

## キャベツのアスコルビン酸含有率に及ぼす 栽培条件の影響\*1

坂口 雅己\*2 中村 隆一\*3 日笠 裕治\*4

窒素施肥量や栽植密度, 被覆資材の有無などの栽培条件がキャベツのアスコルビン酸含有率に及ぼす影響を検討した。

窒素施肥量が多くなるに伴い結球重は増大したが, アスコルビン酸含有率は低下した。結球重とアスコルビン酸含有率の間には負の相関が認められた。

栽植密度が疎になるほど結球重の増大に伴うアスコルビン酸含有率の低下程度は小さくなり, 同一結球重におけるアスコルビン酸含有率が高くなった。

早春まきトンネルおよび春まき作型において被覆資材を使用した区は使用しない区に比べ結球始期の全重が増大した。また, 被覆資材使用区では結球重の増大に伴うアスコルビン酸含有率の低下程度は小さく, 同一結球重におけるアスコルビン酸含有率が高かった。トンネルの使用期間が長くなると同一結球重における糖含有率が低下した。

以上の結果, キャベツのアスコルビン酸含有率は栽植密度を疎にすることや被覆資材を使用し初期生育を促進させることにより高めることができた。

### 結 言

北海道におけるキャベツの作付け面積は1999年度で2,320ha, 収穫量は82,200tである<sup>1)</sup>。道内産キャベツの東京および大阪市場における占有率は近年下降傾向にあり, この占有率を復活させるには安定供給と一層の品質向上が求められる。

キャベツの品質評価項目は外観のほかテクスチャー, 内部成分などがあげられ, 内部成分のうち糖については糖含有率向上のための窒素栄養診断と施肥法が報告されている<sup>2)</sup>。

本研究では三次機能性成分として注目されているアスコルビン酸(ビタミンC)について検討した。道南地域において行った実態調査では6, 7月に収穫されたキャベツのアスコルビン酸含有率は34~47mg/100gFWの範囲にあり, 平均値は42mg/100gFWで四訂版日本食品成

分表の値44mg/100gFWよりやや低かった<sup>3)4)</sup>。また窒素施肥量や栽植密度, 被覆資材の使用状況等の栽培条件については農家間の差異が大きかった。そこで, アスコルビン酸含有率向上を目指したキャベツの栽培法を確立するため, キャベツのアスコルビン酸含有率に及ぼす栽培条件の影響を検討した。

### 材料と方法

#### 1. 栽植密度と窒素施肥量の組み合わせ試験

キャベツ品種「金系201号」を供試して1996年7月5日に定植を行い, 収穫時期の影響を検討するため8月30日, 9月6日, 9月11日の3回に分けて収穫を行った。

栽植密度は30,000, 50,000, 70,000株/haの3水準, 窒素施肥は130, 220, 310kg/haの3水準とした。リン酸と加里はそれぞれ140, 180kg/haを共通に施用した。

なお, 試験は全て北海道大野町の道南農業試験場の中粗粒褐色低地土で実施した。

#### 2. 栽植密度と被覆処理の組み合わせ試験

キャベツ品種「金系201号」を供試して1997年5月13日に定植を行い, 収穫時期の影響を検討するため7月16日, 7月22日の2回収穫を行った。

栽植密度は40,000, 50,000株/haの2水準, 被覆処理はマルチ無し, 白黒マルチ使用, 透明マルチ使用の3水準とした。窒素, リン酸および加里はそれぞれ220, 140, 180kg/ha施用した。

2001年11月29日受理

\*1 本報の一部は, 1999年度日本土壌肥料学会札幌大会で発表した。

\*2 北海道立道南農業試験場, 041-1201 亀田郡大野町  
E-mail: sakamsm@agri.pref.hokkaido.jp

\*3 同上(現:北海道原子力環境センター, 045-0123 岩内郡共和町)

\*4 同上(現:北海道立中央農業試験場, 069-1395 夕張郡長沼町)

3. 窒素施肥量と被覆処理の組み合わせ試験

キャベツ品種「アーリボール」を供試して1998年は早春まき作型2作, 春まき作型1作を行った。

早春まきトンネル作型について3月定植区は播種を1998年2月28日, 定植を3月31日, 収穫を各処理区の適期に合わせて6月9日~22日に行った。4月定植区は播種を1998年3月23日, 定植を4月20日, 収穫を6月17日~29日に行った。窒素施肥は80, 110, 140, 180kg/haの4水準とした。リン酸と加里はそれぞれ140, 120kg/haを共通に施用した。被覆処理については透明マルチ使用の有無の2水準, トンネルについては5月6日除去と5月21日除去の2水準とした。栽植密度は40,400株/haとした。

