

露地野菜に対する被覆肥料の肥効特性

奥村 正敏^{*1} 三木 直倫^{*1} 長谷川 進^{*2}
美濃 健一^{*1} 田中 誠^{*3}

スイートコーン、ネギ、タマネギ、ニンジン、キャベツを供試し、被覆肥料の施用効果とそれにおよぼす土壌の種類、作型、施肥位置の影響を明らかにした。さらに被覆肥料の環境保全的効果も検討した。被覆肥料の肥効は、全層施用よりも作条施用を行う作物で高かった。すなわちスイートコーンでは40日タイプで、ネギでは70日タイプで増収効果が高いことが認められた。また被覆肥料の肥効は、地温と土壌水分の影響を受け、初夏に比べ夏により速効的であったが、初夏の乾燥年には低下した。とくに保水性の小さい土壌では、晩春播きのキャベツに対する作条施用の場合に窒素不足を招くおそれがあり、不安定であった。被覆肥料の全量基肥施用による肥効発現は、緩やかに溶出する窒素が作土層に高く維持されることによる。被覆肥料を施用した場合の窒素利用率は増収効果が高いときに高まることが多いが、判然としないこともあった。被覆肥料の溶出タイプが作物の窒素吸収パターンにほぼ合致する場合は、土壌中への窒素残存量は少ないが、乾燥あるいは低温年で肥効が遅れる場合には、残存量は増加する可能性がある。

1. はじめに

北海道では、現在、環境に配慮し、施肥量を減らしつつ作物の高品質化をねらう「クリーン農業」技術の確立が求められている。また担い手不足、高齢化に対応した省力化技術も望まれている。すなわち、多肥栽培を行う野菜作においては、全量基肥施用により分追肥を省略し、施肥位置の改善等で窒素の利用効率を高めることにより、増収と品質向上を図り、かつ減肥を行って環境に対する窒素負荷を軽減する技術開発が急がれている。このような背景から、「環境にやさしく、かつ省力的な肥料」ともいわれる被覆肥料の利用は、これらの技術に対して寄与できる一つの方策として期待されている。

被覆肥料を利用する際に最も考慮しなければならないことは、適用作物とその栽培期間（作型）に対応した被覆肥料の溶出タイプ選定である。前報¹⁾では、道内での樹脂型（ポリオレフィン樹脂）被覆肥料の土壌中における窒素溶出特性として、春から初夏の利用において、当該肥料の80%窒素溶出日数は地域、土壌に

関係なく標準溶出日数に20~30日プラスする必要があることを報告した。このことは、本道における春~初夏播き栽培野菜の窒素吸収に対して被覆肥料の窒素溶出が遅れる場合があり、より短い溶出タイプの被覆肥料が有効であることを示している。しかし道内での利用にあたっては、これまでに適用作物についての検証例が少ないため¹⁾、全量基肥施用を適用しうる気象条件および土壌条件と、施用効果を高めるための施肥位置など、被覆肥料の施肥法ならびに環境保全的効果について整理、確認すべき多くの問題点が残されている²⁾。

これらのことから、本報告では道内の露地野菜に対する被覆肥料の基本的な肥効特性を把握するため、1995年より97年まで代表的な露地野菜に対する施用効果を検討した。すなわち被覆肥料を全量基肥施用する施肥法と、従来の速効性肥料を用い作物によっては分条を行う施肥法の肥効を、作物の種類、作型、土壌条件ならびに施肥位置の観点から比較するとともに、環境保全的な視点からも検討を加えた。

2. 試験方法

(1) 供試作物および試験地

子実作物、葉菜類、根菜類などの代表的な野菜としてスイートコーン、ネギ、タマネギ、ニンジン、キャベツを供試した。表1に示す13試験地で被覆肥料の作物別施用試験を行った。試験地が属する土壌は、スイートコーンは黒色火山性土および放出物未熟土（以

1998年9月25日受理

*1 北海道立中央農業試験場, 069-1395 夕張郡長沼町

*2 北海道立花・野菜技術センター, 073-0026 滝川市東滝川

*3 北海道有珠地区農業改良普及センター, 052-0021 伊達市末永町

表1 各作物栽培試験地における供試土壌

作物	試験地	土壌型	pH	熱水抽出N (mg/100g)	作土の土性
スイート コーン	恵庭	黒色火山性土	5.8	4.9	SL
	千歳	放出物未熟土	5.8	11.5	S
ネギ	南幌	低位泥炭土	5.4	38.8	HC
	長沼	褐色低地土	6.3	5.2	CL
	栗山1	褐色低地土	5.7	6.7	CL
	栗山2	低位泥炭土	5.1	17.5	SL
タマネギ	長沼	褐色低地土	6.1	2.8	CL
	滝川	褐色低地土	6.3	6.7	CL
ニンジン	恵庭	黒色火山性土	5.7	4.9	SL
キャベツ ¹⁾	長和	放出物未熟土	6.1	6.0	SL ³⁾
	黄金	褐色森林土 ²⁾	5.6	4.8	L
	稀布	放出物未熟土	5.9	11.0	L
	西関内	放出物未熟土	6.2	3.2	L ³⁾

