

菜豆の窒素施肥法改善に関する研究

第2報 窒素全層施肥法の効果とその実用性

岩 渕 晴 郎† 高 島 晃††

STUDIES ON THE NITROGEN FERTILIZATION OF KIDNEY BEANS

2. Effect and Utility of Broadcast and Mix-in Application of Nitrogen Fertilizer.

Haruo IWABUCHI & Akira TAKASHIMA

窒素施肥反応の大きい菜豆に対して、窒素施肥法の改善を図るため窒素全層施肥法について試験した。全層施用窒素は発芽障害や根粒着生阻害を軽減するので多量施用が可能で、10~15 kg/10 a の施用によって生育がおう盛となり、後期窒素栄養条件も良好となって著しい増収が可能となった。さらに、燐酸・加里の全層施肥の可能性についても試験した。

これらの結果、燐酸の一部条施を前提とした3要素全層施肥法は、著しい増収を示しその実用性を認めたが、初期生育における燐酸吸収の劣る試験地では、燐酸の全量条施または全層施用量の増加が必要であった。

I 緒 言

十勝地方の主要作物の1つである菜豆は、豆類の中でも窒素施肥反応が最も大であり、根粒菌の窒素固定力も弱いので、施肥窒素の重要性はほかの豆類よりも大である。

筆者の1人は、前報⁹⁾において矮性菜豆の窒素施肥反応の特異性と、これを考慮した生育後期における窒素追肥による増収ならびに子実粒大の増加を報告した。しかし追肥は時期的に作業の困難な時期に行なうことになり、省力の面からみれば望ましい方法ではない。さらに、前報で報告した窒素用量に伴う「収量の中だるみ現象」を越えた極く多量の用量段階では、発芽や初期生育に障害が大であったが高い子実収量が得られた。

これらの結果から、窒素要求度の高い菜豆に対しては、基本的に基肥窒素多量施肥法を考究すべきであると考えられる。このような観点から、大型機械による機械化一貫作業を前提とした全層施肥法について検討し、著しい増収効果を認め、さらにその改良法としての表面施肥法の効果ならびに実用性を検討し、菜豆増収施肥法を実用的に確立するに至った。よって、本報では表面施肥法の前段階として全層施肥法の効果について報告する。

II 試験方法

1. 試験地土壌の理化学性

本研究は主として芽室町新生の北海道立十勝農業試験場ほ場で行なった。その土壌の理化学性については前報⁹⁾に記載したとおりである。

また、一部の試験は全層施肥法の現地適応性を

† 元十勝農業試験場（現中央農業試験場）

†† 元十勝農業試験場（現北海道農務部）

みるため現地栽培試験を行なったが、試験土壌はいずれも火山性土(砂壤土)であった。

2. 研究項目および処理

本研究は次の項目について行なった。

(1) 全層施用窒素の肥効

(2) 窒素全層施肥を前提とした燐酸および加里全層施用の可能性

(3) 全層施肥法の現地適応性

(1) は窒素全層施肥による増収の可能性を検討するため、まず、1963年に窒素条施量3水準(0, 3, 6 kg/10a)と全層施用量5水準(0, 3, 6, 12, 24 kg/10a)の組合せについて試験し、その結果に基づき1964年は実用的にこれを条施2水準(0.3 kg)と全層4水準(0, 5, 10, 15 kg)の組合せにしぼって窒素用量試験を行なった。

(2) は窒素の全層施用を前提として、燐酸および加里の全層施用の可能性を検討するため、Table 1の処理区を設けた。

Table 1 Treatment of fertilizer application

Treatment	Abbreviation	Amount of fertilizer elements (kg/10 a)	
		Band	Broadcast
Common band*	NPK/0	3-12-8	—
N broadcast and mix-in	PK/N	0-12-8	10-0-0
N and K //	P/NK	0-12-0	10-0-8
N, K and P //	0/NPK	—	10-12-8
N, K and 2P //**	0/N2PK	—	10-24-8
N, K and 3P //**	0/N3PK	—	10-36-8
N, 2K and 2P //**	0/N2P2K	—	10-24-16
N, 3K and 3P //*	0/N3P3K	—	10-36-24

*; Experimented only in 1963

**; Experimented only in 1964

(3) は(1)および(2)の試験結果に基づき、1965~1966年の2か年、燐酸の一部条施(スターター)を前提として3要素全層施肥法の現地適応性を検討するため、現地試験および場内試験を行なった。すなわち、1965年は燐酸3.8 kg/10aをスターターとし、全層施用燐酸6.2 kg、加里8.0 kg/10aを共通施用して、窒素全層施用量4水準(0, 5, 10, 15 kg)と窒素スターター(1.0 kg)の有無の組合せの効果を試験した。また1966年はTable 2に示す処理を行なって、燐酸条施法との差およ

び加里全層施肥の可否について検討した。

Table 2 Treatment of fertilization method for applying in some locations (in 1966)

Abbreviation	Amount of fertilizer elements (kg/10 a)	
	Banded N-P-K	Broadcasted N-P-K
np/0.5 NPK	1-4-0	5-6-8
np/NPK	1-4-0	10-6-8
np/N2PK	1-4-0	10-16-8
nP/NK	1-10-0	10-0-8
nPK/N	1-10-8	10-0-0
p/NPK	0-4-0	10-6-8
NPK/0	3-10-8	0-0-0
NK/0	3-0-8	0-0-0

上記の各試験は、1963年における(1)の試験を分割試験区法3連制で行なったほかは、すべて乱塊法3連制で試験区を設定した。

なお、施肥の方法については、全層施用の場合は耕起後所定量を全面に散布し、ロータリープラウによって全層に混合した。ロータリープラウ耕深は20 cmとしたが、肥料の大部分は上部10 cmの土層に分布していた。条施肥の施用は、全層施肥、整地畦切り後、条溝に施用した。

3. 供試品種および耕種梗概

各試験ともすべて菜豆「大正金時」を供試した。栽植密度は場内においては標準耕種法である畦幅60 cm、株間20 cm、現地試験においては農家慣行に基づき畦幅54 cm、株間25 cmとし、いずれも1株2本立とした。

