

緩効性肥料を用いた全量基肥施用栽培における キャベツの簡易な栄養診断技術

濱中 正人・吉澤 克彦・大谷 博実

The Simple Diagnosis of Nitrogen Nutrition in cabbage on the use
of slowly available fertilization.

Masato HAMANAKA, Katsuhiko YOSHIZAWA, and Hiromi OTANI

キーワード：キャベツ，栄養診断，緩効性肥料

緩効性肥料を用いたキャベツの全量基肥栽培における，結球始期の簡易な栄養診断技術について検討した。

- 1) 春まき栽培では球径4 cm程度，夏まき栽培では球径8～10 cm程度の時期において，キャベツの葉柄汁液中の硝酸態窒素濃度は，収穫時の球重と相関があった。
- 2) 春まき栽培において，球径4 cm程度の時期に葉柄汁液中の硝酸態窒素濃度が1,800 ppm以上あれば追肥の必要がなく，1,500 ppm程度であれば追肥が5 kg N/10a程度必要であった。
- 3) 夏まき栽培において，球径8～10 cm程度の時期に葉柄汁液中の硝酸態窒素濃度が2,300 ppm以上あれば追肥の必要がなく，1,800 ppmであれば球重が10%程度低下し，1,400 ppmであれば20%程度低下した。

1. 緒 言

滋賀県の野菜生産は，大半が琵琶湖集水域で行われており，過剰施肥による窒素やリン酸の流亡が問題視されている。キャベツ栽培においても，水稻に比べ施肥量が多く，施肥の合理化が求められている。

滋賀県大中干拓地におけるキャベツ栽培は，水稻との複合経営が多く，主に水稻-麦-キャベツの田畑輪換が行われている。当地区では，一戸当たりの栽培面積が大きく，全自動定植機の導入など，機械化が進んでいる。

緩効性肥料は，一度に多量施用しても濃度障害が起こりにくく，肥効が持続するので基肥に施用すれば，追肥を省くこともでき，降雨による肥料の溶脱流亡も少ない特徴がある。このため，施肥の合理化，環境への負荷軽減の観点から期待が高い肥料である¹⁾。

当地区においても，追肥施用の労力軽減を図るため，

緩効性肥料による全量基肥栽培が普及しつつある。しかし，土壌条件の違いや気象，降雨条件の影響による結球期の肥料切れを防ぐため，慣行的に追肥が施用されることがあり，労力面だけでなく，過剰施肥が懸念される。

栄養診断は簡易で迅速性が求められるが，平板電極式携帯用イオンメータ（以下，コンパクトイオンメータとする）は，このような要望の中から近年開発され，リアルタイムに栄養診断する技術が開発されつつある^{4), 5)}。

そこで，緩効性肥料を全量基肥施用するキャベツ栽培において，キャベツの葉柄基部汁液中の硝酸態窒素濃度をコンパクトイオンメータを用いて簡易に測定し，結球始期の追肥の要否を迅速に診断する技術を確立し，施肥の合理化を図ると共に，環境への負荷を軽減する技術の確立を試みた^{2), 3)}。

*平成7年10月28日逝去

2. 材料および方法

汁液分析のための葉の採取部位は、採取後のキャベツの生育に大きな影響のないように、地面に対して30°程度傾いている中位の外葉（黄化していない外葉で下位から5～7葉程度に当たる）とした（写真1）。1株から1枚ずつ中位葉を採取して、5～10株から採取した。採取した外葉の葉柄基部を約10cmの長さにカッターで切り取り、さらに2cm程度に細断し、ニンニク絞り器で切り取った葉柄基部を絞り、汁液を採取した。この汁液を10倍に希釈し、コンパクト硝酸イオンメータで測定した（写真2、図1）。コンパクト硝酸イオンメータはあらかじめ二標準液で補正を行い、この標準液の間に測定値が入るように希釈倍率を変える。表示される値は、硝酸イオンの値であるため、0.226倍して硝酸態窒素の値を算出した。

生育調査は、結球が開始したときに行い、最大葉の葉長と葉幅、結球部の径、外葉数、葉色を測定した。

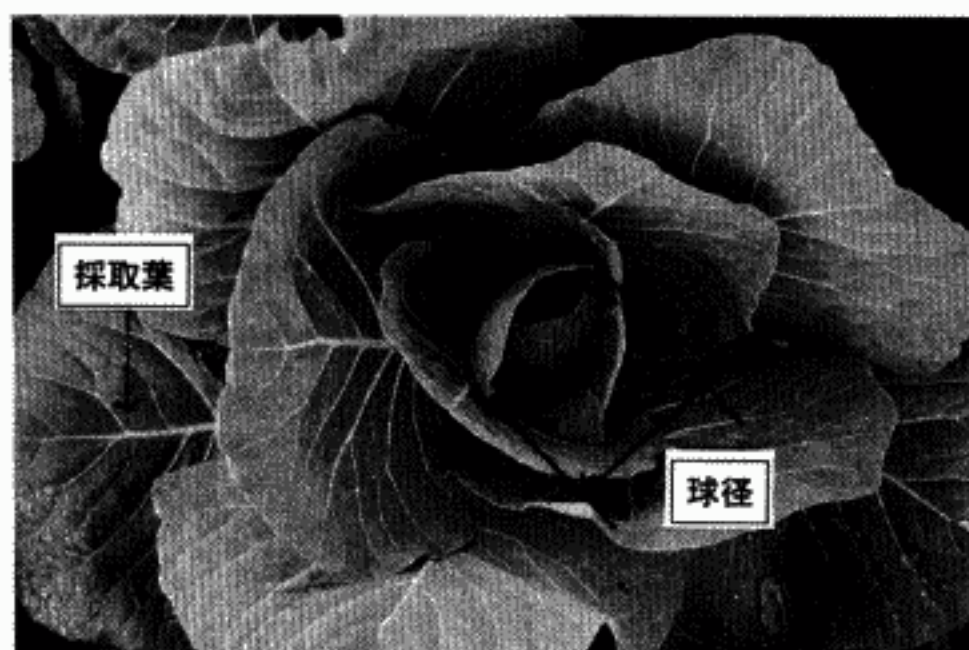


写真1 葉柄採取位置と結球部の測定部位

また、結球開始期から1週間毎に葉柄汁液中の硝酸態窒素濃度をコンパクト硝酸イオンメータで継続的に測定した。収穫調査は、結球部の球径と球高、全重量と球重、最大葉の葉長と葉幅、外葉数を測定した。

