

# 肥効調節型肥料による促成エンドウの施肥改善に関する研究

森下 年起・藪野佳寿郎<sup>1</sup>

和歌山県農林水産総合技術センター 農業試験場

Studies on Fertilization Improvement of Pea(*Pisum Sativum* L.)  
by Controlled Release Fertilizer in Forcing Culture

Toshiki Morishita and Kazuo Yabuno

Agricultural Experiment Station  
Wakayama Research Center of Agriculture, Forestry and Fisheries

## 緒 言

和歌山県の特産野菜であるエンドウ類は、連作障害のみられる代表的な品目である。県内の産地は、その多くが海岸地帯に位置するため、経営面積の制約から連作地がほとんどである。小野ら(1973)は、連作地域の実態調査を行い、連作障害の軽減対策として、窒素の多肥、土壌消毒、堆肥施用が行われていることを報告している。また、平田ら(1983)も、エンドウ露地栽培において、窒素増肥が連作障害軽減に有効であり、窒素施肥量は30~40kg/10aが適当としている。しかし、前原(2001)が、ハウス栽培で指摘しているように、過剰施肥に起因する塩類集積や硝酸性窒素の地下水への流亡が問題視されるようになってきた。これらのことから、促成エンドウのハウス栽培においても環境保全型施肥技術の確立が必要となっている。

一方で、肥効調節型肥料として被覆肥料が開発され、水稻では、利用率が向上することにより施肥量が削減でき、環境保全型施肥技術として広く普及している(北村, 1995)。近年では、リニア型に加えてシグモイド型の溶出タイプや、様々な溶出日数の肥料が開発されていることから、水稻以外の果樹、野菜についても被覆肥料を用いた施肥量削減技術が検討されている(羽生, 2001; 日置ら, 1996)。そこで、日高地域のエンドウのハウス栽培跡土壌の実態調査を行うとともに、促成実エンドウのハウス栽培において、被覆肥料を利用した全量基肥栽培による施肥量削減技術について検討した。

なお、本試験は、地域基幹農業技術体系化促進研究「中山間地域におけるクリーンエネルギーを利用した野菜の省力安定生産技術」で実施したものである。

## 材料及び方法

### 試験 1. 促成エンドウ栽培ハウスの土壌実態調査

日高郡日高川町、印南町、御坊市、日高町における促成実エンドウ及びサヤエンドウの連作栽培ハウス 87 ほ場の土壌調査を2001年5月に行った。調査土壌は、灰色低地土(善通寺統, 清武統), 黄色土(矢田統), 褐色森林土(貝原統, 石浜統)であった。土壌断面及び理化学性調査を、土壌、水質及び植物体分析法(日本土壌協会, 2001)に準じて行った。また、生育状況について、達観により圃場を「良」、「普通」、「不良」に分類した。

<sup>1</sup>現在：和歌山県環境生活部食品安全企画課

### 試験2. 促成実エンドウにおける被覆複合肥料の施肥量と生育、収量

被覆複合肥料の100日溶出タイプを用いて、第1表に示す施肥設計で試験を行った。試験は、紀北地域に位置する紀の川市の農業試験場内において実施した。基肥は2003年9月15日、慣行区の追肥は10月23日、2004年1月23日、2月26日に行った。品種は‘紀の輝’を用いて、播種を2003年9月17日に行い、収穫期は2004年1月8日～4月22日であった。栽培は、加温ハウス（最低5℃設定）で行った。1区1.2m<sup>2</sup>の木枠栽培で、3反復とした。

第1表 試験区の構成及び処理内容

試験区	基肥N施用量(/10a)	追肥N
①連作慣行	化成12kg	化成18kg
②被覆N25	被覆複合25kg	—
③被覆N20化成N5	被覆複合20kg+化成5kg	—
④被覆N20	被覆複合20kg	—
⑤連作無窒素	—	—
⑥初作慣行	化成5kg	化成5kg
⑦初作無窒素	—	—

注) 被覆複合：100日溶出タイプ、エコロング424

第2表 現地実証における試験区の構成

試験区	肥料の種類、窒素施肥量 /10a
被覆肥料	基肥 エコロング100日タイプ20kg+化成5kg
	追肥 なし
慣行	基肥 有機肥料11.4kg
	追肥 化成肥料24.1kg (12/10、1/15、2/15)

