地は標高270mの田沢湖町である。側条施肥を行うと初期茎数が多くなり、穂数増に結びつく。その結果、1982年は各処理とも多収となり、側条施肥の効果ははっきりしなかったが、低温年には10%から27%増収となった。また、1981年と1982年に秋田県内の合計55ヶ所で実証展示圃を実施した結果に

表一4 初期茎数・穂数・玄米重

(鎧畑 アキヒカリ)

年次	区名	調査月日	茎数 (本/㎡)	指数 (%)	穂数 (本/㎡)	指数 (%)	玄米重 (kg/a)	指数 (%)
1981	全層8	6月26日	229	(100)	267	(100)	41.7	(100)
	全層4側条4		311	136	339	127	49.5	119
	側条6		308	134	354	133	53.2	128
1982	全層8活着2	6月24日	462	(100)	393	(100)	66.3	(100)
	全層6側条4		512	111	470	120	65.5	99
	全層4側条6		573	124	504	128	65.1	98
1983	全層8活着2	6月26日	373	(100)	355	(100)	48.7	(100)
	全層4側条4		518	139	499	141	54.0	111
	側条6		445	119	413	116	53.4	110

よれば、移植後約1ヶ月目の茎数では、側条施肥を行うことで18%多くなり、穂数で9%増加し、収量はa当り慣行で55.1kgに対し、57.6kgで5%の増収であった。

(6) 側条施肥の特徴のまとめ

施肥窒素の動態は、移植当初、極端に高い数値を示すが、平年では、おおむね施肥後1ヶ月で普通の全層施肥なみの数値となり、この傾向は、土壌型が異っても同様である。

稲体窒素濃度の推移は、移植後の濃度低下が小さく、しかも、濃度の回復上昇が著しい。

しかし、土壌窒素の推移を反映して、側条部位の土壌窒素が全層施肥なみに落ち込む時期には、全層施肥の稲よりも稲体窒素濃度が低くなる。これは、生育初期の高い乾物増加率とエージの増加によると考えられ、品種・苗の種類に関係なくこの傾向を示す。

寒冷地で低節位の分けつをいかし、早期有効茎を確保するための側条施肥位置は、苗に近い方が有利で、深さは3～5cmの範囲が適切と考えられる。

側条施肥による栽培では、高地力田以外では生殖生長期に稲体窒素濃度が低く推移する例が多く、このような場合、中間追肥が有効である。この追肥時期は、穂首分化期より前の8葉期頃が適切で、追肥窒素量はa当りで0.15kgが限度である。その後の穂肥は、気象の経過と生育状況に応じて実施することになる。

側条施肥量は、保肥力の弱い土壌では多い方が茎数増に対して効果的である。品種との関係は耐肥性によって異なり、耐肥性の弱い品種（ササニシキなど）では窒素量がa当り0.2kg程度で、中位の品種（キヨニシキなど）で0.4～0.5kg程度、耐肥性の強い品種（アキヒカリ

など）は0.5～0.6kg必要とみられる。

側条施肥は施用窒素の利用効率が高いため、基肥窒素量が減じることが可能であり、しかも、肥料散布労力の省略など低コスト化に結び着く。

また、稲わら散布田の秋耕による春耕の省略など、春作業期間の短い東北では、これも重要な利点となる。

3 側条施肥の今後の問題点

現在、側条施肥には、使用する肥料の形態により、ペースト状肥料と粒状化成肥料用の2種類の側条田植機が実用化されており、それぞれに特徴がみられる。ペースト状肥料用は、肥料をポンプで強制的に土中へ送り出す機構なので、施肥むらが出にくく、また、田植時の降雨などでも施肥精度が落ちない利点をもっている。一方、粒状化成肥料の場合、供試出来る肥料の種類が多く、環境に合わせて選択出来、水稻の生育調整には優利に展開するものと考えられる。いずれ、それぞれの欠点は、近い将来、肥料や機械製造の立場から改良されるものと考えられる。

側条施肥を水稻の高位安定生産に結びつけるには、地力増強・肥沃度の向上が第1条件となる。現に、グライ土壌の転換大豆畑の復元田で、側条施肥による基肥窒素0.2kgのみで、追肥なしでも63kg以上の収量を上げている例もある。具体的な対策としては、全層施肥との組み合わせなども考慮する必要がある、きめ細かい土壌型別施肥法の検討が今後なされなければならない。また、栽培的には、生育中期に稲体窒素濃度の急激な低下がおこるので、栽植密度や地域・土壌条件・品種を含めた追肥時期・量を決定出来る診断技術の確立が重要である。

引用文献

- 1) 本谷耕一. 1966. 稲作多収の基礎条件. 農文協. p. 28 — 34
- 2) ———. 1974. 地力維持を考える. 家の光協会. p. 1 — 211
- 3) ———. 1978. 東北稲作の進路. 家の光協会. p. 1 — 190
- 4) 石塚喜明, 田中 明. 1962. 水稻に対する施肥位置に関する研究. 土肥誌 33 ; 88 — 92.
- 5) ———, ———. 1969. 水稻の栄養生理. 養賢堂. p. 118 — 125
- 6) 機械施肥田植研究会. 1976. 施肥田植機によるペースト肥料の局所施肥技術. p. 1 — 91.
- 7) 松島省三. 1973. 稲作の改善と技術. 養賢堂. p. 196 — 199.
- 8) 御子柴穆 他. 1982. 施肥位置と栽培技術. 土肥学会編. 博友社. p. 139 — 194.
- 9) 中田 均, 西沢良一. 1979. 農耕地における肥料成分の行動に関する研究(第5報) 肥料形態. 施肥位置と肥料成分の溶出. 滋賀農試研報 21 ; 21—26.