大豆の窒素追肥技術

第2報 施肥量と施肥位置の効果*

中野 寛・桑原 真人・渡辺 巖**・田淵 公清***

長野間 宏****・東 孝行*****・平田 豊*****

(農林水産省農業研究センター, *****鹿児島県立農業試験場,

*****東京農工大学 一般教育部)

昭和61年12月22日受理

大豆は、豆科作物の中でも根粒による窒素固定機能がとりわけ高く、窒素肥料に対する反応性に乏しい作物である¹²⁾。そのため、慣行の大豆栽培においては、基肥として少量の窒素 ($0\sim 3\text{ gN/m}^2$) が施用されるが、追肥は行われない場合が多い。しかしながら、その一方、大豆で多収を得るためには、土壌の窒素肥沃度を高める必要があることもよく知られている事実である。窒素固定・栄養生理の研究を通じて、大豆が同化する窒素の約7~8割が、開花期以降に固定もしくは土壌から吸収され^{8,13)}、この時期の同化量が収量の大小を左右する事^{4,5,12)} や、大豆の窒素固定が登熟初期にピークを迎え、以後は低下する事が明らかにされてきた^{4,10)}。そこで、窒素固定機能が低下する生育後期の窒素同化を補うという発想に基づき、筆者らの前報¹⁵⁾ を含め、近年は開花期以降の大豆に窒素追肥が広く試みられ始めた^{5,9,14,18)}。ここでは、開花期窒素追肥に関して、施肥量や施肥位置が大豆の子実収量や蛋白質収量に及ぼす効果を調査した結果を報告する。

材 料 と 方 法

試験 1: 1981年、農林水産省筑波研究団地内圃場 (淡色黒ぼく土) に長さ55 m、幅1.4 m の形の試験圃を2ヶ所設け、6月1日に大豆 (品種ボンミノリ) を播種した。一株一本立で栽植密度を14.3本/ m^2 ($70\times 10\text{ cm}$) とした。基肥に3-10-10化成肥料 (N:P₂O₅:K₂O を3:10:10% 含有) を100 g/ m^2 、熔成燐肥を200 g/ m^2 、炭酸苦土石灰を

100 g/ m^2 とともに全面全層施用した。開花期後3日目に硫酸を株元の土壌表層に0, 4.5, 9.0, 18, 36もしくは54 gN/ m^2 施用した。試験圃を6ブロックに分け、各ブロック内に各追肥水準を1区 (1畦25本の2畦) ずつ設けた。成熟期に1畦25本のうち一株全重が8~17番目の大きさの10本を選び、1区で20本の個体を用いて収穫物調査を行なった。

試験 2: 1984年、同団地内の梓園場 (淡色黒ぼく土) に、6月18日に大豆 (品種エンレイ) を播種した。一株一本立、栽植密度13.3本/ m^2 ($75\times 10\text{ cm}$) とし、試験1と同量の基肥を全面全層施用した。開花期に硫酸を12 gN/ m^2 追肥したが、施用位置は畦間の土壌表層、もしくは畦間の中央に20 cm おきに直径2 cm 深さ40 cm の穴をあけ深層とした。深層追肥区の対照として穴をあけただけの穿孔処理区も設けた。各処理区4.5 m^2 の4反復区とし、各区から12~14個体ずつサンプリングし収穫物調査を行なった。

試験 3: 1985年、同団地内の水田転換畑圃場 (灰色低地土) に、6月17日にエンレイを播種した。一株一本立、栽植密度を約20本/ m^2 ($65\text{ cm}\times$ 約7.7 cm) とし、基肥には3-10-10化成肥料と炭酸苦土石灰を100 g/ m^2 とともに全面全層施用した。培土時 (7月22日、開花約一週間前)、株の両側もしくは片側に被覆尿素40日型 (LPコート40号、チッソ旭肥料株式会社) を15 gN/ m^2 側条追肥した。1処理区の面積を100 m^2 無反復とし、そのうち20 m^2 の個体を収穫し調査した。

窒素、燐、カリウム含有率及び蛋白質組成の分析: 子実の全窒素と燐含有率は、種皮を含め粉碎した試料を硫酸と触媒を用いて湿式分解した後、テクニコンオートアナライザーを用い比色定量した。窒素はインドフェノール法、燐はモリブデン酸アンモニウム法で発色させた。子実のカリウム含有率は粉