春まき作型については播種を1998年4月28日, 5月28日に定植, 収穫を7月24日に行った。窒素施肥は100, 150, 200, 250kg/haの4水準とした。リン酸と加里はそれぞれ140, 180kg/haを共通に施用した。被覆処理については, マルチ無し, 白黒マルチ使用, 白黒マルチとべたがけ併用の3水準とした。栽植密度は41,700株/haとした。

4. アスコルビン酸および糖含有率の測定

アスコルビン酸含有率は新鮮サンプルに同量の100g L<sup>-1</sup>メタリン酸溶液と3倍量の蒸留水を加え抽出, ジチオトレイトールで還元後, 高速液体クロマトグラフ(HPLC)で測定した<sup>5)</sup>。

糖含有率は風乾サンプルを800mL L<sup>-1</sup>エタノール溶液で抽出した後, エタノールを蒸発させ水溶液とし, HPLCで測定した。

結 果

1. 栽植密度と窒素施肥量の組み合わせ試験

栽植密度と窒素施肥量の組み合わせ処理における結球重とアスコルビン酸含有率の時期別推移を表1に示した。結球重は在圃日数の経過に伴って増大し, 同一時期では, 栽植密度が疎になるほど増大した。また, 窒素施肥量の増加によっても結球重は増大したが, 栽植密度に比べ結

球重に与える影響は小さかった。アスコルビン酸含有率は在圃日数の経過に伴い低下した。同一時期では, 窒素施肥量が多くなるに伴いアスコルビン酸含有率は低下したが, 栽植密度の違いによるアスコルビン酸含有率の変動は判然としなかった。

栽植密度と結球重がアスコルビン酸含有率に及ぼす影響を図1に示した。結球重の増大に伴いアスコルビン酸含有率は低下したが, 栽植密度が疎になるほど結球重の増大に伴うアスコルビン酸含有率の低下程度は小さく, 同一結球重におけるアスコルビン酸含有率が高くなった。

2. 栽植密度と被覆処理の組み合わせ試験

栽植密度および被覆処理が結球重とアスコルビン酸含有率に及ぼす影響を図2に示した。7月16日の収穫では, アスコルビン酸含有率は疎植条件の方が密植条件より高い傾向にあった。被覆処理については白黒マルチ区で結球重が最も大きく, 次いで透明マルチ, マルチ無しの順であり, 疎植区でその傾向が顕著であった。在圃日数の経過に伴い結球重が増大し, アスコルビン酸含有率は低下したが, 被覆資材の使用による結球重の増大に伴うアスコルビン酸含有率の低下程度は小さかった。しかし, 7月22日の収穫では結球部のアスコルビン酸含有率に対

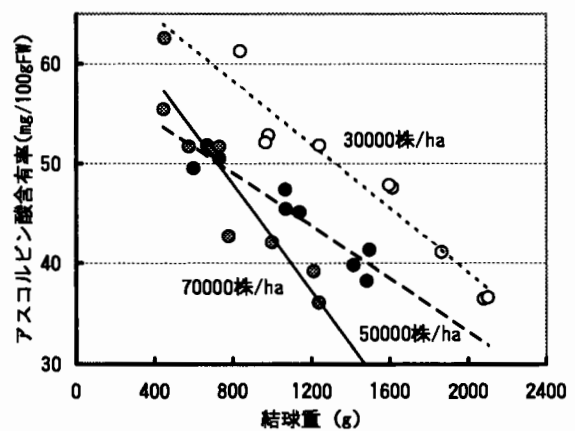


図1 栽植密度と結球重がアスコルビン酸含有率に及ぼす影響

表1 栽植密度および窒素施肥処理における結球重とアスコルビン酸含有率の時期別推移

栽植密度 (株/ha)	窒素施肥量 (kg/ha)	結 球 重 (g)			アスコルビン酸含有率 (mg/100gFW)		
		8月30日	9月6日	9月11日	8月30日	9月6日	9月11日
30000	130	839	1242	1866	61.3	51.8	41.1
	220	981	1614	2083	52.8	47.5	36.5
	310	966	1598	2104	52.1	47.8	36.6
50000	130	602	1071	1417	49.5	45.4	39.8
	220	670	1068	1484	51.8	47.3	38.3
	310	733	1141	1497	50.5	45.1	41.3
70000	130	448	695	1001	55.4	51.3	42.1
	220	454	733	1214	62.5	51.7	39.2
	310	577	780	1240	51.7	42.7	36.1

