

葉菜類の硝酸塩含量に関する試験

有田俊幸・伊達昇・米山徳造*

Studies on Nitrate Contents in Leaf Vegetables

Toshiyuki ARITA, Noboru DATE, Tokuzō YONEYAMA

Summary

Nitrate accumulation in leaf vegetables, the greater part of which belongs to *Brassica* group, was investigated concerning the changes of contents during growing and the tendency to accumulate among the varieties or the various parts in these vegetables.

In most species, nitrate contents increased during growing and reached to maximum at harvesting period, thereafter decreased gradually.

As to the difference of concentration among the parts in vegetables, the outer petiole showed higher concentration than the inner petiole, and root or leaf blade followed them. On the other hand, the remarkable difference was not recognized among the various varieties of spinach and Komatsuna (*Brassica rapa*).

The influences by increasing nitrogen fertilizer in five vegetables were also examined considering the correlation with other constituents such as ascorbic acid, chlorophyll, reducing sugar, etc.

Although nitrate contents increased with the increase of nitrogen fertilizer contents of ascorbic acid, chlorophyll, carotenoid, and reducing sugar were almost constant all over the culture sections. Therefore, it seems to be important to reduce nitrogenous fertilizer without lowering the harvest, provided the balance between ascorbic acid content and nitrate content was under consideration.

* 現 三宅試験地

I 緒 言

都区内でも生産の多いコマツナ、ホウレンソウなどの葉菜類は一般に硝酸塩を多く含む野菜であるといわれているが、野菜の可食部に硝酸塩が多く含まれていると体内で亜硝酸根(NO_2^-)を生成することがあり、この亜硝酸根に由来する人体の健康障害がこれまでしばしば問題になってきた。

亜硝酸そのものの害としては、亜硝酸による食中毒や乳幼児のメトヘモグロビン血症などが知られているが、特に最近、亜硝酸と魚肉などに含まれるアミン類との反応によって生ずるニトロソアミンの発がん性の問題が注目されるようになり、野菜中に高濃度の硝酸塩が含まれるのは好ましくないとの見地から、農業関係の試験研究機関においては、各種野菜中の硝酸塩含量の測定や硝酸塩濃度を低下させるための栽培技術の確立へ向けての検討が進められているのが現状である。

筆者らは、これまでに堆肥や有機資材および硝化抑制剤の効果についての検討、都内産野菜の硝酸根濃度調査などを実施してきた。(1)

今回の報告では最近2年間の試験結果をとりまとめ都内で栽培の多い較弱葉菜類を対象として、今後栽培化が予想される新しい葉菜類なども含め、野菜の生育段階別、部位別硝酸塩含量を測定し、適切な収穫時期、可食部位を検討した。また江東地区で特に生産のさかんなコマツナとホウレンソウについては、品種別の含量差を生育段階別に調査した。さらに、最近ニトロソアミンの生成反応を阻止する物質としてビタミン類、特にアスコルビン酸(ビタミンC)が注目されているが、これらと硝酸塩含量との関連や、糖、アミノ酸などの呈味物質含量との関係についても検討を加えた。

II 実 験 方 法

1 栽 培 方 法

(1) 葉菜類の硝酸塩含量調査……江戸川分場内の沖積土を用いて28種類の葉菜のポット栽培を行なった。
 $1/5000\text{a}$ のポットに窒素、リン酸、カリとして各1g(硝酸ナトリウム、過リン酸石灰、硫酸カリを使用)を施肥して、56年7月より57年2月までの間に播種したもの用いた。生育段階別含量調査では野菜1種につき6ポットを使用し、ポット当たりの株数を8本

として、それぞれの生育段階に応じて試料採取し、草丈、生体重を測定した後、風乾して粉碎したものを分析に供した。部位別含量調査では収穫適期の野菜を用い、それぞれの部位に分けた後、乾燥、粉碎し分析試料とした。

(2) 窒素施用量と成分含量(水耕栽培試験)……コマツナ(丸葉小松菜)、ホウレンソウ(交配ニューアジア)、シュンギク(中葉春菊)、マナ(晩生まな)、ビタミン菜について水耕栽培を行ない、窒素施用量を変えた場合の硝酸塩含量と他の成分含量との関連について調査した。コマツナ、ホウレンソウ、シュンギクについては $1/2000\text{a}$ ポットに培養液を 10ℓ 入れて栽培し、1区1ポットで、ポット当たりの株数は10本とした。マナ、ビタミン菜については $1/5000\text{a}$ ポットを使用し、1区1ポットで、1ポットにつき8株栽培し培養液は 3ℓ とした。いずれも培養液の調製は園試処方1例(2)に従い、窒素を除き他の養分は7つの区分とも同一条件で行なった。窒素量は7段階に分け、試験区は以下の通りである。

表1 試験区名と各要素の濃度

要素 試験 区名	B									
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	Mo
0.25区	me/ ℓ 4	me/ ℓ 4	me/ ℓ 8	me/ ℓ 8	me/ ℓ 4	ppm 3	ppm 0.5	ppm 0.05	ppm 0.02	ppm 0.01
0.5区	8	"	"	"	"	"	"	"	"	"
0.75区	12	"	"	"	"	"	"	"	"	"
1.0区	16	"	"	"	"	"	"	"	"	"
1.5区	24	"	"	"	"	"	"	"	"	"
2.0区	32	"	"	"	"	"	"	"	"	"
3.0区	48	"	"	"	"	"	"	"	"	"

注) 57年度試験、コマツナ9月20日播種~11月2日
 収穫、ホウレン草10月22日播種~1月6日収穫、
 シュンギク10月22日播種~1月11日収穫、マナ10
 月12日播種~11月21日収穫、ビタミンナ10月12日
 播種~11月25日収穫