数字は作土の分析値。年次により同一農家で試験圃場が異なる場合があり、その場合は平均値を掲載した。

- 1) キャベツは伊達の4試験地
- 2) 黄金試験地は褐色森林土+表層火山灰。
- 3) 長和、西関内試験地土壌は粗粒な角礫に富む。

表2 キャベツ栽培試験地における供試土壌の物理性

試験地	層位 (cm)	三相分布 (pF1.5)			有効水分 (ml/100ml)		
		固相	液相	気相	pF1.5-1.8	1.8-3.0	3.0-4.2
1 長和	0-25	56	30	14	0.7	5.1	9.8
2 黄金	0-15	30	48	22	2.5	9.2	13.8
3 稀布	0-35	46	41	13	1.8	9.0	13.2
4 西関内	0-25	41	30	29	1.6	6.1	9.5

各試験地とも1層目のみ記載した。

下、未熟土と略称)、ネギは低位泥炭土および褐色低地土、タマネギは褐色低地土、ニンジン黒色火山性土、キャベツは主に未熟土である。キャベツについては、とくに被覆肥料の窒素溶出と肥効の関係におよぼす土壌の影響を解析するため、同じ有珠系火山灰を母材とするが、保水性を異にする伊達地域の4試験地とした(表2)。

(2) 供試被覆肥料および施肥処理

供試した肥料はポリオレフィン樹脂で被覆した被覆燐硝安加里40日タイプ、同70日タイプ、ならびに被覆燐硝安70日タイプの3種である。処理として、施肥窒素の全量を基肥時に被覆肥料で施用した区(以下、全量被覆区と略称)、30%を速効性窒素(硫安を使用)、70%を被覆肥料窒素とした区(30%速効性区)、および施肥窒素全量を速効性窒素で施肥した区(標肥区)を設定した。なお、キャベツについては、圃場での生育期間が晩春定植60日~夏定植70日と短いため、全量被覆区をなくし、速効性窒素の割合を40%とする処理区(40%速効性区)を設けた(表3)。供試した被覆肥料にはリン酸、カリも含まれるが(被覆燐硝安はリ

ン酸のみ)、肥効は緩効的に溶出する窒素によるものが大きいと考えられ、これらの成分の緩効的効果については考慮せず、当該肥料の施用にあたって施肥標準より不足する量を補給して施用した。

基肥時の施肥法は、各作物で一般に行われる方法、すなわちスイートコーン、ネギでは作条施肥、タマネギ、ニンジン、キャベツは全層施肥とした。なおネギにおいては全層施肥処理、キャベツについては作条施肥処理も加えて設定した。窒素施肥量は北海道施肥標準量に準じ、10aあたりスイートコーン15kg、ネギ20kg、キャベツ20kg、ニンジン12kgとした。ネギの全層施肥処理については、農家圃場の慣行施肥となっている26kgとし、キャベツの作条施肥処理では、小野寺ら⁶⁾の土壌窒素放出量予測に基づいた減肥処理を行った。またスイートコーン、ネギ、キャベツの標肥区は慣行の分施肥体系とし、スイートコーンでは火山性土における分施肥重点施肥法⁷⁾に基づき、基肥7kg、分施肥8kgとした。ネギの作条処理では、基肥を作条に8kg、分施肥を2回の培土時に各6kgを株際に施用し、全層処理では基肥20kg、分施肥3kg(2回)とした。キャベツ

表3 各作物栽培試験の処理区別

作物	処理区名 ¹⁾	基肥	被覆肥料 (kgN/10a)	(供試被覆肥料名) ²⁾			基肥硫安 (kgN/10a)	分施硫安 (kgN/10a)	窒素総量 (kgN/10a)	備 考
				1995	1996	1997				
スイート コーン	① 標肥区(7-8)	作条	-				7	8	15	
	② 全量被覆区	〃	15	B(70)	A(40)	A(40)	-	-	15	
	③ 30%速効性区	〃	10.5	〃	〃	〃	-	4.5	15	1995, 96年のみ
ネギ	① 標肥区(8-6-6)	作条	-				8	6+6 ⁴⁾	20	
	② 全量被覆区	〃	20	B(70)	A(70)	A(70)	-	-	20	
	③ 30%速効性区	〃	14	〃	〃	〃	6	-	20	1995, 96年のみ
	④ 化肥(20-3-3) ³⁾	全層	-				20	3+3	26	1997年のみ(栗山2除く)
タマネギ	① 標肥区	全層	-				15	-	15	
	② 全量被覆区	〃	15	B(70)	A(40,70)	A(40,70)	-	-	15	
	③ 30%速効性区	〃	10.5	〃	〃	〃	4.5	-	15	1997年はA(40)のみ
ニンジン	① 標肥区	全層	-				12	-	12	
	② 全量被覆区	〃	12		A(70)	A(70)	-	-	12	
	③ 30%速効性区	〃	8.4		〃	〃	3.6	-	12	1996年のみ
キャベツ ⁵⁾	① 標肥区	全層	-				12	8	20	
	② 40%速効性区	〃	12			A(40)	8	-	20	
	③ 40%速効性区 ⁵⁾	作条	12(6または11)			〃	8(4または7)	-	20(10または18)	