施用肥料としては、(1)の窒素全層施肥試験の場合は燐酸12 kg/10 a、加里8 kg/10 aを共通条施とし、加里は硫加で施用したが燐酸は1963年は過石単用、1964年は過石・熔燐各1/2ずつ併用した。そのため、苦土は1963年には3 kgを水酸化苦土で共通施用し、1964年には熔燐施用に伴い4.8 kg/10 aが共通施用されたことになる。

なお、窒素質肥料は条施の場合には硫安、全層施用の場合は尿素を使用した。これについては別に行なった全層施用窒素質肥料肥効試験成績³⁾に基づいた。

(2)の項目の燐酸・加里全層施肥試験においては、窒素は条施を硫安、全層施用を尿素で所定量

施用し、磷酸は1963年のみ条施を過石（水酸化苦土併用）としたほかは、すべて熔燐・過石各1/2ずつを併用した。加里は条施および全層施用とも硫酸を使用した。

(3) の全層施肥法実用試験においては、スターターとして燐安（1アンモニア）または過石を使用して磷酸3.8 kg/10 aを条施したので、これに伴って全層施用の磷酸資材の過石を減じたが、(2) の試験と同様に窒素・加里を施用した。

III 試験結果および考察

1. 窒素全層施用効果試験

1) 生育の概況

1964年は冷湿な条件であったので、発芽に及ぼす処理の差は小さかったが、1963年は処理の影響が明らかであった。1963年における発芽調査結果はFig. 1に示すとおりで、その分散分析結果はTable 5にとりまとめた。条施窒素増量による発芽障害は1%水準で有意であったが、全層施肥量増加による障害は12 kg/10 aでややみられる程度であった。しかし全層施用でも24 kg/10 aではかなり発芽が阻害された。

発芽後の生育については、全層多量区の生育がおう盛で、成熟期に至るまでおう盛な生育を示し

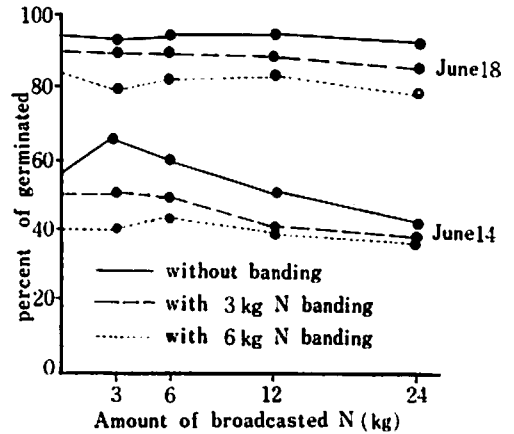


Fig. 1 Influence of broadcasted N fertilizer on the germination

た。1964年においても同様で、5 kg/10 a以上の全層施用によりスターター窒素無施用でも条施窒素3 kg/10 a（標準条施）を凌駕する生育を示した。

なお、窒素の増施は豆類の根粒着生を阻害することが良く知られているが、全層施用窒素が根粒着生に及ぼす影響については1963年の調査結果をTable 3に示した。全層施用窒素も根粒着生を阻害するが、条施窒素よりもはるかに抑制力が弱かった。

Table 3 Influence of N fertilization method upon the number of root nodule of bean

Date	Banded N	23 days after sowing				27 days after sowing			
		0	3	6	Mean	0	3	6	Mean
	Broad-casted N								
	0 kg/10 a	172	17	19	69	235	116	45	131
	3 kg/10 a	111	22	11	48	139	100	28	89
	6 kg/10 a	45	18	9	24	108	36	18	61
	12 kg/10 a	28	1	5	11	86	65	19	57
	24 kg/10 a	19	4	5	9	60	27	7	31
	Mean	75	12	10	—	129	69	23	—

2) 収量調査結果

1963年における収量調査結果をTable 4に示した。またその分散分析結果はTable 5のとおりである。窒素全層施用の効果は12 kg/10 aまで明らかに認められ統計的に有意であった。また、全量条施の効果は6 kgまでみられたが、全層施肥併用の場合は3 kg条施の場合のみみられ統計的にも

有意であった。しかし条施窒素の効果は、併用した全層窒素量12 kg以上の段階では認められず、またこの水準ではいずれの場合も標準区（条施3 kgのみ）に比して著しく高い収量であった。

1964年においては菌核病の被害を強く受けたため、登熟が不良で収量が全般に低かったため、処理間の差は前年ほど大ではなかった。しかし

Table 4 Effect of broadcasted N fertilizer on the yield and size of bean in 1963

Broadcasted N kg/10 a	Banded N	Yield (kg/10 a)			Size of bean (Weight of 1000 beans g)		
		0	3	6	0	3	6
0		155	199*	221	664	681*	674
3		197	230	229	682	672	681
6		211	229	234	668	679	706
12		247	255	253	700	709	716
24		242	247	255	726	721	724

* : common band (standard)

Table 5 Analysis of variance for yield, weight of 1000 beans and number of germinated beans vs. 400 seeded with combined N fertilization in 1963

Source of variation	d. f.	Variance		
		Yield of bean	Weight of 1000 beans	No. of germinated beans
Block	2	181.1	196.6	686.0
Broadcasting (B)	4	5340.9	4218.4	408.7
{ 0 vs. 3, 6, 12 and 24	1	13949.8**	4856.8**	131.7
{ 3 vs. 6, 12 and 24	1	3515.8	4947.8**	19.6
{ 6 vs. 12 and 24	1	3850.7*	5995.6**	394.7
{ 12 vs. 24	1	47.4	1073.4**	1088.9
Error (a)	8	338.4	41.6	447.3
Main plot	(14)	—	—	—
Banding (R)	2	3212.9	528.0	8942.2
{ 0 vs. 3 N and 6	1	6110.8**	645.4*	12840.2**
{ 3 vs. 6	1	314.9	410.7	5044.1**
(B) × (R) interaction	8	462.7	266.8	86.3
Error (b)	20	296.4	110.1	147.7
Total	44	—	—	—

Fig. 2 に示すように、全層施用窒素量が 15 kg の場合には標準区(条施 3 kg)より明らかに高い収量であった。また条施窒素の影響は全層無施用の場合にのみみられ、全層窒素量 5 kg の段階ではすでにほとんど認められなかった。

なお、子実粒重は全層施用窒素量の増加によって著しく大となることが 2 か年とも認められ、1963 年における調査結果は Table 4 および Table 5 に併記したとおりである。

