

大豆の窒素施肥技術の展開

新潟県農業総合研究所 作物研究センター

専門研究員 高橋能彦

1. はじめに

著者は、1992年9月号の本誌「農業と科学」に「大豆に対するLPコートの下層施肥技術」¹⁾と題して寄稿させていただいた。これは、被覆尿素(LPコート)100日タイプを大豆播種位置の直下20cmの下層に条施用することで大豆根粒の窒素固定活性を阻害することなく、主に生育後半の結実期間にLPコート由来の肥料窒素を効率良く吸収することによる安定した増収効果を検証したものである。

ここ数年来、水稻生産調整拡大のために、転作大豆の施肥試験が全国の試験研究機関で取り組まれている。本稿ではこの十数年間、著者らが新潟大学の大山卓爾教授の研究室と共同で進めてきた、大豆に対する窒素栄養理論の展開を基に窒素肥料の施用技術を総括してみたい。

2. 大豆の施肥試験と調査手法

従来から大豆に対する窒素肥料の施用試験は十分な効果を見いだせないことが多かった。また、効果の再現性にも問題があった。大豆は極めて大量の窒素吸収を必要とする作物であるが、3つの窒素給源があるために窒素栄養の解析が困難であ

る。つまり、土壌由来の窒素、肥料由来の窒素と根粒由来の固定窒素がある。解析の困難さが大豆の施肥試験の効果の判定や再現性の確保という点で停滞を招いた一因と思われる。アセチレン還元法等、従来から用いられてきた根粒の窒素固定活性を判定する手法がある。しかし、多数の処理区を有する圃場試験での適用には困難があった。これに対して根粒由来の窒素は大半がウレイド(アラントイン酸、アラントイン)の形態で導管を上昇するという知見を利用した「ウレイド法」の提案²⁾があり、圃場試験における給源別の窒素量を定量することが可能となった。著者らの初期の試験では導管液の成分分析としてそれぞれ硝酸態、アミド態、ウレイド態の窒素を発色法³⁾で分析していたが、2000年からは大山研究室の佐藤孝博士(現、秋田県立大学)の開発したキャピラリー電気泳動を利用した方法⁴⁾で簡便な一括分析を実施している。

施肥位置と根系分布の関係を調査することも重要である。LPコートは緩効性肥料であり、施肥位置の根系の伸長が旺盛になることが予想される。しかし、新潟県のような粘土質の沖積転換畑では

本号の内容

§ 大豆の窒素施肥技術の展開 1

新潟県農業総合研究所
作物研究センター

専門研究員 高橋能彦

§ 肥料と切手よもやま話(11) 5

越野正義

§ 100年前の富山県舟川新の農村整備事業 6

富山県郷土史会
常任理事

前田英雄

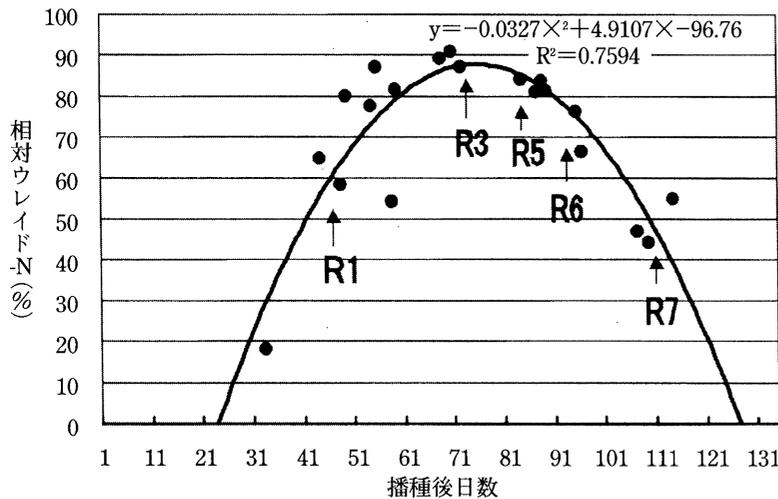
根の堀取りは事実上不可能であり、何らかの代替手法が必要であった。これに対しては栄養塩類の類似物質をトレーサーとすることを検討した。具体的にはアルカリ金属のルビジウム (Rb) はカリウムの生理的類似元素であり、根圏に塩化ルビジウムを注入して一定期間経過後に地上部を採取し、含有するRbの分析で根分布を推定した。