* 本研究は農林水産省総合開発研究 (転換畑作) の一環として進められ、大要は第174回講演会 (57年10月) において発表された。

** 現在、農林水産省東北農業試験場。

*** 現在、農林水産省北陸農業試験場。

**** 現在、秋田県立農業試験場。

第1表 ダイズの収量、収量構成要素および子実窒素含有率に対する開花期窒素追肥の効果。

窒素追肥量 (gN/m ²)	粗粒重 (g/m ²)	莢数 (/m ²)	一莢内粒数	百粒重 (g)	子実窒素含有率 (%)
0	306±47.9*(100)**	874±128 (100)	1.56±0.05 (100)	22.4±1.48 (100)	6.80±0.26 (100)
4.5	326±32.7 (107)	899± 91 (103)	1.55±0.12 (99)	23.4±1.38 (104)	7.02±0.26 (103)
9	341±27.6 (111)	958±133 (110)	1.48±0.20 (95)	24.1±1.70 (108)	7.17±0.29 (105)
18	359±28.4 (117)	956± 88 (109)	1.47±0.14 (94)	25.5±1.72 (114)	7.37±0.19 (108)
36	357±34.1 (117)	917±143 (105)	1.57±0.17 (101)	24.8±1.30 (111)	7.35±0.38 (108)
54	358±21.1 (117)	927± 95 (106)	1.58±0.13 (101)	24.5±1.40 (109)	7.37±0.33 (108)

*：標準偏差，**：対無追肥区百分率。

砕試料の湿式分解後に蛍光分析で定量した。非蛋白窒素の含有率は、BECKER 等の方法¹⁾に従い、粉碎した試料から0.8Nトリクロロ酢酸で抽出し、19000×gで10分間遠心し、その上澄液の窒素含有率を測定し求めた。子実の11Sグロブリンと7Sグロブリン蛋白の組成比は、DAVISの方法²⁾に従い、蛋白質を抽出しポリアクリルアミドゲル電気泳動法で分離し検定した。

実験結果

窒素追肥量 (試験1)：窒素追肥によりボンミノリの登熟期間が長くなった。特に、18 gN/m²以上を施用した時には効果が顕著であり、黄葉期や成熟期が約3日遅くなった。子実収量も18 gN/m²まで窒素施用量に従って増加し、無追肥区収量306 g/m²が18 gN/m²追肥区では359 g/m²まで増加した(第1表)。増収は莢数と百粒重の増加によるものであった。一莢内粒数は追肥により増加せず、9 gや18 gN/m²追肥区では逆に無追肥区に対し5~6%減少した。子実の窒素含有率は追肥量に対して収量と同様の反応を示した。圃場ブロック毎の追肥量に対する収量反応(第1図)については、全体的な傾向として、無追肥収量が340 g/m²を境に、それ以下のブロックでは増収効果が明確に認められるが(第1、第2、第3および第5区)、340 g/m²以上のブロック(第4と第6区)では増収効果が明らかでなかった。

子実の窒素含有率も、追肥によって増収するブロックでは追肥効果が大きいが、増収しないブロックではそれに比べて大きくなかった。そこで、追肥により増収したブロックと増収効果が明らかでなかったブロックから、それぞれその傾向が顕著なブロック(第2区と第4区)を選び、子実の蛋白質含有率や蛋白質組成に対する窒素追肥効果を検討した(第2表)。例えば、第2区では無追肥区の窒素含有率

6.90%が54 gN/m²追肥により7.77%(対無追肥区113%)まで高まった。しかし、第4区では7.20%が7.51%(104%)に高まるのにとどまった。そのうち、非蛋白態窒素の含有率は第2区では対無追肥区の200%、第4区でも116%と著しく高まったが、無追肥での非蛋白態窒素含有率がそれぞれ0.15%、0.25%と低いため、子実の窒素含有率の向上に及ぼす影響は大きくなかった。すなわち、