- 1) 全量被覆区は100%被覆肥料を使用。30%, 40%速効性区は硫安をブレンドした。標肥区のかっこ内は分施肥分。
- 2) A:被覆磷硫安加里(20-5-10) かっこ内の数字は溶出日数 B:被覆磷硫安(26-1-0)
- 3) ネギ④区は農家慣行
- 4) 分施1回ごとの施肥量を示す。
- 5) キャベツの黄金, 稀府試験地は土壌無機態窒素を考慮して減肥した。施肥量のかっこ内は黄金, 稀府の順で施肥量を記載した。

表4 各作物栽培試験における供試品種および播種(定植)日

作物	試験地	供 試 品 種			播 種 (定 植) 日		
		1995	1996	1997	1995	1996	1997
スイート コーン	恵 庭	マーガレット83	-	-	5月19日	-	-
	千 歳	ピーターコーン445	スイートコーン30	サンドイッチマン	5月24日	5月14日	5月19日
ネギ	南 幌	永吉	錦蔵	-	6月14日	6月15日	-
	長 沼	-	〃	東国	-	6月13日	6月19日
	栗 山 1	-	-	元蔵	-	-	5月14日
	栗 山 2	-	-	〃	-	-	5月9日
タマネギ	長 沼	春ひぐま	スーパー北もみじ	スーパー北もみじ	5月8日	-	-
	滝 川	-	〃	〃	-	5月4日	4月26日
ニンジン	恵 庭	-	向陽2号	向陽2号	-	6月9日	7月14日
	長 和	-	-	YR青春	-	-	6月10日
	黄 金	-	-	北ひかり	-	-	6月10日
キャベツ	稀布(晩春)	-	-	北ひかり	-	-	6月10日
	稀 布(夏)	-	-	マヤボール	-	-	8月14日
	西 関 内	-	-	北ひかり	-	-	6月17日

他の耕種概要は慣行に準ずる。-は試験なし。

の標肥区は晩春定植, 夏定植とも14kgを基肥に全層で, 6kgを結球始めに株際に分施した。供試品種, 栽培開始時期などは表4に記し, 栽植密度, 防除, 除草などは農家慣行で行った。

3. 試験結果

(1) 各作物栽培試験における被覆肥料の施用効果

1) スイートコーン

1995年は70日タイプを供試して, 恵庭(黒色火山性

土), 千歳(未熟土)で試験を実施した。恵庭試験地では窒素利用率に及ぼす影響は判然としないが, 全量被覆区の収量(皮付き雌穂重, 以下, 雌穂重という)は最も高く, 雌穂重400gのLサイズ以上の規格内割合も高かった。30%速効性区は雌穂重, Lサイズ以上の割合とも全量被覆区よりやや劣った。これに対し, 千歳試験地では全体にやや窒素利用率が高まり, 全量被覆区の雌穂重は増加したもののLサイズ以上の雌穂重割合は最も劣っていた。これについて, 全量被

表5 スイートコーンに対する被覆肥量の施用効果

年次	試験地	処理区 ¹⁾	総雌穂重 ²⁾ (kg/10a)	同左比	Lサイズ(400g)以上の 雌穂重割合(%) ²⁾	茎葉乾物重 (kg/10a)	窒素吸収量 ³⁾ (kg/10a)	窒素利用率 (%)
1995	恵庭	① 標肥区(7-8)	1193	100	22.9	415	12.5	15
		② 全量被覆区	1333	112	50.5	421	13.7	23
		③ 30%速効性区	1300	109	40.1	429	12.6	15
1995	千歳	① 標肥区(7-8)	1070	100	22.0	392	11.2	29
		② 全量被覆区	1144	107	15.3	398	11.6	32
		③ 30%速効性区	1272	119	27.5	484	13.1	42
1996	千歳	① 標肥区(7-8)	1199	100	18.5	505	13.8	43
		② 全量被覆区	1394	116	51.0	599	15.7	56
		③ 30%速効性区	1313	110	20.7	553	15.0	51
1997	千歳	① 標肥区(7-8)	1428	100	79.9	573	14.5	38
		② 全量被覆区	1481	104	85.4	569	14.0	35

1) 標肥区のかっこ内は窒素分施肥分, 供試被覆肥料は1995年70日タイプ, 1996, 97年40日タイプ。

2) 皮付きの雌穂重を示す。

3) 各年次, 試験地の無窒素区のN吸収量: 上段より10.3, 6.8, 7.3, 8.8 (kg/10a)

覆区では全般に茎葉および雌穂重は増加するが, Lサイズ以上の割合の増加には結びつかず, 30%速効性区のほうが雌穂重は増収することから, 70日タイプの全量基肥施用は穂の肥大には十分な肥効を發揮していないことが伺われた(表5)。

1996年は千歳試験地で40日タイプを供試した。標肥区に比べ全般に窒素利用率が高まり, 全量被覆区では増収かつLサイズ以上の雌穂重割合も増加した。30%速効性区は肥効がやや劣った。1997年は被覆肥料の効果が小さい年次であった。窒素利用率は標肥区と同等

