

大豆の窒素追肥技術

第4報 土壤条件が追肥効果に及ぼす影響*

中野 寛**・渡辺 巖**・桑原真人・田淵公清

(農林水産省農業研究センター)

昭和63年12月21日受理

要旨：土壤条件が大豆の窒素追肥による増収効果に及ぼす影響について検討した。とくに、窒素追肥が作物体の窒素同化に及ぼす効果を解析するため、根粒非着生大豆系統を対照に用い、供試栽培品種の窒素固定量、追肥窒素の吸収量や追肥窒素による窒素固定の減少量を推定した。堆肥投与によって土壤の肥沃度を高めた時、窒素追肥による増収量や増収率は低下した。逆に、土壤からの窒素供給量が減少するにしたがい、窒素追肥による増収効果は逡増した。土壤の種類が異なる場合には、無追肥条件下での作物体の土壤窒素吸収量、窒素固定量や全窒素同化量の大小と、追肥の増収効果には直接的な関係は認められなかった。しかし、開花期から最大繁茂期までの同化窒素量を増やす効果が高い土壤条件の下では、追肥による増収効果も大きかった。追肥効果が高かった原因は、灰色低地土のシルト質埴壌土では、無追肥時の窒素固定機能が低く、追肥による窒素固定の低下が少なかったためであった。また、灰色低地土の壤土の中には、追肥窒素が迅速に吸収され、追肥窒素の利用率が極めて高かったものもあった。一方、黒ボク土の壤土は、窒素追肥による窒素固定の減少が著しく、同等の土性の灰色低地土の壤土に比べても追肥効果が上がらなかった。その著しい窒素固定阻害は、黒ボク土の可給態リン酸の濃度が低いためであると推察された。

キーワード：Glycine max, 増収, 大豆, 窒素肥料, 追肥, 土壤。

Supplemental Nitrogen Fertilizer to Soybeans IV. Influences of soil conditions on the yield response to supplemental nitrogen: Hiroshi NAKANO, Iwao WATANABE, Masato KUWAHARA and Kosei TABUCHI (National Agriculture Research Center, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan)

Abstract: The influence of soil conditions on increase of nitrogen assimilation and yield as a result of supplemental nitrogen fertilizer application at flowering were examined with soybean (*Glycine max* L. Merr.). Non-nodulating line (T 201) was used as a reference to estimate the uptake amount of soil-N and fertilizer-N and the amount of fixed-N in the testing cultivars.

The yield increase by the supplemental-N was depressed when the soil fertility of nitrogen increased by applying manure. Further, the effect of supplemental-N decreased progressively as the amount of N released from the soil increased. However, in a frame experiment of different soils, the amount of absorbed soil-N, fixed-N and total assimilated-N by soybean plants until flowering under no supplemental-N condition was not negatively correlated with the effect of supplemental-N on yield. But the increase of total assimilated-N from flowering to early pod-filling stage by applying the supplemental-N positively correlated with its effect on grain yield. In grey lowland soil, the effect of supplemental-N on the total assimilated-N was high due to the low N-fixing activity under no supplemental-N conditions in the silty clay loam, and also to the significant uptake rate of supplemental-N in a frame of the loam. The loam of andosol was inferior to any of the grey lowland soil because of serious inhibition of N-fixing ability by supplemental-N, which appeared to be based on low concentration of Truog-phosphate in this soil.

Key words: *Glycine max*, Nitrogen fertilizer, Nitrogen fixation, Soil, Soybean, Top dressing, Yield increase.

近年、水田転換畑での大豆作を中心に、開花期窒素追肥施用がかなり普及し、我国の栽培面積の1割強の畑で行なわれている^{*)}。しかし、窒素追肥による増収効果は、圃場によってかなり異なっているものと思われる。筆者らは、大豆の開花期窒素追肥

による増収効果が、作物体の窒素栄養状態の良否によって影響される事を前報で報告した^{*)}。その結果は、土壤の窒素供給力や根粒着性に影響する土壤の物理・化学性が、追肥効果に影響しうる事を示唆している。

本報ではこの点について検討を加えるため、堆肥

* 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183回講演会(62年4月)において発表された。

** 現在、農林水産省熱帯農業研究センターに所属。

注1) 戸苅義次他編1985.大豆高位生産技術研究会報告書,農林水産省農産園芸局畑作振興課出版,519.

