

施設ホウレンソウの合理的施肥方法

テープ封入肥料を用いたホウレンソウの効率的施肥法

富山県農業技術センター

野菜花き試験場

野菜課長 松 本 美枝子

1. はじめに

ホウレンソウの窒素吸収量は、収量を 2t/10a とした場合、10kg/10a 前後である。

窒素施肥法は、速効性肥料を用い、全量を基肥として全層に施肥する方法が一般的である。また、施肥量は産地によって異なるが、作付け回数 6～8回/年であることから、年間施肥量は極めて多いと言える。さらに、土壤の物理性を改善することを目的に多量に施用されている有機物からも窒素が供給される。そのため、施設土壤の EC は 1mS/cm 以上と高い場合が多く、濃度障害が懸念された。

そこで、ホウレンソウにおける、窒素の効率的供給方法について平成8年から品種「アクティブ」を用いて検討した。その結果、シートテープ（加工 日本プラントシーダー K. K.）の種子と種子の間に被覆尿素（LP30）を封入し、土壤中に埋設することによって、

窒素施肥量が著しく削減され、土壤の EC が低下することが明らかとなったので報告する。

2. ホウレンソウの効率的窒素施肥法

本県では、地力窒素供給量の違いにより窒素施肥量は異なるが、無窒素区との差し引き方により算出した施肥由来窒素吸収量は 0.5～1.8g/m² と少なく、施肥窒素利用率は15%と極めて低かった（表1）。このことは、施肥窒素の85%程度が利用されていないことを示している。

窒素を効率よく施用するには、ホウレンソウが要求する時期に必要な量を供給すればよい。そこ

表1 ホウレンソウ産地における窒素施肥量と窒素利用率（1997, May）

	土壤中の 全窒素含量 (%)	窒素 施肥量 (g/m ²)	収量 (生育日数) (kg/m ²)	窒素 吸収量 (g/m ²)	肥料由来 窒素吸収量 (g/m ²)	施肥窒素 利用率 (%)
産地A(*)	0.37	3.6	2.40(28)	9.80	0.50	14
産地B(**)	0.20	12	2.84(32)	12.10	1.80	15
野菜花き試	0.09	12	1.90(31)	6.17	1.78	15

窒素吸収量：ケルダール窒素+硝酸態窒素

*：牛フン堆肥1t/a施用 **：乾燥ケイフン30kg/a施用

肥料由来窒素及び窒素利用率は無窒素区との差引により算出

本 号 の 内 容

§ 施設ホウレンソウの合理的施肥方法……………	1
テープ封入肥料を用いたホウレンソウの効率的施肥法	

富山県農業技術センター 野菜花き試験場

野菜課長 松 本 美枝子

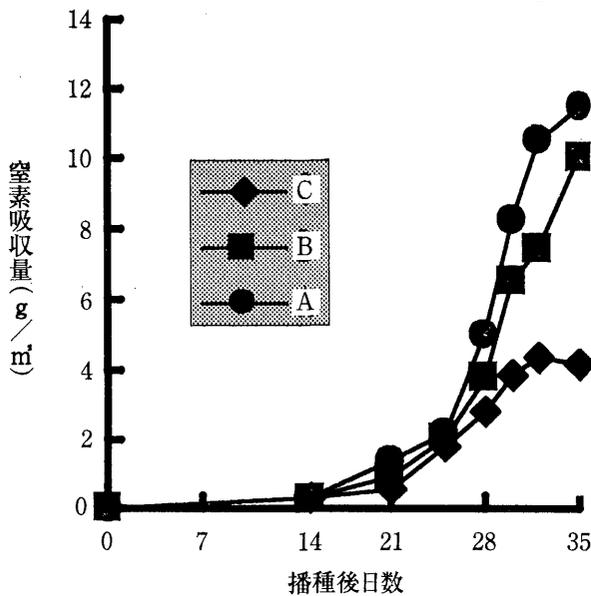
§ 肥効調節型肥料を使った乳苗栽培……………	7
------------------------	---