2. 1 [試験Ⅰ]春まき栽培における栄養診断

試験区は表1に示した。場内野菜ほ場（土壌：中粗粒灰色低地土、加茂統）において1996年に試験を行った。品種は「南宝」（タキイ）を用い、ポット育苗した苗を5月31日に定植した。株間は40cmの2条植え、うね幅は1.5mとした。基肥は5月10日にCDUタマゴ化成（N:P₂O₅:K₂O=12:12:12）を全層施用した。基肥量が0, 10, 15, 20, 25, 30, 35kgN/10aの区を設けて、10～30kgN/10aの各区にはさらに追肥を行



写真2 コンパクト硝酸イオンメータと切り取った葉柄基部
注) 左からカッター、硝酸イオンメータ、葉柄基部、ニンニク絞り器

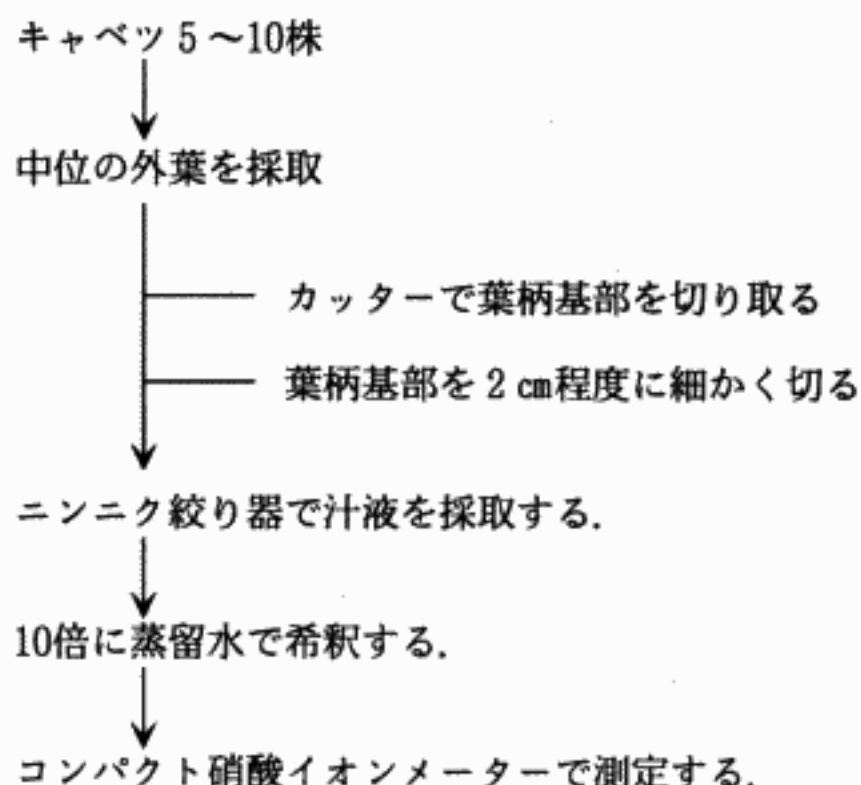


図1 葉柄汁液中の硝酸態窒素濃度の測定法

う区を設けた。追肥は7月4日（球径8cm程度）に燐硝安加里を5kg/10a施用した。

2. 2 [試験Ⅱ]夏まき栽培における栄養診断

試験区は表1に示した。供試ほ場は、場内野菜ほ場（土壌：中粗粒灰色低地土、加茂統）、場内麦跡ほ場（土壌：中粗粒グライ土、八幡統）、大中の現地麦跡ほ場（細粒グライ土、幡野統）である。供試した品種は、「YR錦秋」（増田）、「湖月」、「おきな」、「綾風」、「明德」、「綾ひかり」、「T-648」（いずれもタキイ）、「寒太鼓」（石井）の8品種で、1996,1997年の両年に行った。

いずれも、144穴（YR錦秋のみ220穴）のセルトレイを用いて育苗した。株間は30cm（場内野菜畑では33cm）の2条植え、畝幅は1.5mとした。基肥はCDUタマゴ化成（N:P₂O₅:K₂O=12:12:12）を株下に作条施用した。追肥を行った区では、燐硝安加里を5kg

表1 年次, 品種, ほ場別の試験区

作型/年次	供試品種	供試ほ場 (土壌の種類)	施肥量 (kgN/10a)	播種日 (月/日)	定植日 (月/日)
春まき栽培					
1996年	南宝	場内野菜 (中粗粒灰色低地土)	0, 10 [*] , 15 [*] , 20 [*] , 25 [*] , 30 [*] , 35	-	5/31
夏まき栽培					
1996年	Y R 錦秋	場内麦跡 (中粗粒グライ土)	0, 15 [*] , 20 [*] , 25 [*] , 30 [*] , 35	7/31	8/20
1997年	Y R 錦秋	場内麦跡 (中粗粒グライ土)	0, 15, 20, 30	7/30	8/19
	Y R 錦秋	現地麦跡 (細粒グライ土)	0, 25 [*]	7/30	8/21
	湖月	場内野菜 (中粗粒灰色低地土)	15, 30	7/30	8/19
	おきな	"	"	"	"
	綾風	"	"	"	"
	明德	"	"	"	"
	綾ひかり	"	15 [*] , 30 [*]	8/6	8/26
	T-648	"	"	"	"
	寒太鼓	場内麦跡 (細粒グライ土)	20, 30, 40	"	"
	T-648	場内野菜 (中粗粒灰色低地土)	15, 30	8/13	9/3
寒太鼓	"	"	"	"	

*) 結球始期に硝酸安加里を 5 kgN/10a 施用する区を更に設けた

N/10a 施用した。麦桿は、場内麦跡ほ場では搬出し、現地麦跡ほ場ではすき込んだ。

3. 結果

3. 1 [試験 I] 春まき栽培における栄養診断

3. 1. 1 葉柄汁液中の硝酸態窒素濃度の推移

結球開始期 (6月27日, 球径 4 cm程度) の葉柄汁液中の硝酸態窒素濃度は、0 kg区で63ppm であり、10, 15, 20kg区と基肥量が増えるにつれて、1,000, 1,300, 1,500ppm と増加したが、25~35kg区においては、基