第1図 圃場ブロック別の窒素追肥量に対する収量反応。

第2表 ダイズの子実の窒素含有率と蛋白質含有率に対する開花期窒素追肥効果の圃場ブロック間の差異。

ブロック	窒素追肥量 (g/m ²)	全窒素含有率(%)	非蛋白態窒素含有率(%)	蛋白態窒素*含有率(%)	11Sグロブリン/7Sグロブリン
第2区	0	6.90±0.05**	0.15±0.00	6.75	1.62±0.19
	4.5	7.06±0.18	0.17±0.01	6.89	
	9	7.11±0.10	0.25±0.02	6.86	1.53±0.15
	18	7.35±0.10	0.24±0.01	7.11	
	36	7.55±0.06	0.27±0.01	7.28	
	54	7.77±0.06	0.30±0.00	7.47	1.56±0.14
第4区	0	7.20±0.25	0.25±0.01	6.95	
	4.5	7.18±0.01	0.25±0.02	6.93	
	9	7.43±0.08	0.28±0.03	7.15	
	18	7.47±0.05	0.31±0.01	7.16	
	36	7.48±0.26	0.32±0.01	7.16	
	54	7.52±0.12	0.29±0.01	7.23	

*：全窒素含有率－非蛋白態窒素含有率，**：標準偏差。

追肥による子実の窒素含有率の向上は、主として蛋白質含有率の向上によるものであった。

第2区の子実の蛋白質組成を調査した結果では、11Sグロブリンと7Sグロブリンの組成比が窒素追肥による蛋白質含有率の向上によって影響される事はなかった。

本試験では、各ブロックにおける無追肥区の両畦の子実収量と、その子実の窒素含有率やカリウム含有率との間の単相関係数は、それぞれ0.317と0.132と低かったが、子実磷含有率との相関係数は0.541と比較的に高かった（自由度10で95%信頼水準で有意な係数値は0.576）（第2図）。例えば、低収量であった第2区の無追肥区では、窒素含有率

第2図 無追肥収量と子実の磷含有率の相関。プロットは圃場ブロック（6ブロック）内で無追肥区の各2畦の値。

も低かったが磷含有率は0.45%と低く、これに対し高収量の第4区の無追肥区では磷含有率は0.57%と高かった（第3図）。本試験では、無追肥での子実磷含有率の低い作物体には、窒素追肥効果

第3図 子実の磷含有率におよぼす開花期窒素追肥の効果。上段は無追肥低収量の圃場ブロック（第2区）でその中の無追肥低収量の畦，下段は無追肥高収量のブロック（第4区）の中の無追肥高収量の畦。

第3表 ダイズの収量と収量構成要素に及ぼす
土壌表層・深層窒素追肥の効果

追肥位置	精粒重 (g/本)	粒 数 (個/本)	百粒重 (g)
無 追 肥	30.8±5.3*	98±12	31.3±0.9
表層追肥	32.6±6.5	110±16	29.6±1.7
深層追肥	32.9±4.5	104±13	31.5±0.9
穿孔処理	27.8±4.1	93±8	30.0±1.7

*: 標準偏差.

が高かったと言える。追肥量の増加に応じて、第4区の子実含有率は0.47%まで低下したが、第2区では18 gN/m²までは上昇し、その後に低下した。

深層窒素追肥 (試験2): 試験1では硫酸を株元の土壌表層に施用したが、ここでは、施肥位置の変更によって窒素追肥効果を向上させる可能性の有無を検討した。しかし、追肥位置の差による増収効果を表層追肥と深層追肥で比較した場合には、深層追肥が特に追肥効果が高いという事はなかった(第3表)。しかしながら、本試験の深層追肥法では畦間に穴をあけたため根系を若干傷つけた。深層追肥の効果を、穴をあけ追肥しなかった場合(穿孔処理)との比較で評価した場合、表層追肥よりも深層追肥の方が効果が高かった。

例えば、精粒重は表層追肥により30.8 g/m²から32.6 g/m²に5.8%しか増加しないのに対し、深層追肥では27.8 g/m²から32.9 g/m²まで18.3%増加した。両者の差は、百粒重が表層追肥では増加せず深層追肥で増加(5.0%)したためである。しかし、根粒が存在する土壌表層を避け、土壌深部の根から追肥窒素を吸収させる事により、肥料窒素による窒素固定阻害を抑えたために追肥効果が高くなったのか、根系が傷つけられ窒素固定や栄養吸収に機能低下をきたした作物体では追肥窒素の効果が高くなるのに過ぎないのか、試験2の結果のみからでは結論できなかった。そこで、追肥窒素を株の両側に施用するのではなく、株の片側に局在させ他の片側の根系に着生している根粒には追肥窒素を接触させないように、片側追肥(試験3)を試みた。