2 分 析 方 法

(1) 硝酸塩含量の測定…… 60°C で通風乾燥させた野菜を粉碎し試料とした。硝酸塩含量の測定はMILHAM

らの方法(3)に従い、イオン電極法で行なった。硝酸イオノ濃度の表示については、葉菜類の硝酸塩含量調査では野菜の新鮮物当たりの $\text{NO}_3^- - \text{N}$ で、また窒素施用量と成分含量調査では乾物当たりの $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 表示とした。

(2) アスコルビン酸(還元型)含量の測定……収穫適期に収穫された野菜の新鮮物を細断後、2%の濃度になるようにメタリン酸溶液を加えて磨碎し、濾液をインドフェノール適定法(4)により測定した。

(3) クロロフィル、カロチノイド含量の測定……野菜の新鮮物を用い、細断試料をアセトン抽出し、エーテルに転溶後、簡易定量法(5)により測定した。

(4) 還元糖、アミノ酸含量の測定……乾燥粉末試料をソックスレー抽出器でエタノール抽出し、抽出液を分析に用いた、還元糖は Somogyi-Cocking 法(比色法)(7)によりグルタミン酸を標準物質として定量した。

III 実験結果及び考察

1 葉菜類の硝酸塩含量調査

(1) 生育段階別含量比較

28種類の葉菜類について生育段階別に硝酸塩含量を測定した結果は図1に示すとおりで、ほとんどの野菜で生育初期に硝酸塩含量が比較的少なく、生育がさかんになるとつれて増加していき、収穫適期と思われる時期に最高値を示した後は次第に減少していく傾向がみられた。また、概して硝酸塩含量が多いのは、ノザワナ、コマツナなどの類(*Brassica rapa*)で、サントウサイ、タイサイなどがこれに次ぎ、タカナの類がこれより幾分少なく。フダンソウ、ホウレンソウ、シュンギクでは含量が少なかった。

(2) 部位別含量比較

部位別含量比較では図2で明らかなように、生体中の含量が最も多いのが葉柄部分で、以下、根部、葉身部、抽苔茎の順に生体中の含量が少なかった。また葉柄部分でも株の外側の方が内側のものよりも多く、葉部も同様の傾向がみられた。なお、葉柄の葉身に近い部分とか根に近い部分の比較では差は認められなかった。

根部では、大根、かぶの類はいずれも根の中央部分の方が外皮に近い部位より含量が多かったが、葉柄に近い部分と根の先端に近い部分の比較ではやはり差は認められなかった。

したがって、葉菜類は葉身部分、特に株の内側の葉で硝酸塩含量が比較的少なく、根部では逆に中央部分の含

量が多いことがわかり、葉柄や根は生長方向に沿った変化は少ないといふことがいえる。また抽苔茎も含量が少なく、硝酸の摂取量を抑えるという観点からは、葉身部分、抽苔茎などの利用が好ましく、特に抽苔茎を利用する野菜である菜心などは硝酸塩が少ないという点で有望であると考えられる。

(3) コマツナの品種別硝酸塩含量比較

コマツナの品種13種類について生育段階別に硝酸塩含量を測定した結果を図3に示した。葉形のちがいによる含量差は特に認められず、いずれも播種後約50日で含量が最高となったが、含量の変動が大きいために正確な比較は困難であった。しかし概して品種間の差は少ないと、むしろ品種という因子よりも他の要因による影響の方が大きいと思われ、特定の品種を選択する必要はこの場合ないと考えられる。

(4) ホウレンソウの品種別硝酸塩含量比較

ホウレンソウ84種類についても検討したが、品種数が多いために1品種につき草丈20cm, 25cmの2段階について測定し、平均値を図4に表わした。ホウレンソウについては品種間差を認める報告もあるが(9)、コマツナ同様個体による含量差が大きいため、今回の試験では葉形、早晩生のちがいによる含量差は特に認められなかつた。しかし、コマツナも含めて葉菜類の品種間差というのはほとんどないとみてよく、硝酸塩含量が多かった品種でも施肥条件の改善などにより、含量を少なくすることも可能であると考えられる。

2 窒素施用量と成分含量

野菜中の硝酸塩含量に影響を与える要因としては、さまざまなものが指摘されているが(10. 11. 12. 13.)、特に窒素施用量の影響は大きく、窒素を過剰に与えると硝酸塩含量が増加することはよく知られている。

ところで、最近アスコルビン酸などの抗酸化物質が亜硝酸とアミン類との反応によるニトロソアミンの生成をおさえるはたらきをもつということが指摘されるようになり(15. 16. 17. 18.)、野菜中の硝酸塩含量を調査するときには、これらの物質の含量も同時に考慮する必要があるという見方が一般的になりつつある。特にアスコルビン酸(ビタミンC)は野菜中に豊富に含まれているので、硝酸塩含量との関連を明らかにすることは重要であろう。