J A 宮城経済連 米穀部 生産対策課

白 石 康 裕

で、ハウレンソウを窒素供給量の異なる土壌で生育させ、窒素吸収特性を調査した。ハウレンソウは、ほぼ30日間（積算温度 750℃）で収穫可能になり（収量は 2 kg/m² 程度）、窒素吸収量は 10～11 g/m² 程度であった（無処理区では生育が停止し収穫に至らなかった）。時期別窒素吸収量は、生育前半で少なく、窒素供給量の違いによる差異は認められなかったが、生育後半で増加し、窒素供給量の違いによる差異が明らかとなった（図 1）。したがって、施肥効率の高い窒素肥料として、収穫時ではほぼ肥効がなくなることで、前半の肥効が小さく、後半での肥効が大きいことが必要と考えられた。

図 1 ハウレンソウの窒素吸収特性 (1997, Sept.)



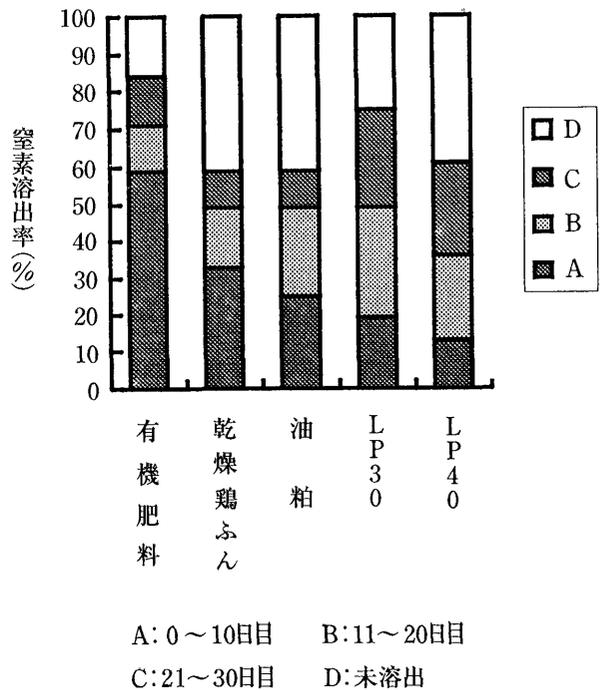
A:牛糞連用区、土壌中T-N 0.17%
 B:乾燥鶏ふん連用区、土壌中T-N 0.13%
 C:無処理区、土壌中T-N 0.09%

表 2 LP 30 の施用がハウレンソウの窒素吸収量に及ぼす影響

	無窒素	尿素			LP30				
		15kg	12kg	9kg	15kg	12kg	9kg	6kg	
収 量	g/m ²	1450	1686	1747	1673	1776	2117	1878	1816
窒素吸収量	g/m ²	5.86	7.20	7.13	6.62	7.95	8.83	7.93	7.61
肥料由来窒素	g/m ²	-	1.34	1.27	0.76	2.09	2.97	2.07	1.78
施肥窒素利用率	%	-	9	11	8	16	29	26	34

播種：7月20日 収穫：8月20日 LP30溶出率：85%
 施肥窒素利用率：無窒素区との差引き法により算出

図 2 各種窒素肥料の圃場における 時期別溶出率 (1996, Sept.)



そこで、上記の条件にあった窒素源を検索するため、数種の窒素肥料の埋め込み調査を行った。その結果、十分とは言えないが、現状では被覆尿素 (LP 30) の条件達成度が最も高いと判断した (図 2)。

そこで、全層施用法により、速効性窒素肥料 (尿素) と LP 30 がハウレンソウの収量及び施肥窒素利用率に及ぼす影響を検討した。その結果、LP 30区で明らかに収量が増加し、施肥窒素利用率も尿素で 11% であったのに対し、LP 30 では 29% と高かった (窒素 12g/m² 施用、表 2)。このことは、ハウレンソウの窒素吸収パターンに肥

効パターンを合わせることによって施肥量の削減が図られることを示している。しかし、利用率が 29% ということは、2.9 g/m² の窒素をハウレンソウに吸収させるのに 10 g/m² の窒素を施用する必要があることであり、さらに改善の余地があると考えられた。

