

# 幅広型畝内施肥器を利用した冬出しキャベツの減肥栽培

森山友幸\*・井手 治・石坂 晃<sup>1)</sup>

キャベツの冬出し栽培において、窒素10kg/10aの速効性肥料の全面全層施肥と本県が開発した幅広型畝内施肥器を用いた窒素16kg/10aの緩効性肥料の畝内施肥を併用することにより、窒素施用量を慣行施肥の2割減に相当する26kg/10aに削減しても慣行と同時期に収穫でき、同等の結球重が得られた。また、冬出し栽培において畝内施肥に用いる肥料は、低温期においても肥料成分が連続的に溶出する被覆尿素肥料入り配合肥料A：K-31、被覆尿素肥料入り配合肥料B：SR-203、被覆燐硝安加里肥料C：SL-424-70が適する。

[キーワード：キャベツ、畝内施肥、窒素施用量、減肥、結球重、被覆肥料]

Cabbage Harvested in Winter with Less Fertilizer, Utilizing a Ridge Fertilizer Applicator. MORIYAMA Tomoyuki, Osamu IDE, and Akira ISIZAKA (Fukuoka Agric. Res. Cent., Chikushino, Fukuoka 818-8549, Japan) *Bull. Fukuoka Agric. Res. Cent.* 24:48-52(2005)

We have developed a machine that disperses fertilizer over ridges in even and wide strips. Cabbage harvested in winter displayed equal head weight compared to that grown according to the established amount of fertilizer, even though the nitrogen applied was reduced by 26kg per 10a (or even with a 20% reduction from the conventional application amount). The coated fertilizers A:K-31, B:SR-203, C:SL-424-70 were suitable for use with the applicator for strip fertilizer onto the ridges for cabbage harvested in winter.

[Key word : cabbage, application of stripe fertilizer in ridge, amount of nitrogen fertilizer applied, decrease in the amount of fertilizer applied, head weight, coated fertilizer]

## 緒 言

野菜栽培では、ほ場全体に肥料を散布する全面全層施肥が一般的であるが、この施肥法では作物の根圏以外にも肥料を散布するため、肥料の利用効率が低く、施肥窒素量の10~25%が流亡することが報告されている<sup>12, 15)</sup>。流亡した窒素は河川、湖や海洋あるいは地下水へ流入<sup>2, 10)</sup>するため、環境への悪影響が懸念され、環境保全の観点から施肥量を削減する施肥技術の確立が求められている。

施肥効率を向上させて窒素施用量を削減する方法としては、生育に応じて肥料成分が溶出する肥効調節型肥料の利用<sup>1, 4, 5, 17)</sup>や植物体の根圏周辺に肥料を施用する局所施肥技術<sup>3, 8, 9, 12, 14)</sup>が報告されている。このうち、キャベツ栽培においては、緩効性肥料を3cm径の直管によって畝内にすじ条に全量施肥する畝内条施肥技術が開発された<sup>8, 9, 12, 14)</sup>が、肥料が局所に集中するため施肥位置周辺土壌の塩類濃度が高くなり、硝化作用が抑制されたり<sup>7)</sup>、年明けに収穫する冬出し栽培では肥料成分の溶出する範囲が狭いために肥料の吸収効率が全面全層施肥より劣るため<sup>10)</sup>、生産現場では普及していない。

筆者らは、畝内の植物体直下に肥料を約10cm幅の範囲に散布できる畝内施肥器を開発し、キャベツの年内に収穫する初冬出し栽培において、窒素施用量の削減ができることを明らかにした<sup>10)</sup>。しかし、福岡県の主要な作型である冬出し栽培は低温期である12月~2月を経過するために土壌中の肥料成分の溶出や植物体の肥料吸収特性が初冬出し栽培と異なり、畝内施肥器を利用した減肥技

術の適応性は明らかでない。

そこで、この冬出し栽培において、収穫物の生育を抑えることなく窒素施用量を削減する施肥技術を開発するために畝内施肥による肥料の散布幅、全面全層施肥と畝内施肥との併用および肥料の種類がキャベツの生育や収穫物の重量に及ぼす影響を明らかにする。