### 試験3. 促成実エンドウにおける被覆肥料を用いた施肥量削減（現地実証）

実エンドウの主産地である紀中地域に位置するみなべ町の促成エンドウ連

作ハウスにおいて第2表に示す施肥設計で試験を行った。基肥は、2004年9月9日（太陽熱消毒後）、慣行区の追肥は、12月10日、1月15日、2月15日に行った。品種は‘きじゅうすい’を用いて、播種を2004年9月23日に行い、収穫期は12月20日～4月25日であった。農試験場内試験と同様に、加温ハウス（最低5℃設定）で栽培した。

## 結 果

### 試験1. 促成エンドウ栽培ハウスの土壌実態調査

促成エンドウの連作地における生育状況別の土壌化学性を第3表に示す。EC、無機態窒素含量は、エンドウ生育の「良」と「不良」において、1%水準で有意差が認められ、生育が「不良」で高くなっていた。NO<sub>3</sub>-Nで最高43.1mg/100gの地点もみられた。pH、有効態リン酸、交換性塩基、T-C、CECは、生育の「良」と「不良」の間に有意差がみられなかった。有効態リン酸は、生育の良、不良にかかわらず平均200mg/100g以上と集積していた。

### 試験2. 促成実エンドウにおける被覆複合肥料の施肥量と生育、収量

収量は、連作慣行区に比べて、被覆N25区、被覆N20化成N5区が同等、被覆N20区が6%少なくなった。連作無窒素区の収量は、連作慣行区の64%であったが、初作無窒素区は連作慣行区と同等であった。連作における窒素含有率は、無窒素区を除き、各区とも茎葉が2.5%前後、さやが3.5%前後と大きな差はなかった。窒素吸収量も、無窒素区を除き、50.1～52.0g/m<sup>2</sup>と大きな差はなかった（第4表）。

### 試験3. 促成実エンドウにおける被覆肥料を用いた施肥量削減（現地実証）

被覆肥料を用いた被覆肥料区の初期生育は慣行区と同等であった（第1図）。また、収穫期の生育も大きな差はみられなかった（第2図）。

第3表 エンドウの生育状況と土壌の化学性

生育状況 (ほ場数)	pH	EC 1:5	無機態Nmg/100g		av-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/100g	交換性塩基mg/100g			T-C %	CEC me/100g	
			NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N		CaO	MgO	K <sub>2</sub> O			
良 (43)	平均	6.76	0.23	0.9	2.5	251	197	51	49	2.04	14.1
	最高	7.83	0.59	13.4	12.8	580	429	112	113	6.38	27.2
	最低	5.27	0.06	0.1	0.0	33	110	18	12	1.14	9.3
普通 (35)	平均	6.81	0.25	0.7	3.6	226	190	53	49	1.83	13.9
	最高	7.47	0.91	2.2	14.2	449	300	89	90	3.19	19.6
	最低	5.86	0.06	0.0	0.0	23	94	15	10	0.78	9.2
不良 (9)	平均	6.44	0.58	5.1	9.2	219	200	57	63	1.68	13.6
	最高	7.27	1.85	29.9	43.1	412	342	108	142	2.65	17.9
	最低	5.50	0.08	0.1	0.7	72	115	21	24	1.12	10.9
「良」と「不良」 間のTテスト		**	**	**							