写真 1 ホウレンソウにおけるテープ封入肥料の使用出芽時



写真 2 ホウレンソウにおけるテープ封入肥料の使用収穫時



表 3 LP 30 の局所施肥がホウレンソウの収量および窒素吸収に及ぼす影響

作型	窒素施肥法	窒素施用量 kg/10a(溶出量)	発芽率 %	収量 g/m ²	窒素吸収量 g/m ²	施肥由来窒素吸収量	施肥窒素利用率%
春作	無窒素	0	88	1352	4.39		
	LP30テープ	2.7 (2.0)	84	1876	5.86	1.47	74
	LP30テープ	4.5 (3.3)	83	2056	6.68	2.29	69
	LP30テープ	6.3 (4.7)	65	1508	5.14	0.75	16
夏作	LP30全層	12.0 (8.9)	84	1908	6.17	1.78	20
	無窒素	0	90	1790	6.44		
	LP30テープ	0.9 (0.8)	90	1920	7.29	0.85	108
	LP30テープ	2.7 (2.4)	81	2132	8.88	2.44	104
	LP30テープ	4.5 (3.9)	71	1984	8.79	2.35	60
秋作	LP30テープ	6.3 (5.5)	40	1620	8.77	2.33	43
	LP30全層	12.0 (10.4)	81	2032	9.43	2.99	29
	無窒素	0	91	1357	4.78		
	LP30テープ	2.7 (2.1)	86	1812	6.33	1.92	91
秋作	LP30テープ	4.5 (3.5)	87	1839	7.43	3.02	86
	LP30テープ	6.3 (4.9)	72	1763	7.15	2.74	56
	LP30全層	12.0 (9.4)	88	1584	6.69	2.28	24

生育期間中のLP30溶出率:春作・74%、夏作・87%、秋作・78%
 試験圃場の土壌管理状態:有機物は無施用、冬期間ハウスビニールを除去
 利用率は無窒素との差し引き法により算出
 各項目の最高値を直線で囲んだ。

そこで、全層施肥ではなく、根が吸収しやすい位置に肥料を施用する「局所施肥」によって施肥窒素利用率の向上を図ろうとした。ホウレンソウでは、水溶性テープに種子を封入したシードテ

表 4 LP 30 の粒重量の分布

mg/粒	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32
分布割合	4.4	24.8	27.5	18.5	10.0	7.9	3.3	1.9	0.8	0.9	0.2

粒当たり重量:例12mgは10~12mgの略
 1粒平均重量:16.2mg

プを用いた播種方法が浸透している。これは、水溶性テープに5~7cm間隔で種子を封入し、そのテープをシーダーマシンによって土壤中に埋設して行くものである。そこで、この水溶性テープにLP30を封入し、シーダーマシンによって、種子テープと同位置に同時に埋設する方法を当該圃場で検討した。その結果、全層施肥では12g/m²程度の施用が必要であったのに対し、テープ封入肥料を用いた局所施肥では春及び秋作で4.5g/m²を、夏作では2.7g/m²を施用した区の生育が最も良好であった(表3)。この場合のホウレンソウの施肥由来窒素吸収量

表 5 テープ封入肥料(LP30)の施用量換算方法

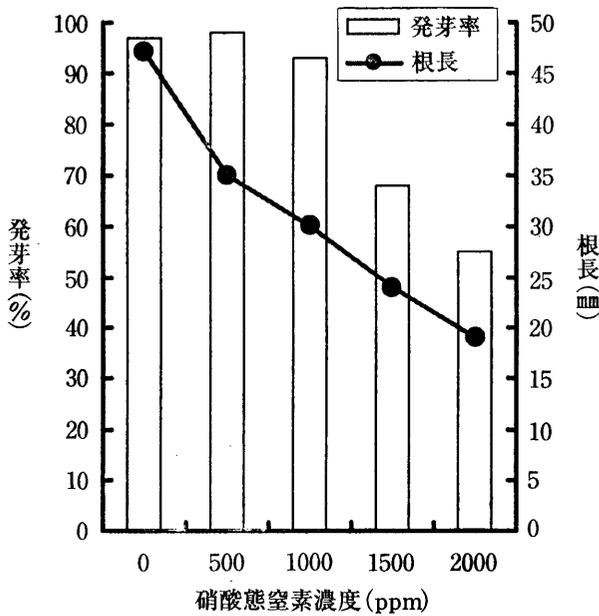
	粒/5cm	粒/m	7m(1m ²) 当たり重量	7m(1m ²) 当たり窒素含量
LP30	1	20	2.26g	0.9g
	3	60	6.80	2.7
	5	100	11.34	4.5
	7	140	15.88	6.4