肥量に関係なく1,800~1,900ppm で安定した。球径 8 cm程度 (7月4日, 追肥施用時) の葉柄汁液中の硝酸態窒素濃度は、0, 10, 15kg区ではそれぞれ40, 150, 600 ppm と増加するが、20~35kg区では1,200~1,400ppm で区間差は認められなかった。球径10cm程度 (7月14日) 以後の葉柄汁液中の硝酸態窒素濃度は、追肥を行わない場合、0~15kg区では210ppm 以下となったが、20kg以上の区では収穫まで600ppm 以上で推移した。追肥を行った場合、10, 15kg区では800~1,300ppm で推移したが、20~35kg区では、収穫直前を除き1,400ppm 以上の濃度で推移した (図2)。

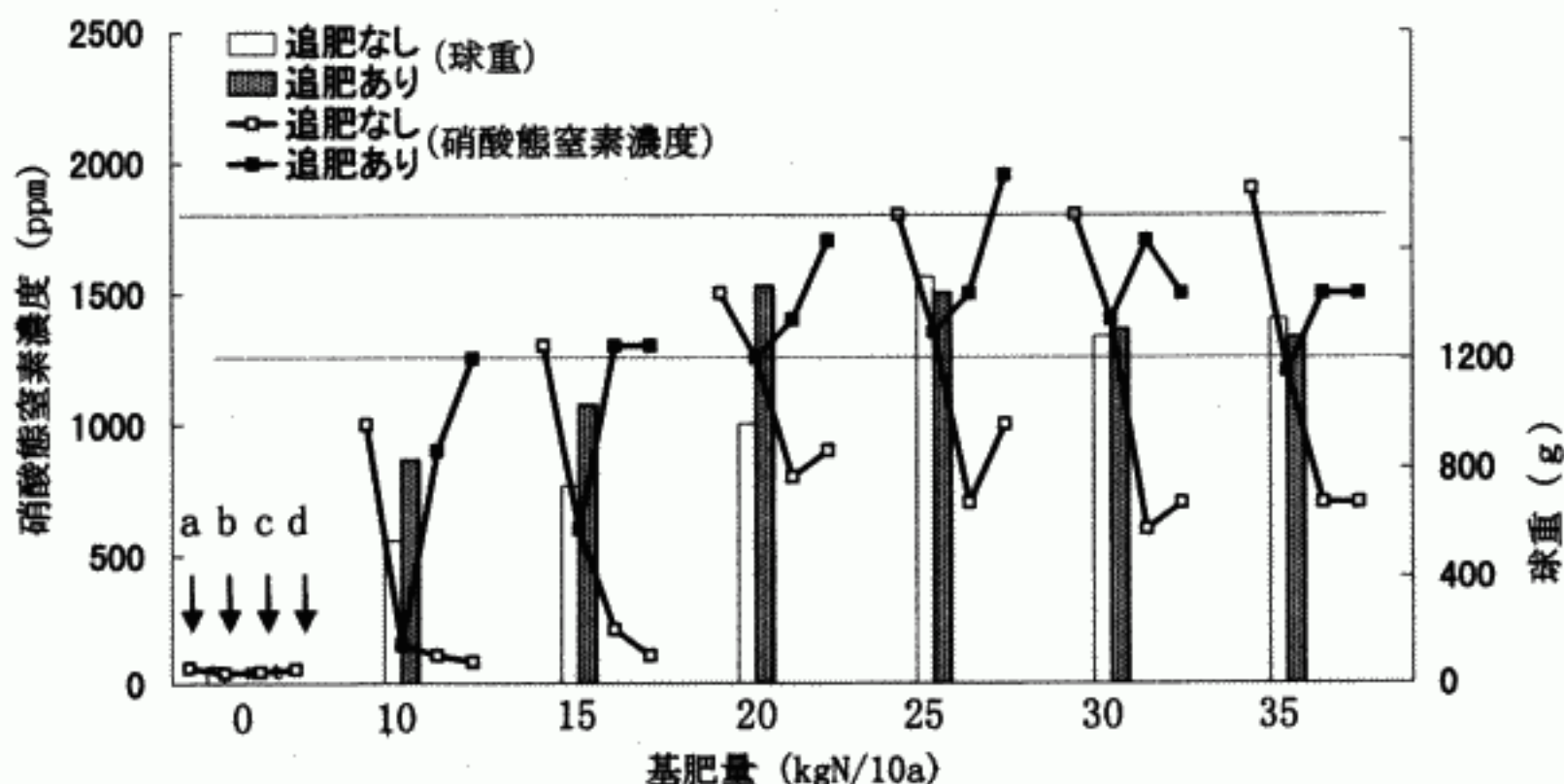


図2 葉柄汁液中の硝酸態窒素濃度の推移と収穫時の球重 (1996年, 春まき栽培)

注) a:6/27(結球開始期), b:7/4(追肥施用), c:7/11, d:7/17
n.t.: 試験区を設けていない

3. 1. 2 生育と収量

追肥時（7月4日）の生育調査では、株幅、最大葉長、最大葉幅、球径とも20kg区が優れ、0～15kg区では明らかに劣る傾向が認められた。また、基肥が20kg

表2 春まき栽培における生育調査
(追肥時、1996年7月14日)

基肥量 kgN/10a	株幅 (cm)	最大葉 (cm)		球径 (cm)
		葉長	葉幅	
0	47.6	24.6	17.9	2.8
10	65.0	34.7	28.3	6.5
15	63.0	35.8	28.9	5.8
20	84.0	40.1	32.2	8.2
25	81.5	40.7	33.5	7.5
30	77.2	37.2	31.6	8.5
35	78.6	37.5	31.1	8.1