そこで、アスコルビン酸をはじめとする野菜の中の種々の成分の含量を、窒素施用量の増加に伴って増えてい

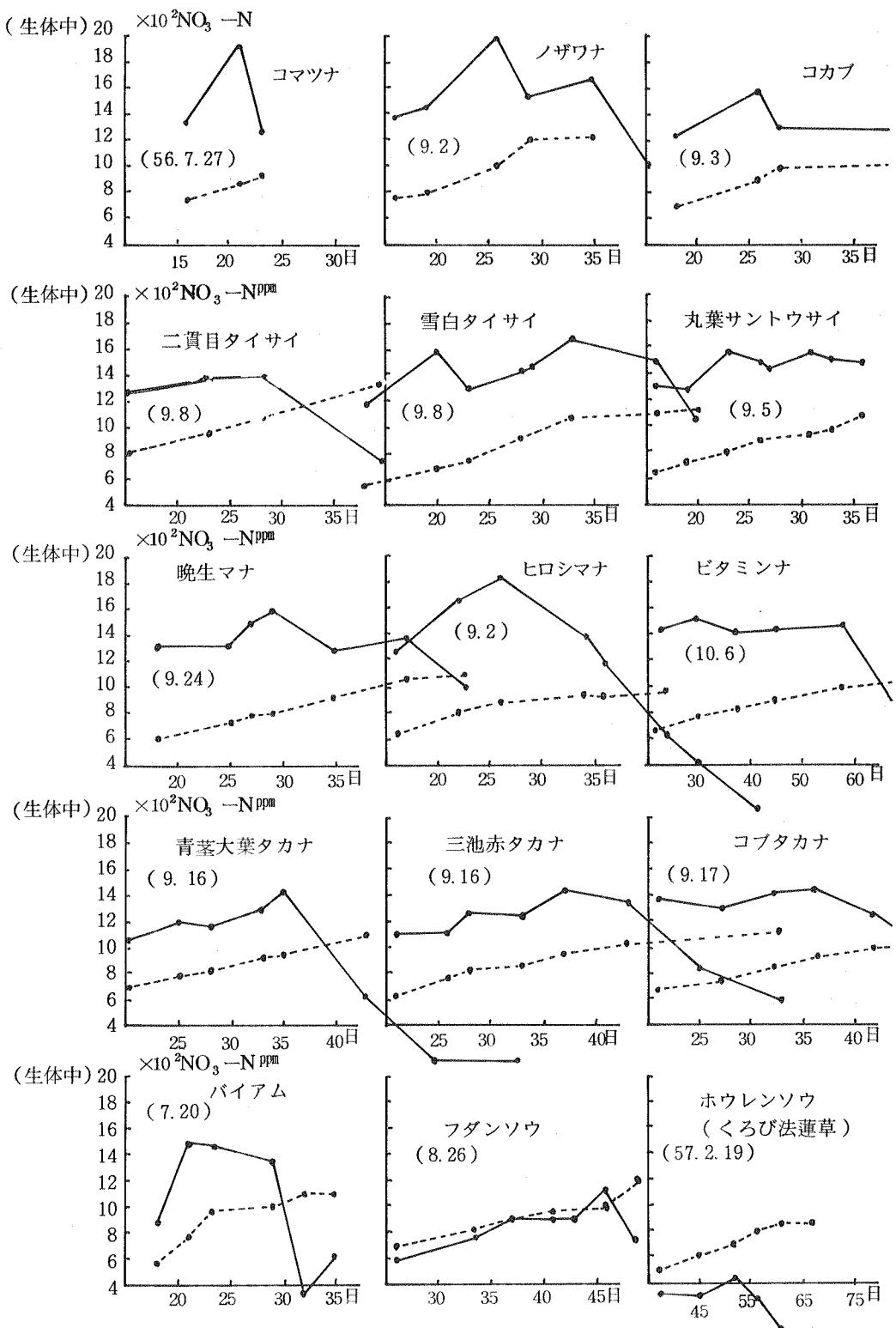
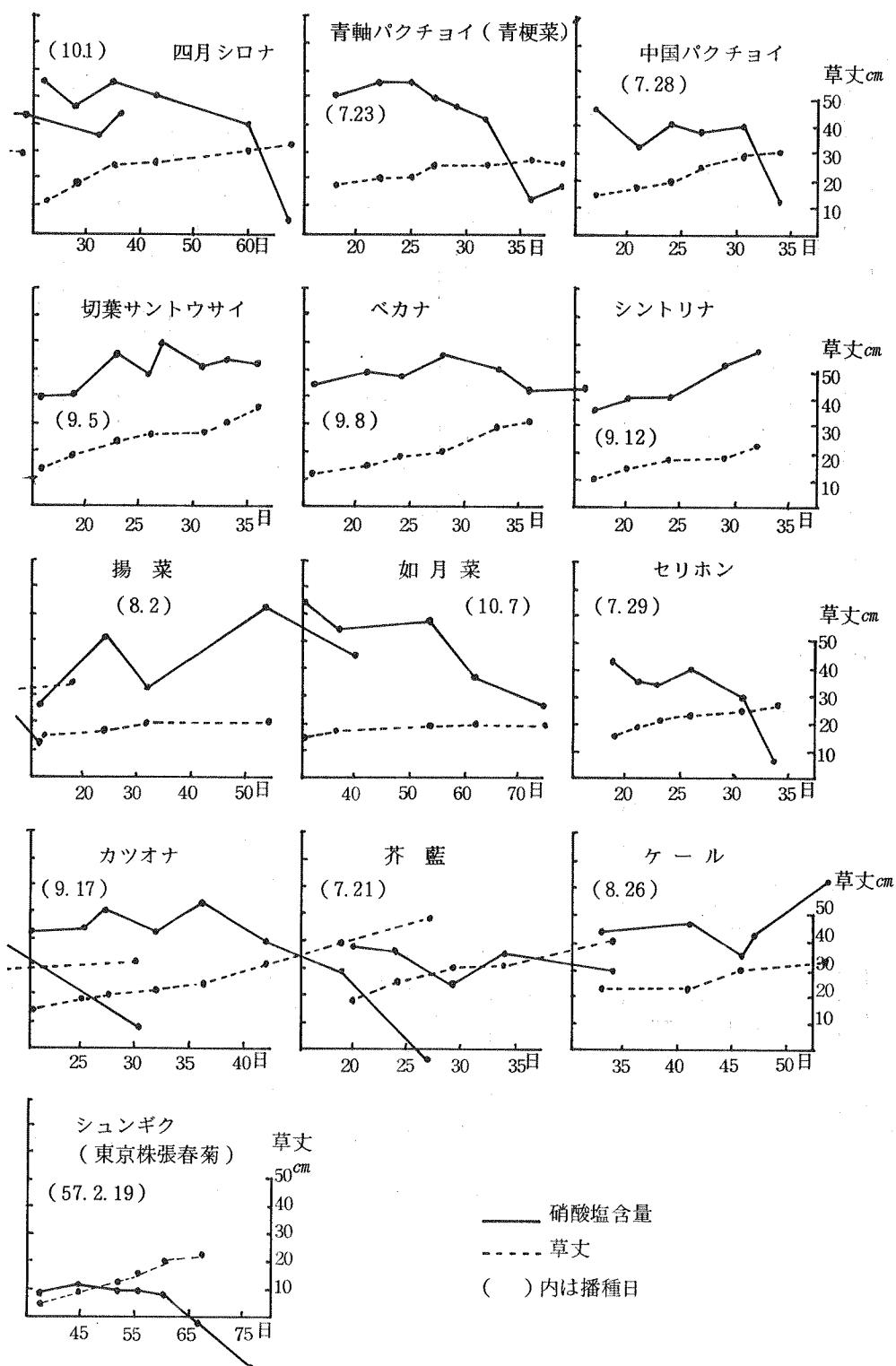