3) 窒素吸収状況

1963 年における体内窒素濃度の消長を Fig. 3 に示した。施用窒素の増加に伴い窒素濃度が高くなるが、とくに条施窒素と組合せた場合には全層 6 kg 以上の施用で終始高い体内濃度を示した。全層施用 24 kg では初期生育における濃度がかなり

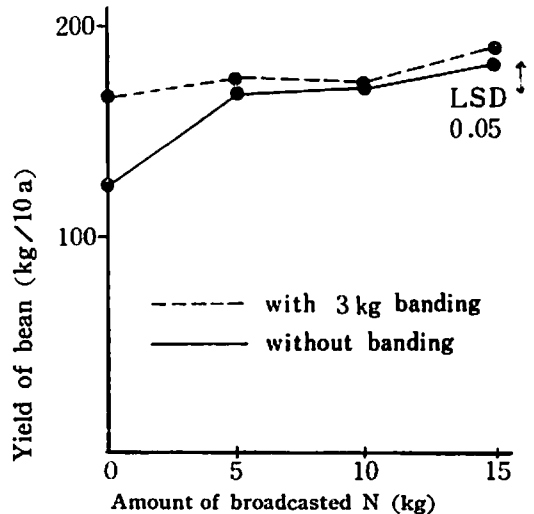


Fig. 2 Effect of N application method on the yield in 1964

高く、収穫物の濃度も著しく高かった。

全層施用のみで条施無窒素の場合は、全層6kg施用で条施3kg(標準区)程度の消長を示すが、生育初期にはこれよりやや低く、生育中期後にはやや高い濃度を示した。一般に、全層施用窒素は、初期の体内濃度を低くするが、生育中期以降の濃度を高く維持する傾向がみられた。

4) 考 察

1964年は不順な天候と菜豆菌核病多発の影響を受け、登熟が不良で収量もかなり低かったが、2か年にわたる試験の結果、菜豆に対する窒素全層施肥の効果が顕著に認められた。

全層施用肥料は、畦幅60cm、施肥溝の幅12cm程度の慣行条施条件と対比すれば、平面的には1/5の施肥濃度分布を示すことになり、さらに垂直的にも理論上は15cmの土層と混層されることになるので、土壌中の施肥濃度は著しく低くなる。このような土壌中の施肥濃度低下は、発芽⁹⁾や幼根の伸長⁹⁾に対する施肥の阻害作用を緩和させるが、他方では生育初期における養分吸収の低下¹¹⁾をもたらすことになる。

1963年は窒素多量施用による発芽障害が比較

的の少なかったが、窒素施用法の差異が発芽に及ぼす影響は明らかにみられた。すなわち、全層施用12kg/10aの場合でもほぼ条施3kg/10a程度以下の阻害にすぎず、全層24kgでも条施6kg程度以下で、発芽に対しては条施窒素の1/4程度の影響とみなされた。条施の場合は部分的な高濃度であるので、発芽に伴い根の伸長は施肥部側方へ避けることになり、このため全層施用と条施との発芽状況の差は、施肥濃度の差はほど大とならないのであるが、この結果からみるかぎり、発芽に対しては全層施用では条施限界量の4倍までは窒素施用が可能であると考えられた。前報⁹⁾において、発芽障害が著しい窒素用量7.5kg以上の条施で、菜豆収量が高いことを報告したが、全層施肥法によれば、発芽障害を惹起せずにかかる高い土壌中の窒素条件を与えることができる。

しかし一面では、これが初期生育における窒素吸収の能率を低下させることになり、全層3kgの場合は窒素吸収量少なく、初生葉の展開および葉色は条施に比してかなり劣った。しかし全層施肥の場合は、生育に伴う根域の発展により、土壌中の窒素絶対量は増加することになるので、全層窒

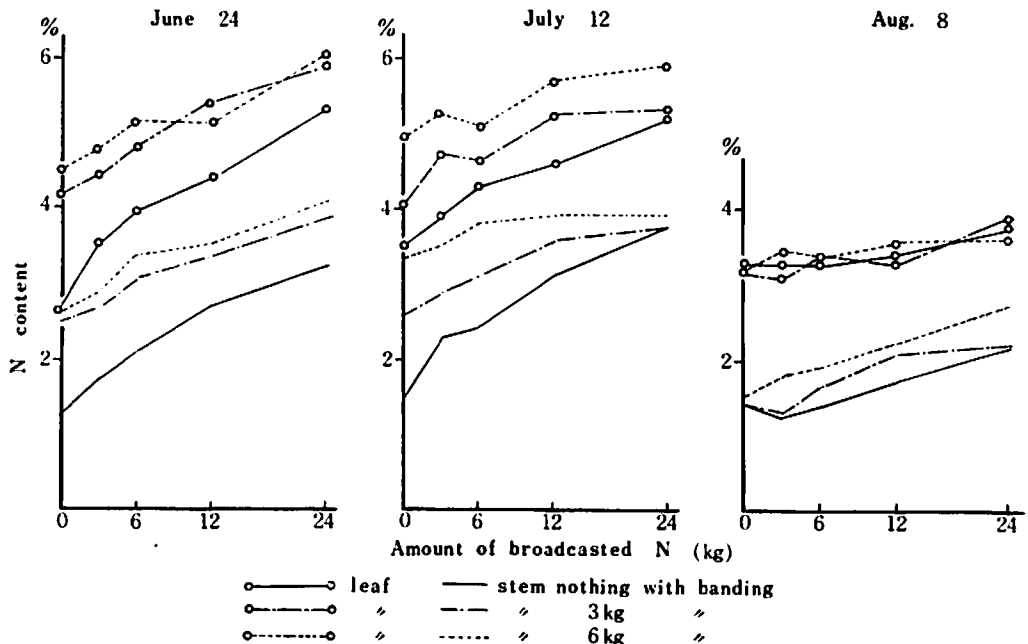


Fig. 3 Effect of N application on the N content at some growth stage

素 6 kg 程度の施用により兩年とも本葉展開時(発芽後 20 日ごろ)における生育はおう盛となり、菜豆の体内濃度も生育初期には劣ったが、生育の進展とともに窒素含量が高まって、全層 5~6 kg 施用でも開花始以降、条施 3 kg 程度の含有率を示し、終始おう盛な生育となって収量も増大した。さらに 12~15 kg 程度の全層施用によって生育は一層おう盛となり、収量も慣行条施(窒素 3 kg)の場合よりも著しく増大した。しかし、全層 24 kg 施用では、明らかに生育抑制がみられ体内窒素濃度は高く経過したが、全層 12 kg 区を上回る収量とはならなかった。