1m²当たりテープ封入肥料使用長:7m(7条植え)

は 2.3~3.0 g で、施肥窒素利用率は 69~104% と著しく向上した。このことから、ハウレンソウでは、LP30を局所施肥することによって窒素施肥量の大幅な削減が可能であると考えられた。なお、LP30の窒素利用率は、生育期間中の溶出量(74~84%)について示した。

また表4、5にテープ封入肥料(LP30)の施用量設定方法を示した。

図3 硝酸態窒素濃度がハウレンソウの発芽率及び根の伸長に及ぼす影響



注) 種子を各濃度溶液に2時間浸漬した後、発芽試験を行った。

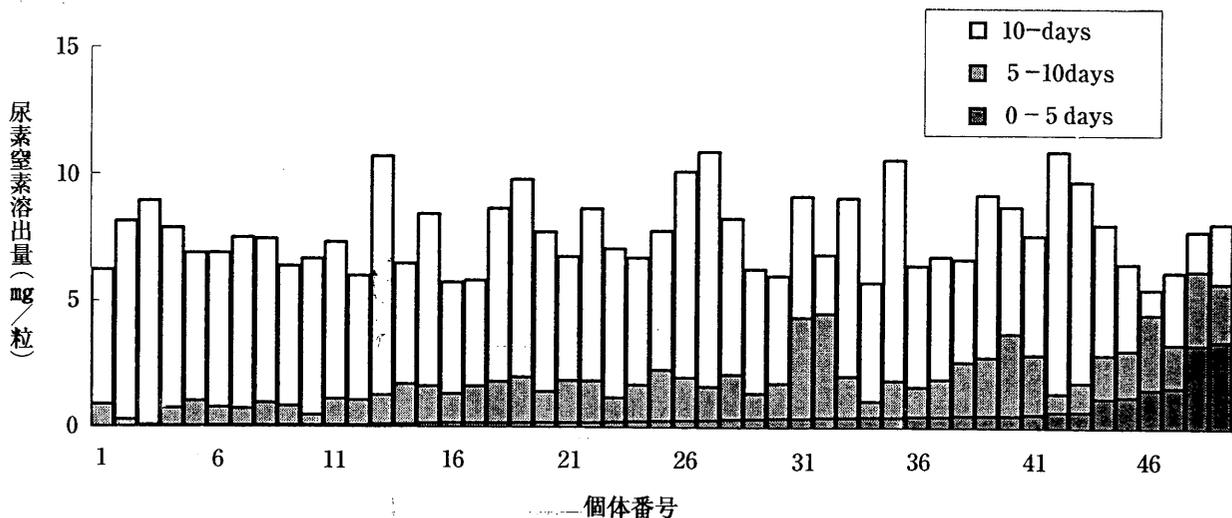
3. 局所施肥による発芽率確保

しかし、上記の局所施肥を行った場合、施肥量の増加にともない発芽率が低下した(表3)。その原因が、病害発生によるものか、濃度障害によるものかを明らかにするため、硝酸態窒素濃度と発芽の関係を検討した。発芽率の低下は、実際栽培では、発芽揃い期(播種後5日目)で明らかになる。そこで、25℃(ハウレンソウ夏作の平均地温)で5日間インキュベーションした後の発芽率及び根長を濃度障害発生の判断基準とした。その結果、濃度が高くなるにしたがい発芽率が低下し、根長も短くなり、500 ppmでも発芽率の低下は認められないものの根の伸長は明らかに抑制され(図3)、初期生育に影響すると考えられた。

種子封入テープと肥料封入テープを同位置に埋設する場合、1粒の種子と1粒のLP30が接触する可能性が高いので、「LP30」1粒毎の溶出量を25℃下で調査した。その結果、各粒の溶出は一定ではなく、処理後5日目で49粒中1mg以上の窒素溶出が認められたのは6粒であり、内2粒は2mg以上溶出した。この溶出量は、1mlの土壤水分に溶解した場合、それぞれ1,000及び2,000 ppmとなる(図4)。