図1 葉菜類の生育段階別



硝酸塩含量比較

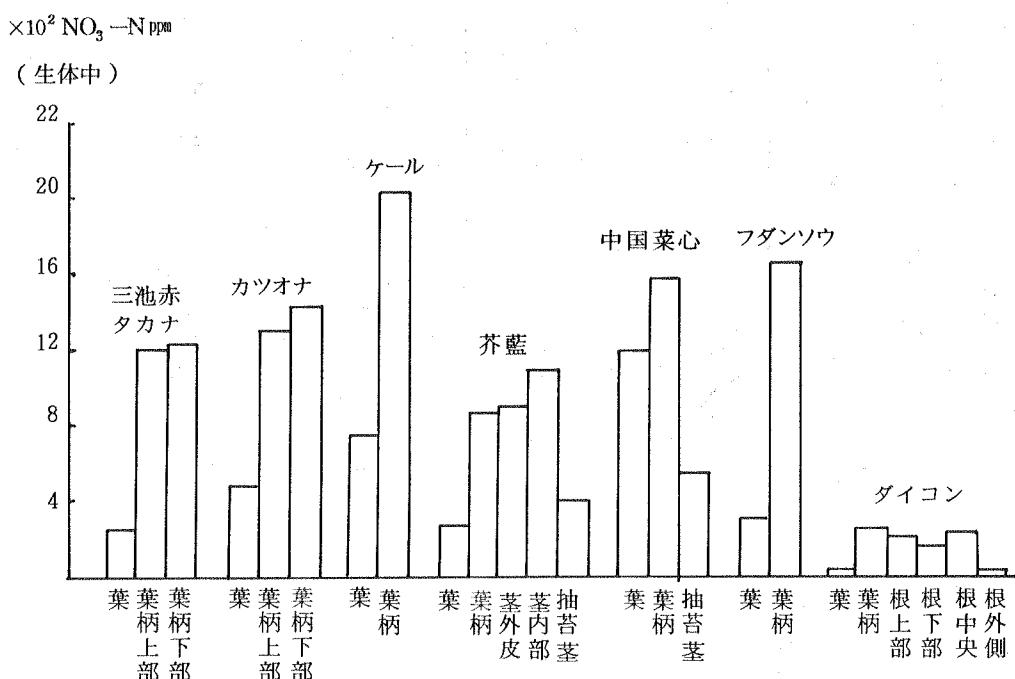
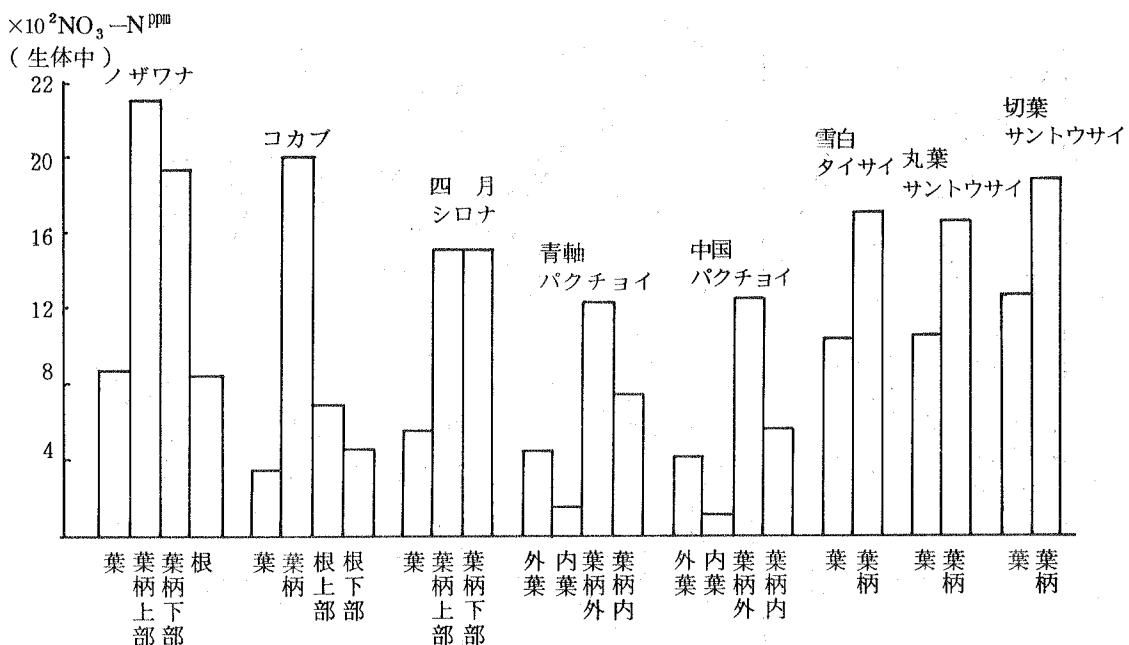
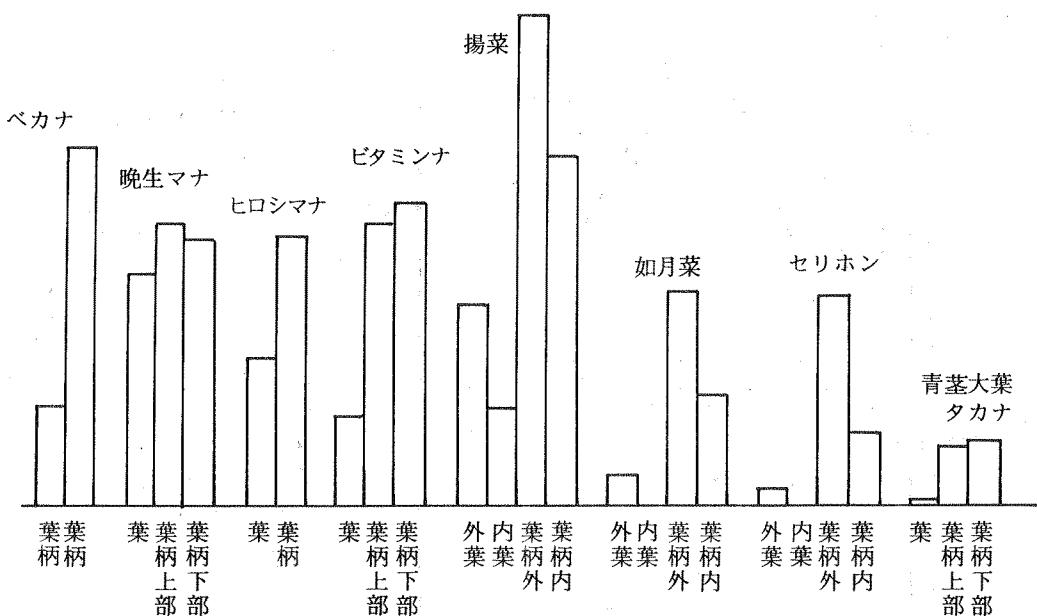
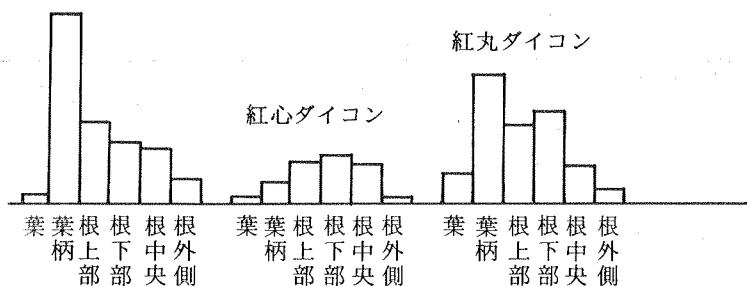