鈴木ら¹¹⁾¹²⁾は火山灰畑の施肥技術について検討し、施肥位置の違いによる生育の差は施肥量の増加によってかなりカバーされること、さらに、表面施肥法のように初期生育の不良な施肥法でも生育の進展とともにその不良性が緩和されるが、火山灰畑では、きわめて効率の悪い施肥法であることを報告している。

しかし菜豆の生育収量に及ぼす窒素施肥法の影響は、鈴木らが指摘した土壌の差や、土壌中における施肥窒素濃度と、根域全体における窒素量との関連のみでとらえることができないと考えられる。豆類における根粒着生は、著しく施肥窒素の影響を受け⁹⁾、かつ根粒による窒素固定は、菜豆の生育収量にとって無視しえない影響をもつ⁹⁾と考えられる。根粒着生に及ぼす全層施用窒素の阻害作用は条施窒素よりも少なく、播種後 31 日目(6 月 24 日)では全層施用 12 kg、開花始ごろ(7 月 15 日)でも全層施用 6~12 kg の場合に条施 3 kg 程度の阻害を示すにすぎなかった。したがって、全層施肥によってみられた生育中期以降のおう盛な生育と、高い体内窒素濃度の維持や、それに伴う収量の増大は、施肥窒素濃度、根域の窒素絶対量に加えて、多数の根粒着生による生育収量への影響も考えるべきであろう。

また、前報では、後期窒素追肥による菜豆の 1,000 粒重増大を認めたが、この試験においても、窒素施用量の増加に伴って粒重が大となり、とくに全層施用による窒素増肥の顕著な効果がみられた。生育後半における高い体内窒素濃度の維持

は、粒重を増大させると考えられるが、全層施肥法による増収は、このような効果に基づく点もあるものと考えられる。

なお、6 kg/10 a 程度の全層施用では、条施との組合せによって初期生育がおう盛になり、体内窒素濃度が高く維持され、結果的には収量が増大した。しかし全層 12 kg では条施組合せの効果は小さかった。また統計的には全層施用と条施の交互作用は発芽、収量などには認められなかったので、全層施用量の少ない場合には、その初期窒素吸収の不足を補う程度の条施を併用することで充分であり、全層施肥法は菜豆に対して有利な施肥法と判断される。

2. 磷酸・加里全層施肥効果

1) 生育の概況

1963 年の生育初期から登熟期前半は高温少雨の気象条件であったのに対し、1964 年は冷湿多雨で対照的な条件であったが、兩年とも登熟期後半の気象条件が不良で、菜豆菌核病が多発し、とくに 1964 年は発生著しく登熟が不良で収量が全般に低かった。

兩年とも窒素全層施肥区の生育はおう盛で、1963 年は条施慣行施肥区の生育を終始上回った。

磷酸全層施肥区は、兩年とも初期生育が不良で、開花始までは磷酸条施区よりかなり劣る生育であったが、全層施用磷酸用量の増加によって生育初期から良好な生育を示した。

一方、加里の全層施用区は、条施区と全く差がない生育状況であった。

2) 磷酸および加里吸収状況

1963 年における菜豆体内の時期別要素含有率を Fig. 4 に示した。慣行条施区に比して全層施用区は終始高い含有率であった。これに対して磷酸含有率は、全層施用によって稚苗時の含有率がかなり低く、生育量も劣ったので吸収量は著しく低かった。しかし開花始ごろには条施の場合と同程度の含有率に上昇し、生育もかなり回復した。

また、加里については全層施用の場合、稚苗時にはかなり低い含有率であったが、開花始ごろには条施と同程度になり、生育状況にも全く差が見

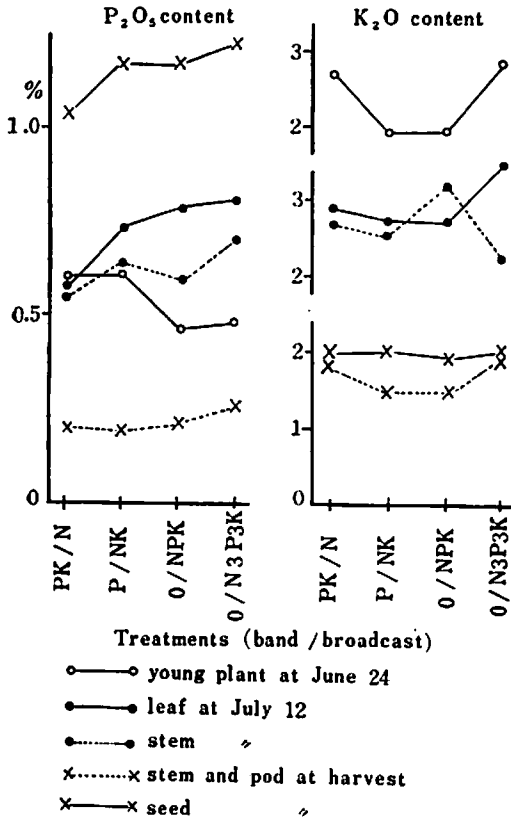


Fig. 4 Effect of broadcasted fertilizer on the absorption of P and K by plant

られなかったので、開花始以降の吸収量にはほとんど差がなかった。

一方、全層施用量を増した場合には、生育のごく初期の磷酸含有率をのぞいて、条施標準区と同程度かそれを上回る含有率となった。このような開花始ごろからの全層施用区の含有率が条施よりも高い現象は、1964年においても認められた。

3) 収量調査結果

収量調査の結果を Fig. 5 に示した。これによれば窒素全層施肥の効果は大であるが、磷酸全層施肥は同量条施に比して 10% 程度減収を示し、また加里の全層施用は、同量条施と差がなかった。しかし窒素全層施用量は条施量よりもはるかに多量を施用しており、磷酸全層施用についても、用量を増すと収量増加が明らかであった。