投与による土壌の肥沃度の向上が、追肥効果におよぼす影響を調査した。また、土壌からの窒素供給量が異なる複数の転換畑圃場を用い、追肥効果を比較した。さらに、転換畑に多い灰色低地土、我国の畑作地帯に広く分布する黒ボク土を用い、土壌条件の差が追肥効果に及ぼす影響について調査したので、それらの結果を報告する。

材料と方法

試験1：1982年、農林水産省筑波研究団地で、試験年、前年および前々年の大豆作に堆肥を100~200 kg/a (3年間合計400 kg/a) 施用した部分と無施用の部分とを有する圃場(淡色黒ボク土)を用いた。6月2日にダイズ(品種ボンミノリ)を播種し、一株一本立て、栽植密度を13.3本/m²(50×15 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/m²、炭酸苦土石灰を100 g/m²施用した。追肥区には、開花期後3日目に硫酸を株元に、9.0もしくは、18.1 gN/m²施用した。各処理区とも5 m²の12反復とし、各反復区から収穫期に約50個体を採取した。子実重と百粒重は全反復区で調査し、莢数は株重が5, 6, 7番目に重い3反復区を選びその全個体について調査した。

試験2：1984年、茨城県内13ヶ所の農業改良普及所の水田転換畑大豆作実証圃場で、小麦収穫後の7月初旬に、品種エンレイもしくはミヤギオオジロを播種した。畦間60~70 cmに条播し、栽植密度を15~20本/m²とした。基肥には、2-8-8もしくは3-12-12化成肥料を100 g/m²前後施用し、追肥区には開花期に硫酸を条間に10 gN/m²前後施用した。1区面積は50 m²以上で、1反復とした。収量は試験区を全刈りし調査した。土壌からの窒素供給量を測定するため、無追肥区の一部に根粒非着性ダイ

ズ(系統T 201)を栽培した。

試験3：1985年、農業研究センター鴻巣試験地で、灰色低地土に属し土性が若干異なる壤土をそれぞれ1枠ずつと、シルト質埴壌土および黒ボク土の壤土を各1枠つめた人工圃場を用いた。各土壌の土性および化学性を第2表に示す。7月8日に品種タマホマレ及び系統T 201を播種し、一株一本立て栽植密度を22.2本/m²(45×10 cm)とした。基肥に3-10-10化成肥料を100 g/m²、炭酸若土石灰を100 g/m²施用した。追肥区には開花期後3日目に硫酸を株元に10.2 gN/m²施用した。各処理区とも3反復とし、14 m²の各反復区から開花期(8月15日)と登熟初期(9月12日)に16個体、収穫期に約80個体をサンプリングした。追肥区と無追肥区のT 201の窒素同化量の差から追肥窒素吸収量を、T 201とタマホマレの窒素同化量の差から窒素固定量を推定した。

窒素含有率の分析：試験2では、約100 gの子実を粉碎し、粉碎試料をケルダール分解し、テクニコンオートアナライザーで全窒素を比色定量した。試験3では、生育中にサンプリングした16個体のうち、4個体を飼料切断機(マルマス機械製、VL-65)で細断し混合した後、容積約250 mlの切断試料を振動粉碎機(平工製作所製、TI-300)で粉碎した。粉碎試料の全窒素含有率は、前述の方法で定量した。