注) 株幅は、外葉を含めた最大径を測定した

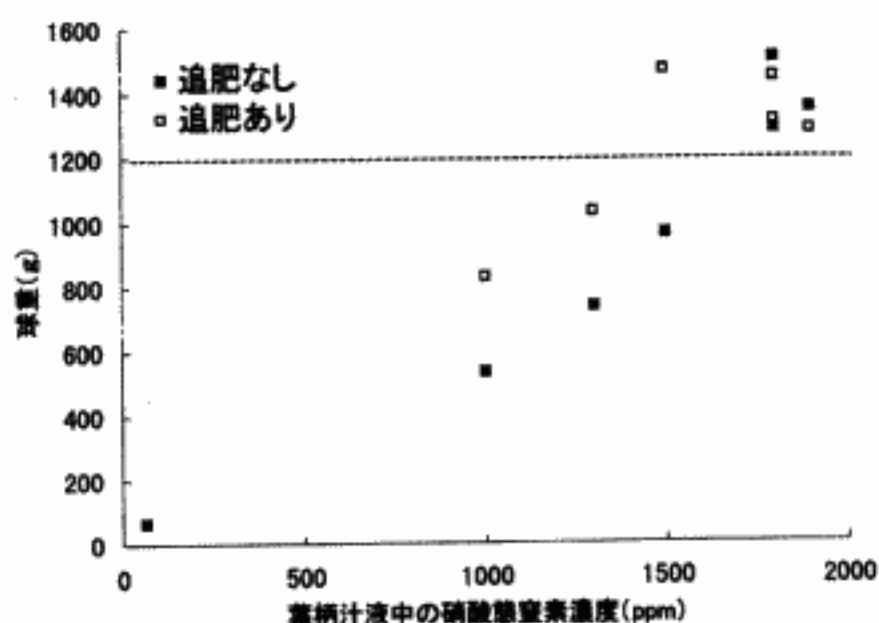


図3 春まき栽培における葉柄汁液中の硝酸態窒素濃度と収穫時の球重との関係(1996年)

注)測定時期:球径4cm

以上の区では大差なく、株幅で約80cm、最大葉長で37～40cm、最大葉幅で31～33cm、球径で7～8cmであった(表2)。

収穫時の球重は、追肥を行わない場合、0、10、15、20kg区がそれぞれ66、536、736、963gとなり、施用量が増えるとともに大きくなり、基肥が25kg以上の区では、1,200g以上の球重が得られた。追肥を行った区では、10、15kg区がそれぞれ831、1,030gであり、20kg以上の区では1,200g以上の球重が得られた(図2)。

3. 1. 3 結球始期における葉柄汁液中の硝酸態窒素濃度と収穫時の球重

球径4cm程度の時期における葉柄汁液中の硝酸態窒素濃度と収穫時の球重との間には相関があり、1,800ppm以上の濃度があれば1,200g以上の球重が得られた。1,500ppm程度であれば、追肥を行わないと963gと球重が小さくなったが、追肥を行えば1,200g以上の球重が得られた。1,300ppmを下回ると、追肥を行っても1,200g以上の球重が確保できなかった(図3)。

3. 2 [試験Ⅱ]夏まき栽培における栄養診断

3. 2. 1 葉柄汁液中の硝酸態窒素濃度の推移

(1996年)

夏まき栽培における葉柄汁液中の硝酸態窒素濃度の推移は1996年に調査し、図4に示した。結球直前(9月17日)の葉柄汁液中の硝酸態窒素濃度は、0kg区で1,500ppmとわずかに低かったが、基肥が15kg以上の区では2,100ppm以上で区間に差が認められなかった。

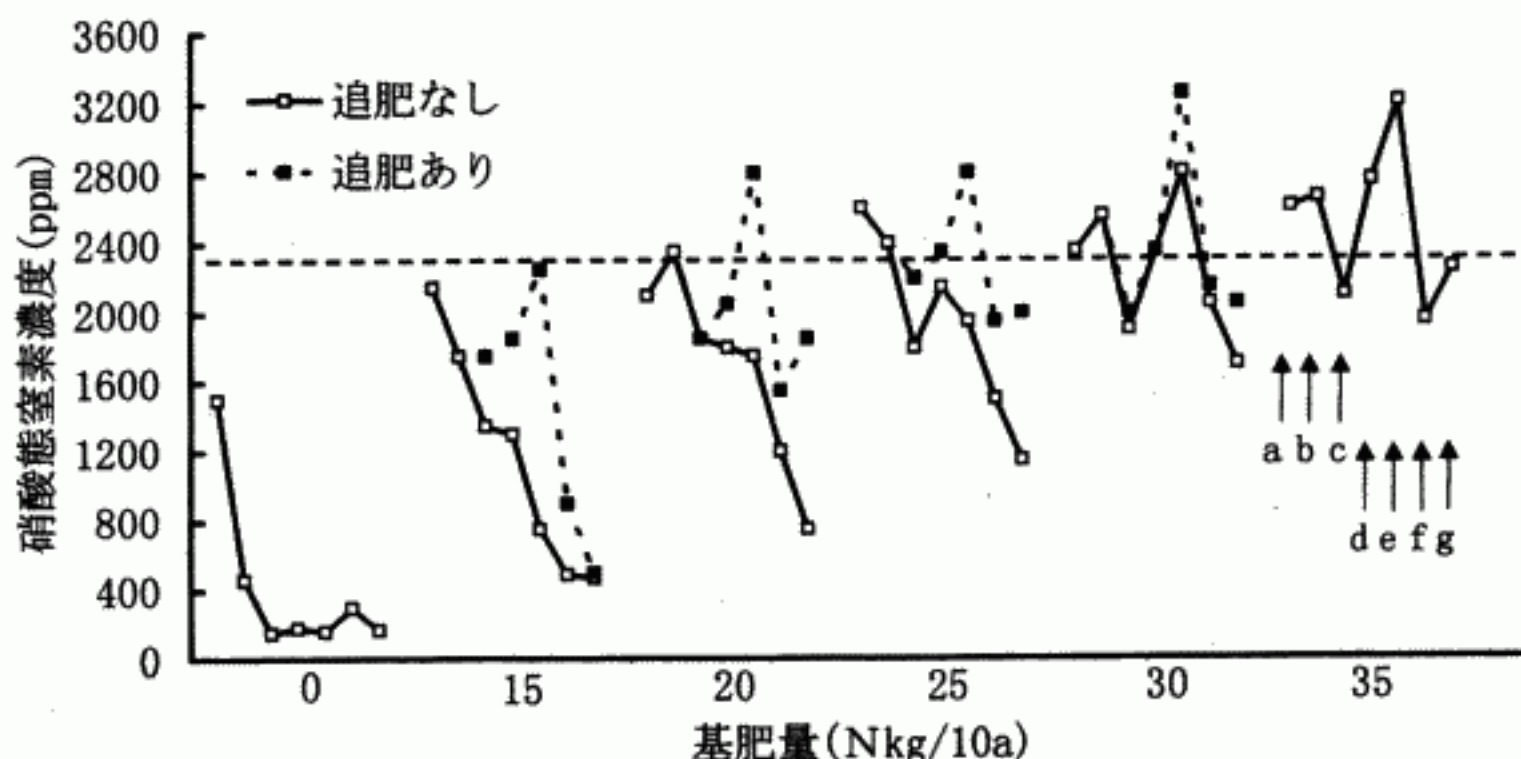


図4 葉柄汁液中の硝酸態窒素濃度の推移(1996年、夏まき栽培)