4) 考 察

窒素全層施用法の増収効果については、前項の試験の結果明らかであったが、これと組合せるべ

き磷酸および加里の全層施用の可能性について検討した。

磷酸施肥法については、3要素の中でも最も土壤肥沃度の影響を強く受けるものと考えられる。鈴木ら¹²⁾は火山灰畑における施肥位置について検討を行ない、施肥法の効果は土壤中での動きが少なく、かつ、土壤肥沃度の違いによる差の大きい磷酸肥料の肥効いかによることを明らかにした。

本試験の結果、磷酸全層施用は条施に比して、明らかに初期生育を低下させ収量を減じた。この原因は、施肥磷酸の土壤中における、希釈による初期生育の磷酸吸収低下に基づくものである。生育に伴う根圏の発達により次第に磷酸吸収も増大して、生育もかなり回復するが、なお収量も低く、村山ら¹⁰⁾が大豆の磷酸栄養について明らかにしたように、初期生育における磷酸の役割は重大であると考えられた。全層施用量の増加はかかる初期生育における磷酸吸収を増大させ、生育後半の磷酸吸収量も大であるので、子実収量も増すことが認められた。しかし磷酸の全量全層施用については、当然、栽培土壤の磷酸肥沃度および磷酸固定力の影響を強く受けるであろうし、さらに根の伸長はかなり高い磷酸濃度であっても、障害を受けずに施肥層中に良く発達し⁹⁾、実用的にも全層施

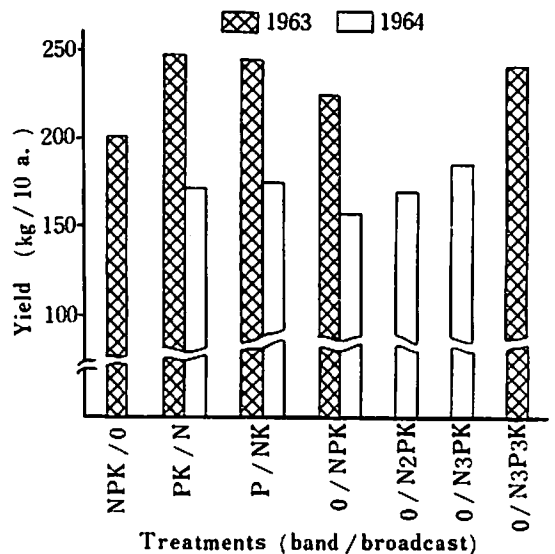


Fig. 5 Yield of bean by the treatment of application

用にあたっては窒素・加里の場合よりも著しく多量の施用を必要とするので、望ましい施肥法ではない。この意味において、窒素全層施肥法であっても、燐酸はその一部を条施(スターター)とするか、または全量条施すべきであると考えられる。

加里の全層施用の効果については、燐酸の場合と同様に、生育初期における加里含有率の低下が認められたが、生育状況には差がなく、むしろ条施の場合よりも発芽直後の生育をおう益にし、生育中期以降の加里吸収量および収量にもほとんど差を生じなかった。このような結果は、土壌中の加里肥沃度によって差が生ずるのであろう。しかし一般に加里不足症状は生育前半には現われにくいこと、豆類における加里の肥効が低い⁷⁾こと、さらに土壌中加里濃度の根伸長に対する限界が燐酸よりは低い⁸⁾ことなどから考慮すれば、加里全層施肥法は実用しうるものと認められた。

4. 全層施肥法現地適応性試験

1) 生育の概況

1965年に燐酸の一部(3.8 kg/10a)を条施として、窒素のスターターの効果ならびに全層施用量について場内および現地3試験地で検討した。播種当時は土壌の乾燥が著しく、各試験地とも慣行条施区の発芽は不良かつ不整で補植を要したが、全層施肥区はいずれの窒素量でも発芽が良好整一であった。しかし稚苗時から音更・幕別両試験地での全層施肥区の生育は劣り、この状態は成熟期まで続いた。一方、川西および場内試験地では、全層施肥区の生育に及ぼす窒素スターターの効果

は全層施用量 10 kg/10a 以上では認められず、全層施用量 10 kg と 15 kg 区の差も明らかでなかった。

1966年は主として燐酸全層施用量増加あるいは燐酸全量条施の効果をも、それぞれの試験地の燐酸肥沃度の関連で調査しようとした。しかし、不順な天候のため生育は著しく遅延し、各試験地とも菌核病の蔓延はまれにみるほど激しく、場内および幕別試験地では収量調査を中止した。またほかの試験地でも 100 kg/10a 程度の著しく低い子実収量にとどまった。なお、現地試験地は2か年ともそれぞれ異なる地区に設定したものである。

各試験地とも、前年と同じく全層施肥区の発芽や稚苗時の生育は良好であった。全層施肥処理間では、窒素半量全層(5 kg/10a)区の生育は各地とも劣り、燐酸倍量全層区は、更別試験地をのぞいて標準量全層区よりまさる生育であった。また、燐酸条施の効果は音更・幕別両試験地で認められたが、ほかの3試験地では、発芽直後の生育をのぞいて明らかでなかった。しかし無燐酸区の生育は、幕別試験地をのぞいて各地ともかなり劣っていた。

2) 収量調査結果

1965年の調査結果を Table 6 に示した。場内および川西試験地においては、慣行条施区よりも全層施用の各区の収量がかなり高く、統計的にも有意であった。全層窒素用量については、両試験地とも 10~15 kg の場合に収量が大であった。また、窒素スターターの効果については有意ではな

Table 6 Effect of N application method on the yield of kidney bean in 1965

Treatment (band N/broadcast N)		0/0	0/5	0/10	0/15	1/0	1/5	1/10	1/15	3/0	(3)/0	LSD 0.05	
Location	Memuro	Yield kg/10 a	138	191	177	203	161	175	192	211	158	—	27.2
		Index %	87	120	112	128	101	110	121	132	100	—	
	Kawanishi	Yield kg/10 a	—	149	185	199	—	168	190	201	148	172	27.0
		Index %	—	101	125	135	—	114	129	135	100	116	
	Otofuke	Yield kg/10 a	—	167	168	185	—	169	187	190	187	185	NS
		Index %	—	89	90	99	—	90	100	101	100	99	
	Makubetsu	Yield kg/10 a	—	169	183	198	—	208	203	210	206	217	NS
		Index %	—	82	89	96	—	101	98	102	100	105	