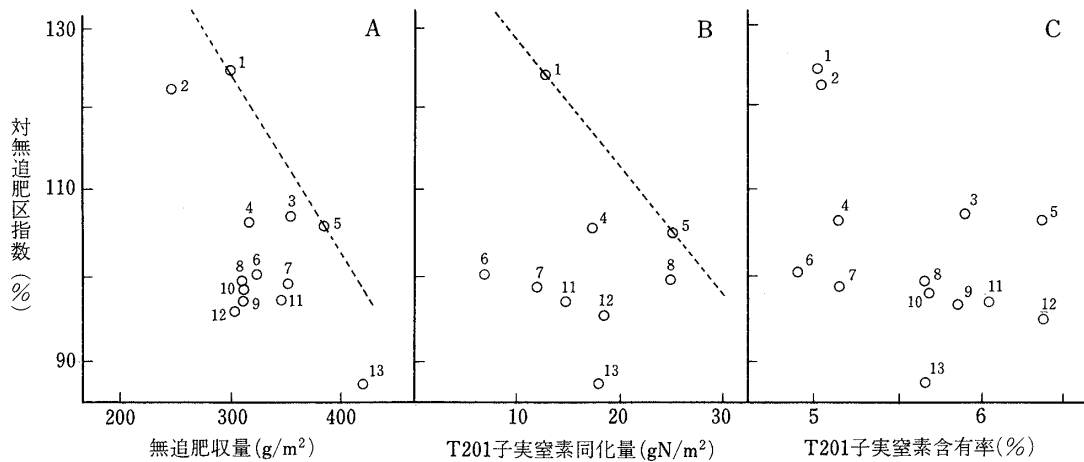
結 果

堆肥連用の影響(試験1)：堆肥無施用の無追肥収量は216 g/m²、連用区のそれは227 g/m²と11 g/m²連用区の収量が高かった(第1表)。無追肥収量が低い堆肥無施用区では、18.1 gN/m²追肥によって収量244 g/m²と28 g/m²(増収率、13%)増収した。しかし、連用区のそれは247 g/m²と20 g/m²

第1表 開花期窒素追肥の増収効果に及ぼす堆肥連用の影響。

窒素追肥量	堆肥施用	精粒重	莢数	1莢内粒数	粒数	百粒重
gN/m ²		g/m ²	/m ²		/m ²	g
0	-	216±30*	719	1.51	1,086±131	19.9±1.1
9.0	-	239±28	744	1.59	1,183±135	20.2±1.3
18.1	-	244±21	754	1.57	1,184±87	20.6±0.6
0	+	227±18	712	1.51	1,075±65	21.1±1.1
9.0	+	230±18	738	1.48	1,092±84	21.1±0.5
18.1	+	247±29	760	1.55	1,178±114	21.0±0.6

*：標準偏差。



第1図 開花期窒素追肥の増収効果と無追肥収量と土壤窒素肥沃度（T 201 子実窒素同化量，T 201 子実窒素含有率）の関係。注）1：結城市，2：石下町，3：鉾田町，4：つくば市，5：五霞村，図内の破線は増収率の可能性限界を示す。

(9%) 増加するのにとどまった。単位面積当りの莢数は、堆肥無施用区と連用区とともに窒素追肥によって増加した。しかし、連用区では百粒重に追肥効果が認められなかったため、増収率のみならず増収量も無施用区より低かった。

土壤の窒素肥沃度の影響（試験2）：試験1と同様に、本試験でも無追肥収量の低い圃場の方が、追肥による増収効果の高くなる傾向が認められた（第1図 A）。増収効果が認められたのは、13市町村のうち結城市、石下町、鉾田町、五霞村、つくば市の5圃場であった。そのうち、T 201の子実窒素同化量（土壤の窒素供給量）が低い結城市で増収率が高く、同化量の高い五霞村で増収率が低かった（第1図 B）。T 201の栽植本数が少なかったため、信頼できる窒素同化量のデータが得られなかった石下町と鉾田町に関しても、増収率が高い石下町ではT 201の子実窒素含有率が低かった（第1図 C）。すなわち、土壤の窒素肥沃度の低下に従い、追肥による増収効果が向上する傾向が認められる場合がある事は、本試験でも確認された。