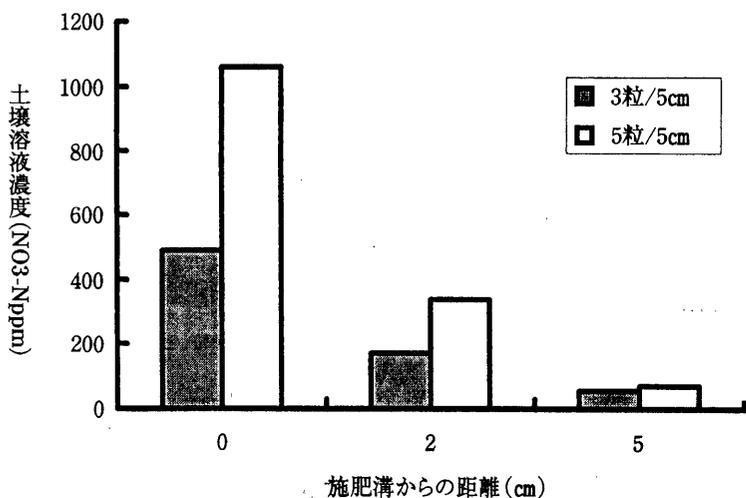
ただし、この試験は、LP30を水中でインキュベーションしたもので、溶出した尿素態窒素の濃度障害は硝酸態窒素ほど顕著ではない(データ省略)。そこで、LP30から溶出した尿素態窒素が

図4 LP30の個体(粒)別時期別溶出量



注) 供試LP30市販品の粒当たり平均溶出量: 5日目 -0.5mg, 10日目 -1.51mg, 全量 -5.71mg

図 5 施肥溝からの距離の違いによる土壤溶液の差異



注) 採取液量: 1 ml/1 cm

土壤中でどのような形態に変化し、どの程度拡散しているかを調査した。方法は、30×25×9 cm のコンテナに、施設土壌を5l入れ、深さ 2 cm の溝に LP30 を配列した。さらに、肥料溝の直上と 2 cm 及び 5 cm 離れた位置に長さ 10 cm、直径 3 mm のポーラスカップを埋設し、十分量灌水した後 25℃ で5日間インキュベートした。処理後に採血管で 10 ml/10 cm の土壤溶液を採取し、尿素

態及び硝酸態窒素濃度を測定した。その結果、LP30の直上からは高い濃度の硝酸態窒素 (800~1500 ppm) が検出され、施用量が多い方が濃度は高かった。しかし、肥料から 2 cm 離れるとその濃度は1/3程度となり、さらに、5 cm 離れると肥料の影響がほとんど認められなかった (図 5)。なお、全ての土壤溶液で尿素態窒素は検出されなかった。

以上のことから、LP30から溶出した尿素態窒素は土壤中で速やかに硝酸態窒素に変化し、ほとんど拡散せず、肥料周辺に分布していると推察された。したがって、種子とLP30が接触し

表 7 試験圃場の土壤化学性

腐植 (%)	T-N (%)	CEC (me/100g)	CaO (mg/100g)	MgO (mg/100g)	K ₂ O (mg/100g)	P ₂ O ₅ (mg/100g)
a	6.35	0.41	27.8	897	450	269
b	2.29	0.21	12.3	1090	65	172

一回目の栽培直前に土壌を採取し調査した。

表 6 施肥位置及び方法がハウレンソウの発芽に及ぼす影響 (1997, Aug)

施肥量	LP30封入量	種子とLP30の位置	発芽率 (%)
0	0	● ———— ● ← 5cm →	88~91
2.7 g/m ²	3粒/5cm	● ———— ● ○ ———— ○	81
		● ———— ● ○ ———— ○ ↓ 2cm	89
		● ———— ● ○ ———— ○ ← 2cm → ← 2cm →	90
		● ———— ● ○ ———— ○ ↓ 2cm	89
4.5 g/m ²	5粒/5cm	● ———— ● × ———— ×	71
		● ———— ● × ———— × ↓ 2cm	89