株の片側窒素追肥 (試験3): 従来の株元の土壌表層施用にほぼ相当する株の両側施用では、本試験では15 gN/m²追肥によって無追肥区収量388 g/m²が400 g/m²へと3.1%増収したのにすぎなかった(第4表)。しかしながら、一畦毎に被覆尿素

第4表 ダイズの収量と収量構成要素に対する
株の片側および両側窒素追肥の効果

追肥位置	精粒重 (g/m ²)	莢 数 (/m ²)	一莢内 粒 数	百粒量 (g)
無 追 肥	388	645	1.98	30.4
株の両側追肥	400	656	1.96	31.1
株の片側追肥	416	683	1.91	31.9

を条施する株の片側施用によつては416 g/m²の収量(対無追肥区7.2%増)が得られた。追肥により両区で莢数(粒数)、百粒重ともに増加したが、片側追肥区でとくに百粒重の増加が大きく、そのために片側追肥の方が増収効果が高くなった。

考 察

普通、大豆栽培では基肥に0~3 gN/m²の窒素を施用する。この窒素の栽培技術的意義は、根粒による窒素固定が作物体の窒素要求に 대응できるようになるまで、すなわち生育初期の根や光合成器官の生長を順調にすすめ、根粒の着生を促進する所にある。基肥窒素がスターター窒素とも呼ばれる所以はこのためである。

一方、窒素追肥の狙いはそれとはまた異なっている。登熟期の窒素固定機能がたとえ窒素追肥により低下したとしても、追肥窒素の吸収・同化によって作物体の窒素同化量を高め¹¹⁾、栄養器官や莢実の生長・発育を促進させる事を目指しているのである。しかし、開花期以降の窒素追肥の施用適量に関してはあまり関心が払われず、我国の有限伸育型品種を対象に詳しく調査した研究例も見当たらない。

筆者らの一人¹⁴⁾が、昭和54~56年に実施された開花期窒素追肥試験研究(102例)を調査した結果では、1~3 gN/m²の追肥を行なった例がかなり見られるが(試験例の約3割)、基肥窒素レベルに相当するこの程度の施用量では有意な増収効果は認められていない。また、その試験例中で10 gN/m²以上を施用した例は全体の1割に満たなかった。

大豆の場合、子実に対する窒素の部分生産能率(窒素同化量当たりの子実生産量)は、開花期以降のピーク時には同化された窒素がすべて子実生産に利用されるにも等しい高い値になると言われる⁹⁾。しかし、生育期間全体の平均値としては、それは10(子実乾物重 g/gN)前後にすぎない^{8,13)}。この値に基づき、さらに開花期の硫酸追肥による追肥窒素の利用効率を、従来の結果^{5,6,11)}に従い50~80%

と考えれば、仮に窒素追肥によって窒素固定が阻害されないとしても、子実を乾物重で 30 g/m^2 （現時点での農業試験場での栽培試験の平均的な大豆収量の10%前後）増収させるためには $3.75 \sim 6 \text{ gN/m}^2$ の窒素追肥が必要と算定される。そのうえ、ポット栽培の大豆に対し株元の土壌表層に硫安を開花期追肥し、一個体あたり 1 g の追肥窒素を吸収させた時、窒素固定量は約 0.7 g 減少したという筆者らの測定結果がある¹¹⁾。追肥による窒素固定阻害を考慮にいれば、さらに多量の施用が必要であると推察される。

実際、追肥量を検討した本研究の試験1の結果でも、圃場の全ブロックの無追肥平均収量 (306 g/m^2) を 35 g/m^2 高めるためには 9 gN/m^2 、収量が上限（約 360 g/m^2 ）に達するために 18 gN/m^2 の追肥が必要であった。 18 gN/m^2 追肥で増収率が最も高く約 120 g/m^2 増収した第2区でさえ、 30 g/m^2 増収させるために 4.5 gN/m^2 を要した事になる。その他、試験2では 12 gN/m^2 の土壌表層追肥で 23.9 g/m^2 、試験3の 15 gN/m^2 の株の片側追肥でも 28 g/m^2 の増収に過ぎなかった。大豆栽培において、収量にして 30 g/m^2 前後の増収を果たすためには、基肥窒素に較べかなり多量の窒素を追肥する必要がある事を本研究の結果は示している。