注) a: 9/17(結球2週間), b: 10/1(結球始期, 追肥施用), c: 10/8, d: 10/15, e: 10/22, f: 10/29, g: 11/6

結球開始期（球径4cm, 10月1日）の葉柄汁液中の硝酸態窒素濃度は、0kg区では460ppm, 15kg区で1,750ppm, 20kg以上の区では2,300ppm以上で差がなかった。球径6~8cm（10月8日）以後においては、追肥を行わない場合、0kg区では100~300ppmで推移し、15kg区では10月8日~15日で約1,300ppm, 10月22日以後は750ppm以下と順次減少した。20kg以上の区では10月22日まで1,700ppmを下ることはなかった。追肥を行った場合、全ての区において、10月22日まで1,700ppmを下ることはなかった。

3. 2. 2 生育と収量

1996年は結球直前に、1997年は結球始期に生育調査

を行った。1996年の結球直前（9月26日）の生育調査では、株幅、最大葉長、最大葉幅、球径とも0kg区で劣ったが、その他の区では区間に大差なく、最大葉長で約30cm, 最大葉幅で24~28cm, 球径で約2cmであった。

1997年の結球始期の生育調査では、YR錦秋（現地麦跡ほ場・細粒グライ土）の0kg区では明らかに生育が劣っていたが、他の作では施肥量の違いによる葉長、葉幅、球径、葉色に差は認められなかった。球径4~7cm程度の1回目の生育調査では、葉柄汁液中の硝酸態窒素濃度は、YR錦秋（現地麦跡ほ場・細粒グライ土）の0kg区で1,080ppmと低かったが、その他の品

表3 夏まき栽培における生育調査

年次	試験区	基肥+追肥 (kg/10a)	供試ほ場	生育調査1					生育調査2				
				最大葉 (cm) 葉長 葉幅	球径 (cm)	葉色 (SPAD)	NO ₃ -N (ppm)	調査月日	球径 (cm)	葉色 (SPAD)	NO ₃ -N (ppm)	調査月日	
1996													
	YR錦秋	0kg	麦跡・中グライ	21.9	18.5	1.3	54.9	-	9/26				
	"	15kg	麦跡・中グライ	30.2	28.1	1.9	59.9	-	9/26				
	"	20kg	麦跡・中グライ	29.7	26.4	1.9	59.0	-	9/26				
	"	25kg	麦跡・中グライ	29.4	25.9	2.1	60.5	-	9/26				
	"	30kg	麦跡・中グライ	29.8	26.4	2.2	59.5	-	9/26				
	"	35kg	麦跡・中グライ	27.8	23.8	1.8	58.7	-	9/26				
1997													
	YR錦秋	0kg	麦跡・中グライ	29.5	21.3	4.0	50.3	1080	9/24	6.3	49.0	340	10/3
	"	10kg	麦跡・中グライ	34.5	25.0	4.5	55.5	1810	9/24	8.4	54.5	1630	10/3
	"	20kg	麦跡・中グライ	30.7	24.8	4.4	54.0	1810	9/24	6.9	56.0	2120	10/3
	"	30kg	麦跡・中グライ	30.2	24.0	4.1	52.9	1920	9/24	6.4	54.3	1960	10/3
	YR錦秋	0kg	麦跡・細グライ	25.7	18.7	4.0	52.4	2330	9/30	3.8	51.1	1720	10/7
	"	25kg	麦跡・細グライ	31.7	24.1	5.5	55.8	2820	9/30	5.8	57.4	2660	10/7
	"	25+5kg	麦跡・細グライ	-	-	-	-	-	9/30	6.8	57.4	3120	10/7
	湖月	15kg	野菜畑・中灰	32.5	24.3	6.4	56.3	1960	9/24	8.4	58.0	1400	10/3
	"	30kg	野菜畑・中灰	34.1	25.9	4.7	50.6	2170	9/24	8.1	57.2	2550	10/3
	おきな	15kg	野菜畑・中灰	36.6	25.6	5.0	54.0	1920	9/24	7.5	57.4	1920	10/3
	"	30kg	野菜畑・中灰	34.3	24.3	4.6	52.0	2190	9/24	8.0	55.9	1920	10/3
	綾風	15kg	野菜畑・中灰	33.4	26.3	6.7	53.8	1920	9/24	10.3	55.6	1220	10/3
	"	30kg	野菜畑・中灰	35.2	29.3	6.8	54.7	2010	9/24	9.6	56.2	2550	10/3
	明德	15kg	野菜畑・中灰	35.7	29.4	6.0	53.4	1810	9/24	8.0	55.7	1310	10/3
	"	30kg	野菜畑・中灰	30.9	25.7	5.1	53.2	2190	9/24	8.5	54.2	2460	10/3
	綾ひかり	15kg	野菜畑・中灰	36.7	27.4	6.4	54.5	1720	10/1	8.7	53.6	750	10/9
	"	15+5kg	野菜畑・中灰	-	-	-	-	-	10/1	9.4	56.1	1600	10/9
	"	30kg	野菜畑・中灰	35.4	30.1	6.0	53.6	1740	10/1	8.8	56.0	2120	10/9
	"	30+5kg	野菜畑・中灰	-	-	-	-	-	10/1	9.4	59.6	2640	10/9
	T-648	15kg	野菜畑・中灰	33.4	29.0	5.6	51.2	1650	10/1	7.9	52.3	2030	10/9
	"	15+5kg	野菜畑・中灰	-	-	-	-	-	10/1	7.7	52.7	2080	10/9
	"	30kg	野菜畑・中灰	33.4	29.2	4.7	48.9	1960	10/1	7.4	52.9	2240	10/9
	"	30+5kg	野菜畑・中灰	-	-	-	-	-	10/1	7.7	51.6	2150	10/9
	寒太鼓	20kg	麦跡・中グライ	37.4	27.1	4.6	60.4	2210	10/2	6.4	63.4	2350	10/9
	"	30kg	麦跡・中グライ	34.1	24.3	3.9	61.4	2150	10/2	5.4	64.5	2210	10/9
	"	40kg	麦跡・中グライ	32.7	24.3	4.2	61.9	2190	10/2	4.9	62.7	2080	10/9
	T-648	15kg	野菜畑・中灰	40.4	30.3	6.4	53.3	2000	10/15	8.6	61.9	1420	10/24
	"	30kg	野菜畑・中灰	40.7	30.4	5.2	51.9	2190	10/15	8.0	65.2	1990	10/24
	寒太鼓	15kg	野菜畑・中灰	41.1	28.9	6.2	60.3	2170	10/15	8.1	71.5	1420	10/24
	"	30kg	野菜畑・中灰	40.7	29.9	5.9	63.4	2210	10/15	8.3	74.0	2010	10/24

