ミニレビュー

圃場栽培ダイズの根粒および根活性の
新しい評価法

高橋能彦

ダイズは良質で豊富な蛋白質を含有し、古来から重要な作物であった。ダイズは土壤微生物である根粒菌との共生器官である根粒で窒素固定をするために痩せ地でも栽培できる。大量の窒素施肥は根粒活性を阻害し、収量はむしろ低下することが多い。施肥法によってダイズの安定多収を得る技術はいまだに一般化されていないのが現状である。

著者らは1989年から、緩効性肥料である被覆尿素を土壤の深層に施用することで根粒活性を阻害することなく、大量の肥料窒素を効率よく吸収させ、安定多収を得ようと試み、一定の成果を上げてきた¹⁾。本文ではこの試験で実施した肥料の吸収利用率、根活性および根粒の窒素固定能等の評価手法を概説し、深層施肥の効果を論じる。

施肥した肥料成分、特に窒素が実際にどのような作物に吸収されるかは施肥の効果を解析する上で最も重要な点である。本試験は実際の圃場で実施しているので作物は土壤由来の窒素も吸収する。したがって、肥料窒素と土壤窒素を区別する必要がある。近年、この窒素吸収の解析手法として窒素の安定同位体である¹⁵Nを利用することが熊澤らの開発した発光分光分析装置等を利用することで容易になっている。本試験でも¹⁵Nで標識した硫酸アンモニウムと被覆尿素を利用して施肥した窒素の吸収利用率を追跡した。作業としては一般のダイズ根によって標識窒素が横取りされないように圃場の一角に2 m×75 cm×深さ30 cmの無底木枠を埋設して¹⁵N試験区とした。その結果、1989、1990両年とも深層施肥した方が土壤表層に追肥した場合より約2倍利用率が高くなった(表1)。50–60%の基肥利用率は一般の基肥窒素の利用率と比べてきわめて高い値である。深層施用した肥料の利用率が高くなる原因はその後の検討により、深層土の硝酸化能が低く、深層で溶出した尿素は土壤酵素であるウレアーゼでアンモニ

アにはなるものの硝酸化能を受けずにアンモニアの形態で土壤に集積し、根圏外に移動しないためと確認された²⁾。一方で土壤表層に施用された場合は速やかに硝酸となり、根圏外に溶脱した。

肥料利用率は肥料の土壤中での動態の他、作物の養分吸収能との関係でも論じられよう。根系の養水分吸収活性を評価することは重要なポイントの一つである。従来、植物栄養では根活性調査のためのトレーサ試験として主に放射性アイソトープが利用されてきた。近年では植物に吸収させたEuを放射化分析して根活性を測定するEuのトレーサキットも市販されている³⁾。しかし、圃場試験で放射性物質を使用するには制限があり、放射化分析も実験用原子炉を利用することから一般的ではない。最近、植物栄養的にKの類似物質であるRbをトレーサ元素として放射化分析によらず、単に施用量に対する吸収量で根系の分布や活性を評価する手法が紹介されている⁴⁾。本手法は分析も簡便であり、本試験ではこのRbトレーサ法を適用して深層施肥ダイズの根活性を調査した。具体的には塩化Rb水溶液を最繁期頃の株元に施用深さを変えて注入し、3週後に地上部を採取して含有Rb量を分析した。その結果、深層施肥したダイズ根は25 cmの深層での根活性が高いことが確認できた。これは被覆尿素的な施肥部位の根系が溶出した肥料窒素に反応してその生育伸長を促され、深層根の分布や活性が向上した結果である。植物側の反応も深層施肥した肥料の利用率が高くなった要因であった。

ダイズは窒素固定植物であり、その生育や栄養状態を解析するために固定窒素量を評価することはきわめて重要である。窒素固定の解析手

表1 施肥窒素の吸収量および利用率

試験年度	処理区	吸収窒素 (g m ⁻²)	利用率 (%)
1989	対照慣行	0.15	9.4
	深層施肥	4.75	47.5
	表層追肥	2.56	25.6
1990	対照慣行	0.15	9.2
	深層施肥	6.24	62.4
	表層追肥	3.26	32.6

注：施肥窒素量は対照慣行区(硫酸N 16 kg ha⁻¹)、深層施肥区(被覆尿素N 100 kg ha⁻¹)、表層追肥区(被覆尿素N 100 kg ha⁻¹)