しかし、窒素の土壌表層追肥が大豆の窒素固定を激しく阻害するという事は、逆にその阻害程度を軽減させ追肥効果を向上させえる余地があるという事をも意味している。肥料窒素による根粒着生・窒素固定阻害の機構に関しては、様々な視点から研究がすすめられている。その分野の研究に、ポットに栽培した大豆の根系を分割し、その一部分から肥料窒素を吸収させた場合には、肥料窒素に直接に接触しない根系では根粒着生の阻害は軽い¹⁷⁾、根粒があまり着生しない土壌の深層に肥料窒素を施用すると根粒の窒素固定の阻害が軽い³⁾ 等の実験例が見うけられる。また、実際に圃場で基肥窒素の施肥位置を局在させ、施肥効果の向上に成功した試験例もある¹⁶⁾。本研究中の深層追肥や株の片側追肥は、このような一連の研究結果に基づいて試みられた。

本研究でも、試験2の深層追肥と試験3の株の片側追肥を通じて、追肥窒素の局所施用効果が顕れた。試験2で深層追肥の増収効果（対穿孔処理区）が高かったのは、追肥時に一部の根系やそれに着生する根粒を傷つけた結果にすぎない可能性もある。しかし、大豆の根系に傷害を与えない条件でも、局

所施用による増収効果が高かった試験3の結果は、基肥のみならず追肥でも局所施用効果があらわれる可能性を示唆している。また、試験3では緩効性肥料を用いたが、このような肥料の施用時期に関する検討を十分に行えば、追肥効果をさらに高める事も可能かもしれない。

磷は作物体内では比較的移動性に富む要素であり、大豆では、体内に含まれていた磷の約8割が、成熟期に子実に転流・蓄積される^{8,13)}。ただ、磷の欠乏条件下では子実への転流率が高くなるため⁷⁾、その傾向は幾分か丸められるものの、試験1で測定した子実内の磷含有量（図2の磷含有率×子実収量）は、各ブロックで無追肥の作物体が吸収した磷の多少を反映しているとみなしうる。一方、土壌中（特に火山灰土壌）では磷酸は窒素やカリウムに比べ極端に移動性が乏しい要素である。そのため、作物体が土壌から吸収する磷酸の量は、その作物種の磷酸吸収力と根の生育量の大小によって支配される。すなわち、試験1の場合には、無追肥で低収であったブロック（第1、第2、第3および第5区）では、根の生育が不十分なため磷酸の吸収量が少なかったという事になる。第2区で窒素追肥（ 18 gN/m^2 まで）により磷含有率が高まった事はこれを裏付けており、追肥窒素により根の生育が促進されたと解釈できる。

しかし、磷酸栄養の不良がそれらのブロックで無追肥で低収であった直接的な原因ではないと思われる。硫安を追肥した場合、アンモニアから硝酸が化成し、土壌のpH低下による磷酸イオンの不可給化や、根による吸収時に硝酸イオンと磷酸イオン間の拮抗が生じると考えられる。そのためか、無追肥で高収量のブロック（第4区）では、子実の磷含有率が無追肥区の0.57% から 54 gN/m^2 追肥区では0.47% まで低下した。すなわち、無追肥で低収であったブロック（第2区）の、全ブロックの無追肥区中で最も低い磷含有率であった0.45% という値も、高収量のブロックで追肥された大豆の値に匹敵し、極端に低い値とは言えない。

一方、根の生育が不良の場合、土壌からの磷酸吸収だけでなく窒素吸収やさらに根粒着生も抑えられ、無追肥で高収量のブロックの作物体に比べ、生育中に窒素栄養状態も不良になっていた可能性がある。子実の窒素含有率と収量の相関は低くとも、作物体の窒素同化量を反映する子実の窒素含有量と収量の相関は当然の事ながら高い。むしろ、窒素栄養

の不良が低収の原因であり、そのために窒素追肥が効果を発揮しえたと考える方が妥当である。低収要因の如何によっては、低収量の大豆といえども必ずしも窒素追肥の効果が高くなるとは限らない。しかし、試験1では1.4×55 mの長形の試験圃場の縦方向に2畦の大豆を栽植した。試験1の大豆は群落を形成せず光合成条件に関しては恵まれた状態にあり、しかも窒素栄養不良の状態にあったと思われる。すなわち、作物体内の炭素と窒素のバランスを最小養分律的な立場で考えれば、試験1の無追肥で低収量であった大豆に対して、窒素追肥の効果が高かったのは頷ける事である。