注) 中グライ: 中粗粒グライ土、細グライ: 細粒グライ土、中灰: 中粗粒灰色低地土

種・試験区では、施肥量による差は少なく1,600ppm以上であった。1回目の生育調査より7～9日後の2回目の生育調査では、Y R 錦秋（現地麦跡ほ場・細粒グライ土）の0 kg区を除いて、施肥量による球径、葉色の差は認められなかったが、葉柄汁液中の硝酸態窒素濃度は300～3,100ppmと大きく差が開いた（表3）。

1996年の収穫時の球重は、追肥を行わない場合、0 kg区では62gと明らかに劣り、15kg区では1,346gであった。20kg以上の区では大差なく、1,500g以上の球重が得られた。また、追肥を行った場合は、全区で1,500

g以上の球重が得られた。

1997年の収穫調査では、0 kg区では明らかに収量が劣り、30kg区と比較した収量指数は30に達しなかった。10～20kg区では、収量指数で57～95であった。15kg区で追肥を行った場合は、明らかに収量が増加したが、基肥30kg区で追肥を行った場合は、追肥による球重の増加は認められなかった（表4）。

3. 2. 3 結球期における葉柄汁液中の硝酸態窒素濃度と収穫時の球重

球径8～10cm程度の時期における葉柄汁液中の硝酸

表4 夏まき栽培における収穫調査

年次/試験区	基肥+追肥 (kgN/10a)	供試ほ場・ 土壌の種類	全重 (g)	球重 (g)	収量指数	球高 (cm)	球径 (cm)	調査日
1996								
Y R 錦秋	0 kg	麦跡・中グライ	262	62	4	7.8	7.8	11/12
"	15kg	麦跡・中グライ	2135	1346	82	12.2	19.2	11/12
"	15+5 kg	麦跡・中グライ	2490	1582	96	11.1	19.4	11/12
"	20kg	麦跡・中グライ	2516	1584	96	11.0	19.4	11/12
"	20+5 kg	麦跡・中グライ	2587	1684	103	11.2	19.6	11/12
"	25kg	麦跡・中グライ	2512	1658	101	11.0	20.2	11/12
"	25+5 kg	麦跡・中グライ	2495	1589	97	11.0	19.5	11/12
"	30kg	麦跡・中グライ	2647	1642	100	10.9	20.0	11/12
"	30+5 kg	麦跡・中グライ	2837	1785	109	12.6	20.9	11/12
"	35kg	麦跡・中グライ	2474	1583	96	12.3	20.0	11/12
1997								
Y R 錦秋	0 kg	麦跡・中グライ	749	317	19	9.1	11.8	11/7
"	10kg	麦跡・中グライ	1844	1043	62	11.5	16.6	11/7
"	20kg	麦跡・中グライ	2281	1353	81	12.7	18.6	11/7
"	30kg	麦跡・中グライ	2611	1672	100	13.1	19.6	11/7
Y R 錦秋	0 kg	麦跡・細グライ	996	527	28	10.5	14.2	11/28
"	25kg	麦跡・細グライ	2751	1934	101	15.6	19.9	11/28
"	25+5 kg	麦跡・細グライ	2721	1913	100	14.0	19.2	11/28
湖 月	15kg	野菜畑・中灰	1745	871	60	12.5	14.6	10/31
"	30kg	野菜畑・中灰	2720	1451	100	14.2	18.3	10/31
おきな	15kg	野菜畑・中灰	2407	1268	94	13.2	18.5	10/24
"	30kg	野菜畑・中灰	2695	1355	100	14.0	18.9	10/24
綾 風	15kg	野菜畑・中灰	1680	904	80	10.4	17.8	10/24
"	30kg	野菜畑・中灰	2439	1129	100	11.6	19.9	10/24
明 徳	15kg	野菜畑・中灰	2005	901	77	10.7	16.2	10/24
"	30kg	野菜畑・中灰	2533	1170	100	11.8	17.8	10/24
綾ひかり	15kg	野菜畑・中灰	1980	1331	57	11.7	17.9	12/1
"	15+5 kg	野菜畑・中灰	2501	1674	72	12.8	19.9	12/1
"	30kg	野菜畑・中灰	3550	2316	100	13.4	23.3	12/1
"	30+5 kg	野菜畑・中灰	3529	2278	98	13.4	22.7	12/1
T-648	15kg	野菜畑・中灰	2739	1669	75	14.2	18.5	12/1
"	15+5 kg	野菜畑・中灰	2977	1886	85	15.0	19.4	12/1
"	30kg	野菜畑・中灰	3646	2227	100	15.7	20.8	12/1
"	30+5 kg	野菜畑・中灰	3529	2169	97	15.6	20.6	12/1
寒太鼓	20kg	麦跡・中グライ	2206	1199	95	12.0	18.4	12/4
"	30kg	麦跡・中グライ	2431	1260	100	12.1	18.9	12/4
"	40kg	麦跡・中グライ	3476	1882	149	12.4	22.5	12/4
T-648	15kg	野菜畑・中灰	2428	1664	92	13.7	17.8	1/29
"	30kg	野菜畑・中灰	2960	1811	100	14.1	18.5	1/29
寒太鼓	15kg	野菜畑・中灰	2147	1291	81	11.4	18.0	1/29
"	30kg	野菜畑・中灰	2628	1591	100	11.9	20.3	1/29

