窒素栄養条件がキャベツのビタミンU含有率に及ぼす影響

小宮山誠一^{1*}・古館明洋²・小野寺政行¹・目黒孝司³

¹北海道立中央農業試験場 069-1395 北海道夕張郡長沼町

²北海道立北見農業試験場 099-1496 北海道常呂郡訓子府町

³北海道立花・野菜技術センター 073-0026 北海道滝川市

Effects of Nitrogen Fertilization and Cropping Season on the Vitamin U Concentration in Cabbage

Seiichi Komiyama^{1*}, Akihiro Furudate², Masayuki Onodera¹ and Takashi Meguro³

¹Hokkaido Central Agricultural Experiment Station, Naganuma-cho, Hokkaido 069-1395

²Hokkaido Kitami Agricultural Experiment Station, Kunneppu-cho, Hokkaido 099-1496

³Hokkaido Ornamental Plant and Vegetable Research Center, Takikawa, Hokkaido 073-0026

Summary

Vitamin U (VU) concentration in cabbages harvested in Hokkaido ranged from 7.0 - 66.2 mg kg⁻¹, and the mean was 28.9 mg kg⁻¹ (1996-1998, n=92). Among cropping seasons, the mean VU concentration in cabbages was highest in July (40.6 mg kg⁻¹), then declined gradually until October (13.2 mg kg⁻¹). VU concentration in cabbages increased with increases in applied nitrogen (N) fertilizer, or growth in fields with higher N fertility, and in summer cropping rather than autumn cropping. In the case of cabbage production using organic matter to reduce usage of chemical fertilizer, the VU concentration in cabbage grown with fish meal (fast-N-release) was higher than that growth with rice bran (slow-N-release). These results indicate that changes in VU concentration in cabbages depend on N nutritional condition.

キーワード: ビタミンU, 窒素施肥, キャベツ, 作期

緒 言

ビタミンU (メチルメチオニンスルフォニウムクロライド) はキャベツから発見された遊離アミノ酸であり, 消化器官での抗潰瘍作用 (Cheney, 1950) および胃粘膜保護作用 (岡部ら, 1996; Watanabe ら, 1996) を有する. そのため, 総合胃腸薬には有効成分として含まれるものが多い. また, ビタミンU はキャベツの他, ミカン (大野ら, 1996), 緑茶 (Ohtsuki ら, 1987), レタス (瀧川・石井, 1996) にも含まれる. キャベツの1人あたり年間購入量は5.0 kg とダイコンに次いで多い野菜であることから (北海道青果物価格安定基金協会, 2001), ビタミンU などの機能性成分の向上は疾病予防・健康増進の面からも重要である.

これまで, キャベツのビタミンU含有率に関しては, 部位間差や貯蔵による変化などが検討されており, 貯蔵性の低い品種では貯蔵によりビタミンU含有率が上昇する

ことが明らかとなっている (瀧川・石井, 1996; 1997). しかし, 生産現場での収穫物の実態や変動要因については解析した例が見あたらない. そこで, 本研究ではキャベツにおけるビタミンU含有率向上のための知見を得るため, 広範囲な実態調査を実施するとともに, 窒素栄養条件がビタミンU含有率に及ぼす影響について検討した.

材料および方法

1. ビタミンU含有率の実態調査

1996~1998年の3か年, 7~10月収穫の各作期毎に北海道内3市町の現地圃場および集出荷施設から合計92点のキャベツを採取した. 試料は1点あたり5~8個の結球部を採取し, 3~4 cm 角に切断・混合した後, 一部をとりフードプロセッサでみじん切りにしてビタミンUの分析に供した.

2. 窒素施用試験

窒素用量系列は無窒素, 標準 (220 kg N・ha⁻¹), 3割減肥 (154 kg N・ha⁻¹), 5割増肥 (330 kg N・ha⁻¹) の4処理とした. 施肥は基肥に7割を全面全層に施用し, 残り3割を結球始期に畦面に分施した. また, 有機質肥料系列として標準区の窒素施肥量相当の魚かすおよび米ぬか (全窒

2003年10月3日 受付. 2004年2月3日 受理.

*Corresponding author.