以上のような調査法を適用してLPコートの下層施肥の効果を解析した。尚、これらの手法は1993年の冷害年における大豆の生育状況の調査にも有効であった⁵⁾。

3. 窒素固定の特性

気象条件による変動はあるが、大豆は播種後17～21日頃から根粒の着生が観察され、開花期頃から最繁期にかけて活性が最高になり生育後半では低下する。当研究所の転換畑で慣行栽培した‘エンレイ’は栽培年次にかかわらず、開花期頃から吸収窒素の窒素固定依存率が60%を越え、最繁期頃にピークとなった(図1)。また、2次回帰式から推定される窒素固定の開始時期も播種後23日であり、従来の報告と同様であった。大豆は大量の窒素を吸収する作物と前述したが、子実100kg生産するためには7～9kgの窒素吸収を必要とす

図1. 窒素固定依存率の推移



R1: 開花始期, R3: 最繁期, R5: 粒肥大期,
R6: 粒肥大盛, R6.5: 粒肥大終, R7: 黄葉期 (成熟始)
1990～1993年, 新潟農総研圃場でエンレイを慣行栽培
相対ウレイド-N (導管液) = ウレイド-N / (ウレイド-N + アミノ酸-N + 硝酸-N) × 100

る。この吸収窒素の内、実に40～80%が根粒由来の固定窒素で賄われる。窒素固定は土壌のタイプによって特性があり、砂質や火山灰土より沖積の転換畑で窒素固定の寄与率が高い傾向がある(表1)。現在、我が国の大豆は80%が水田転作と

表1. 大豆吸収窒素に占める固定窒素寄与率 (%)

年度	火山灰土		沖積土		砂質土
	中沢	津南	長倉	上越	紫雲寺
1991	76.4	40.3	86.1	89.5	74.4
1992	—	57.1	—	77.0	34.6
1993	81.8	48.1	88.1	92.0	19.7
1994	53.2	48.9	70.0	—	—
平均	70.5	48.6	81.4	86.2	42.9

根粒着生T202, 非着生T201大豆を栽培し、窒素吸収量の差し引きで固定窒素量を算出した。

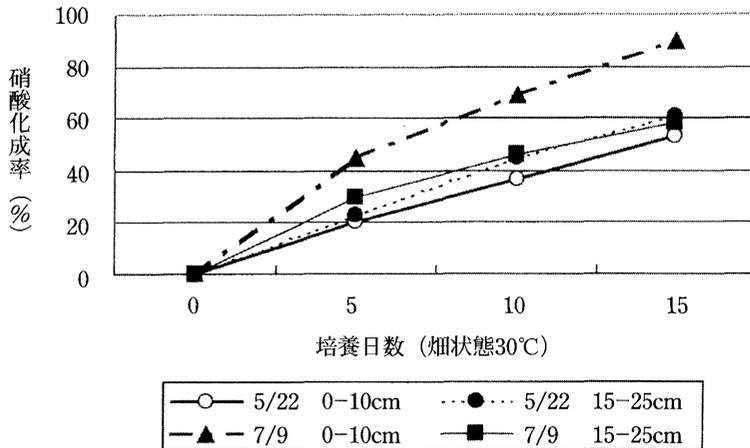
して生産されている。この潜在的に高い転作大豆の窒素固定活性を最大限利用し、最繁期以降に凋落する固定窒素の代替とすることが効率的な施肥管理の原則と考える。基肥はスターター窒素として少量施用し、初期栄養生長を確保するという意味がある。一定量の栄養生長は光合成産物の根系への供給によって窒素固定の立ち上がりにも貢献する。

4. 被覆尿素の下層施肥の意義

前報¹⁾において、LPコート100を下層施肥することで10～24%安定的に大豆子実が増収することを報告した。この理由として、根粒着生部位と離れた局所施肥のために溶出窒素による窒素固定の阻害がなく、施肥窒素は60%という高い利用率で特に生育後半に吸収されることで高い生産性を示したことが増収要因であった。