第1図 B 内に描いた直線が示すように、土壤の窒素肥沃度が低い場合には追肥による増収率の上限が高くなった。しかし、T 201の子実窒素同化量が低いにもかかわらず、追肥効果が現われない圃場が多く存在した。本研究で取り上げた作物体の窒素栄養状態以外にも、窒素追肥効果は病虫害の発生や過湿害の有無等多くの栽培環境によって影響されるものと思われる。また、大豆の窒素栄養に関しては窒素固定がその一半を担っており、窒素固定能の大小を無視して土壤窒素の肥沃度のみで追肥効果を推し量る事はできない。そこで試験3では、根粒による窒素固定能と追肥効果の関係についても検討することにした。

土壤の種類の影響（試験3）：窒素追肥によるタマホマレの増収率は、灰色低地土の枠1の壤土およびシルト質埴壤土でそれぞれ18、17%と高く、一方、枠2の壤土および黒ボク土の壤土ではそれぞれ7、6%と低かった。特に枠1の壤土の場合、増収量が78 g/m²と最も大きかった（第3表）。各枠の土壤の化学性に関しては、黒ボク土のトルオーグ磷酸

第2表 供試枠土壤の粒径組成および化学性。

(100 g 当り)

枠	土 壤	土 性	粒径組成		全窒素	可給態窒素**	リン酸吸収係数	トルオーグリン酸	塩基置換容量	置換性カリウム	置換性カルシウム
			砂*	粘土							
1	灰色低地土	壤 土	61.4	11.3	0.08	3.4	700	23.2	7.7	0.3	8.1
2		壤 土	55.7	14.3	0.07	2.4	780	25.3	9.5	0.3	7.1
3		シルト質埴壤土	33.8	19.9	0.13	4.0	1,140	10.9	17.6	0.3	12.3
4	黒ボク土	壤 土	47.6	9.5	0.50	5.9	2,340	0.3	30.2	1.0	18.5

*：細砂（直径 0.02 mm 以上）と粗砂を含む，**：培養窒素の測定条件は、温度 25°C、水分は最大容水量の60%、培養期間 4 週間とした。（農業研究センター土壤改良研究室分析）

第3表 タマホマレと T 201 の子実収量に対する開花期窒素追肥の効果。

枠 土壌・土性	T 201		タマホマレ	
	無追肥	追肥	無追肥	追肥
1 壤土*	g/m ² 110±7**	g/m ² 246±12	g/m ² 433±32	g/m ² 511±18(118)***
2 壤土	73±5	177±47	427±20	456±2 (107)
3 シルト質埴壤土	92±23	206±11	345±37	402±11(117)
4 黒ボク壤土	120±6	214±15	412±22	437±4 (106)

*：枠1から3は灰色低地土，**：標準偏差，***：対無追肥区指数。

含有量が0.3 mg/100 g と著しく低い点を除けば、各土壌とも大豆栽培上で特に問題点となるものは認められなかった²⁾。また、窒素条件に関しては、各土壌の全窒素や可給態窒素の含有量の大小と、窒素追肥による増収効果との間に負の相関関係は認められなかった。さらに、開花期や登熟初期の、T 201 の窒素同化量から推定した各土壌の窒素供給力も、追肥の増収効果と負の関係を示さなかった(第4表)。開花期や登熟初期の、タマホマレの窒素同化量(第4表)や窒素固定量の推定値(第5表)に関しても、また同様であった。

しかし、追肥が各土壌で開花期から登熟初期までの期間の窒素同化量に与える効果は、追肥による増収効果と同様の傾向を示した。すなわち、増収効果の大きい枠1の壤土やシルト質埴壤土では、窒素追肥によるこの期間の窒素同化量の増加も大きかった(第5表)。各土壌で窒素追肥が窒素同化に及ぼす効果の詳細は、以下のようであった。

土壌からの窒素放出量は、開花期までは枠1の壤土と黒ボク土が4.2 g/m²前後と多かった。黒ボク土の場合には、窒素放出は開茶期以降も衰えなかったが、枠1の壤土では低下した(第4表)。一方、追肥窒素の吸収量の推定値は枠1の壤土では11.1 g/m²(誤差を含むため追肥量を上回る値)であっ