注) Tテスト: \*\*は1%水準で有意、調査: 2001年5月、日高地域の促成エンドウ栽培ハウス87ほ場

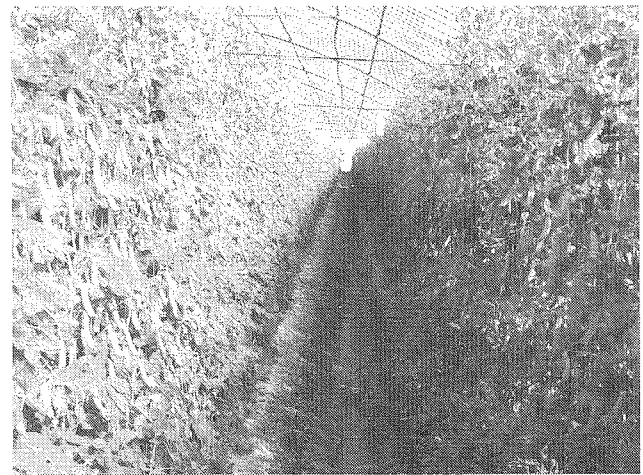
第4表 促成実エンドウ連作栽培における肥料の種類、施用量と収量

試験区	収量		茎葉重 乾物g/m <sup>2</sup>	窒素含有率 %		窒素吸収量 g/m <sup>2</sup>
	kg/m <sup>2</sup>	同左指数*		茎葉	さや	
①連作慣行	4.85	100	0.61	2.58	3.64	50.9
②被覆N25	4.96	102	0.68	2.38	3.63	52.0
③被覆N20化成N5	4.88	101	0.66	2.35	3.57	50.1
④被覆N20	4.54	94	0.67	2.57	3.66	51.2
⑤連作無窒素	3.10	64	0.55	2.09	3.24	31.4
⑥初作慣行	5.05	104	0.87	1.98	3.50	52.5
⑦初作無窒素	4.75	98	0.57	2.12	3.24	42.7

注) 農業試験場内ほ場、品種: 紀の輝、\*: ①連作慣行区を100とした指数、茎葉重、収量、窒素吸収量は木柵面積当たり、播種: 2003年9月17日、収穫: 2004年1月8日~4月22日、茎葉重は収穫終了時に調査



慣行区 被覆肥料区  
第1図 初期生育の状況 (2004年11月9日)



慣行区 被覆肥料区  
第2図 収穫期における生育状況  
(2005年1月13日)

第5表 促成実エンドウ連作栽培における肥料の種類と月別収量・粗収益

月	収量 (kg/10a)		単価 (円/kg)	粗収益 (千円/10a)	
	被覆肥料	慣行		被覆肥料	慣行
12月	75	88	822	61	72
1月	429	428	948	407	405
2月	988	911	975	963	888
3月	868	743	965	837	716
4月	571	789	843	481	665
合計	2,930	2,959		2,749	2,748

注) 試験場所：日高郡みなべ町エンドウ 10年連作ほ場、品種：きしゅううすい、播種：9月23日、収穫：12月20日～4月25日、単価：大阪市場2002～4年の和歌山産平均価格

第6表 肥料の種類と土壤中無機態窒素、窒素含有率、吸収量

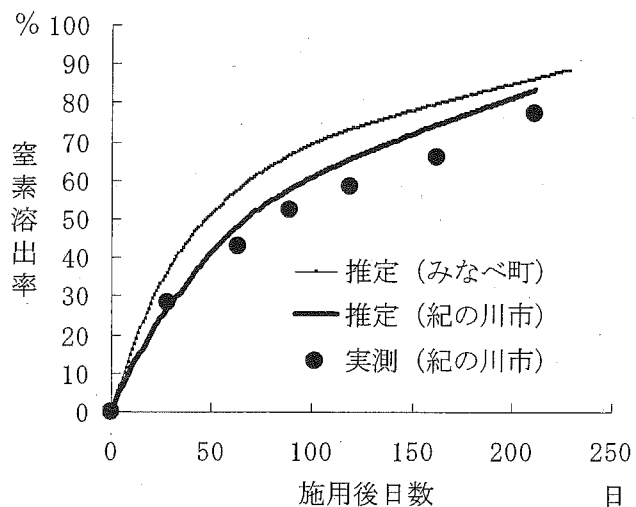
試験区	土壤中無機態窒素 mg/100g							茎葉窒素含有率 %			窒素吸収量 kg/10a	
	試験前	10/1	11/1	12/2	1/13	3/4	4/25	11/9	12/2	4/25		含有率%
被覆肥料	4.6	8.4	9.1	4.8	9.2	1.7	2.8	5.98	5.80	1.46	2.85	30.8
慣行	4.6	6.3	4.9	4.0	5.4	4.5	2.4	5.36	5.31	1.85	2.80	33.2