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

第1図 水耕栽培における生育時期別窒素供給処理
 ■および「S」は標準濃度 ($200 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$) の窒素供給期間
 □および「L」は低濃度 ($50 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$) の窒素供給期間

素量換算)を全量基肥施用する2処理を加えた。いずれの処理区もリン酸およびカリは各々一定量 $150 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ および $200 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ を施用した。試験圃場は1997~98年の2か年、伊達市西胆振農業センター圃場(淡色黒ボク土、以下伊達圃場と略)に設置した。なお、1998年は中央農業試験場圃場(細粒褐色森林土、以下農試圃場と略)での有機質肥料系列を加えた。供試品種は「金系201号」、作期は夏どり(7月下旬~8月上旬収穫)および秋どり(9月下旬~10月上旬収穫)とした。

3. 水耕栽培による生育時期別窒素供給

ロックウールを充填したコンテナとプラスチック製タンクをビニールハウスで接続した水耕栽培装置を作成し(小宮山ら, 1997), ガラス室内に設置した。これに「金系201号」の苗を定植し(1998年7月15日), 養液を満たしたタンクから養液供給を行った。定植から収穫までの60日間を前, 中, 後期の3期に区分し, 生育時期別に異なる窒素濃度の養液供給を行う6処理区を設定した(第1図)。養液の窒素濃度は標準濃度(S) $200 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ および低濃度(L) $50 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ とした。なお, 生育前期に標準濃度の窒素供給を行った処理区を先入れ系列, 生育前期に低濃度の窒素供給を行った処理区を後入れ系列とした。窒素以外の養液組成は P:40, K:160, Ca:100, Mg:50, Fe:1.0, Mn:0.2, Cu:0.1, Zn:0.1, B:0.1, Mo:0.1 ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$) とした。

4. ビタミンUの定量

フードプロセッサーでみじん切りにしたキャベツ試料10gに80%エタノールを加えてホモジナイザーで1分間摩砕後, 100mlに定容し, 室温暗所で一晩放置後, ろ過してろ液を抽出液とした(瀧川・石井, 1996)。これを濃縮乾固後, $0.02 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$ 塩酸で溶解し, アミノ酸アナライザー(HITACHI L-8500)によりビタミンUを定量した。

結 果

1. ビタミンU含有率の実態調査

新鮮物中のビタミンU含有率は, 全供試試料の平均値

第2図 収穫時期がキャベツのビタミンU含有率に及ぼす影響
 図中のバーは, 最小値および最大値を示す。

第3図 キャベツの全窒素含有率とビタミンU含有率の関係
 供試試料は1998年現地産キャベツ (n=57) *** $P < 0.001$

$28.9 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 最低値 $7.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ および最高値 $66.2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ であった(第2図)。各作期別平均値は7月が $40.6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ と最も高く, 次いで8月 $30.3 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 9月 $22.4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 10月 $13.2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ の順であった。また, ビタミンU含有率は全窒素含有率と高い正の相関が認められた(第3図)。

2. 窒素施用量がビタミンU含有率に及ぼす影響

無窒素区のビタミンU含有率は著しく低かった(第1表)。また, 窒素用量系列では窒素施用量が多い処理ほどビタミンU含有率は高い傾向があったが, 有意な差は認められなかった。また, 有機質肥料系列, とりわけ米ぬか区のビタミンU含有率は標準区に比べて低かった。

圃場間で比較すると, 農試圃場に比べて伊達圃場ではビタミンU含有率が高かった。また, 作期間でビタミンU含有率を比較すると, 秋どりに比べて夏どりで高かった。

3. 窒素供給時期がビタミンU含有率に及ぼす影響

水耕栽培により, 窒素供給時期の違いがビタミンU含有率に及ぼす影響を検討した。その結果, ビタミンU含

第1表 窒素施用量および条件がキャベツのビタミンU含有率に及ぼす影響

試験年次 および 試験場所	窒素 施用条件	夏どり			秋どり			作期間差 ビタミンU
		平均一球重 (g)	ビタミンU (mg·kg ⁻¹ FW)	窒素吸収量 (kg·ha ⁻¹)	平均一球重 (g)	ビタミンU (mg·kg ⁻¹ FW)	窒素吸収量 (kg·ha ⁻¹)	
1997年 伊達 圃場	無窒素	450 a	10.3 a	40 a	530 a	2.1 a	38 a	**
	3割減肥	1140 b	27.7 bc	93 c	1330 b	11.4 b	84 b	
	標準	1290 b	40.2 c	111 d	1490 b	14.8 b	92 b	
	5割増肥	1360 b	42.6 c	121 d	1580 b	16.4 b	97 b	
	魚かす 米ぬか	1420 b	34.1 c	112 d	1430 b	5.5 a	77 b	
1998年 伊達 圃場	無窒素	510 a	6.3 a	88 a	520 a	8.2 a	80 a	*
	3割減肥	830 b	25.8 b	144 b	1020 b	14.4 ab	122 b	
	標準	1310 c	32.6 b	172 b	1080 b	19.7 b	134 b	
	5割増肥	1230 c	30.1 b	185 b	1190 b	24.6 b	159 b	
	魚かす 米ぬか	1220 c	28.9 b	171 b	1120 b	22.3 b	132 b	
1998年 農試 圃場	無窒素	0	ND	45 a	0	ND	30 a	*
	標準	1410 c	20.1 c	168 c	1690 b	7.4 b	107 c	
	魚かす 米ぬか	810 b	11.5 b	122 b	1110 a	5.8 a	84 b	
1998年 圃場間差		標準	*			*		