注1) 中グライ：中粗粒グライ土、細グライ：細粒グライ土、中灰：中粗粒灰色低地土

注2) 収量指数：基肥30kg区の収量を100とした指数（1997年Y R 錦秋の麦跡細グライ土においては25+5 kg区を100とした指数）。

態窒素濃度と収穫時の球重（30kg区に対する収量指数）の関係を図5に示した。この時期に、葉柄汁液中の硝酸態窒素濃度が2,300ppm以上あれば、30kg区と同等の球重（収量指数100）が得られた。また、1,800ppm程度であれば収量指数が10%程度低下し、1,400ppm程度であれば収量指数が20%程度低下した。

4. 考 察

作物体の栄養診断は、外見が正常な状態における、生産低下に結びつく潜在的な障害（要素の欠乏あるいは過剰など）をとらえるところにある。そのため、体内の栄養状態を指標とする方法が採られる。作物体内の状態を正確に捉えるものとして、窒素が指標とされる。植物は、余剰な栄養分を葉や葉柄部に貯蔵する^{11, 13)}。葉柄は一般に汁液が多く、分析試料が集めやすく、硝酸態窒素の測定は容易で体内の窒素濃度と相関が高いことから、キュウリやトマトなどの果菜類では葉柄汁液中の硝酸態窒素濃度を測定することで、栄養診断が試みられている^{1, 7, 9, 10, 14)}。

キャベツでは、景山らが夏まき栽培において、葉柄汁液中の硝酸態窒素濃度が結球始期に2,000ppm、収穫始期に1,000～1,500ppmであれば良好な生育であるとしている⁶⁾。

速効性肥料を利用した栽培体系では、追肥が数回必要であり、そのため各ステージの栄養状態を診断しなければならない。緩効性肥料を利用した全量基肥施用栽培の体系では、追肥を行う場合、結球始期の1回であり、この時期の診断基準を設ければ良いと考えた。結球始期では時期が不明瞭であるため、本報では球径により生育を数値化することにした。

栄養診断は、追肥の必要性を迅速に判断できることが重要であり、簡易にすばやく行える必要がある。コンパクト硝酸イオンメータを用いた葉柄汁液の測定は、1サンプル当たり数分で測定ができ、機器の補正時間を考慮しても1時間程度で済み、キャベツの追肥施用の有無を現地においてリアルタイムに診断することが可能となった。

キャベツにおいては、春まき栽培では生育が進むにつれて、気温が上昇し、生育が加速度的に早くなるため、診断が遅れば、診断後の追肥の効果はほとんどなくなる。しかし、施肥が生育に大きく影響すると言え、正確な診断が可能であると考えられる。一方、夏

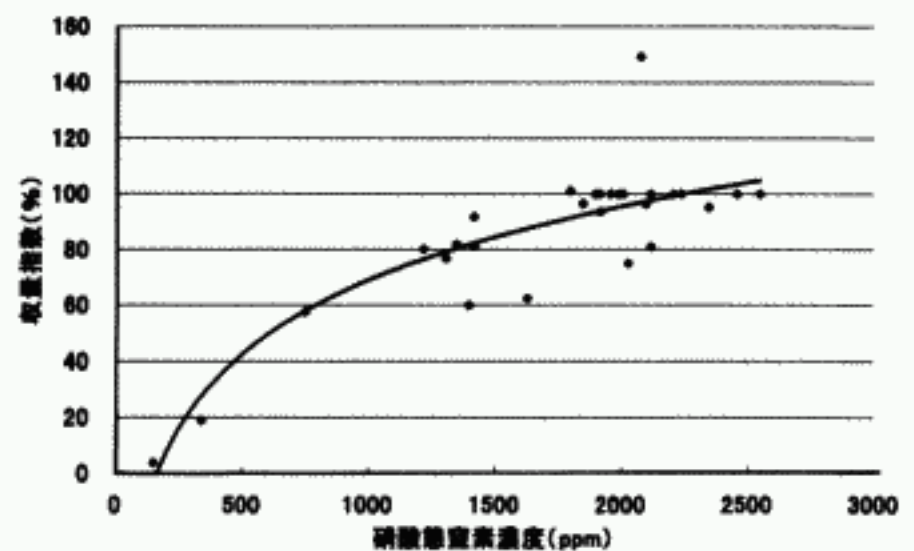


図5 夏まき栽培における葉柄汁液中の硝酸態窒素濃度と収量指数
注)測定時期:球径8～10cm

まき栽培では、結球が開始してから気温の低下と共に、生育が緩慢になり、その後の気温、降雨条件、地力窒素の影響などが大きくなり、栄養診断が難しくなると考えられる。まずは、診断が容易な春まきの作型で指標を設定しようとした。

春まき栽培では、結球の開始と共に急速に葉柄汁液中の硝酸態窒素濃度は低下し、1週間で球径が3cm程度大きくなる一方、葉柄汁液中の硝酸態窒素濃度は500ppm程度低下する。しかし、外部要因から球の肥大が抑制されると、葉柄汁液中の硝酸態窒素濃度は低下を止める。球径4cm程度の時期の硝酸態窒素濃度と収穫時の球重には相関があり、葉柄汁液中の硝酸態窒素濃度が1,800ppm以上あれば、追肥の有無による球重の変化は少なく、いずれも1,200g以上の球重が得られた。このため、この濃度が確保できれば追肥の必要がないと考えられた。また、葉柄汁液中の硝酸態窒素濃度が1,500ppm程度であれば、追肥を行わないと球重が約1,000gとわずかに減収するが、追肥を行うことによって球重1,200g以上が得られた。このため、1,500ppm程度の濃度であれば追肥を必要とし、追肥を行えば商品価値のあるキャベツが得られると考えられた。しかし、硝酸態窒素濃度が1,300ppm程度ならば追肥を行っても球重は1,200gに達せず、窒素成分で5kg/10a以上の施用量を必要とするかさらに早く追肥を行う必要があると考えられた。

夏まき栽培においては、栽培面積が多い10～11月どりで葉柄汁液中の硝酸態窒素濃度の推移を1996年に調査した。その結果、球径4cm程度の時期では、各区の生育に大きな差は認められないが、葉柄汁液中の硝酸態窒素濃度にはわずかに差が認められた。この時期に2,300ppm以上の濃度があれば追肥を必要とせず、1,800ppm程度の濃度になると追肥をしない場合は球重が1,300g程度とわずかに低下した。しかし、それ