注) 耕種概要は第5表と同じ、さや窒素含有率1月13日、3月4日の平均値

第7表 被覆肥料の利用と肥料費、労働時間

項目	被覆肥料		慣行モデル
	エコロンG	CDU222	
肥料費 (円/10a)	33,300	5,640	-
	配合特号	-	18,090
	配合1号	-	18,800
	ペレット868	-	3,640
	トミー液肥	-	2,350
合計	38,940	42,880	
労働時間 (時間/10a)	基肥	4	4
	追肥	-	5
合計	4	9	

注) 和歌山県農林水産部農業経営モデル指標より慣行肥料費、労働時間を算出



第3図 促成実エンドウ栽培における被覆肥料の窒素溶出率

注) 紀の川市：2003年9月24日～2004年4月22日、みなべ町：2004年9月9日～2005年4月25日、実測値：エコロンG 100日を地表下10cmに埋設、全農施肥名人により推定

収量について、被覆肥料エコロンG 100日タイプ N20kg/10a と化成 N5kg/10a を基肥全量施肥とした場合、慣行施肥 N35.5kg/10a (基肥+追肥3回) に比べて、2～3月の収量が多く、4月が少なくなった。合計収量、粗収益は、被覆肥料全量基肥が慣行と同等であった(第5表)。

土壤中無機態窒素及び茎葉の窒素含有率は、被覆肥料全量基肥が慣行施肥に比べて、生育前半が高く、生

育後半が低くなった。窒素吸収量は、被覆肥料全量基肥が約 30kg/10a と慣行施肥に比べて 1 割程度少なくなった (第 6 表)。

促成実エンドウ栽培における生育期間中の平均地温の積算値は、みなべ町において 3,460 °C であった。

被覆肥料 100 日タイプの溶出率を推定したところ、収穫終了時において 80 ~ 90% であった (第 3 図)。

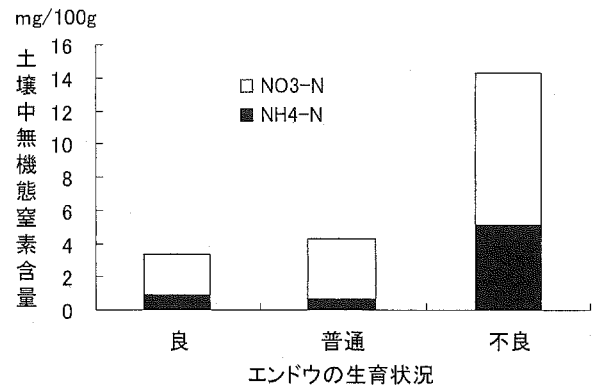
被覆肥料全量基肥の肥料費は、現地試験を実施した農家慣行に比べて約 3 割 (データ省略)、慣行モデル指標に比べて約 1 割少なくなった。

また、施肥の労働時間は、追肥が省略できるため、慣行に比べて半分となった (第 7 表)。

## 考 察

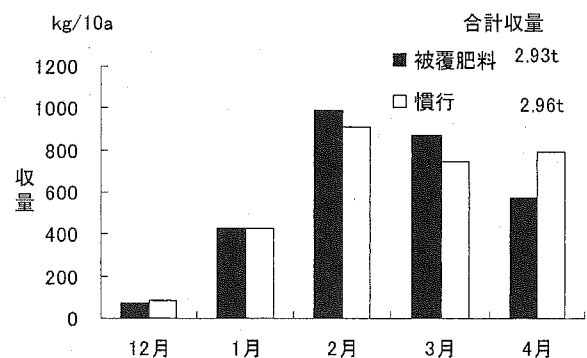
ダイズでは連作地においても、根粒菌から供給される窒素量が全窒素吸収量の 50 ~ 70% (星, 1982) とされるのに対し、連作エンドウでは、根粒着生量の減少や無効根粒の増加により窒素供給量が不足することが連作障害の要因の一つと考えられる。また、平田ら (1983) は、エンドウは連作により茎葉中の窒素、リン、カリ含量が減少することから、窒素を増施することにより茎葉の養分含量が適性に維持され連作障害が軽減されるとしている。こうしたことから、本県におけるエンドウ産地では多肥傾向にある。太陽熱消毒を行うと根粒菌がある程度活用できるため適正施肥量はやや少なくなるものの (内藤ら, 1978 ; 栗山, 1985), 日高地域における一般的な促成エンドウの窒素施肥量は 30kg/10a 程度である。しかし、本研究におけるエンドウのハウス栽培跡土壌の実態調査では、第 4 図に示すように、硝酸態窒素含量がエンドウ生育の優劣で有意差がみられたことから、過剰施肥による硝酸態窒素の集積が生育不良を引き起こす要因の一つと考えられた。また、この硝酸態窒素の集積に伴う地下水汚染などの問題も懸念される。インゲンのハウス栽培でも、同様に、多肥による塩類集積や養分の地下への溶脱などの問題から、前原 (2001) は、被覆肥料を利用した全量基肥栽培による環境保全型施肥栽培技術の検討を行っている。