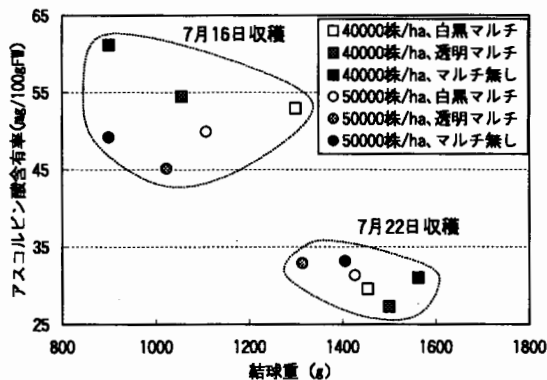


図2 栽植密度および被覆処理が結球重とアスコルビン酸含有率に及ぼす影響

する栽植密度およびマルチの影響は小さくなった。

### 3. 窒素施肥量と被覆処理の組み合わせ試験

結球重とアスコルビン酸含有率の関係を図3に示した。早春まきトンネル作型において結球重とアスコルビン酸含有率の間に有意な負の相関が認められた。春まき作型においても結球重の増大に伴ってアスコルビン酸含有率は低下する傾向があった。

窒素施肥量とアスコルビン酸含有率の関係を図4に示した。窒素施肥量が多くなるに伴いアスコルビン酸含有率は低下する傾向にあり、春まき作型では早春まきトンネル作型に比べアスコルビン酸含有率が低かった。

窒素施肥量と結球重の関係を図5に示した。窒素施肥量が多くなるに伴い結球重は増大した。早春まきトンネル作型では窒素施肥量の増加に対する結球重の増大程度が春まき作型に比べて大きかった。

早春まきトンネル作型におけるマルチの有無がアスコルビン酸含有率に及ぼす影響を図6に示した。マルチ使用区ではマルチ無し区に比べ同一結球重におけるアスコ

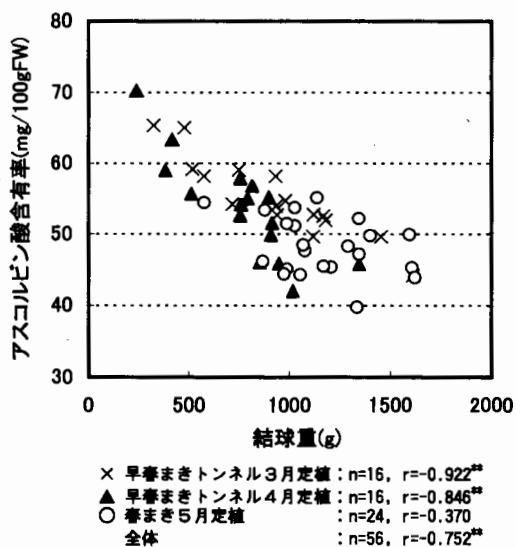


図3 結球重とアスコルビン酸含有率の関係

× 早春まきトンネル3月定植 : n=16, r=-0.922<sup>\*\*</sup>  
 ▲ 早春まきトンネル4月定植 : n=16, r=-0.846<sup>\*\*</sup>  
 ○ 春まき5月定植 : n=24, r=-0.370  
 全体 : n=56, r=-0.752<sup>\*\*</sup>