であったが, 収量, Lサイズ以上の雌穂重割合ともやや増加した。

2) ネギ

南幌(低位泥炭土), 栗山(1:褐色低地土, 2:低位泥炭土), 長沼(褐色低地土)の4試験地で, すべて70日タイプで検討した(表6)。1995年の南幌試験地では, 全般に収量レベルが高く, 窒素利用率は低水準であったが, その中で全量被覆区, 30%速効性区の総重は標肥区よりやや劣り, 窒素利用率も被覆肥料施用区ではとくに低かった。これは8月上, 中旬の降

表6 ネギに対する被覆肥料の施用効果

年次	試験地	処理区 ¹⁾	総量 (t/10a)	同左比	調整後の規格内 割合(%) ²⁾	窒素吸収量 ³⁾ (kg/10a)	窒素利用率 (%)
1995	南幌	① 標肥(8-6-6)	9.19	100	56	15.7	13
		② 全量被覆区	8.58	93	56	13.6	2
		③ 30%速効性区	8.51	93	57	13.6	2
1996	南幌	① 標肥(8-6-6)	7.14	100	66	13.6	47
		② 全量被覆区	8.82	124	68	15.3	55
		③ 30%速効性区	8.01	112	65	14.0	49
	長沼	① 標肥(8-6-6)	8.49	100	70	14.0	57
		② 全量被覆区	9.40	111	68	15.5	65
		③ 30%速効性区	8.78	103	67	13.8	56
1997	長沼	① 標肥(8-6-6)	7.70	100	68	11.8	44
		② 全量被覆区	7.74	101	64	11.1	41
		④ 化肥(20-3-3)	5.82	76	76	8.0	19
		① 標肥(8-6-6)	4.65	100	68	11.2	47
栗山1	② 全量被覆区	4.71	101	66	10.7	45	
	④ 化肥(20-3-3)	3.82	82	69	7.0	21	
栗山2	① 標肥(8-6-6)	8.21	100	65	13.1	14	
	② 全量被覆区	9.09	111	62	14.0	18	

1) 供試被覆肥料はすべて70日タイプ

2) 長さ65cm(白根30cm以上のもの), 葉3枚になるよう調整した規格内収量の総重に対する割合。

3) 各年次, 試験地の無窒素区のN吸収量: 上段より, 13.2, 10.6, 2.6, 3.0, 1.7, 10.3 (kg/10a)

表7 タマネギに対する被覆肥料の施用効果

年次	試験地	処 理 区 ¹⁾	規 格 内 ²⁾ 収量(t/10a)	同左比	平均1球種 (g)	窒素吸収量 ³⁾ (t/10a)	窒素利用率 (%)
1995	長 沼	① 標肥区	5.99	100	202	8.5	26
		② 全量被覆区 (70)	5.86	98	197	8.7	27
		③ 30%速効性区 (70)	5.80	97	196	8.3	25
1996	滝 川	① 標肥区	7.24	100	261	11.9	51
		② 全量被覆区 (40)	7.07	98	254	13.3	61
		③ 30%速効性区 (40)	7.28	101	262	12.8	57
		④ 全量被覆区 (70)	7.11	98	256	10.6	43
1997	滝 川	① 標肥区	6.28	100	230	11.7	47
		② 全量被覆区 (40)	6.50	103	238	14.2	64
		③ 30%速効性区 (40)	6.41	102	234	12.5	53
		④ 全量被覆区 (70)	6.12	97	224	13.2	58

1) かつこ内は供試被覆肥料の溶出日数タイプ

2) S玉(球径5~6cm)以上

3) 各年次, 試験地の無窒素区のN吸収量: 上段より4.6, 4.2, 4.6 (kg/10a)

雨による窒素の流亡や生育の遅延が影響したものと考えられ, 2回目の分施を8月中旬に行った標肥区の方が全量被覆区より効果的であったと推察される。

1996年は8月以降の気象条件も良好であった。南幌試験地では全量被覆区で窒素利用率がやや高まり, 総重も大きく増加した。一方, 長沼試験地では全量被覆区のみ増収効果が認められ, 30%速効性区は標肥区と大差なかった。1997年の長沼および栗山1試験地では全量被覆区の肥効は前年にくらべ小さく, 窒素利用率も標肥区とほとんど変わらなかったが, 栗山2試験地では増収効果が大きく認められた。なお, 標肥区の対照として設置した農家慣行に近い速効性窒素を基肥に20kg全層処理し, 2回の分施を行った処理区は標肥区と比べて20%前後減収し, ネギに対しては作条施肥の方が効率的であり, 減肥が可能と推察された。

3) タマネギ

長沼および滝川試験地(いずれも褐色低地土)で40日および70日タイプを供試(1995年は70日のみ)した(表7)。1995年は標肥区に比べ全量被覆区, 30%速効