かったが、場内では全層施用窒素 10 kg の水準まで、川西試験地でも 5 kg の水準までスターター併用の効果がみられた。

一方、音更・幕別両試験地では、全層施肥区の収量は慣行条施区と同程度かそれを下回り、茎葉重も低かった。しかし、窒素スターターの効果は、全層窒素 10 kg の水準までみられた。

また、子実 1,000 粒重に対する全層施用の影響は、各試験地とも認められ、全層施用量の多いものほど粒重の増加が大であった。

なお、現地試験では参考のために全層施用と条施との中間的な施肥分布をとる播種溝混層施肥区を設けたが、音更・幕別試験地では慣行条施区と大差ない収量であった。しかし全層施肥効果のみられた川西では、全層施肥区より劣ったが慣行条施よりまさる収量を示した。

1966 年における収量は、3 試験地についてのみ調査したが、Table 7 のように全層施肥の効果は更別試験地ではみられなかった。全層施肥処理間では、磷酸条施または全層増施の効果がみられ、加里条施効果はみられなかった。

3) 菜豆 3 要素吸収状況

1965 年における場内試験の生育初期の窒素含有率を Fig. 6 に示した。全層施用窒素は良く吸収され、かつ開花始ころは全層 5 kg/10 a 施用程度でも慣行条施区より高い含有率であった。開花始ころ

Table 7 Effect of broadcasting fertilization on the Yield of bean (in 1966)

Treatment*	Obihiro		Otofuke		Sarabetsu	
	Yield	Index	Yield	Index	Yield	Index
np/0.5 NPK	74.9	98	101.6	94	98.6	85
np/NPK	79.9	104	102.5	95	107.8	93
np/N ₂ PK	97.9	128	121.2	112	113.2	98
nP/NK	102.3	133	111.0	102	115.2	100
nPK/N	98.6	129	109.5	101	116.8	101
NPK/0	76.7	100	108.4	100	115.4	100
NK/0	40.7	53	116.5	53	69.4	60
LSD 0.05	17.5		NS		18.8	

* n.p; Amount of elements are 1.0 and 4.0 kg with band

N,P,K; Amount of elements are 10, 10 and 8 kg with broadcast

の各試験地における体内 3 要素含有率を Fig. 7 に示したが、全層施肥区は慣行条施よりも窒素含有率が高く、かつ全層施用量の多い区ほど高かった。

これに対して、磷酸含有率については、場内・川西試験地とも、全層施肥区は慣行条施区と同程度かそれよりも高かったが、幕別・音更両試験地では全般に低い値で、かつ慣行条施よりも低い含有率であった。また、加里含有率については、場内試験の全層施用窒素 10 kg および 15 kg 区をのぞいて、各全層施肥区とも慣行条施区より低い傾向であった。

養分吸収量については場内では全層施肥区の生育がおう盛であったので、窒素のみならず磷酸・加里吸収量も大であった。川西試験地でも磷酸吸収量は慣行区と同程度であったが、音更・幕別両試験地では、磷酸・加里吸収量は慣行区の方が大で、窒素吸収量も慣行区と同程度かそれより劣る値であった。

1966 年の試験についても開花始ころの養分含有率を調査したが、各試験地とも全層施肥区の窒素含有率は慣行条施区と同程度かそれよりも高い値を示し、磷酸についても、全層施肥区の含有率は慣行条施と大差なかった。また、加里条施と全層施用による加里含有率の差もほとんどみられな

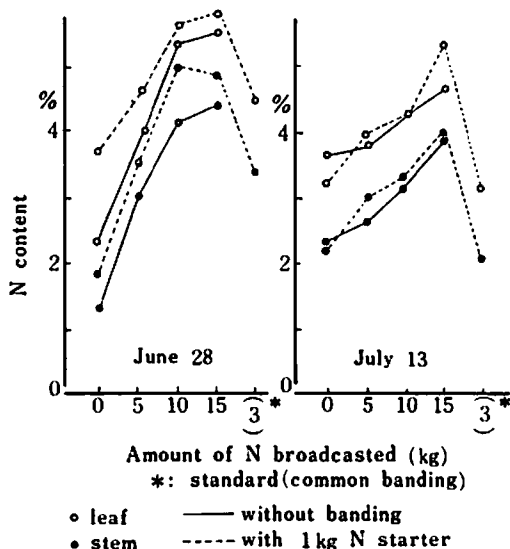


Fig. 6 Effect of N application on the N content in 1965

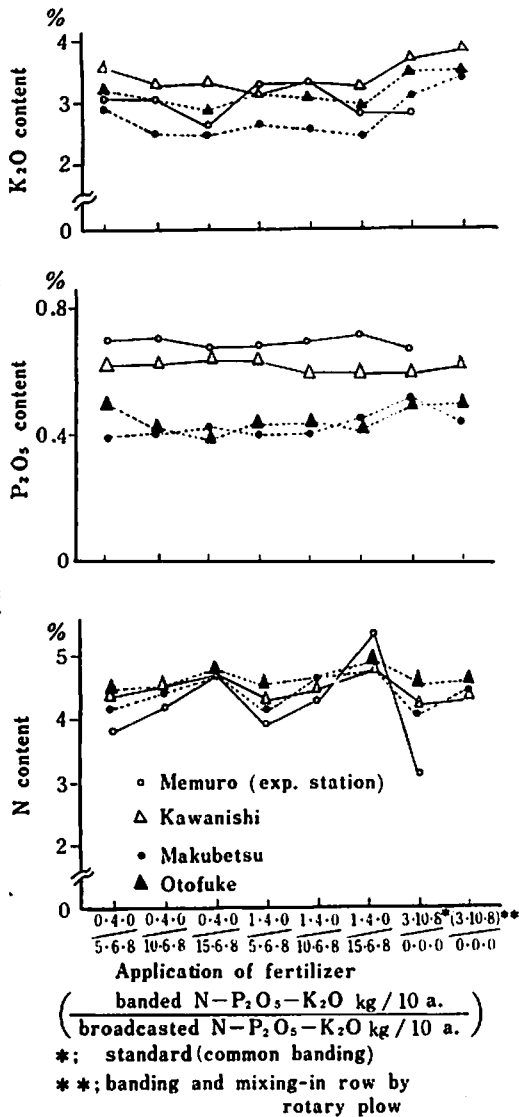


Fig. 7 Content of nutritional elements absorbed by bean leaves with broadcasting fertilization at some locations