## 試験方法

### 試験1：畝内施肥における肥料の散布幅が生育、結球重に及ぼす影響

試験は、福岡県農業総合試験場の水田圃場（中粗粒灰色低地土を30cm客土した中粗粒黄色土造成相、以下の試験も同じ）で行った。

キャベツ品種「耐寒大御所」を供試し、肥料の散布幅を変えて、キャベツの生育および結球重に及ぼす影響について検討した。施肥は、野菜花き部施設機械研究室と(株)クボタが共同で開発した畝内施肥器を用い、施肥深度がおよそ10cmになるよう設定し、2002年9月23日に緩効性肥料のU社製被覆尿素肥料入り配合肥料A(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=18:8:10):K-31(速効性50%, 50日溶出タイプ被覆尿素15%, 70日タイプ溶出タイプ被覆尿素35%)を散布幅、3cm, 8cm, 13cmの3水準を設け(以下、横幅3cm区、横幅8cm区、横幅13cm区)、10a当たり窒素26kg(慣行施肥区の80%), りん酸12kg, 加里14kgを施用した。また、慣行施肥区は、基肥として9月23日に尿素入り硫加燐安48号(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=16:16:16)を10a当たり窒素成分で22kg全面全層施用し、追肥は10月26日と11月27日にNK化成2号(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=16:0:16)を10a当たり窒素成分で5kgずつ表層施肥し、合計で10a当たり窒素32kg, りん酸22kg, 加里32kgを施用

\* 連絡責任者(野菜栽培部)

1) 現福岡地域農業改良普及センター

した。128穴のセルトレイで27日間育苗した苗を9月26日に定植した。栽植密度は、畝間140cm、条間50cm、株間35cmで2条植えとした。試験は、1区12㎡、2反復で行った。

生育調査は、定植後15日目から約15日毎に草丈、葉数、株張り、最大葉の葉幅と葉色について行い、収穫時には、地上部重と結球重について調査した。また、散布幅の違いが土壤中の窒素分布に及ぼす影響を把握するために、土壤中の硝酸態窒素含量についても調査した。畝内の深さ7.5~12.5cmで、株元から畝中央と畝肩へそれぞれ10cmまでの範囲の土壌を採取し、土壌(生土)40gに純水100mlを加え、60分間振とうした後、ろ過し、ろ液を小型反射式光度計(RQflex 2)を用いて測定した。

**試験2：施肥法、肥料の違いが生育、結球重に及ぼす影響**

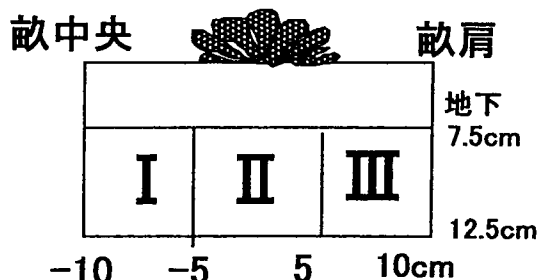
施用する窒素全量を慣行栽培の80%である10a当たり26kgとして、全面全層施肥と畝内施肥の施肥法の違いが生育、結球重に及ぼす影響について検討した。試験区は施用窒素のすべてを、①畝内にのみ施肥した畝内施肥区(以下、畝内施肥区)、②全面全層施肥で10kg、残り16kgを畝内に施肥した併用区(以下、併用区)と32kgを全面全層施肥した慣行施肥区(以下、慣行施肥区)を設けた。各試験区の基肥の施肥は、2002年9月23日に行い、全面全層には尿素入り硫加磷安48号、畝内施肥、慣行施肥には試験1と同じ肥料を用い、10a当たり①畝内施肥区が窒素26kg、りん酸12kg、加里14kg、②併用区が窒素26kg、りん酸17kg、加里19kg、慣行施肥区が試験1と同量を施用した。畝内施肥は散布幅を13cmで施用した。慣行施肥管理、育苗、定植、栽植密度、試験規模、植物体の生育、収穫調査は、試験1と同様に行った。