性とも窒素利用率, 規格内収量にほとんど差が認められなかった。また倒伏期の違いも認められなかった。1996年には70日タイプに加え, 40日タイプを用いたが, 1995年と同様, 全量被覆区, 30%速効性区とも標肥区とほとんど差が認められなかった。なお40日タイプでは窒素利用率がやや高まった。1997年は40日タイプの全量被覆区は標肥区とほとんど同等の収量であり, 70日タイプを用いた区はやや減収した。両タイプとも窒素利用率は高まった。

4) ニンジン

恵庭試験地(黒色火山性土)で70日タイプを供試した(表8)。1996年は全量被覆区および30%速効性区とも窒素利用率は高まり, LLサイズの根重割合がやや増加するが, 総根重は標肥区とほぼ同等であった。なお全量被覆区では分岐根の割合がやや減少し, 裂根割合も減少した(表8)。1997年は前年と同様, 全量被覆区は標肥区と同等の総収量であった。また障害根のうち分岐根は全量被覆区で減少するが, 裂根は増加した。

表8 ニンジンに対する被覆肥料の施用効果

年次	試験地 ¹⁾	処 理 区 ²⁾	総根重 (t/10a)	同左比	規格別根重割合(%) ³⁾		障害根の割合(%)		窒素吸収量 (kg/10a)	窒素利用率 (%)
					LL	LおよびM	分岐根	裂 根		
1996	恵 庭	① 標肥区	10.7	100	45.4	32.8	3.0	16.1	16.1	26
		② 全量被覆区	10.5	98	53.1	33.8	0.0	10.7	19.9	57
		③ 30%速効性区	10.8	101	51.6	32.8	3.0	9.2	18.2	43
1997	恵 庭	① 標肥区	6.2	100	0.0	63.7	14.7	3.5	7.4	15
		③ 全量被覆区	6.0	98	8.3	44.1	8.3	9.2	9.0	28

1) 1996年は6月9日, 1997年は7月14日播種(表4参照)。

2) 供試被覆肥料は70日タイプ

3) 規格サイズ分けは以下のように行った。 LL 250~350g L 180~250g M 120~180g

4) 各年次の無窒素区のN吸収量: 上段より13.0, 5.6 (kg/10a)

5) キャベツ

キャベツについては生育期間の短いことを考慮して40日タイプを供試し、全量被覆区を設置せず、速効性窒素の混合割合を40%に設定して4試験地で検討した。また定植時期を6月上旬(晩春定植)、8月中旬(夏定植)の2作型とし(表9)、基肥の施肥位置を全層施肥処理と作条施肥処理の2型とした。晩春定植では、全層処理の場合、4試験地とも標肥区とはほぼ同等の総結球重が得られたが、作条処理の場合には、黄金、稀府試験地で増収効果が認められたのに対して、長和、西関内試験地では標肥区よりも減収した。黄金、稀府試験地では残存土壌無機態窒素を考慮して減肥したにも関わらず増収した。また夏定植については稀府試験地1カ所で試験を行った。その結果、被覆肥料の全層処理は減収したが、作条処理は高い増収効果を示した。

(2) 土壌中における硝酸態窒素の動態

1997年に千歳試験地のスイートコーン栽培土壌および長沼試験地のネギ栽培土壌について、土層別硝酸態窒素濃度の推移を全量被覆区(以下、被覆区)と標肥区で調査した(図1, 2)。40日タイプを用いたスイートコーン栽培土壌では、播種後ほぼ1か月経過した6月20日の0-10cm層における硝酸態窒素濃度は両区ともほぼ同等の8mgN程度であった。その後標肥区では比較的早い時期に10-30cmの下層に移動するのに対し、被覆区は引き続き0-10cm層に高く維持された。また9月8日(収穫期)における被覆区の硝酸態窒素

濃度は0-10cm層に2mgN弱が残存し、下層では標肥区より少なかった。

一方、70日タイプを用いたネギ栽培土壌では、定植後約1ヶ月を経過した6月27日の0-10cm層における全量被覆区の硝酸態窒素濃度は標肥区に比べ少ないが、約2ヶ月目頃の8月19日には高まった。10月6日の収穫期には0-10cm層に2mgN以上残存していたが、下層への窒素集積は少なかった。

これらのことから、標肥区と比較して被覆肥料の緩やかに窒素を溶出する特性が確認された。

4. 考 察

(1) 土壌および年次間差異からみた被覆肥料の肥効と窒素溶出の関係

樹脂型被覆肥料の一般的な窒素溶出特性は、基本的に温度反応性であり、土壌の種類や降水量に影響されないといわれている⁸⁾。前報⁹⁾でも被覆肥料の窒素溶出に土壌の種類はほとんど関係せず、年次間差も小さいことを示し、春から初夏の利用では、道内での地域間差はなく、当該肥料の標準溶出日数に20-30日をプラスしたものが80%窒素溶出日数であることを報告した。

しかし、5作物を供試して被覆肥料の肥効を検討した本試験から、その肥効には土壌および年次間で差があることが認められた。すなわち気象条件が同一で、土壌の土性、保水性が異なる4試験地において検討し