図2 部位別硝酸塩

有田他：葉菜類の硝酸塩に関する試験



青首ダイコン



含量比較

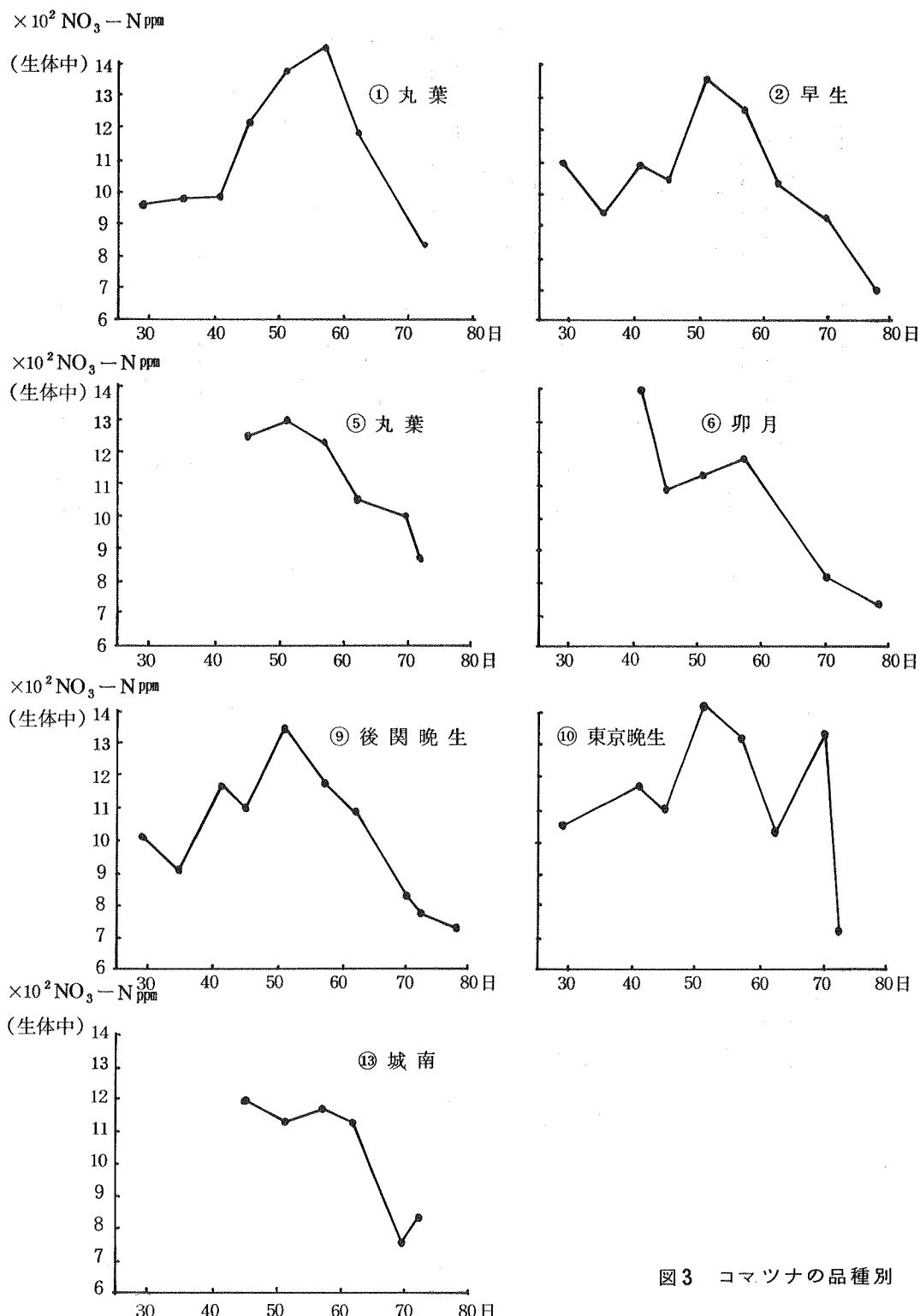
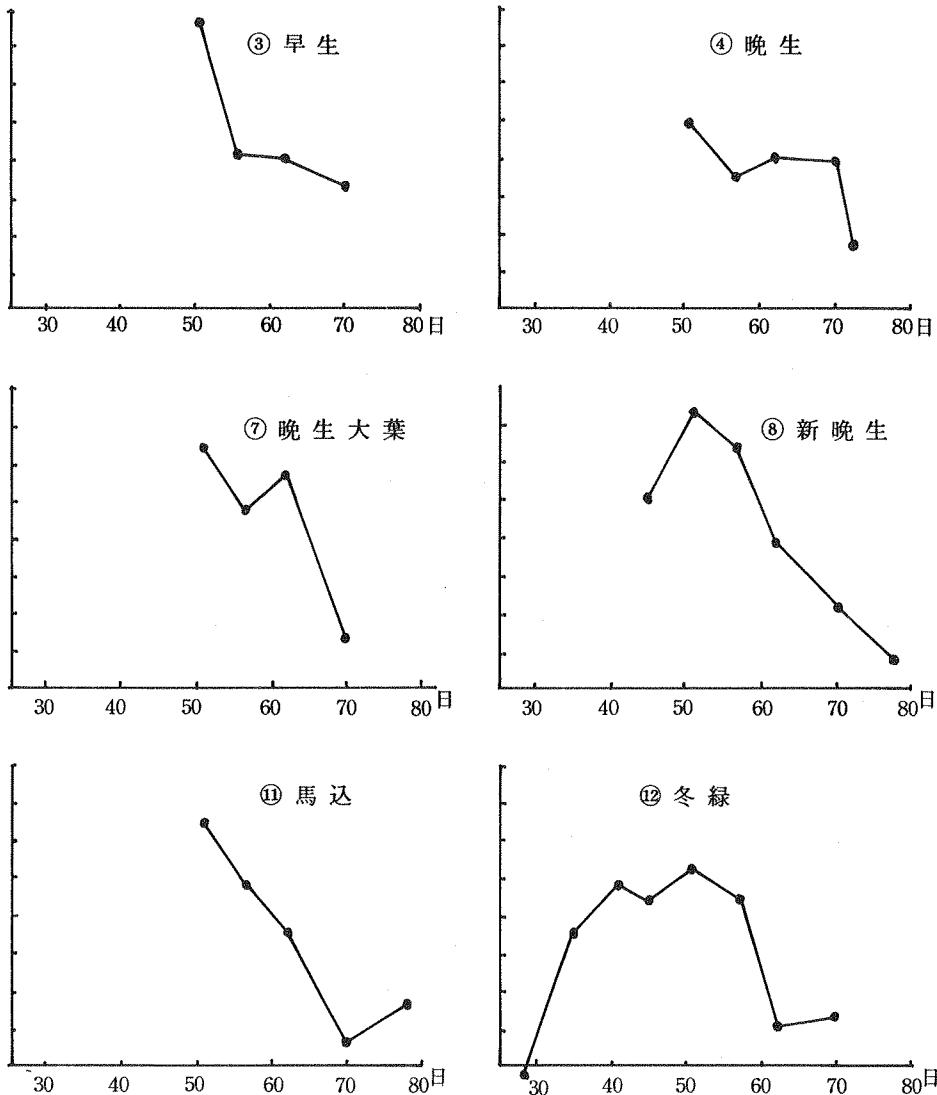