この高い肥料窒素の利用率はその後の調査で下層20cmという施肥部位が転換畑という特性もあり、硝酸化成能が低いために溶出した尿素が土壌ウレアーゼでアンモニアにはなるが硝酸化成を受けずにアンモニアのまま土壌に吸着され、効率的に吸収されたと考えられた(図2)。この検証のために、施肥位置を変えた無底ポット試験を実施したところ、

図 2. 土採取時期及び採取層位深別の土壌硝酸化成力 (1992年)



20cmに局所施用したLPコート of 窒素は全く溶脱することなく施肥位置に留まっていた (図 3)。この効果は硝酸窒素による地下水汚染を防止する作用もあり、環境の世紀といわれる今世紀において新たな施肥体系となる可能性がある。

5. 下層施肥からの発展

現在、大豆に対する下層施肥は普及技術としては進展を見ていない。理由としては下層施肥機の実用化が未整備なことが主要要因である。

また、最近、新潟大学の大山研究室

図 3. 施肥位置及び肥料種類別の肥料窒素動態

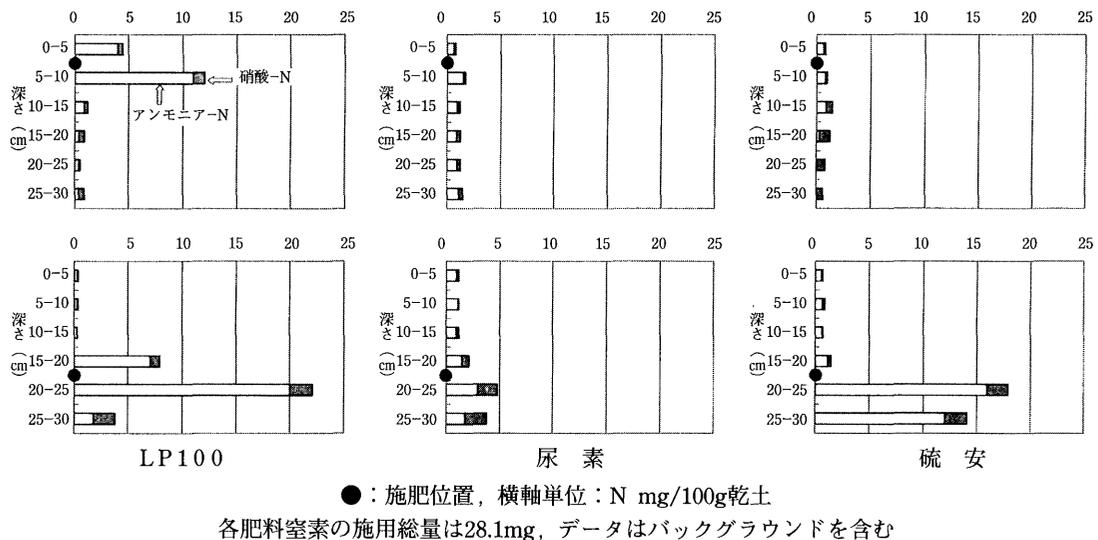
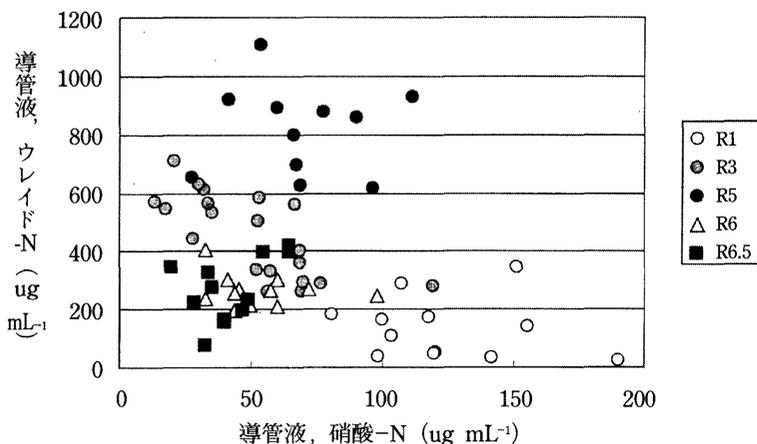