表9 キャベツに対する被覆肥料の施用効果

試験地	処理区 ¹⁾	基肥	外葉重 (t/10a)	総結球重 (t/10a)	同左比	規格内率 (%) ²⁾	窒素吸収量 (kg/10a)	窒素利用率 (%) ³⁾
6月上旬定植								
長和	① 標肥区	全層	3.9	4.1	100	76	19.0	32
	② 40%速効性区	〃	3.8	4.0	98	73	19.3	34
	③ 40%速効性区	作条	3.7	3.6	87	57	17.4	24
黄金	① 標肥区	全層	3.2	6.0	100	100	21.9	24
	② 40%速効性区	〃	3.3	5.9	99	100	23.8	33
	③ 40%速効性区	作条	3.2	6.2	103	100	22.2	50
稀府	① 標肥区	全層	4.7	4.3	100	57	26.5	72
	② 40%速効性区	〃	4.7	4.1	97	43	25.7	68
	③ 40%速効性区	作条	5.4	4.5	106	66	27.9	87
西関内	① 標肥区	全層	3.2	3.3	100	53	17.3	63
	② 40%速効性区	〃	3.1	3.4	103	54	16.4	59
	③ 40%速効性区	作条	3.0	2.8	85	27	14.5	49
8月中旬定植								
稀府	① 標肥区	全層	1.9	3.3	100	26	13.9	16
	② 40%速効性区	〃	1.9	2.9	88	0	14.4	23
	③ 40%速効性区	作条	2.1	4.1	124	48	16.9	38

1) 供試被覆肥料は40日タイプ。

2) 1個重1kg以上。

3) 各試験地の無窒素区のN吸収量: 上段より12.6, 17.2, 12.2, 4.7, 10.8 (kg/10a)

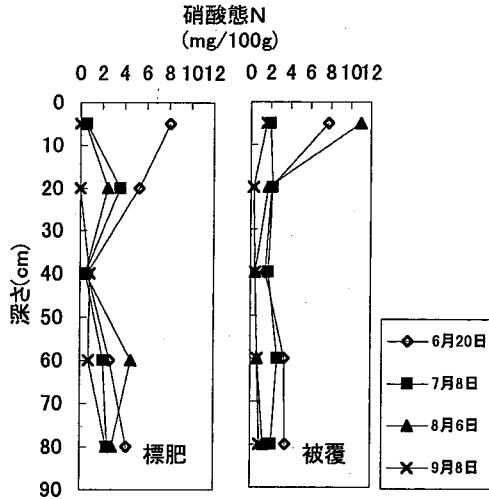


図1 スイートコーン栽培土壌における標肥区および被覆区（40日タイプ）の土層内硝酸態窒素含量の推移（1997年，千歳，未熟土）
7月8日は標肥区（7-8）の分施肥直前

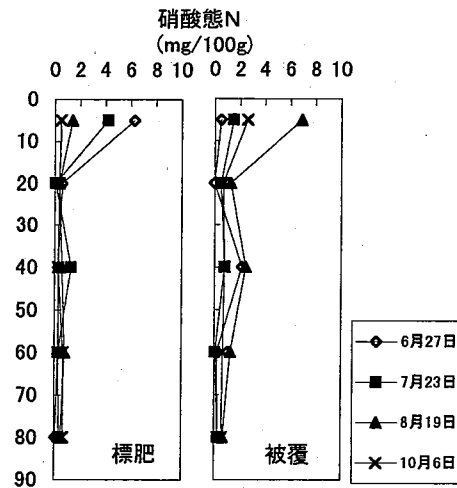


図2 ネギ栽培土壌における標肥区および被覆区（70日タイプ）の土層内硝酸態窒素含量の推移（1997年，長沼，褐色低地土）
7月23日，8月19日は標肥区の方施肥直前

た晩春定植のキャベツのように，前報⁴⁾で明らかにした窒素溶出に差がない場合でも肥効の発現は異なることが示唆された。

また1996年のように6～7月に降水量が比較的多かった年次には肥効が高く，1997年のように乾燥条件が続いた年次には低下した。肥効の低下傾向は乾燥しやすい土壌でより大きかった。一方，夏の長雨などの場合には，窒素の流亡や生育の遅延のために肥効が判然としないことも考えられる。また夏の降水量がそれほど多くない場合には，窒素地力が高く収量レベルが高い土壌においても，根圏で適度の窒素供給が持続的になされ，肥効が高まるものと推察された。

このように土壌の種類の違いや年次によって窒素溶出に差がない場合であっても肥効の発現が異なることがあり，被覆肥料を利用する際にはこの点に十分留意する必要がある。すなわち，春～初夏の降水量の少ない年次における利用の場合，泥炭土および保水性が高い火山性土壌での肥効は期待できるが，土壌が乾燥しやすい褐色低地土や保水性が低い火山性土壌では肥効が低下すると推測される。この理由として，春～初夏の時期には低温で溶出が遅いこと，さらに作物の水吸収が旺盛な時期には，被覆肥料から溶出した窒素成分の拡散に必要な土壌水分が減少して窒素不足を招き，乾燥しやすい土壌では肥効が十分に発揮できないものと考えられた。このことは根表面への養水分の移動が土壌水分に影響されることや³⁾，保水性の小さい土壌では肥料の拡散性が低いこと⁵⁾からも推察できる。一方，夏定植のキャベツのように施用時の地温が高く，夏以降の降水量が比較的十分にある場合には被覆肥料