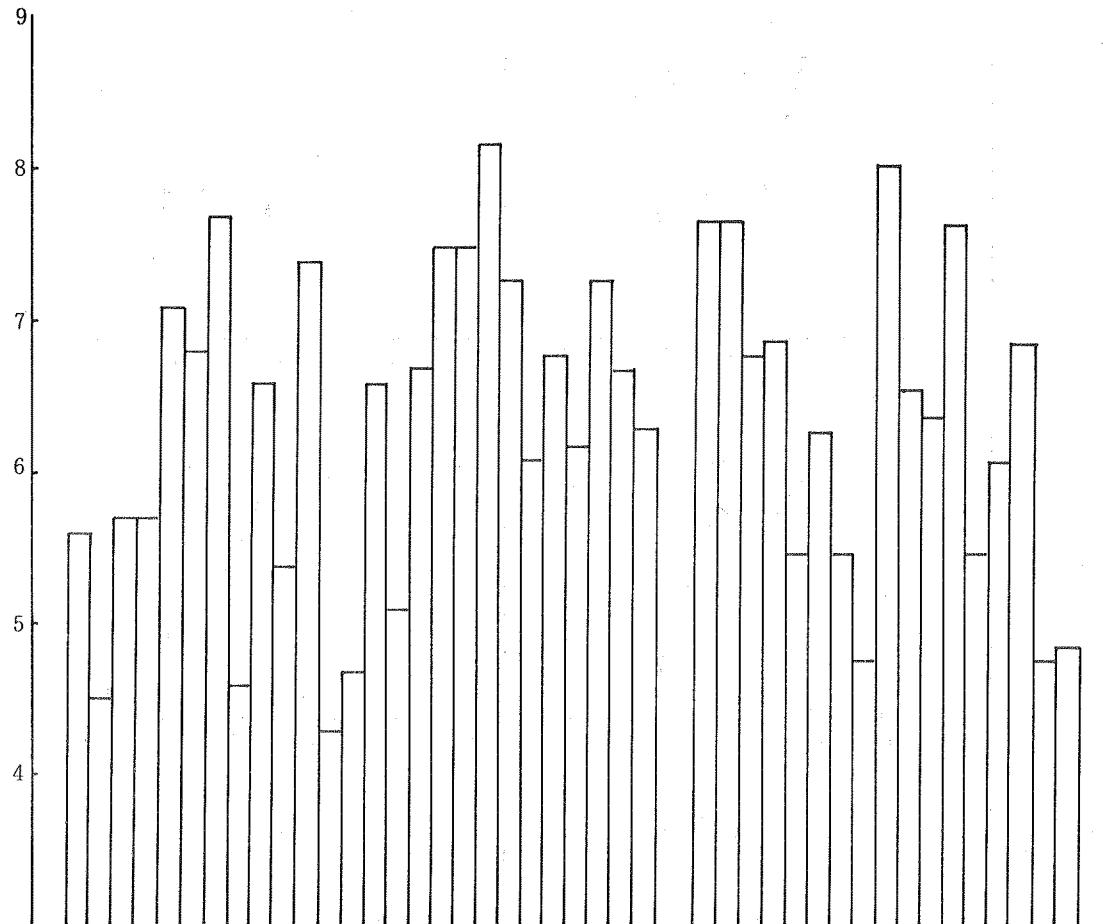
図3 コマツナの品種別



注 ①～③ …… 裂（葉柄の根元までついている葉身）のあるもの
⑩～⑨ …… 裂のないもの
④～⑫ …… 上記 2 種の中間型
56年11月10日 播種

$\times 10^2 \text{NO}_3-\text{N ppm}$

(生体中)



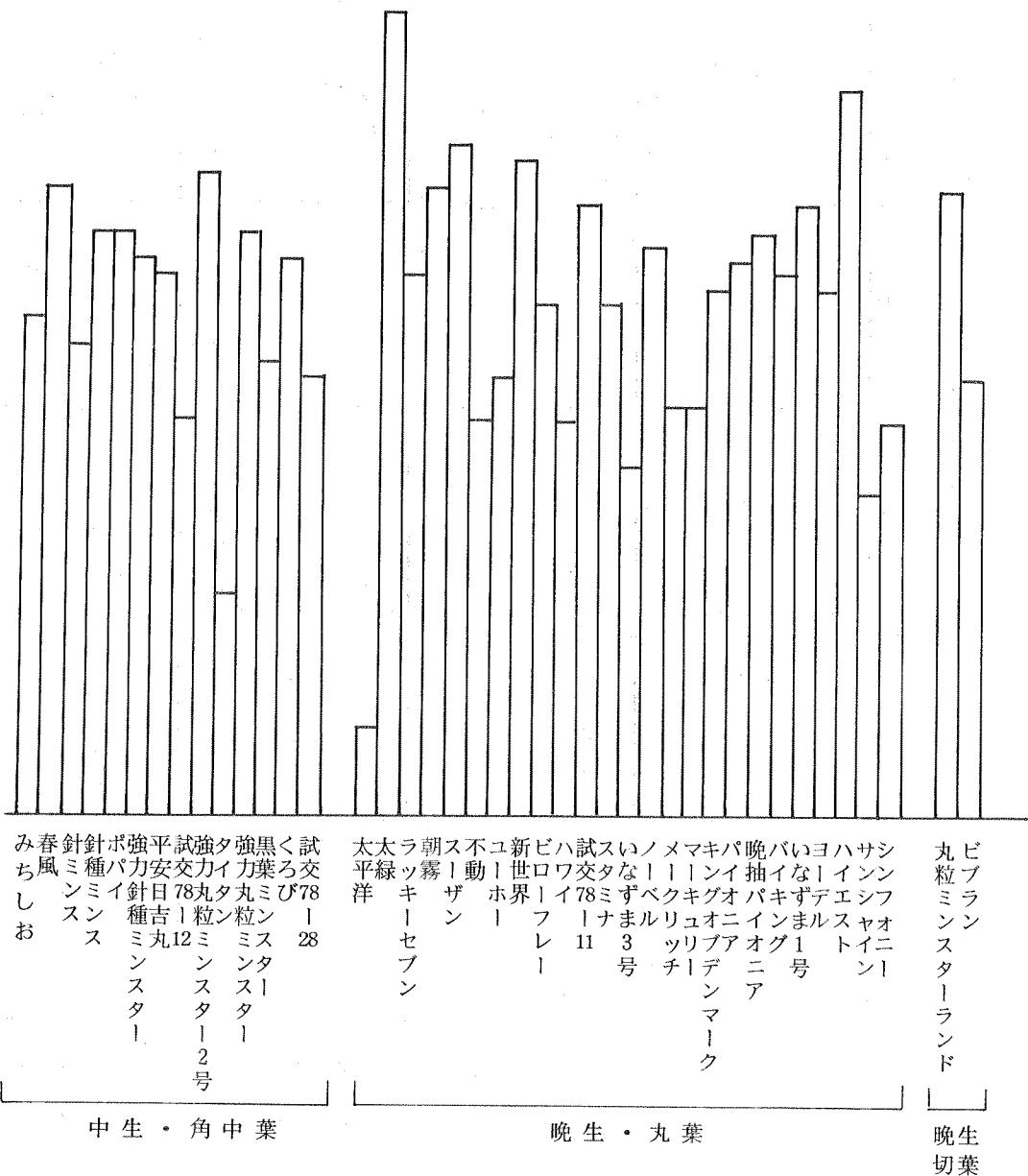
ニ太夏み新ひ平次平東収耐ア東大さア夏禹スサニみは東ス
ユ平時ち日か安郎安湖溢病ト海葉しジ風城トマユカヤ海パ
ト大三の本り弁丸牛ニラ巨まアバリイさぶーク
ホ葉十く天若ユス豊トグアさク
ト日2天1丸アリジジニア
ブ号号アジア