でも小玉の消費ニーズから商品価値を有する球重が得られており、追肥が必ずしも必要とは言えなかった。

この結果より、1997年は品種を8品種（葉重型、葉数型の両品種を含む）、土壌を3種類、作型を年内どりから年明け1月どりまで設定し、様々な条件において、この診断が可能かを検討した。

葉柄汁液中の硝酸態窒素濃度は、球径4～6cm程度の時期においては各区に大きな差が認められないが、球径が8～10cm程度に達した頃より葉柄汁液中の硝酸態窒素濃度は急速に減少し、各区間の差が拡大し、この時に濃度が減少した区では収穫時の球重も劣った。このため、球径8～10cm程度の時期に栄養診断を行い、追肥の要否を判断できると考えた。また、収穫時の球重は、収穫時期や品種によって異なるため、様々な条件を一括りに判断することは困難である。基肥30kgの区において、追肥を行っても球重が増加しないことより、基肥30kgを作条施用する条件で、収穫時の球重が最大限になると考え、この収量を100とした指数で、収穫時の球重を指数化して判定をすることにした。球径8～10cmの時期において、葉柄汁液中の硝酸態窒素濃度が2,300ppm以上あれば収量指数が100以上であり、追肥を行う必要がなく、1,800ppm程度であれば追肥を行わなくても球重は10%程度の低下（収量指数90）にとどまることから、1,800ppmの濃度は追肥を行うかどうかの境界値であると考えられた。さらに、葉柄汁液中の硝酸態窒素濃度が1,400ppm程度になると球重の指数は20%程度低下する（収量指数80）ので追肥を行う必要があると考えられた。

一方、無肥料区では、葉柄汁液中の硝酸態窒素濃度が生育初期に高いものの、収量は極めて低い場合があるのは、結球初期までは生育を抑えて体内の窒素濃度を高めているものと考えられた。また、キャベツのような結球性葉菜類では外葉急速生長期に充分窒素を供給することが必要である⁸⁾。そのため、結球初期までは十分に生育を確保した上で診断を行うことが必要であると考えられる。

近年、消費者の食品の安全、安心志向から、植物体に含まれるシュウ酸や硝酸態窒素含量が問題視され¹²⁾、硝酸態窒素含量を低くする栽培法が求められている。今後、作条施肥による施肥効率の向上技術などとあわせ、人と環境に優しい技術の体系化を図る必要があると考える。

謝 辞

本試験の遂行に当たって、農業試験場栽培部大西功男部長をはじめ、環境部長谷川清善部長、藺田慶蔵氏、中嶋利幸氏から終始御指導と御協力を賜った。ここに記して、これらの方々に対して深く感謝の意を表する。

引用文献

- 1) 大谷博実：汁液濃度によるキュウリの簡易栄養診断について。滋賀農試研報22,50-55,1980.
- 2) 濱中正人：キャベツの簡易栄養診断技術にもとづく効率的施肥法。農耕と園芸(3),114-117,1997.
- 3) 濱中正人：コンパクト硝酸イオンメータを用いたキャベツの簡易な栄養診断技術。新技術(31),81-86,1997.
- 4) 平岡潔志・松永俊朗・米山忠克：平板電極式携帯用イオンメータによる土壌および作物体中の硝酸イオンとカリウムの分析。日本土壌肥料学雑誌61(6),638-640,1990.
- 5) 本多藤雄：そ菜栽培における緩効性肥料。農及園46(1),278-282,1971.
- 6) 景山美葵陽：そ菜の栄養診断-窒素を主体として-。農及園46(1),262-267,1971.
- 7) 川里宏・中枝健：イチゴの促成作型確立に関する研究（第1報）花芽分化期前後の葉柄中の硝酸態窒素濃度が花成並びに収量に及ぼす影響。栃木農試研報23,105-112,1977.
- 8) 中安信行：そ菜の時期別養分吸収と施肥。農及園46(1),273-277,1971.
- 9) 六本木和夫：果菜類の栄養診断に関する研究（第1報）葉柄汁液の硝酸態窒素濃度に基づくキュウリの栄養診断。埼玉園試報18,1-15,1991.
- 10) 六本木和夫：果菜類の栄養診断に関する研究（第2報）葉柄汁液の硝酸態窒素濃度に基づくイチゴの栄養診断。埼玉園試報19,19-29,1992.
- 11) 齊藤研二・榎本優：野菜畑における土壌管理と施肥改善に関する研究（第4報）窒素追肥施用量がキュウリ地上部の硝酸態窒素及び全糖濃度に及ぼす影響。福島農試研報27,21-27.
- 12) 孫尚穆・米山忠克：野菜の硝酸：作物体の硝酸の生理、集積、人の摂取。農及園71(11),31-34,1996.
- 13) 高橋栄一：植物栄養学序説[12]。46(6),121-124,

- 1971.
- 14) 竹下純則・古藤実：野菜の栄養診断のためのサンプリング方法の検討（第1報）トマトについて。神奈川園試研報20,67-71,1972.
- 15) 建部雅子・米山忠克：栄養診断のための小型反射式光度計システムによる硝酸および還元型アスコルビン酸の簡易測定法。日本土壌肥科学雑誌66(2),155-158,1995.

Summary

For environmental safeguarding and labor saving, we investigated a simple technique for assessing nitrogen nutrition in cabbage grown with slowly available fertilization. The results were as follows:

- 1) There is a correlation between $\text{NO}_3\text{-N}$ concentration in juice from the base of the petiole and cabbage weight at harvest.
- 2) This assessment can be done when the cabbage heads are about 4cm with Spring sowing and 8-10cm with Summer sowing.
- 3) With Spring sowing, if $\text{NO}_3\text{-N}$ concentration is over 1,800ppm, no additional fertilization is needed; if the concentration is about 1,500ppm, 5kgN/10a additional fertilization is needed.
- 4) With Summer sowing, if $\text{NO}_3\text{-N}$ concentration is over 2,300ppm, no additional fertilization is needed; if the concentration is about 1,800ppm, cabbage weight will be 10% less at harvest; if about 1,400ppm, cabbage weight will be 20% less.