の大きな肥効が期待できる。

(2) 各種野菜に対する被覆肥料の肥効と施肥法

被覆肥料は，作物の窒素吸収パターンに近い窒素溶出特性を持つことでその肥効が期待される。本研究では，5種の露地野菜を対象に被覆肥料の肥効を検証した。

スイートコーンの生育期間は約110日で，窒素吸収は播種後40日頃から急増し，70～80日でほぼ最大に達することから，スイートコーンに対する窒素施肥は火山性土壌においては分施肥重点型が望ましいとされている⁶⁾。しかし70日タイプでは施用後約90日で窒素溶出が80%に達することが明らかとなっており⁴⁾，窒素吸収パターンが窒素溶出パターンに合わなかったことが，70日タイプの全量被覆区で肥効がやや劣った理由と推察される。一方，施用後約70日で窒素溶出が80%に到達する40日タイプは，施用後20日目にも40%程度の窒素溶出が認められており⁴⁾，70日タイプおよび初期生育の確保を目的とした30%速効性区よりも肥効が大きく認められた。

ネギの本圃での生育期間は110～120日で，窒素吸収量は約40日目以降ほぼ直線的に増加することから，ネギに対しては40日タイプでは短く，70日タイプを用いることが妥当と考えられ，全量被覆区における肥効は高く認められた。このことは，30%速効性区の肥効が全量被覆区のそれより小さいことから伺えた。

タマネギの本圃での生育期間は120日程度と長いが，全量被覆区では40日，70日タイプとも肥効は標肥区と大差なかった。しかし溶出タイプ別には70日より40日タイプの肥効がやや高く，相馬⁷⁾が行った速効性窒

素の早期分施の結果と一致した。

ニンジンの生育期間は110日程度と長く、播種60日程度以降の生育後半に窒素吸収が高まることから、溶出タイプは70日タイプが望ましい。しかし全量被覆区の肥効はタマネギ同様、標肥区と大差なかった。ただし被覆肥料の施用で分岐根が減少したことは、根端部での肥料接触が軽減されたメリットと推察される。裂根におよぼす影響は明らかでなかった。

キャベツの生育期間は約60日～70日と短いことから、基肥については80%窒素溶出が50～70日を要する40日タイプを用い、さらにそれより速効性部分を多くすることも必要と考えられる。しかし40%速効性区的全層施肥処理の肥効は、晩春定植では標肥区と同等であるものの夏定植では劣ったのに対して、作条施肥処理の肥効は、晩春定植では土壌によって減収することもあった。

このように、本試験条件における被覆肥料の全量被覆区の肥効を通覧すると、分施体系をとり、本圃での生育期間が70日程度以上の作物で肥効が大きいといえる。作物に適した被覆肥料の溶出タイプを選択する際、本圃での生育期間と前報⁴⁾で述べた各種被覆肥料の溶出の長さから判断して、施用時からの80%溶出日数が生育期間の8割程度となることが一応の目安となり、北海道の露地野菜では通常70日程度までのタイプの利用で十分と考えられた。ただしスイートコーンでは、より短いタイプが有効であろう。またキャベツのように生育期間が短い作物や、現行の北海道施肥標準では全量基肥施用であるが速効性窒素の早期分施の効果が高く、7月上、中旬までの球肥大始めまでの効率的な窒素吸収を必要とするタマネギ⁷⁾については、溶出タイプや速効性との最適な混合割合について今後検討の余地がある。さらにタマネギについては本試験が粘質な沖積土で行われたものであり、砂質な土壌での検討が残されている。

次に被覆肥料の施肥位置の問題として、作条施肥を行った場合により肥効が大きいことが推察される。全層施肥での効果が小さい理由として、一般に野菜は多肥栽培のため、濃度障害を避ける全層施肥法が採用されているが、施肥効率は作条施肥に比べ小さい。これに対し、被覆肥料は作条施肥を行っても窒素の溶出が緩やかであるために濃度障害を回避でき⁸⁾、かつ根近傍に窒素源があるため肥効が高まる。

しかし、キャベツに対する被覆肥料の全層施肥と作

条施肥の比較でみられたように、乾燥しやすい土壌で肥効が低下する可能性は作条施肥で大きいと考えられる。このことは、全層施肥に比べ肥料成分が根圏で局所的に存在する作条施肥では、前述したように土壌水分の不足の影響が発現しやすいことが推測される。

(3) 環境保全に視点を置いた被覆肥料利用の可能性

被覆肥料の利用により、窒素の利用効率を高め、窒素の環境負荷を軽減することが期待されている。しかし本試験結果では、被覆肥料の全量基肥施用により、スイートコーン、ネギの場合とも、下層への窒素移動は少ないが、ネギでは表層にやや残存する場合があった。このことはネギ栽培土壌の調査年次に、被覆肥料の肥効が低下していたことに起因すると推察される。したがって溶出タイプがそれぞれの作物の窒素吸収パターンに合致する場合は当然ながら窒素残存量は少ないが、合致しない場合は残存量が増加することを示す。一方、窒素利用率は各作物とも増収効果が大きいときに向上するケースが多いが、判然としない場合もある。これには気象的要因が大きく影響していると考えられ、乾燥あるいは低温等で肥効が低下する場合には、相当量の硝酸態窒素が残存する可能性がある。