表中のアルファベット異文字間に5%水準で有意差あり。*および**は各々5%および1%水準で有意差あり

窒素吸収量は、結球部および外葉部の合計

1998年農試圃場の無窒素区は結球せず

ND:測定不能 Tr:Trace

第2表 生育時期別窒素供給がキャベツのビタミンU含有率に及ぼす影響

処 理	平均 一球重 (g)	ビタミンU (mg·kg ⁻¹ FW)
LLL	330 a	5.5 a
SLL	760 c	7.4 ab
SSL	1220 d	16.7 d
SSS	1270 d	21.7 e
LSS	590 abc	10.1 abc
LLS	400 ab	9.1 abc

表中のアルファベット異文字間に5%水準で有意差あり

有率は標準窒素濃度期間が長いほど高まり、結球重の増加とほぼ同じ傾向を示した(第2表)。各生育時期別のビタミンUの生産効率を処理間の差から算出した結果、先入れ系列では中期の効率が最も高く、次いで後期、前期の順であった(第3表)。一方、前期に低窒素処理を行った後入れ系列では、生育が大幅に遅延するとともに、ビタミンU含有率も大きく低下し、ビタミンUの生産効率は前期で著しく大きくなった。

考 察

現地実態調査の結果から、キャベツのビタミンU含有率は作期および窒素含有率と密接に関連していた。そこで、作期別に窒素用量試験を実施してビタミンU含有率との関係について精査した結果、ビタミンU含有率は窒素栄養条件によって大きく変動することが明らかとなった。すなわち、「窒素施用量の減少」により低下し、「窒素供給能の高い土壌での栽培」および「夏どり作型」の

条件で高まる。

窒素施用量との関係に関して、キャベツ(古館・目黒, 2002; 矢野・小濱, 1983), ジャガイモ(古館・目黒, 2001)およびチャ(Okanoら, 1997)では窒素増肥による総遊離アミノ酸含有率の上昇が認められている。ビタミンUも遊離アミノ酸の一つであることから、窒素代謝の過程で窒素吸収量に依存して蓄積量が高まったと推察される。また、有機質肥料系列では生育初期の窒素供給量が化学肥料に比べて少ないため、ビタミンU含有率が低くなったと考えられる。とりわけ、窒素無機化が緩慢な米ぬかではその傾向が顕著である。このことは、水耕試験で生育前期の窒素供給を低濃度にした処理区でビタミンU生産効率が顕著に低かったことから裏付けられる。

農試圃場に比べて伊達圃場ではいずれの処理区でもビタミンU含有率が高かった。これは、無窒素区における窒素吸収量からみて農試圃場よりも伊達圃場の方が窒素供給能が高いと推察されることから、土壌からの窒素供給量の差がビタミンU含有率にも反映したと考えられる。

さらに、現地実態調査および窒素用量試験のいずれでも作期によるビタミンU含有率の変動が大きく、秋どりよりも夏どりが高い傾向にあった。これは、各作期における土壌および気象条件に起因すると考えられる。すなわち、夏どりでは秋どりに比べて、ビタミンU生産効率の高い生育中期から後期の地温が高いために土壌からの窒素供給量が多いこと、また夏どりの方が降水量が少ないために土壌無機態窒素の流亡が少なく、窒素吸収量および施肥窒素利用率が高いこと(小野寺ら, 2000)によると推察される。

以上のように、キャベツのビタミンU含有率は窒素栄

第3表 生育時期別窒素供給により算出されたビタミンUの生産効率

系列	標準濃度 窒素の 供給時期	処理 間差	処理 日数 (d)	1日あたり生産効率	
				結球重 (g・d ⁻¹)	ビタミンU (μ g・kg ⁻¹ d ⁻¹)
先入れ 系列	前期	SLL-LLL	19	22.6	100
	中期	SSL-SLL	21	21.9	443
	後期	SSS-SSL	20	2.5	250
後入れ 系列	前期	SSS-LSS	19	35.8	611
	中期	LSS-LLS	21	9.0	48
	後期	LLS-LLL	20	3.5	180