た(第5表)。すなわち、タマホマレは開花期から登熟初期までの間に、追肥窒素のほぼ全量をすみやかに吸収した。その結果、追肥窒素による窒素固定の減少量は8.4 g/m²と大きかったが、窒素追肥により窒素同化量が2.7 g/m²と供試土壌の中で最も増加した。一方、供試土壌中では比較的粘土質に富むシルト質埴壤土の場合、タマホマレの追肥窒素の吸収量は3.9 g/m²と最も少なかったが、追肥窒素による窒素固定減少量も2.0 g/m²と著しく少なく、窒素同化量は1.9 g/m²と枠1の壤土について増加した。その結果、吸収された追肥窒素が、作物体の窒素同化量に及ぼす追肥効率(窒素同化量の増分/追肥窒素吸収量)は、49%とこれらの土壌中で最も高かった。

枠2の壤土と黒ボク土では、追肥による窒素同化量の増加が、それぞれ1.2, 0.4 g/m²と僅かであった。枠2の壤土の場合、シルト質埴壤土に比べ追肥窒素の吸収量が4.8 g/m²とやや多かったが、窒素固定阻害率(追肥による窒素固定減少量/無追肥時の窒素固定量)は27%とシルト質埴壤土と大差なかった。しかし、無追肥時の窒素固定量が13.2 g/m²と高かったため、窒素固定減少量が3.6 g/m²と追肥窒素吸収量に比べて多く、追肥効率は25%とシルト質埴壤土に比べ低くなった。一方、黒ボク土

第4表 タマホマレおよび T 201 の窒素同化量に対する開花期窒素追肥の効果。

枠 土壌・土性*	T 201			タマホマレ		
	開花期 ①	登熟初期		開花期 ④	登熟初期	
		無追肥 ②	追肥 ③		無追肥 ⑤	追肥 ⑥
	gN/m ²	gN/m ²	gN/m ²	gN/m ²	gN/m ²	gN/m ²
1 壤土	4.20±0.44*	6.15±0.52	17.3±1.7	6.04±0.50	19.3±2.0	22.0±2.8
2 壤土	2.17±0.26	4.20±0.52	9.02±1.04	3.82±0.75	19.1±2.9	20.3±2.3
3 シルト質埴壤土	2.32±0.54	5.33±0.89	9.23±1.30	3.68±0.18	15.4±1.0	17.3±1.9
4 黒ボク壤土	4.13±0.47	8.24±0.39	14.1±0.8	4.82±0.63	15.9±1.1	16.3±1.6

登熟初期：子実肥大初期(9月12日)，*：標準偏差。

第5表 タマホマレの窒素固定および窒素同化における窒素追肥の効果。

株 土壌・土性	窒素固定量			追肥の効果				
	～開花期⑦	開花期～ 無追肥⑧	登熟初期 追肥⑨	窒素固定 減少量⑩	追肥窒素 吸収量⑪	窒素同化量 の増加⑫	窒素固定 阻害率⑬	追肥 効率⑭
	④-①	⑤-②-⑦	⑥-③-⑦	⑧-⑨	③-②	⑥-⑤	⑩/⑧	⑭/⑪
	gN/m ²	gN/m ²	gN/m ²	gN/m ²	gN/m ²	gN/m ²	%	%
1 壤土	1.84	11.3	2.9	8.4	11.1	2.7	74	24
2 壤土	1.65	13.2	9.6	3.6	4.8	1.2	27	25
3 シルト質埴壌土	1.36	8.7	6.7	2.0	3.9	1.9	23	49
4 黒ボク壌土	0.69	7.0	1.5	5.5	5.9	0.4	79	7

④-①：第4表に示したタマホマレ窒素同化量と T 201 窒素同化量の差，但し窒素固定阻害率と追肥効率は百分率で表示。

では，追肥窒素の吸収量は 5.9 g/m² と比較的多かったが，追肥による窒素固定の減少が 5.5 g/m² と著しかった。すなわち，追肥窒素の吸収量は株 1 の壤土での約半分にすぎなかったが，窒素固定阻害率は 79% と株 1 の壤土に匹敵する程に高かった。