った。

この時期においては、各試験地とも全層施肥区の生育が良好で、処理によっては慣行条施区を上回る生育であったので、全層施肥区の3要素吸収量は慣行条施区と同程度ないしはそれ以上の値を示した。しかし、磷酸吸収量については試験地間の差が大きく、子実収量に及ぼす全層施肥効果のみられなかった、更別試験地の磷酸吸収量は、ほかの試験地よりも著しく低い値を示した。

4) 考 察

全層施肥法は発芽が極めて良好で、1965年の幕別・音更両試験地を除いて初期からおう盛な生育を示した。これらの生育のおう盛な全層施肥区においては、開花始ごろの窒素含有率は慣行条施区と同程度以上で、加里含有率は条施と比すれば低い値であるが、磷酸含有率も慣行条施区と同程度であった。全層施肥区の窒素含有率は生育初期には低い、生育後半も高い濃度で推移することを前項(1)の試験で明らかにした。このような後期における高い窒素濃度の維持は、菜豆子実生産にとって有利な条件⁹⁾とみられるが、場内および川西試験地では、このような高い窒素栄養条件のため、増収がみられたものであろう。しかし、全層施用による開花期までの加里含有率の低下は、収量には影響しなかったものと考えられる。

これに対して、増収がみられなかった音更・幕別両試験地では、磷酸吸収が全層施肥によってかなり押さえられて初期生育が不良となり、生育の進展とともに生育はかなり回復したが、低収に終わったものと考えられた。

このような全層施肥効果の差異は、試験地の磷酸肥沃度によって生じたものと考えられ、条施磷酸量が3.8 kg/10 aにすぎなかったため、土壤の差が強く発現したものであろう。施肥位置による肥効の差は、沖積土よりも火山性土の方が大であり¹¹⁾、全層施肥効果は一般的に土壤の磷酸肥沃度によって影響される⁷⁾と考えられている。しかし、施肥位置の違いによる生育の差は、施肥量増加でかなり解消しうることは前記(2)の試験で明らかである。よって窒素全層施肥効果の確実な発現のためには、土壤磷酸肥沃度に応じて磷酸条施量あるいは全層施用量を増すことが必要である。

以上の観点から、1966年は磷酸施用量について検討したが、生育遅延と病害のため充分な考察を加えることができなかった。しかし、生育状況ならびに開花始ごろの養分吸収状況からみて、更別を除き各試験地とも全層施肥区の磷酸吸収が劣ることなく生育がおう盛であったが、磷酸吸収の劣った更別試験地でも、磷酸全層増量あるいは磷酸全量条施区の生育がおう盛であった。

Table 8 Relation between utility of broadcasting and soil available P₂O₅ or amount of P₂O₅ absorption by kidney bean

Year		1965				1966				
Location		Memuro	Kawa-nishi	Maku-betsu	Otofuke	Memuro	Obihiro	Otofuke	Sara-betsu	Maku-betsu
Available P ₂ O ₅ in soil at flowering (mg/100g)	Truog-P	3.0	8.0	5.5	1.5	3.0	17.0	2.5	17.0	14.0
	Ca-P	0.2	3.2	4.8	0.5	0.2	11.5	4.0	12.0	7.5
	Al-P	97	139	139	64	97	89	74	87	86
Amount of P ₂ O ₅ uptake at flowering (mg/plant)	Common Band * (a)	58	45	28	19	56	41	65	24	51
	Broadcast ** (b)	100	47	20	13	69	40	52	26	57
	Ratio b/a	1.72	1.04	0.72	0.69	1.23	0.97	0.80	1.08	1.12
Yield ratio of b/a		1.21	1.29	0.98	1.00	—	1.04	0.95	0.93	—

*; common band, 3-10-8/0-0-0 applied

**; broadcast, 1-4-0/10-6-8 applied

このような土壌条件の違いによる全層施肥法の効果の差異を、土壌の有効態磷酸量との関連では握しようとした。大麦子実収量に対する磷酸施肥法の差異は、土壌中 Truog 磷酸量と密接な関係がある²⁾が、Table 8 のように、土壌有効態磷酸量は試験地によってかなりの差があり、有効態磷酸量と開花始ごろの磷酸吸収量間の差との関連は明らかでなかった。しかし、慣行条施区に対する全層施肥区の開花始ごろの磷酸吸収量の比は、全層施肥効果のみられなかった 1965 年の幕別・音更試験地では低い値を示し、さらに 1966 年の更別試験地の場合とともに開花始ごろの磷酸吸収量そのものも、ほかの試験地に比して著しく低い水準にあった。したがって、磷酸肥沃度との関連性は明らかでなかったが、当然考えるべきである。すなわち、一般的に施肥磷酸の肥効は、有効態磷酸の多少とともに磷酸固定力の強弱によっても影響されるものと考えられる。この試験においては、土壌磷酸吸収係数を調査しなかったが、今後この点に関する検討が必要である。しかし、上記の結果から、窒素全層施肥の肥効発現のためには、磷酸全層施用量の増加または磷酸全量条施が安全であり、全層施用量の増加の場合でも、その一部をスターターとして条施することが必要であるので、実用上、全量条施の方が望ましいものと考えられる。

全層施用窒素量としては、5 kg/10 a では不十分で、10~15 kg の間に適量があるものとみられた。

また、窒素スターター効果については、全層施用窒素量が 10 kg 以下の場合に認められた。したがって、磷酸条施を前提とした場合には、窒素のスターター利用も、その障害性のない範囲においては併用すべきものと考えられる。

なお、加里全層施用は収量に全く影響せず、前記試験 (2) においては発芽に対する障害性が消去されて、稚苗時の生育がまさる結果も得られている。また、根の発展に対する施肥の障害発現濃度は、窒素<加里<磷酸の順に大である³⁾ので、窒素全層施肥法においては加里もともに全層施用すべきものと考えられる。