次に、畝内施肥に施用する緩効性肥料の種類について検討した。供試肥料は、①U社製被覆尿素肥料入り配合肥料A：K-31(以下、肥料A区とし、その他の肥料も同様に記述)、②S社製被覆尿素肥料入り配合肥料B(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=22:10:13):SR-203(速効性31%、緩効性[被覆尿素]69%)、③T社製被覆磷硝安加里肥料C(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=14:12:14):SL-424-70、④M社製イソブチルアルデヒド加工尿素肥料D(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=15:16:12):SIB-S562、⑤T社製アセトアルデヒド加工尿素肥料E(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=16:11:12):NCDUの肥料を用いた。試験区は10a当たり窒素10kgの全面全層施肥と10a当たり窒素16kgの畝内施肥を併用する5区と窒素32kgを全面全層施肥した慣行施肥区(第1表)を設けた。全面全層施肥には尿素入り硫加磷安48号、慣行施肥には試験1と同じ肥料を用い、10a当たり施用肥料成分は①肥料A区が窒素26kg、りん酸17kg、加里19kg、②肥料B区が窒素26kg、りん酸17kg、加里19kg、③肥料C区が窒素26kg、りん酸24kg、加里26kg、④肥料D区が窒素26kg、りん酸27kg、加里18kg、⑤肥料E区が窒素26kg、りん酸21kg、加里22kg、慣行施肥区は試験1と同量を施用した。栽植密度、試験規模、植物体の調査、収穫調査、土壌中の硝酸態窒素含量調査は、試験1と同様に行った。被覆肥料A、B、Cの窒素溶出率については、栽培期間中に畝土壌から被覆肥料を100粒拾い上げ、残存窒素成分を測定

**第1表 供試肥料の種類と窒素施肥量**

NO	全面全層肥料	畝内施肥肥料	N施肥量(10a当たり)		
			全面全層	畝内施肥	計
			kg	kg	kg
①	硫加磷安	A:K-31	10	16	26
②	硫加磷安	B:SR-203	10	16	26
③	硫加磷安	C:SL-424-70	10	16	26
④	硫加磷安	D:SIB-S562	10	16	26
⑤	硫加磷安	E:NCDU	10	16	26
⑥	慣行施肥				32

注) 1. A:K-31(U社製:N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=18:8:10)  
 2. B:SR-203(S社製:N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=22:10:13)  
 3. C:SL-424-70(T社製:N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=14:12:14)  
 4. D:SIB-S562(M社製:N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=15:16:12)  
 5. E:NCDU(T社製:N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=16:11:12)



**第1図 土壌の採取位置**

**第2表 定植33日後の土壌中硝酸態窒素分布**

吐出口の横幅 (畝内施肥)	I	II	III	平均値
	畝中央	株直下	畝肩	
13cm	6.2 mg	9.1 mg	7.6 mg	7.6 mg
8cm	4.4 mg	13.4 mg	4.1 mg	7.3 mg
3cm	2.1 mg	15.9 mg	2.5 mg	6.8 mg
慣行施肥	4.5 mg	4.9 mg	4.6 mg	4.7 mg

注) 1. 乾土100g当たり。  
 2. 畝内施肥は全量基肥N26kg/10a、慣行は全面全層N32kg/10a(基肥22kg+追肥5kg+追肥5kg)。

して溶出率((初期含有窒素量-残存窒素量)÷初期含有窒素量×100)を算出した。

**結果および考察**

**試験1：畝内施肥における肥料の散布幅が生育、結球重に及ぼす影響**

定植45日後に土壌を断片状に分割して採取し(第1図)、横幅3cm、8cm、13cm区の畝内土壌中の硝酸態窒素を調査した結果を第2表に示した。慣行施肥区では硝酸態窒素が株直下のIIに乾土100g当たり4.9mg、株直下から横5~10cm範囲のI、IIIの位置に4.5、4.6mg存在した。横幅13cm区ではI、IIIの位置に6.2、7.6mg存在した。しかし、幅が最も狭い横幅3cm区ではIIに15.9mgと多

量に存在したが、I, IIIには2.1, 2.5mgと少量しか含まれていなかった。一方、横幅8cm区は横幅13cm区と横幅3cm区の間中間的な値を示した。

局所施用で一般的な肥料散布幅である横幅3cmでは土壌中の硝酸態窒素は株元直下に多量に含まれるが、株から離れると含有量が顕著に少なく、横幅13cmの範囲に施肥することにより植物体を中心に均一に硝酸態窒素が分布することが明らかになった。

肥料吐出口の横幅と生育、収量との関係についてみると、11月12日の株張りは、畝内施肥では横幅13cm区が横幅3cm区に比べて大きい値を示した。結球重には試験区間で有意差が認められなかったが、横幅13cm区で重くなる傾向があった。収穫最盛期は慣行施肥区に比べて横幅13cm区が2日、横幅8cm区で3日、横幅3cm区で5日遅れ、局所施用では横幅13cm区が最も早かった(第3表)。

以上のことから、肥料吐出口の横幅を広げ、肥料散布幅を横幅13cmとすることで収穫は全面全層施肥よりも遅れるが、冬出しキャベツの生育が安定することが明らかになった。