図 4. 導管液中のウレイド-Nと硝酸-Nの関係



1994年基肥N増施試験, ウレイド-Nは窒素固定由来, 硝酸-N無機態窒素吸収を反映する。

ではLPコート100の他に石灰窒素の下層施肥を実施し、石灰窒素においても高い増収効果を確認している⁶⁾。LPコート100と石灰窒素が必ずしも同等の肥効パターンとは思えないが、下層20cmという施肥位置が多少の肥効パターンの違いをマスクした結果と推定される。

この10年来、従来型つまりリニア型溶出の被覆尿素に加えてシグモイド型溶出パターンを示す被覆尿素が開発されてきた。図 4 は1994年に基肥窒素を増施した試験において生育ステージ毎に導管の硝酸態窒素と根粒由来である

ウレイド態窒素の関係を示したものである。開花期から最繁期では硝酸態窒素が多くなるとウレイド態窒素が少なくなる傾向が明確であるが、子実肥大期以降ではその関係が不明となる。このことは根粒の硝酸感受性は見かけ上、生育ステージで異なることを意味する。果たして根粒自体の硝酸感受性がステージで変化するかは不明であるが、最繁期以降の根粒活性が衰退する時期に一定量の肥料窒素の供給は光合成産物の根粒への供給増大で根粒活性の持続に効果があると考えられる。更に、近年は30%の転作率であり3年に1回の畑作は永遠の命をもつという水田土壌の地力窒素の疲弊を招いている。このために子実の小粒化や収量性の低下も懸念されている。根粒の硝酸感受性低下となる最繁期以降に溶出が開始されるシグモイド型被覆尿素を施用すると根粒着生部位でも窒素固定と両立する施肥効果が期待できる。この知見は愛知農総試の他、北陸の各県でも確認されている。どのタイプが効果が高いかを当研究所の圃場の平均地温で推定したところ基肥ではLPS120、7月上旬の培土期追肥ではLPS60がマッチすると判定され、Hara⁷⁾の提案するリチャーズ式の予測でもこの推定と合致した結果であった(図5)。これらの肥料は根粒の硝酸感受性が高い時期には溶出が抑制されるために根粒活性は対照と同程度であったが、生育後半は

明らかに葉色が維持され、後半の肥料窒素吸収で生育形質が改善されて増収した(表2)。ただし、肥料窒素の利用率は30%に留まり、施肥部位が作土内であったことで硝酸化成を受けて溶脱する窒素は多かったと思われる。

表2. シグモイド型被覆尿素の収量・品質に与える効果

	収量 (g/m ²)	百粒重 (g)	粗蛋白質 (%)	遊離全糖 (%)
慣行	439±16	37.1±1.1	43.1±1.2	9.12±0.22
LPS120基肥	483±15	35.8±1.5	43.5±0.7	9.39±0.34
LPS60追肥	521±37	36.8±0.6	43.3±0.2	9.32±0.34

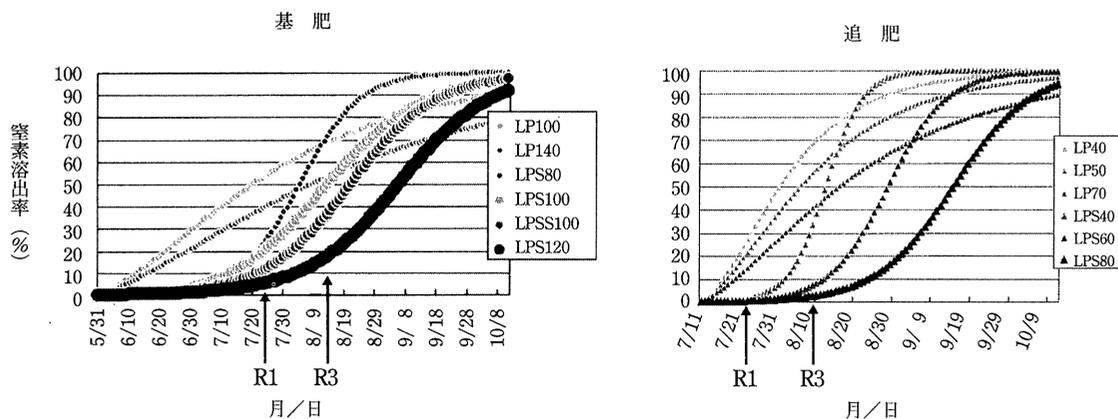
現地慣行	370±8	33.1±1.2	41.8±1.4	7.97±0.04
現地LPS60の追肥	449±1	33.2±0.3	44.9±0.3	7.67±0.27