考 察

施肥効果を示す指標として，無追肥区収量に対する増収率がしばしば用いられる。しかし，収量水準と追肥効果の関係を検討する場合には，追肥効果を増収率のみで評価する事は妥当でない。筆者らは前報で，無追肥収量水準が一定値を越える場合には，開花期窒素追肥による増収が認められない事を示した⁸⁾。また，本研究の試験 1 でも，堆肥の連用によって，追肥による増収率だけでなく増収量も低下した。すなわち，場合によっては，窒素追肥が全く意味をなさない事もありえるため，土壌診断や，栄養・生育診断に基づく追肥効果予測は，重要であると言えよう。

試験 1, 2 を通じて，土壌の窒素肥沃度が低いほど，そしてその結果として無追肥収量水準が低くなるほど，窒素追肥による増収効果が遞増する事が確認された。無追肥での収量水準と追肥の増収効果に負の相関関係が認められた例は，筆者らの調査研究を含め，すでに幾つか報告されている^{3,5,10)}。それらの試験例の中には，本研究で示したように，土壌の窒素肥沃度によって生産力が限定されているものがあると思われる。

試験 2 の結果において，第 1 図 B 中に，土壌の窒素放出量の各水準で得られる増収率の上限値を示

す直線を挿入した。すなわち，窒素追肥によって期待しうる最大増収率を推測する事は可能であると思われる。一方，追肥によってその上限値に達する事ができなかった圃場では，根粒からの固定窒素の供給が潤沢であった可能性があるという事を，実験結果の項ですでに指摘した。この事は，試験 3 で，土壌の窒素放出量がほぼ同等である灰色地土の株 2 の壤土とシルト質埴壌土の比較において，窒素固定量の多い前者の方が，増収効果が低いという結果によっても確認された。

しかし，試験 3 では，土壌の窒素肥沃度や無追肥時の窒素固定量の大小のみで，追肥効果が決められるものでない事も示された。すなわち，株 1 の壤土では，登熟初期までの土壌窒素の放出量が株 4 に次いで，また窒素固定量も株 2 に次いで供試土壌中では高かった。しかし，この株 1 で追肥によって登熟初期までの窒素同化量が最も増加した。それは，速やかに追肥窒素が吸収されたためであった。その原因となる土壌要因は明らかでないが，現象的には以下の可能性を挙げる事ができる。作物体に関しては，この土壌では開花期までの生育量が大きく養分吸収力が高かった事，土壌条件の面では，供試土壌の中では，この壤土は比較的砂質に富み追肥窒素の保持力が低かった事，開花期から登熟初期にかけての窒素供給量が 1.95 g/m² と最も少なかった事などである。窒素追肥量に従って，窒素固定能は必ずしも直線的に低下せず，窒素固定阻害は一定の追肥量以上では頭打ちになる場合もある⁷⁾。この土壌では，大量の追肥窒素も迅速に作物体に吸収・同化されたため，窒素固定阻害率は 74% と高かったものの，窒素固定量も 2.9 gN/m² と一定程度は維持できたのかもしれない。すなわち，条件によっては，多量の追肥窒素を迅速に吸収させるという方向も，

注 2) 吉田 堯 1986. 大豆. 速水和彦他編, 農作物生育環境指標総集 第 1 集 土壌環境. 日本土壌協会, 東京, 82-83.