1日あたり生産効率＝各処理間差／処理日数

養条件により変動するため、耕種的な向上方策が可能と考えられる。しかし、単なる窒素増肥は耐病性の低下、作物体内の硝酸含有率上昇および環境負荷の増大が危惧される。このため、ビタミンU含有率の向上には作期および土壌の窒素供給能を考慮しつつ、少肥型で窒素利用効率がよくビタミンU含有率も高い品種の選定とともに効率的な時期に窒素供給が行われるような肥効調節型肥料の施用および分追肥の比率を考慮した窒素施肥が必要と考えられる。なお、品種とビタミンU含有率の関係は未検討な部分が多く、品種間差については今後の検討が期待される。また、有機質肥料の代替施用による減化学肥料栽培を行う場合、速効性で窒素無機化率の高い有機質肥料を用いることが、生育収量の確保とともにビタミンU含有率向上に有効である。

摘 要

現地で採取したキャベツのビタミンU含有率は最低値7.0 mg・kg⁻¹～最高値66.2 mg・kg⁻¹の範囲に分布し、平均値は28.9 mg・kg⁻¹であった。各作期別のビタミンU含有率は7月収穫で最も高く、次いで8月、9月、10月収穫の順で低かった。

ビタミンU含有率は窒素の低栄養条件下で低く、窒素施用量の増加に伴って高まった。また、ビタミンU含有率は緩効性の有機質肥料よりも速効性の有機質肥料の施用で高まった。さらに、ビタミンU含有率は夏どり作型で高く秋どり作型で低い傾向にあった。また、窒素供給能の高い栽培圃場でビタミンU含有率は高かった。

謝 辞 本稿をとりまとめるにあたり御校閲を頂きました北海道立中央農業試験場能代昌雄氏、同稲津脩博士、同加藤淳博士に深謝いたします。

引用文献

- Cheney, G. 1950. Nature of the antipeptic-ulcer dietary factor. *Stanford Med Bull.* 8: 144-161.
- 古館明洋, 目黒孝司. 2001. ジャガイモの遊離アミノ酸と煮汁への溶出について. *家政誌.* 52: 71-74.
- 古館明洋, 目黒孝司. 2002. 北海道産キャベツの遊離アミノ

酸含量・組成および栽培条件によるその変動. *家政誌.* 53: 199-203.

北海道青果物価格安定基金協会. 2001. 野菜関係資料. p. 5. 辻孔版社. 北海道.

小宮山誠一, 赤司和隆, 山上良明, 熊谷秀行. 1997. スイカに対する各種有機質肥料の肥効評価. *土肥誌.* 68: 458-461.

大野一仁, 松本恭郎, 松田 宏. 1996. 微生物による温州みかん果汁中のS-メチルメチオニンスルホニウムの減少. *園学雑.* 65(別2): 700-701.

Ohtsuki, K., Kawabata, M., Kokura, H. and Taguchi, K. 1987. Simultaneous determination of S-Methylmethionine, vitamin U and free amino acids in extracts of green tea with an HPLC-amino acid analyzer. *Agric. Biol. Chem.* 51: 2479-2487.

岡部 進, 天ヶ瀬紀久子, 藤本宗一, 藤田博巳. 1996. メチルメチオニンスルホニウムクロライド(MMSC)のラット胃粘膜細胞に対する保護作用について. *Therapeutic Res.* 17: 3663-3669.

Okano, K., Chutani, K. and Matsuo, K. 1997. Suitable Level of Nitrogen Fertilizer for Tea (*Camellia sinensis* L.) Plants in Relation to Growth, Photosynthesis, Nitrogen Uptake and Accumulation of Free Amino Acids. *Jpn. J. Crop Sci.* 66: 279-287.

小野寺政行, 三木直倫, 赤司和隆. 2000. キャベツの作条施肥による窒素3割減肥技術. *土肥誌.* 71: 714-717.

瀧川重信, 石井現相. 1996. ビタミンU含量のキャベツ及びレタスの可食部位別分布. *園学雑.* 65(別2): 760-761.

瀧川重信, 石井現相. 1997. 貯蔵キャベツにおけるビタミンU蓄積の品種間差異. *園学雑.* 66(別2): 720-721.

Watanabe, T., Ohara, S., Ichikawa, T., Saigenji, K. and Hotta, K. 1996. Mechanism for cytoprotection by vitamin U from ethanol-induced gastric mucosal damage in rats. *Dig. Dis. Sci.* 41: 49-54.

矢野昌充, 小濱節雄. 1983. キャベツの栽培条件と遊離アミノ酸組成. *春園学会研究要*: 364-365.