V 要 約

特異的な窒素施肥反応を示す矮性菜豆に対して、窒素全層施肥法について研究を行なった。さらに、窒素全層施肥法における磷酸・加里全層施用の可能性についても検討した。

これらの試験の結果を要約すれば次のとおりである。

1) 窒素肥料の全層施用は、発芽障害少なく、増肥による初期生育の抑制や根粒着生の阻害も少ないので、多量の窒素施肥が可能であった。

2) 全層施肥による窒素多量施用は、初期生育をおう盛にし、開花期以降の体内窒素濃度を高く維持する。このため、子実収量および子実粒重の増大が顕著であった。

3) 全層施用窒素量は 10~15 kg/10 a で最高収量が得られ、一部条施との組合せの効果は、全層施用量 10~15 kg の水準ではみられなかった。

4) 窒素全層施肥法下における磷酸および加里の全層施肥法について検討した結果、加里の全層施肥により開花始までの加里吸収が劣ったが、生育・収量の低下は認められず、むしろ発芽障害の大きい乾燥年には初期生育を良好にした。

一方、磷酸全層施用は、初期生育が不良で収量も劣り、全層施用量の増加または一部条施が必要であった。

5) 窒素および磷酸の一部(それぞれ 1.0 kg, 3.8 kg/10 a) をスターターとして条施する全層施肥法の現地適用性を検討した。

全層施肥法の増収効果は試験地によって異なり、効果のなかった試験地においては開花始ごろの磷酸吸収が少なく、磷酸全層施用(条施併用)によって生育初期の磷酸吸収が一層抑制されていた。なお、窒素スターターの効果は、全層施用窒素量が 10 kg を越える段階では各試験地とも認められなかった。

6) しかし、全層施肥法による増収効果の差異と土壤中の有効態磷酸量の関連はみられなかった。

7) 以上の結果から、増収の顕著な窒素全層施肥法においては、加里も全層施用することが可能であり、収量も減じないものとみられた。しかし、磷酸施肥法は一部条施が必要であり、さらに土壤の磷酸肥沃度によっては全層施用量を増さねばならない。

一方、磷酸の一部条施を前提とするならば、肥効上からは磷酸のみは全量条施が望ましいものと考えられる。

参考文献

- 1) BROWN, B. A., 1959; Band versus broadcast fertilization of alfalfa., Agron. J., 51, 12, 708~710.
- 2) 藤沼善亮・鈴木達彦, 1964; 畑作農業における施肥作業機械化の諸問題, 土肥学雑誌 35, 3, 108~114.
- 3) 北海道立十勝農業試験場, 1964; 土壤肥料試験成績書, 昭和 39 年度.
- 4) ———, 1965; 同上, 昭和 40 年度.

- 5) 石塚喜明・田中 明・林 満, 1963; 畑作物に対する施肥位置に関する研究(第 2 報) 施肥位置および肥料濃度と根の張り方との関係, 土肥学雑誌, 34, 2, 44~48.
- 6) ———ほか, 1964; 同上(第 3 報) 各種作物根系の特性とそれによらず各種肥料濃度の影響, 土肥学雑誌, 35, 5, 159~164.
- 7) 岩瀨晴郎, 1957; 菜豆の生育に及ぼす施肥の影響, 北農, 27, 10, 3~4.
- 8) ———, 1970; 菜豆の窒素施肥法改善に関する研究, 第 1 報, 菜豆の窒素施肥反応の特異性と条施施肥法の改善, 道農試集, 22, 61~72.
- 9) 鎌田悦男, 1957; 大豆における根粒形成に関する生理形態的研究, I, 窒素供給量と根粒発達について, 日作紀, 25, 3, 145~146.
- 10) 村山 登・河原崎裕司, 1957; 大豆の磷酸栄養に関する研究, (第 1 報) 磷酸の供給時期が生育・収量に及ぼす影響, 土肥学雑誌, 28, 5, 191~193.
- 11) 鈴木達彦・藤沼善亮・塚田豊昭, 1966; 火山灰畑における施肥技術の解析, (第 1 報) 異なる位置に施した肥料の小麦に対する効果, 土肥学雑誌, 37, 3, 218~222.
- 12) ———, ———, 1966; 同上, (第 2 報) 土壌の種類と施肥位置との関係, 土肥学雑誌, 37, 4, 259~262.

Summary

Nitrogen fertilizer application broadcasted and mixed-in were experimented for dwarf kidney bean, which showed a peculiar response to nitrogen. Also, the possibility of broadcast application of phosphorus and potassium fertilizer with broadcasted nitrogen were examined.

The results obtained in these experiments are summarized as follows:

- 1) The broadcast and mix-in application of nitrogen fertilizer reduced injury to germination and repression of seedling growth, and moreover increased the root nodule, which permitted a larger application of nitrogen.
- 2) The large amount of nitrogen applications by broadcasting promoted the excellent

growth at seedling, and maintained higher nitrogen contents of the plant after the flowering period. Therefore, yield and size of bean increased remarkably with these applications.

3) The maximum yield of beans was obtained with broadcast and mix-in applications of 10-15 kg per 10 a. nitrogen. And in these application levels, combination effect of banding with broadcasting failed to be observed.

4) The broadcast application of phosphorus and potassium with nitrogen were experimented. Potassium broadcast application was lower in the absorption of it until flowering period, but failed to injure the growth and the yield of beans. Moreover, this application promoted the excellent early growth in dry year when the germination was severely injured.

On the other hand, phosphorus broadcast and mix-in application reduced the early growth and the yield of beans. Therefore, it was necessary to increase the amount of application or combine with a partial banding.

5) Utility of broadcast and mix-in application, which used a small part of nitrogen (1 kg) and phosphorus (4 kg) with banding as starter, was examined at some locations.

Effect of the devised applications on the productivity were different in each locations. In some locations, where these application were ineffectual, the absorption of phosphorus at the beginning of flowering period was inferior to the case of other locations, and reduced it remarkably by the broadcasting of phosphorus.

Further, effect of a small part of nitrogen starter well broadcasted over 10 kg failed to observed in the all locations.

6) However, it was not observed that the amount of available phosphorus in the soil changed the effect of broadcast application on the yield.

7) From their results, it was clear that potassium fertilizer can be both broadcast and mix-in without decrease of yield in the nitrogen broadcast application which increased yield.

But it was necessary to band a partial amount of phosphorus fertilization, and moreover the amount of broadcast phosphorus had to be increased in relation to the lower soil fertility of phosphorus.

On the other hand, assuming that the partial banding of phosphorus is necessary, it seemed that phosphorus application must be banded entirely, considering its efficiency.