**試験2：施肥法、肥料の違いが生育、結球重に及ぼす影響**

横幅13cmの範囲で畝内施肥を行った場合、慣行施肥区に比べて収穫最盛期が遅くれるため、初冬出し栽培で確

**第3表 肥料吐出口の横幅とキャベツの生育、結球重**

吐出口の横幅	11月12日	結球重	収穫最盛期
	株張り		
13cm	59.6ab	1,252	3.16
8cm	58.7b	1,126	3.17
3cm	55.5c	1,021	3.19
(対照)慣行	60.2a	1,280	3.14
有意差	*	ns	—

注) 1. 品種は「大寒大御所」、2002年9月26日定植。  
 2. 畝内施肥は全量基肥N26kg/10a (K-31 (U社製：N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=18:8:10) 速効性50%被覆尿素50%) を使用。慣行施肥は基肥22kg+追肥5kg+追肥5kg。  
 3. Tukeyの多重検定により異文字間に5%水準で有意差あり。

**第4表 冬出し栽培における施肥法と生育、結球重**

全面全層施肥	畝内施肥	合計	10月24日	結球重	収穫最盛期
			株張り		
kg	kg	kg	cm	g	月日
0	26	26	41.9b	1,252	3.16
10	16	26	43.2a	1,281	3.14
(対照)慣行施肥	32		43.2a	1,280	3.14
有意差			*	ns	—

注) 1. 品種、定植日は第3表と同じ。  
 2. 施肥は、全面全層施肥10kg/10a (作畝前に硫加燐安48 (16-16-16)) と畝内施肥 (K-31 : N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=18:8:10) を施用。慣行施肥は全面全層施肥。  
 3. Tukeyの多重検定により異文字間に5%水準で有意差あり。

立した畝内施肥と全面全層施肥とを併用することで収穫最盛期を早められないか、施肥法を検討した。10月24日の株張りは、併用区が畝内施肥区に比べて有意に優れた。収穫期の結球重は、試験区間に有意な差は認められなかったが、併用区の収穫最盛期は慣行施肥区と同等で、畝内施肥区は併用、慣行施肥区に比べて2日遅かった(第4表)。

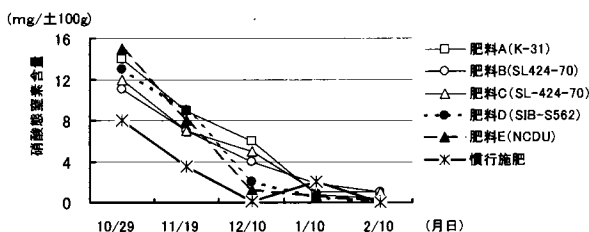
次に、冬出し栽培に適した緩効性施肥の種類を選定するために窒素成分の溶出が温度による影響を受けにくい肥料及び硝酸態窒素を被覆した肥料の適応性を検討した。供試した肥料Aは尿素の表面をアルカリ物質とオレフィン系樹脂で被覆しており、ほ場施用後の吸水によって生成されたアルカリ溶液がオレフィン系樹脂に大きな溶出路を形成して窒素を溶出する肥料、肥料Bは尿素の表面をポリウレタン樹脂で被覆しており、被覆膜の厚さが薄いために大きな溶出路が形成しやすくなり溶出性が向上する肥料、そして肥料Cはキャベツが主に吸収する硝酸態窒素を含む燐硝安加里を被覆した肥料、肥料Dは尿素とインブチルアルデヒドを酸性条件下で縮合させたインブチルアルデヒド縮合尿素 (IBDU) を含有し、水に緩やかに溶けて加水分解して尿素を分離する肥料、肥料Eは尿素とアセトアルデヒドを酸性条件下で縮合させたアセトアルデヒド縮合尿素 (CDU) を含有し、加水分解と微生物分解の両作用によってアンモニアとなる肥料である。