● 種子
○ LP30

品種: アクティブ

ていた場合、硝酸態窒素による濃度障害 (発芽率の低下及び根の伸長阻害) を受ける可能性は極めて高いと考えられた。

しかし、種子とLP30を 2 cm 程度離して土壌中に埋設することによって濃度障害が軽減できた。すなわち、種子テープと肥料テープ 2 本を同位置に埋設した場合の発芽率が、3 粒/5 cm 区で80%、5 粒/5 cm で70%程度であったのに対し、2本のテープを 2 cm 離して埋設することにより発芽率は90%程度と無窒素とほぼ同程度に回復した。また、3 粒/5 cm の場合、種子と種子の間に肥料を封入することによっても発芽率は確保できた (表 6)。

4. 現地におけるテープ封入肥料の利用

本県の施設ハウレンソウ産地の

表 8 テープ封入肥料の施用がホウレンソウの発芽率、収量及び栽培後の土壌 EC に及ぼす影響

	春作(1)			春作(2)			夏作			秋作		
	発芽率 (%)	収量 (g/m ²)	EC (ms)	発芽率 (%)	収量 (g/m ²)	EC (ms)	発芽率 (%)	収量 (g/m ²)	EC (ms)	発芽率 (%)	収量 (g/m ²)	EC (ms)
a テープ慣行				95	2400	0.78	91	3890	1.10			
				89	2110	1.38	83	2900	1.52			
b テープ慣行	88	3480	0.45	84	1830	0.47	88	2780	0.47	90	2390	0.46
	71	1660	1.63	70	1690	1.36	77	2390	1.40	83	2000	1.44

テープ：各作型毎にテープ封入肥料(LP30)を施用
(a：0.9Ng/m²施用、b：2.7Ng/m²施用)
慣行：各作型毎に三要素を含む化学肥料を施用
(a：3.6Ng/m²施用、b：12Ng/m²施用)
ECは栽培後の作土について測定した。

a・b 2つの施設で、テープ封入肥料の実用性を検討した。各施設の土壌化学性については表7に示したとおり各種肥料成分が過剰に蓄積しており、土壌由来の窒素供給量も多かった。

aでの窒素施肥量は慣行が3.6g/m²であったのに対し、テープ封入肥料では0.9g/m²で、bでは慣行が12g/m²であったのに対しテープ封入肥料では2.7g/m²で生育が最も良好であり、全ての作型で収量及び窒素吸収量は増加した。また、土壌のECも低下し(表8)、収穫時において養分の欠乏及び形態の異常は認められなかった。

以上の結果から、本窒素施肥法は、施設ホウレンソウ産地においても十分に実用性があり、施肥窒素利用率が向上することから、土壌中に残存する量も少ないことが確かめられた。また、土壌中に過剰に蓄積しているリン酸やカリを施用しないですむこともメリットと言えた。

5. まとめ

以上の試験から、ホウレンソウの窒素施肥量は、窒素吸収パターンに近い溶出を示す肥料を水溶性テープに封入し、種子と同時に土壌に埋設する(局所施肥)ことによって著しい削減が可能であることが明らかになった。

現状でホウレンソウの窒素吸収パターンに最も近い溶出を示す肥料は、被覆尿素の30日タイプ(LP30)で、慣行窒素施用量のほぼ1/3程度まで減らすことができると考えられた。しかし、LP30は、収穫時期までに完全に溶出しないこと(15~25%が未溶出)、施肥直後から窒素が溶出するため生育前半の供給窒素が無駄であるだけでなく、硝酸態窒素濃度の上昇による発芽障害を受けやすい欠点を持っていた(濃度障害は、種子と肥料を2cm程度離すことで回避できる)。

今後、窒素の溶出が、生育前半(積算温度300°C)で完全に抑制され、後半で溶出し、収穫時(積算温度750°C)でほぼ完了する肥料(20~25日程度のシグモイドタイプの肥料)ができれば、ホウレンソウをはじめとする軟弱野菜での施肥窒素利用率がさらに向上し、発芽時の濃度障害が回避され、土壌中に残存する窒素分も少なくなることから、生産は極めて安定すると考えられた。

なお、本試験は地域重要新技術開発事業の一部として行ったものであり、各種肥料提供についてはチッソ旭の、テープ封入肥料の作成に当たっては日本プラントシーダーK.K.の協力を得た。