追肥効果を高めるための一つの考え方かもしれない。

一方、同等の土性であるのかかわらず、灰色低地土の粹2の壤土に比べ黒ボク土の壤土では、追肥による窒素固定阻害が著しく、登熟初期までの窒素同化に対する追肥効果は低かった。この土壤で見られる著しい窒素固定阻害現象の原因は、土壤分析結果からみる限り、極めて低い燐酸含有量に因る可能性があると思われる。窒素固定反応は、作物体の生育が必要とするよりも高濃度の燐酸施肥水準を要求し⁴⁾、燐酸の多施用は根粒の窒素固定を促進すると言われる⁹⁾。さらに、窒素施用による窒素固定能の阻害程度は、燐酸が少ないとより顕著に現われたという報告もある²⁾。試験3の黒ボク土の無追肥収量は412 g/m²であり、その燐酸供給は作物体の生育や収量に関しては十分であったと思われる。しかし、無追肥時の窒素固定能が低い事に加え、窒素追肥による著しい窒素固定阻害についても、この土壤の燐酸供給力との関係を検討する必要があると思われる。一方、燐酸の多施によって、開花期窒素追肥の効果が低下したという研究例もみられる⁶⁾。しかし、そのような試験の土壤燐酸レベルは本試験の黒ボク土よりも高く、かつ燐酸の多施によって土壤窒素の無機化が促進された結果、窒素追肥効果が低下したのかもしれない。

以上の結果から、土壤の窒素肥沃度や無追肥時の窒素固定機能の測定を通じて、開花期窒素追肥による増収の可能性(上限値)を推測できる可能性を示した。しかし、土壤の種類や、本研究では十分に解明できなかった他の土壤要因によっても、それらの上限値が影響される可能性がある事も明らかになった。これらの結果は、追肥効果を予測するためには、土壤条件に応じて、診断基準をきめ細かく設定する必要がある事を示している。さらに、例えば本研究の黒ボク土のような土壤では、土壤改良を通じて追肥効果の向上を図る必要がある事、また一方ではそれぞれの土壤の特性を生かした追肥窒素の施用法を開発する事も可能である事を、本研究の結果は示唆していると思われる。

謝辞: 本研究の試験2では、茨城県農業試験場仁平照男氏に御援助頂き、多くの茨城県農業改良普及員の方々が、大豆窒素追肥実証圃の圃場設計、管理および調査を担当された。試験3の土壤分析は、農業研究センター土壤改良研究室に御協力を頂いた。さらに、土壤改良研究室室長の石井和夫博士には本論文の御校閲を賜った。また、本研究の遂行にあたり、農業研究センター業務科職員および非常勤職員の方々に御協力頂いた。各位に厚く御礼を申し上げます。

引用文献

1. 赤尾勝一郎・石井和夫 1987. ¹⁵N₂ ガス利用による大豆の窒素固定量の推定と固定窒素の体内移行 — ようりん施用による影響 —. 東北農試研報 75: 65—76.
2. Cassman, K.G., A.S. Whitney and K.R. Stockinger 1980. Root growth and dry matter distribution of soybean as affected by phosphorus stress, nodulation, and nitrogen source. *Crop Sci.* 20: 239—244.
3. 石井和夫 1984. 土壤及び栄養診断に基づく合理的施肥法. 農林水産省農業研究センター編, 総合農業研究叢書第2号 地力維持・連作障害対策新技術. 農業研究センター発行, つくば, 104—114.
4. Israel, D.W. 1987. Investigation of the role of phosphorus in symbiotic dinitrogen fixation. *Plant Physiol.* 84: 835—840.
5. 桑原真人 1986. ダイズの多収条件と窒素代謝〔2〕. 農及園 61: 590—598.
6. 持田秀之・朝日幸光 1985. 大豆の栄養条件改善に関する研究 1. リン酸肥沃度と窒素追肥効果. 日作紀 54 (別2): 82—83.
7. 中野 寛・田淵公清・渡辺 巖 1981. 追肥窒素が大豆の根粒着生と窒素固定に及ぼす影響. 日作紀 50 (別1): 151—152.
8. ———・桑原真人・渡辺 巖・田淵公清・長野間宏・東 孝行・平田 豊 1987. 大豆の窒素追肥技術. 第2報 施肥量と施肥位置の効果. 日作紀 56: 329—336.
9. 田中滋郎・古明地通孝・財津昌幸 1984. 堆肥・燐酸多施連用圃における大豆生態反応. 日作九支報 51: 28—31.
10. 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.