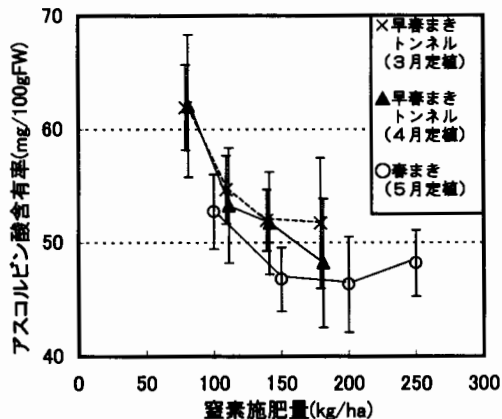


図4 窒素施肥量とアスコルビン酸含有率の関係

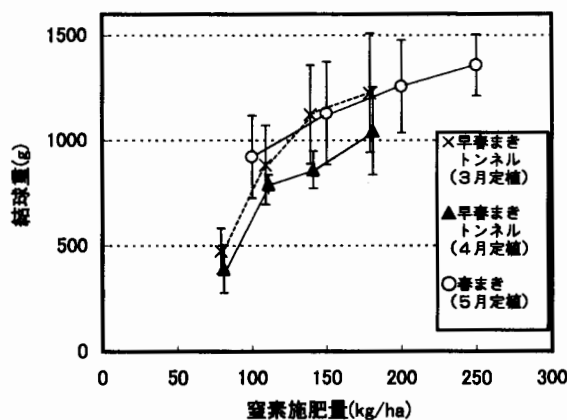


図5 窒素施肥量と結球重の関係

ルビン酸含有率が高く、また結球重の増大に伴うアスコルビン酸含有率の低下程度が小さかった。

早春まきトンネル作型におけるトンネルの使用期間が糖含有率に及ぼす影響を図7に示した。トンネル除去が5月21日の区では、5月6日区に比べ同一結球重における糖含有率が低かった。

早春まきトンネル作型におけるマルチの有無が結球始

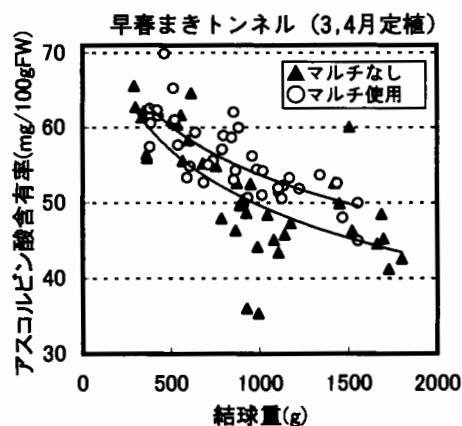


図6 マルチの有無がアスコルビン酸含有率に及ぼす影響

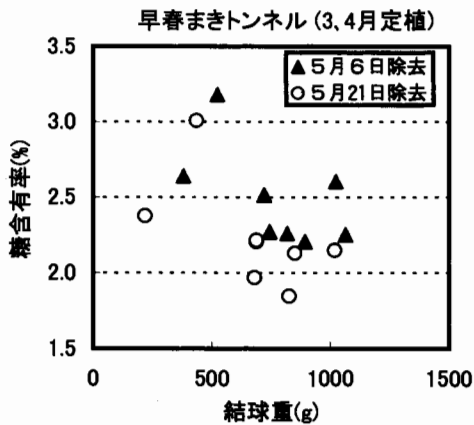


図7 トンネルの使用期間が糖含有率に及ぼす影響

期の全重と収穫時のアスコルビン酸含有率に及ぼす影響を図8に示した。窒素施肥量が多くなるに伴い結球初期の全重は増大し、結球のアスコルビン酸含有率は低下する傾向にあった。マルチを使用した場合、マルチ無しに比べ結球初期の全重は増大し、結球のアスコルビン酸含有率は高まった。

春まき作型における被覆処理がアスコルビン酸含有率に及ぼす影響を図9に示した。マルチやべたがけを使用した区は使用していない区に比べ同一結球重におけるアスコルビン酸含有率が高かった。

考 察

葉菜類の糖やアスコルビン酸に関する研究はハウレンソウ、コマツナ、キャベツ等で多く報告されている。窒素施肥量や栽培時期と内部成分の関係についての報告は多いが<sup>2)6)7)8)9)10)11)</sup>、栽植密度や被覆資材と内部成分の関係についての報告は少ない。

栽植密度の処理では栽植密度が疎になるほど同一結球重における結球のアスコルビン酸含有率が高かった(図1)。アスコルビン酸は光合成産物であるグルコースを前駆物質として作られており<sup>12)</sup>、亀野らはハウレンソウに

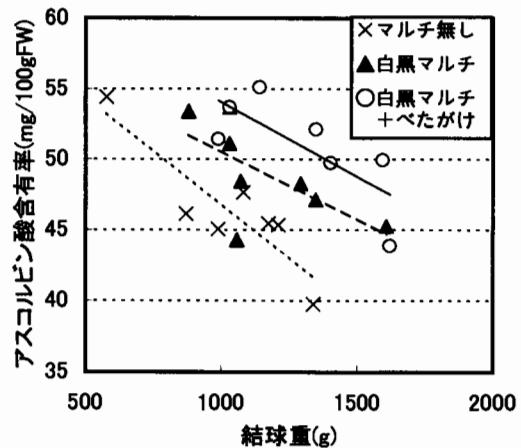


図9 春まき作型における被覆処理がアスコルビン酸糖含有率に及ぼす影響

ついて遮光条件で糖含有率が著しく低下したと報告している<sup>6)</sup>。本試験の疎植条件では隣接株との養水分および光の競合が小さくなったため、個体当たりの受光量が多くなる。その結果、光合成によるアスコルビン酸の生産および蓄積量が増加し、結球重の増大に伴うアスコルビン酸含有率の低下が抑えられ、同一結球重におけるアスコルビン酸含有率が高まったと考えられる。