表 2 単純相対ウレイド法による窒素固定見積量 (1990年)

播種後 日 数	吸収窒素量(g m ⁻²)			導管液相対ウレイド 態窒素割合 (%)			窒素固定量(g m ⁻²)		
	対照	深層	追肥	対照	深層	追肥	対照	深層	追肥
0-34	1.87	2.39	1.80	64.6	58.9	65.8	1.21	1.41	1.18
34-44	1.10	2.51	1.72	75.8	68.6	76.3	0.83	1.72	1.31
44-60	5.63	5.78	5.50	88.1	75.9	84.6	4.96	4.39	4.65
60-74	6.69	8.27	8.26	86.6	73.9	75.2	5.79	6.11	6.21
74-116	17.75	20.39	19.05	66.1	56.8	53.1	11.73	11.58	10.12
積算	33.04	39.34	36.33				24.52	25.21	23.47

注：窒素固定量はそれぞれの期間の吸収窒素量にその期間の平均ウレイド割合を乗じて求めた。

法としては、アセチレン還元法や¹⁵N希釈法等が用いられてきた。また、空中窒素と土壌窒素における $\delta^{15}\text{N}$ の違いを利用した¹⁵N自然存在比法で根粒の固定窒素量を推定する手法も利用されてきている⁵⁾。しかし、アセチレン還元法で見積もった固定窒素量は、¹⁵N希釈法の36%であったという報告⁶⁾があり、この原因は根の回収が不十分であったためと考えられている。さらにこれらの手法を圃場試験に導入することは、非常な労力と設備あるいは精密な分析機器を必要とするなど問題点も多い。

Herridgeらはダイズ導管液中の窒素成分を分析し、その中に占める相対的なウレイド態窒素含有割合から根粒活性を評価する手法を開発した⁷⁾。本試験でも、この「相対ウレイド法」やさらに発展させて圃場試験でダイズの固定窒素量を簡易に評価できる「単純相対ウレイド法」を開発し深層施肥の効果の解析に適用した⁸⁾。ウレイド法は、主要な生育時期に主茎の子葉節付近を切断し、切断面から溢泌する導管液を採取・分析する。分析は導管液に含まれる硝酸態窒素、アミノ酸(含むアמיד)態窒素、ウレイド態(アラントインおよびアラントイン酸)窒素である。相対ウレイド態窒素は次式で求められる。

相対ウレイドN(%)

$$= \frac{\text{ウレイドN}}{\text{ウレイドN} + \text{アミノ酸N} + \text{硝酸N}} \times 100$$

根粒で固定された窒素は見かけ上、ほぼ全量がウレイド態窒素として導管液に検出されることから、この相対ウレイドN割合を単純に導管液採取時点での窒素固定割合と推定できる。単純相対ウレイド法は各時期でのダイズ吸収窒素量にその期間での平均相対ウレイドN割合を乗じることでその間の固定窒素量を評価する

手法である。本試験で見積もった窒素固定量を表2に示す。深層施肥の窒素集積量は生育期間を通して高く、窒素固定量も対照区と同様であり、窒素固定の障害がなかったことを示している。一方で追肥は固定量が減少し、緩効性肥料でも土壌表層に施用した場合は窒素固定の障害が生じた。

以上のように、深層施肥は高い肥料利用率と高い根活性、旺盛な窒素固定で慣行栽培に比べて10-23%増収することができた。

Key Words: soybean, ureide, coated urea fertilizer, nitrogen-15, deep placement

文 献

- 1) 高橋能彦：土肥誌, **66**, 277-285 (1995)
- 2) 高橋能彦, 池主俊昭, 中野富夫, 大山卓爾：同上, **64**, 338-340 (1993)
- 3) 二見敬三：“植物栄養実験法”, pp. 54-59, 博友社, 東京 (1990)
- 4) Hargrove, W. L.: *Agron. J.*, **77**, 763-768 (1985)
- 5) 米山忠克：土肥誌, **58**, 252-268 (1987)
- 6) Patterson, T. G. and LaRue, T. A.: *Crop Sci.*, **23**, 488-492 (1983)
- 7) Herridge, D. F.: “Methods for Evaluating Nitrogen Fixation by Nodulated Legumes in the Field”, pp. 22-46, Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra (1991)
- 8) Takahashi, Y., Chinushi, T. et al.: *Bull. Facul. Agric. Niigata Univ.*, **45**, 91-105 (1993)
(新潟県農業試験場)