2001年新潟農総研圃場，現地圃場は南蒲原郡栄町
LPS120基肥はN6kg/10a，LPS60追肥はN6（現地は8）kg/10a施用

6. さいごに

根粒活性との共存を考えるなら緩効性肥料の下層施肥は大豆の施肥法として理論的にも最良であると思われる。研究を重ねるにつれて、肥料窒素の吸収分の理論的増収を上回る効果が認められてきた。つまり、施肥窒素の供給時期や位置によって根粒活性を持続させ得る可能性があり、より少量の施肥で最大の増収効果をねらうことが可能となる。販売価格の不高くない大豆にかなり高価な緩効性肥料を施用する実用面を考えれば、より少量で効果の高い施肥方法を真摯に取り組む必要がある。全農にいがたでは上述の研究結果を基に大豆

図5. 各種被覆尿素の窒素溶出パターン (2001年新潟農総研圃場)



施肥位置の地温測定値をHara (2000) の提案式に当てはめてシミュレートした
追肥は7月11日に実施した
R1: 開花始, R3: 最繁期

用肥料としてLPS120配合の新肥料を発売している。今後はより安価な供給と確実な効果を目し、更なる改良に取り組みたい。

引用文献

1. 高橋能彦：大豆に対するLPコートの下層施肥技術，農業と科学，9，10-13（1992）
2. Herridge, D, F.: Methods for evaluating nitrogen fixation by nodulated legumes in the field. Australian Center for International Agricultural Research, Canberra, 22-46（1989）
3. 植物栄養実験法編集委員会編：植物栄養実験法，p177-188，博友社，東京（1990）
4. Sato, T., Yashima, H., Ohtake, N., Sueyoshi, K., Akao, S., Harper, J. E. and Ohyama, T.: Determination of leghemoglobin components and xylem sap composition by capillary electrophoresis in hypernodulation soybean mutants cultivated in the field, Soil Sci. Plant Nutr., 44, 635-646（1998）
5. 高橋能彦・池主俊昭・大山卓爾：ルビジウム／カリウム比法および相対ウレイド法による1993年の冷害年におけるダイズの生育と窒素栄養の特徴，土肥誌，66，127-132（1995）
6. Tewari Kaushal・皆川律子・菅沼丈人・藤掛浩行・大竹憲邦・末吉邦・高橋能彦・土田徹・大山卓爾：窒素深層施肥と根粒菌接種が客土造成転換畑初作ダイズに及ぼす影響，土肥誌，74，183-189（2003）
7. Hara, Y.: Estimation of nitrogen release from coated urea using the Richards function and investigation of the release parameters using simulation models, Soil sci. plant Nutr., 46, 693-702（2000）

肥料と切手よもやま話 (11)

越 野 正 義



棚田の保全と肥料

棚田と侵食防止の切手を紹介する。棚田の切手（キューバ）では水を貯める機能がよく分かる。南アフリカ・トランスカイの切手2枚は棚田ではないが、草地の侵食を小さなダムを作って防ぐ技術を紹介している。

水田の洪水防止、貯水機能が大きいことはよく知られており、日本の水田では、現在でも稲作期間だけで36億トン、さらに基盤整備を進めると51億トンの貯水能力がある。この量は黒部ダム30個分、金額に換算すると水田10アール当たり20万円にも相当する。

棚田については土砂流出防止効果を砂防ダム建設費と比較した試算がある。これによると棚田がなければ、25t/haの土砂が流出し、全国でこの土砂流出を防ぐ砂防ダムを作る建設費は370億円になる。棚田の管理を放置して土砂崩壊になっている例も実際にみられている。

棚田は多様な生物相を維持し、景観的にも優れており、農村の原風景、心のふるさととして守りつづきたいという声強い。毎年、棚田サミットが開かれており、今年（平成15年）には岐阜県恵那市で第14回が開かれることになっている。

棚田は小さくて機械化が困難であり、生産性からみれば問題がある。石垣の維持にも労力・資金が必要である。せめて肥料の面で、被覆肥料の育苗箱施肥などの省力技術が役にたてばと考えている。

（財 日本肥糧検定協会 参与）