10月24日の株張りは、肥料A, B区が肥料D, E区に比べ

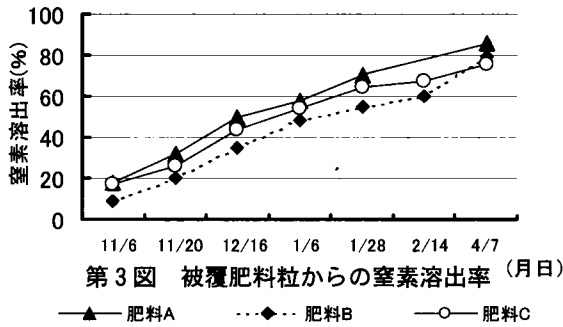
**第5表 冬出し栽培における緩効性肥料の種類、生育、結球重**

NO	全面全層肥料	(畝内施肥) 緩効性肥料	10月24日	12月9日	アトシ	結球重	収穫最盛期
			株張り	株張り			
			cm	cm		g	月日
①	硫加燐安	A : K-31	44.7a	71.2a	1.5	1,281	3.15
②	硫加燐安	B : SR-203	43.5a	68.8ab	1.0	1,312	3.15
③	硫加燐安	C : SL-424-70	41.6ab	66.4bc	1.0	1,291	3.15
④	硫加燐安	D : SIB-S562	37.4c	62.0c	2.0	1,180	3.17
⑤	硫加燐安	E : NCDU	39.5b	63.3c	2.0	1,217	3.17
⑥	慣行施肥		42.2ab	68.8ab	1.0	1,289	3.15
有意差			*	*	—	ns	—

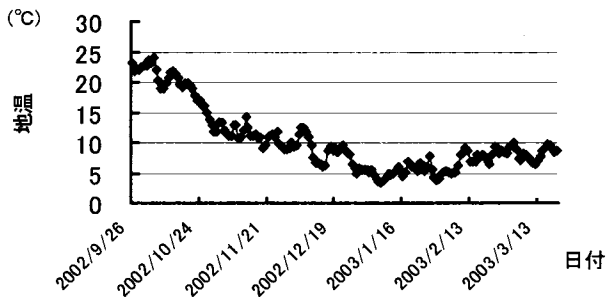
注) 1. 品種、定植日は第3表と同じ。  
 2. 慣行施肥の10a当たり窒素施用量は基肥22kg追肥5kgを2回施用。  
 3. アトシアン発生程度は、2003年2月10日に発生程度を0(無)~5(甚)に分類して調査。  
 4. Tukeyの多重検定により異文字間に5%水準で有意差あり。



**第2図 乾土100g中の硝酸態窒素含量**



第3図 被覆肥料粒からの窒素溶出率 (月日)



第4図 栽培期間中の地温

て有意に優れた。12月9日の株張りは、肥料A, B区, 慣行施肥区が肥料D, E区に比べて有意に優れた。収穫1ヵ月前にあたる2月10日のアントシアンが発生程度は、肥料B, C区が1.0と慣行施肥区と同等で、肥料D, E区は2.0と発生が多く、下葉枯れも他の試験区に比べて多く見られた(第5表, 一部データ略)。結球重には、試験区間で有意な差はなかったが、収穫最盛期は肥料A, B, C区が慣行施肥区と同等で、肥料D, E区は2日遅かった(第5表)。

キャベツは外葉の生長期に窒素の吸収量が高く、結球期以降は緩慢となるため、窒素は生育初期から不足しないように外葉形成期の初期に追肥を重点に行う必要がある<sup>17)</sup>。したがって、慣行の施肥法では10月と11月下旬に追肥を施用している。そこで、生育に大きく影響する10月以降の土壤中の硝酸態窒素含量を調べた。10月29日, 11月19日の土壤中の硝酸態窒素は、肥料A, B, C, D, E区で同等の値を示したが、12月10日の硝酸態窒素含量は、肥料A, B, C区が肥料D, E区に比べて高い値を示した(第2図)。また, A, B, Cの肥料は低温期でも窒素の溶出が継続した(第3図)。栽培期間中の日平均地温は、10月下旬に15°C以下となり、11月下旬から10°C前後で1ヵ月間推移し、12月下旬から10°C以下となった(第4図)。

肥料A, B, C区は地温10°C前後で経過した11月下旬から1ヵ月間も肥料の溶出が15%程度みられるため、12月上旬の土壤中の硝酸態窒素は比較的高い濃度になったと考えられる。

今回、供試した緩効性肥料は、尿素、磷硝安加里の表面を被覆した肥料A, B, Cと、肥料自体が緩効的肥効を示すように化学的に加工された化学合成緩効性肥料D, Eとに分けられる。肥料D及びEは加水分解及び加水分解と微生物分解によって無機化された後、アンモニア化成、硝酸化成されるが、この無機化には地温が影響すること