そこで、促成実エンドウのハウス栽培において、生産安定と環境保全の両面から、施肥量削減を目的として、被覆肥料を利用した全量基肥栽培について検討した。被覆肥料の溶出タイプは、農業試験場内の促成実エンドウのハウス栽培における地温測定結果を基に、施肥名人 (全農, 2000) を用いた解析により選定した。播種を 9 月下旬に行い、収穫終了が 4 月下旬の作型で、窒素溶出量を 80% と想定すると、エコロングの 100 日溶出タイプが適当であった。場内試験では、被覆肥料 100 日溶出タイプ N25kg/10a の基肥全量施用または N20kg/10a と化成 N5kg/10a の基肥全量施用が、慣行の化成 N30kg/10a (基肥 + 追肥 3 回) と同程度の収量が得られた。また、エンドウ主産地である日高地域 (みなべ町) における現地実証試験においても、被覆肥料 100 日溶出タイプ N20kg/10a と化成 N5kg/10a の基肥全量施用が、慣行と同等の収量が得られた (第 5 図)。これ



第 4 図 エンドウの生育状況と栽培跡土壌の無機態窒素含量

注) 調査: 2001 年 5 月、日高地域の促成エンドウ栽培ハウス



第 5 図 促成実エンドウ連作栽培における肥料の種類と月別収量

注) 試験場所: みなべ町、品種: きしゅうすい、播種: 2004 年 9 月 23 日

らの試験結果から、連作実エンドウにおいて、被覆肥料 100 日タイプと速効性化成肥料を用いて全量基肥施用することで、慣行と同等の収量、粗収益が得られることがわかった。窒素施肥量は 2～3 割、肥料費は 1～3 割削減できるとともに追肥を省略でき省力化にもつながる非常に優れた施肥体系である。

しかし、被覆肥料区は、慣行区に比べて、4 月の収量が少なかった（第 5 図）。このことは、第 3 図に示すように、被覆肥料の窒素溶出量が、生育前半に比べて後半に少なくなることに起因すると考えられる。すなわち、春先の生育が旺盛になる時期の窒素供給量を増加させることにより増収が期待できる。前原（2001）は、インゲンのハウス栽培における全量基肥施肥に用いる被覆肥料として、栽培初期から溶出するリニア型の LP70 日タイプと、約 40 日後から溶出し栽培終了まで溶出するシグモイド型の LPS100 日タイプの混合施用が有望としている。促成実エンドウのハウス栽培においても、このような異なるタイプの被覆肥料の混合施用により、春先の収量低下が改善されることと考えられた。

また、産地では太陽熱土壤消毒が実施されており、本研究で用いたエコロングを含め多くの被覆肥料の窒素溶出は温度依存性が高い（羽生，2001；石橋ら，1992）ことから、太陽熱消毒前の施肥では窒素溶出が不安定となるため、施肥は太陽熱消毒後に行う必要がある。しかし、近年、土壤消毒効果を継続維持するために、作畝後に太陽熱消毒を行い、そのままの状態で播種を行う作業体系（吉本，2000）が増加してきている。被覆肥料を用いる本施肥法では、この作業体系に対応できない。そこで、被覆肥料の表面施肥（羽生，2001；藤澤ら，2000）を土壤消毒後に行う等、何らかの工夫が必要であり今後の課題である。