田中らはキャベツ10品種についていずれも窒素施肥量が多くなるに伴い結球重および窒素吸収量が増加すると報告している<sup>7)</sup>。また、小宮山らはキャベツについて窒素施肥量が多くなるに伴って結球重が増大しアスコルビン酸含有率は低下する傾向にあると報告している<sup>8)</sup>。

収量の増加に伴ってアスコルビン酸含有率が低下した例は、ハウレンソウについて目黒らが窒素施肥量0~200kg/ha、建部らが0~300kg/haの範囲で多くなるに伴い収量が増加し、糖含有率やアスコルビン酸含有率が低下すると報告している<sup>9)10)</sup>。また、中村らはレタスについて結球重の増大とともにアスコルビン酸含有率およびプリックスが低下すると報告している<sup>13)</sup>。

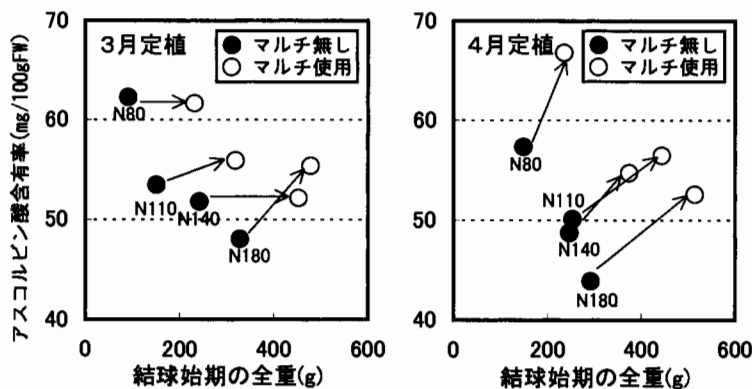


図8 早春まきトンネル作型におけるマルチの有無が結球初期の全重と収穫時のアスコルビン酸含有率に及ぼす影響

※ 3月定植区(左)は定植51日後、4月定植区(右)は定植42日後に調査

本試験の結果も窒素施肥量が多くなるにつれ窒素吸収量および結球重が増大し、結球のアスコルビン酸含有率は低下した(図3, 4, 5)。その要因として、窒素吸収量の増加に伴い糖やアスコルビン酸がタンパク質やアミノ酸の炭素骨格として活発に消費されることと、結球重の増大によるアスコルビン酸の希釈効果が考えられた。

早春まきトンネルではマルチを使用した区が使用しない区に比べ、同一結球重におけるアスコルビン酸の含有率が高かった(図6)。同様に、春まきでもマルチやべたがけを使用した区の方が同一結球重におけるアスコルビン酸の含有率が高かった(図2, 9)。早春まきトンネルでは、透明マルチの使用により結球始期の全重が増大するとともにアスコルビン酸含有率が向上した(図8)。これは、初期生育の促進によって外葉部の展開が早まる結果、生育初期段階における個体当たりの受光量が多くなり、アスコルビン酸の生産および蓄積が促進されるためと考えられた。

早春まきトンネル作型ではトンネルの長期使用によって糖含有率の低下が見られた(図7)。これは生育後期の気温の上昇に伴いトンネル内が高温になり、呼吸量が光合成量を上回り、糖やアスコルビン酸が消費したためと考えられる。亀野らはハウレンソウについて、高橋はキャベツについて、糖含有率は季節的に変動し初夏から盛夏になるにつれ減少すると報告している<sup>61)</sup>。収穫が7月下旬の春まき作型では収穫が6月の早春まきトンネル作型に比べアスコルビン酸含有率が低かった(図4)、これも収穫期の高温が要因と考えられる。

以上のことから、キャベツのアスコルビン酸含有率を高めるためには、①栽植密度をやや疎にすること、②窒素施肥量は道施肥標準程度にとどめること、③早春まきトンネルや春まき作型の場合、マルチ等の被覆資材を使用し初期生育を促進させること、④収穫時の結球重を大きくしすぎないことが重要と考えられる。