一方、開花期窒素追肥が粒数（特に莢数）と百粒重を高め、さらに子実の窒素含有率も向上させえる事は前報で示した¹⁵⁾。本研究の試験でも、粒数と百粒重ともに追肥によって増加する場合が多かった。しかし、試験2の表層追肥では百粒重には追肥効果が顕れなかったが、この原因は不明である。

窒素追肥で子実の窒素含有率が高められるという報告は幾つか見られるが^{5,15,18)}、ここでは、増加する子実内窒素が主として蛋白態窒素である事を確認し、窒素追肥が蛋白質収量に関しても増収効果がある事を本報は明らかにした。さらに、大豆の子実で最も含有率が高く主要な蛋白質であるグロブリンの内、7S グロブリンとそれに比べ含硫アミノ酸に富み食品栄養価値の高い11S グロブリンの組成比に窒素追肥の影響がない事を確認し、窒素追肥技術が大豆蛋白の品質面で問題がない事を明らかにした。

本研究を通じて、窒素追肥で一定の効果を得るためには、基肥窒素に比べて多量の窒素施用が必要である事、窒素追肥によって子実収量に加えて蛋白質収量も高めうる事、そして追肥窒素の局所施用により追肥効果を向上させえる可能性がある事を明らかにした。また、大豆の窒素栄養状態によって追肥効果が影響されうる事も示した。しかし、各試験を通じて収量構成要素に追肥効果が顕れなかった例もあり、その原因を説明する作業が今後に残された。追肥窒素が収量や収量構成要素の決定に関与する機構を考察する事は、現段階では困難であり、追肥窒素の土壤中の挙動、作物体への吸収経過さらに窒素固定機能に及ぼす影響に関する今後の研究発展を待たねばならない。

摘 要

開花期の窒素追肥に関して、施用量や施肥位置が

大豆の子実収量や蛋白質収量に及ぼす効果を検討した。その結果は下記のものであった。

1. 子実収量は窒素追肥量に応じて増加し、18 gN/m² 以上を施用した時に最大となり、追肥で増収を果たす為には、基肥窒素に比べかなりの多量施用が必要である事が確認された。

2. 追肥効果は根生育が不良で無追肥収量が低い大豆では著しいが、窒素栄養条件が良好で無追肥の収量水準が高い場合には追肥効果が発現しない可能性も認められた。

3. 追肥窒素を根粒が着生する株元の周囲全体に施用せず、株の片側に局所施用する事により、肥料窒素による窒素固定阻害を軽減し追肥効果を向上させえる可能性が認められた。

4. 子実の窒素含有率も窒素追肥量に対し収量と同様の反応を示した。また、追肥による窒素含有率の向上は主として蛋白態窒素の増加によるものであった。さらに、子実の主要蛋白質である11S グロブリンと7S グロブリンの組成比は追肥によって変動せず、窒素追肥は蛋白質の品質面でも問題は認められなかった。

謝辞：本研究の遂行にあたり、圃場管理に御尽力頂いた旧農業技術研究所および農業研究センター業務科職員、ならびに調査・分析に御協力頂いた非常勤職員の方々に御礼を申し上げます。

引用文献

1. BECKER, H.C., R.T. MILNER and R.H. NAGEL 1940. A method for the determination of non-protein nitrogen in soybean meal. *Cereal Chem.* **17**: 447-457.
2. DAVIS, B.J. 1964. Disc gel electrophoresis-II. Method and application to human serum protein. *Ann. N.Y. Acad. Sci.* **121**: 404-427.
3. HARPER, J.E. and R.L. COOPER 1971. Nodulation response of soybeans (*Glycine max* L. Merr.) to application rate and placement of combined nitrogen. *Crop Sci.* **11**: 438-440.
4. HASHIMOTO, K. 1976. The significance of nitrogen nutrition to the seed yield and its relating characters of soybeans. With special reference to cool summer injury. *Res. Bull. Hokkaido Nat. Agric. Exp. Sta.* **114**: 1-87.
5. 星 忍・石塚潤爾・仁紫宏保 1978. 窒素質肥料の追肥が大豆の生育と子実生産に及ぼす影響. *北農試研報* **122**: 13-54.
6. 加藤忠司・山県真人・塚原貞雄 1983. ダイズによるアンモニア態窒素 (¹⁵N) および硝酸態窒素 (¹⁵N) の吸収利用. *土肥誌* **54**: 25-29.