が報告<sup>9)</sup>されている。今回の実験で肥料D, E区の低温期の硝酸態窒素含有量が低いのは、低地温が加水分解、微生物分解を抑制したためと推察される。

以上の結果から、キャベツの冬出し栽培において、全面全層施肥法と肥料を広範囲に散布できる畝内施肥器(本県開発)を用いた畝内施肥法を併用して、畝内施肥に低温期の成分の溶出が優れる被覆尿素肥料入り配合肥料A: K-31, 被覆尿素肥料入り配合肥料B: SR-203, 被覆磷硝安加里肥料C: SL-424-70の緩効性肥料を利用することにより、全窒素施用量を20%減肥しても慣行の施肥法と同時期に収穫でき、同等の結球重が得られることが明らかとなった。

前回の報告でキャベツの初冬出し(年内出し)栽培、そして今回、冬出し栽培において慣行の2割減肥が可能で適肥料の選定と施肥法を明らかにしたが、福岡県減化学肥料認証制度では県基準の化学肥料施用量(窒素成分)5割減を掲げており、今後は成型堆肥等の使用など、更なる減肥技術の開発が求められている。

## 引用文献

- 1) 長谷川進・加藤 淳・鎌田賢一(1991) 野菜におけるペースト肥料の効率的施肥技術(第3報)はくさいに対する側条施肥法の開発. 北海道農試報告58: 4.
- 2) 保科次男(1997) 施肥技術の基本—水質問題と施肥技術. 農業技術体系. 土壌施肥6, 農山漁村文化協会, P8~12.
- 3) 石塚喜明・林満・尾形昭逸・原田勇(1964) 畑作物に対する施肥位置に関する研究(第3報)各種作物根系の特性とそれにおよぼす各種肥料濃度の影響. 土肥誌35: 159~164.
- 4) 加藤 淳・桃野 寛・鎌田賢一(1991) 野菜におけるペースト肥料の効率的施肥技術(第1報)ダイコンに対する側条施肥法の開発. 北海道農試報告58: 3.
- 5) 小出哲哉・伊藤武志(1998) キャベツにおけるセル培養土内基肥施用法の確立. 愛知農総試研報. 30: 145~152.
- 6) 栗原 淳(1984) 植物栄養・土壌・肥料大事典. 養賢堂, 東京. P1100~1122.
- 7) 日下昭二・渡辺和彦・今井太磨雄・山田和雄・西山久代・宗野重徳(1970) 施肥位置と窒素の動態について. 兵庫県農試研報18: 35~38.
- 8) 草川知行・吉井幸子(1993) 条施肥畝立て機を利用したキャベツの減化学肥料栽培. 園学雑誌67別2: 295.
- 9) 草川知行・吉井幸子・高橋 強(1999) 条施肥畝立て機を利用したキャベツの減化学肥料栽培. 千葉農試研報. 40: 1~8.
- 10) 森山友幸・井手 治・石坂 晃(2004) 幅広型畝内施肥器の開発と開発器を使ったキャベツの初冬出し栽培における減肥技術. 福岡農総試研報23: 48~53.
- 11) 永井 茂(1990) 地下水の汚染実態とその対策. 労働の科学. 45, 8~12.
- 12) 大川浩司・林 悟朗(1998) 機械利用によるうね内

- 条施肥法がキャベツの生育斉一化と肥料の利用効率に及ぼす影響. 愛知農総試研報**30**: 157~162.
- 13) 小川吉雄・石川 実・吉原 貢・石川昌男 (1979) 畑地からの窒素の流出に関する研究. 茨城県試特別研報. **4**: 1~71.
- 14) 白井一則・井上恒久 (1999) 被覆尿素の施肥位置が秋冬作キャベツ (年明け採り) の生育に及ぼす影響. 愛知農総試研報. **31**: 121~130.
- 15) 豊田一郎・伊藤敏彦・山田良三・沖村逸夫 (1981) 畑地からの栄養塩類の流出. 愛知農総試研報. **13**: 467~476.
- 16) 塚田元尚 (1997) 野菜・種類別の施肥技術ーキャベツー. 農業技術体系. 土壌施肥 6, 農山漁村文化協会, P221~226.
- 17) 山田和義・梅宮善章・山田昌彦・小松憲一・吉田清志 (1994) 全面マルチ栽培のレタス, ハクサイにおける収量, 窒素吸収及び土壌無機窒素に対する全面施肥と条施肥の比較. 長野中信農試報告**12**: 47~60.