本研究では、早春から晩春まき作型を対象にキャベツのアスコルビン酸含有率を高める栽培法を確立した。残された問題点として、他作型への適応と環境条件によるアスコルビン酸蓄積機作の解明が挙げられる。

**謝 辞** 本稿の作成に当たり、ご校閲を賜った中央農業試験場能代昌雄農業環境部長、道南農業試験場竹川昌和場長、谷川晃一研究部長、中住晴彦園芸環境科長に深く感謝の意を表す。

## 引用文献

- 1) 北海道農業協同組合中央会, ホクレン農業協同組合連合会. "北海道野菜地図(その24)". 2001. p.55-58.
- 2) Y. Hikasa. "Diagnostic technique for nitrogen

nutrition of cabbage to increase sugar concentration". Plant nutrition-for sustainable food production and environment. Ando, T. et al. ed. Japan, Kluwer Academic Publishers, 1997. p.369-370.

- 3) 北海道農政部. "平成11年度普及奨励ならびに指導参考事項". 1999. p.240-241.
- 4) 科学技術庁資源調査会編. "四訂日本食品標準成分表". 1982. p.196-197.
- 5) 石井現相. "HPLCによる野菜のビタミンCの迅速定量法". 平成2年度北海道地域主要研究成果情報. 農林水産省北海道農業試験場, 1991. 73-76.
- 6) 亀野貞, 木下隆雄, 楠原操, 野口正樹. "ハウレンソウの栽培条件および品種と品質関連成分の変動". 中国農研報. 6, 157-178(1990).
- 7) 田中達也, 嶋田永生, 佐藤直. "異なる施肥窒素レベルにおけるキャベツ品種の収量および窒素吸収特性". 土肥誌. 67, 49-53(1996).
- 8) 小宮山誠一, 古館明洋, 目黒孝司. "夏どりキャベツのビタミンC含有率の実態と変動要因". 北海道立農業試験場集報. 77, 65-68(1999).
- 9) 目黒孝司, 吉田企世子, 山田次良, 下野勝昭. "夏どりハウレンソウの内部品質指標". 土肥誌. 62, 435-438(1991).
- 10) 建部雅子, 石原俊幸, 松野宏治, 藤本順子, 米山忠克. "窒素施用がハウレンソウとコマツナの生育と糖, アスコルビン酸, 硝酸, 蔞酸含有率に与える影響". 土肥誌. 66, 238-246(1995).
- 11) 高橋和彦. "キャベツ球葉中の糖分の季節的変動". 園学雑. 39, 318-324(1971).
- 12) 米山忠克, 建部雅子. "アスコルビン酸・シュウ酸・硝酸の代謝と相互関係". 農及園. 67, 1055-1061(1992).
- 13) 中村隆一, 目黒孝司, 元木征治. "春夏まきレタスの品質向上対策". 土肥誌. 67, 692-695(1996).

## Effects of Cultural Conditions on Ascorbic Acid Concentration of Cabbage

Masami SAKAGUCHI<sup>\*1</sup>, Ryuichi NAKAMURA<sup>\*2</sup> and Yuji HIKASA<sup>\*3</sup>

### Summary

We examined effects of cultural conditions such as amount of nitrogen application, planting density, use of covering materials etc., on ascorbic acid concentration of cabbage (*Brassia oleracea* L.).

Head weight was increased, and ascorbic acid concentration in head was decreased with increasing nitrogen application. Ascorbic acid concentration in head was correlated with head weight. By planting sparsely, decrease of ascorbic acid concentration with increasing head weight was reduced, and ascorbic acid concentration in head at equal head weight was increased.

In early spring-sown and spring-sown cabbage, total weight in early head formation stage was increased by using covering materials. Besides using covering materials reduced decrease of ascorbic acid concentration with increasing head weight, and increased ascorbic acid concentration in head at equal head weight. Sugar concentration in head at equal head weight was decreased by using polyvinyl film-tunnel for long period.

In results, ascorbic acid concentration in head of cabbage can be increased by planting sparsely and using covering materials to accelerate initial growth.

<sup>\*1</sup> Hokkaido Donan Agricultural Experiment Station, Ono, Hokkaido, 041-1201 Japan

E-mail: sakamsm@agri.pref.hokkaido.jp

<sup>\*2</sup> *ibid.* (Present; Hokkaido Nuclear Energy Environmental Research Center, Kyowa, Hokkaido, 045-0123 Japan)

<sup>\*3</sup> *ibid.* (Present; Hokkaido Central Agricultural Experiment Station, Naganuma, Hokkaido, 069-1395 Japan)