7. 昆野昭晨 1976. ダイズの子実生産機構の生理学的研究. 農技研報 **D27**: 139—295.
8. ——— 1979. これからのダイズ作に関する諸問題 [2] —生理生態を中心に—. 農業及園芸 **54**: 374—380.
9. LAWN, R.J. and W.A. BRUN 1974. Symbiotic nitrogen fixation in soybeans. III. Effect of supplemental nitrogen and intervarietal grafting. Crop Sci. **14**: 22—25.
10. 中野 寛・渡辺 巖・田淵公清 1981. 追肥窒素が大豆の根粒着生と窒素固定に及ぼす効果. 日作紀 **50**(別1): 151—152.
11. ———・——— 1985. アセチレン還元法による大豆の窒素固定量の推定 —開花期窒素追肥を行なった大豆を用いて—. 日作紀 **54**(別2): 86—87.
12. 田中 明・藤山英保・森谷和仁・E.I. Oka 1978. 大豆および菜豆の窒素施肥反応. 土肥誌 **49**: 406—411.
13. 戸苅義次・加藤泰正・江幡守衛 1955. 大豆の増収機構に関する研究. I. 大豆の生育に伴う植物体各部の成分の消長. 日作紀 **24**: 103—107.
14. 渡辺 巖 1982. 大豆に窒素追肥は必要か—昭和54～56年各県農試の成績概要から—. 農業技術 **37**: 491—495.
15. ———・中野 寛・田淵公清 1983. 大豆の窒素追肥技術. 第1報 登熟初期の追肥が収量, 収量構成要素および子実の蛋白含有率におよぼす影響. 日作紀 **52**: 291—298.
16. YAMAGUCHI, J., K. FUJITA and A. TANAKA 1982. Manipulation of growth through nitrogen management in soybeans. In Symposium on Carbon-nitrogen interaction in crop production, Hokkaido Nat. Agric. Exp. Stn. and Fac. Agric. Hokkaido Univ., Sapporo, Japan, 23—36.
17. 谷田沢道彦・吉田重方 1967. 時期別に, また根分け法により硝酸態窒素を与えた試験によるダイズ根粒形成過程の解析. 土肥誌 **38**: 379—382.
18. YOSHIDA, T., T. LEE and Y. YANG 1977. Soil management and nitrogen fertilization for increasing soybean yield in Taiwan. Proceedings of the International Seminar on Soil Environment and Fertility Management in Intensive Agriculture, Tokyo, 425—432.

Supplemental Nitrogen Fertilizer to Soybeans

II. Effect of application rate and placement on seed yield and protein yield

Hiroshi NAKANO, Masato KUWAHARA, Iwao WATANABE*, Kousei TABUCHI**,
Hiroshi NAGANOMA***, Takayuki HIGASHI**** and Yutaka HIRATA*****

(National Agriculture Research Center, Yatabe, Tsukuba, Ibaraki 305,

****Kagoshima Prefectural Agricultural Experiment Station,

Kamifukumotomachi, Kagoshima 891-01, *****Tokyo University of

Agriculture and Technology, Fuchu, Tokyo 183)

Summary

Nitrogen fertilizer as ammonium sulfate was applied to soybeans [*Glycine max* (L.) Merrill cv. Bonminori and Enrei] at flowering stage to examine effects of application rate and placement on seed yield and protein yield.

Seed yield of "Bonminori" was increased from 306g/m² to 360g/m² by the application of supplemental nitrogen in the range of 0gN/m² to 18gN/m². The result indicated that higher rate than that at basal application was required for the significant increase (20 to 30 g/m² of seed yield). When development of roots was poor and seed yield was low without the supplemental nitrogen, the effect of the application on the seed yield was remarkable. In "Enrei", furrow placement of the supplemental nitrogen at one side of plant rows allowed the larger yield response than both-sided furrow placement and also as deep application (40cm deep in soil) did than surface application. Nitrogen content of seeds was also increased with application rates of the supplemental nitrogen in the similar way as seed yield. The increase was mainly due to increase of protein-nitrogen. Ratio of 11S globulin to 7S globulin of seeds was not affected by the increase of protein content caused by the application of the supplemental nitrogen.

Present address: *National Tohoku Agricultural Experiment Station, Kariwano, Akita 019-10. ** National Hokuriku Agricultural Experiment Station, Joetsu, Niigata 943-01. ***Akita Prefectural Agricultural Experiment Station, Oogata, Minamiakita, Akita 010-04.