## 摘 要

和歌山県の特産野菜であるエンドウ類は、連作障害のみられる代表的な品目である。産地では、太陽熱土壤消毒や施肥量を増やすことで連作障害を軽減しているが、土壤養分の過剰集積による生育障害や硝酸態窒素の地下水汚染等の問題が指摘されている。そこで、日高地域のエンドウのハウス栽培跡土壌の実態調査を行うとともに、被覆肥料を利用した実エンドウの施肥量削減技術について検討した。

1. 日高地域のエンドウのハウス栽培跡地土壌において、硝酸態窒素含量は、エンドウ生育の優劣で有意差がみられ、過剰施肥による硝酸態窒素の集積が生育不良の要因の一つと考えられた。
2. 被覆肥料 100 日タイプと速効性化成肥料を用いて全量基肥施用することで、慣行と同等の収量、粗収益が得られることがわかった。窒素施肥量は 2～3 割、肥料費は 1～3 割削減できるとともに追肥を省略でき省力化にもつながる非常に優れた施肥体系であると考えられた。
3. 促成実エンドウ栽培における生育期間中の地温積算値は、みなべ町において 3,460 °C であった。被覆肥料 100 日タイプの溶出率を推定したところ、収穫終了時において 80～90% であった。

## 謝 辞

本研究を実施するにあたり、栽培管理、調査にご協力を頂いた当场職員の原田和紀氏、アルバイト職員の北橋恵美子さん、山本すみさん、また、現地実証試験にご協力を頂いた久保仁氏、JA みなべいなみの東裕嗣氏、日高振興局の関係職員の方々に厚くお礼申し上げます。

## 引用文献

- 日置雅之・池田彰弘・山田良三・早川岩夫. 1996. 肥効調節型肥料を用いた露地野菜の全量基肥施肥法. 愛知農総試研究報告. 28 : 141 - 147.
- 石橋英二・金野隆光・木元英照. 1992. 反応速度論的方法によるコーティング窒素肥料の溶出評価. 土肥誌. 63 (6) : 664-668.

- 羽生友治. 2001. 被覆肥料. P. 135 - 144 の 15. 農業技術大系土壌施肥編. 7. 農文協. 東京.
- 藤澤英司. 1998. 被覆肥料の溶出速度に及ぼす土壌水分の影響 (第7報). 土肥試. 71: 607 - 614.
- 星忍. 1982. ダイズの窒素固定と生育収量. 根粒の窒素固定. 日本土肥学会編. P. 5 - 33. 博友社. 東京.
- 北村秀教. 1995. 肥効調節型肥料による施肥技術の新展開. 水稻の全量基肥施肥技術. 土肥試. 66: 71 - 79.
- 栗山雅夫. 野菜の施肥技術エンドウ. P. 技術 209 - 210. 農業技術大系土壌施肥編. 6. 農文協. 東京.
- 前原隆史. 野菜の施肥技術. 環境保全型施肥インゲン. P. 技術 215 の 2 - 3. 農業技術大系土壌施肥編. 6. 農文協. 東京.
- 森下年起. 2000. エンドウ. 養分吸収の特徴と施肥・土壌管理. P. 基 79 - 84. 農業技術大系野菜編. 10. 農文協. 東京.
- 吉本均. 2000. エンドウ. 土壌消毒の方法. P. 基 85 - 90. 農業技術大系野菜編. 10. 農文協. 東京.
- 小野善助・土方久恒・伏原淳良・広部純. 1973. 和歌山農試化学部成績書: 1 - 13.
- 内藤宗次・宮本忍・坂口春雄. 1978. ハウスの下記密閉高温処理による連作障害防止. 和歌山農試成績書: 21.
- 平田滋・広部純・小野善助. 1983. 連作エンドウの施肥反応について. 和歌山農試研究報告. 10: 25 - 32.
- 日本土壌協会. 2001. 土壌機能モニタリング調査のための土壌, 水質及び植物体分析法. 東京.
- JA 施肥改善支援システム施肥名人. 2000. 全農. 東京.
- 大阪流通情報協会. 2003 - 2005. 大阪中央卸売市場青果物流通年報 (野菜編). 大阪.
- 和歌山県農林水産部. 2003. 実エンドウ (秋まきハウス冬春どり). P. 196 - 199. 農業経営モデル指標.