北海道では、本州に比べ初夏が冷涼で降水量が少なく、このことが被覆肥料の溶出を遅らせ、窒素利用率を高めない一因である。したがって、被覆肥料を全量基肥に用いる施肥法は、速効性窒素の分施を行う慣行法にくらべて必ずしも窒素負荷を軽減するとは言いきれないといえる。このことから被覆肥料の利用に際しては、全量基肥施用が可能な作物の窒素吸収パターンに合致した被覆肥料を選択することが重要であり、合致するものがなければそれを開発することが望まれる。さらに作物と土壌に対応した施肥位置の改善によって、減肥に結びつく環境保全的な効果も期待できよう。また今後は土壌窒素放出量に対応した被覆肥料の適正施用量の検討も必要と考えられる。

謝辞：本報告のとりまとめにあたり中央農試沢口正利環境化学部長には懇切なご指導、ご助言をいただいた。また中央農試環境化学部小野寺政行氏には多くの有益なご助言、ご協力をいただいた。ネギの試験とりまとめにあたっては空知南東部地区農業改良普及センター友成公士専門普及員の有益なご助言をいただいた。被覆肥料の施用試験実施にあたっては関係各地区の農業改良普及センターのご協力をいただいた。以上の各位に厚く謝意を表す。

引用文献

- 1) ホクレン・全農札幌支所. “普及奨励ならびに指導参考・情報抄録”. 北海道立中央農試監修. 1991. p. 1-68.
- 2) 北海道立中央農試, 同道南農試, 同花・野菜技術センター編. “北海道における被覆緩効性肥料の窒素溶出特性と露地・施設栽培への利用”. 平成9年度北海道農業試験会議資料. 1998. p. 1-44.
- 3) 岡島秀夫, 波多野隆介. “シングル・ルート・モデルにより求めた根への $\text{NO}_3\text{-N}$ 供給様式と土壤溶液最低濃度”. 土肥誌. **59**, 172-177(1988).
- 4) 奥村正敏, 三木直倫, 美濃健一, 長谷川進, 林哲央. “北海道における被覆肥料の窒素溶出特性”. 北海道立農試集報. **76**. 9-15(1999)
- 5) 小野寺政行, 三木直倫. “土壤の施肥窒素拡散性に応じたスイートコーンの窒素施肥法の改善”. 平成9年度研究成果情報. 北海道農業試験研究推進会議, 1998. p. 196-197.
- 6) 小野寺政行, 美濃健一, 三木直倫. “施用有機物および土壤窒素放出量予測に基づく露地野菜畑の窒素施肥管理”. 土肥誌. **69**, 79-84(1998).
- 7) 相馬 暁. “北海道における野菜畑土壤の現状と各種野菜の特性に対応した肥培管理法”. 北海道立農試報告. **56**, 1-126(1980).
- 8) 全農肥料農薬部編. “環境保全のための肥料情報, 被覆肥料編”. 同編所. 1995. p. 1-121.

Effects of Nitrogen in Coated Fertilizers on Field Vegetables

Masatoshi OKUMURA^{*1}, Naomichi MIKI^{*1}, Susumu HASEGAWA^{*2},
Ken-ichi MINO^{*2} and Makoto TANAKA^{*3}

Summary

We need to increase N use efficiency, by omission of the time of top-dressing during the growing period in the case of the use of rapid release N fertilizers and by improvement of fertilizer placement at basal application. Then, effects of basal application of Polyolefin coated fertilizers (slow-release fertilizers = SRFs) containing slow-release N on some typical field vegetables were estimated. (1) The relative yields were increased in Sweet corn and Welsh onions when 40 and 70 day types of SRFs were applied in bands along with the seed, respectively. The recovery of N is generally increasing and it is possible to omit top-dressings along the row on the way. (2) In contrast, the effect is low in such vegetables as Onions and Carrots which don't need top-dressing on the way, on which broadcasting of fertilizer is basally practiced. (3) In Cabbage which has two cropping seasons, increasing effects were different among soils and the effect in the summer crop is higher than that in late spring. The advantage of utilization of SRFs is high in crops which need top-dressing, with more than 70 days for the growing period in the field and on which band application is possible. In addition, even though there is no difference in the rate of dissolution of SRFs, the good effects of SRFs are low in years and the cropping season in which precipitation is scarcer than usual. Especially in a low water retentive soil, the effect may be low in band application, because of a low diffusion of N released from SRFs.

* 1 Hokkaido Central Agric. Exp. Stn. Naganuma, Hokkaido, 069-1395 Japan

* 2 Hokkaido Prefectural Ornamental Plants and Vegetables Research Center. Takikawa, Hokkaido. 073-0026
Japan

* 3 Hokkaido Usu Extension Service Center. Date, Hokkaido, 052-0021 Japan