み平オふ夏深若天ス深深新大ス平バ北
ち安トさ理綠草神リ緑綠東光タ安レ海
の弁タみ想丸ト丸洋ト弁ト一
く慶ムど郷力一
キリシングネル
2号

極早生・角大葉

早生・角中大葉

図4 ホウレンソウの品種別形質別



(形質分類は東京都農業試験場江戸川分場園芸研究室(8)による。 56年2月2日播種)

硝酸鹽含量比較

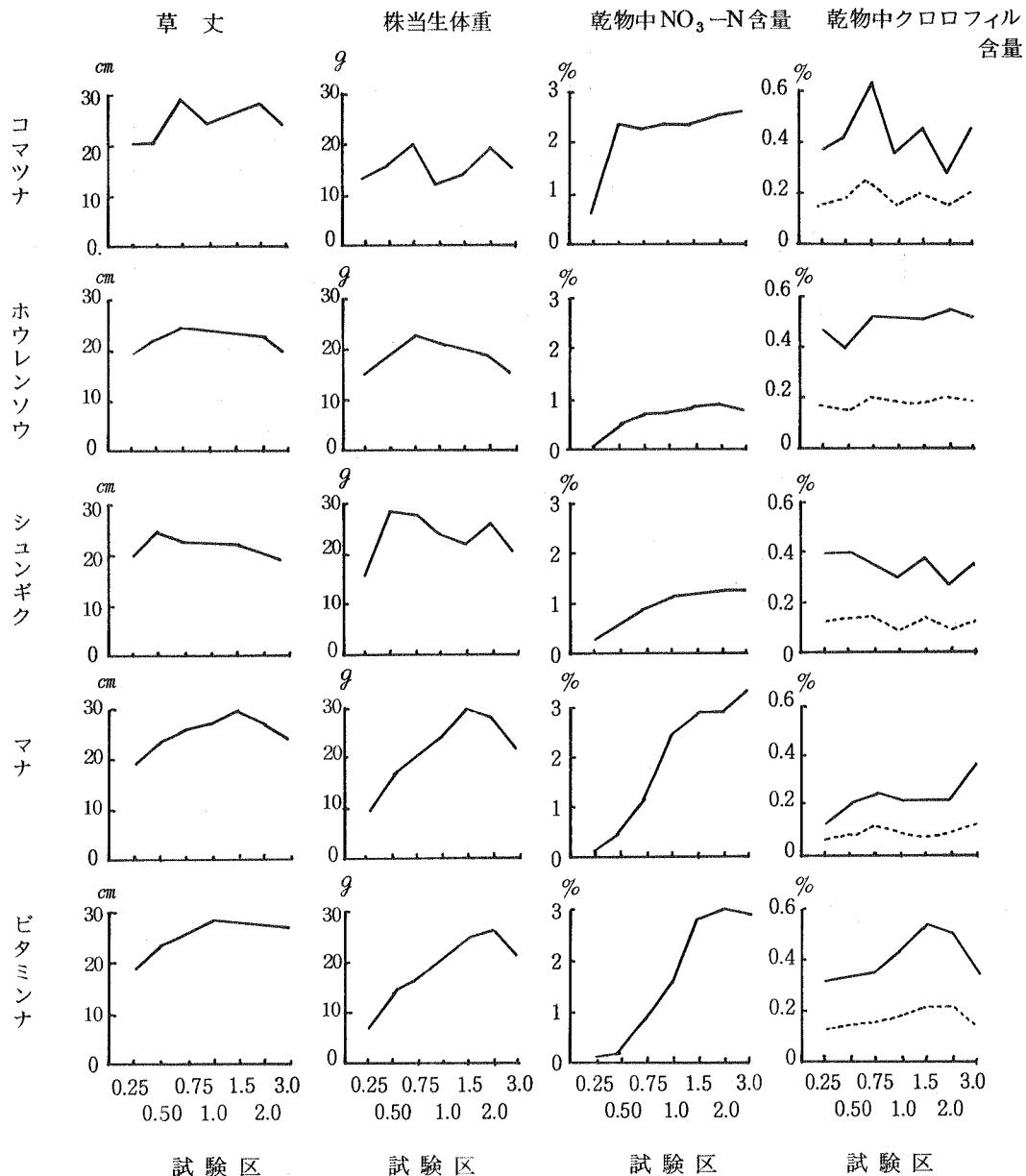
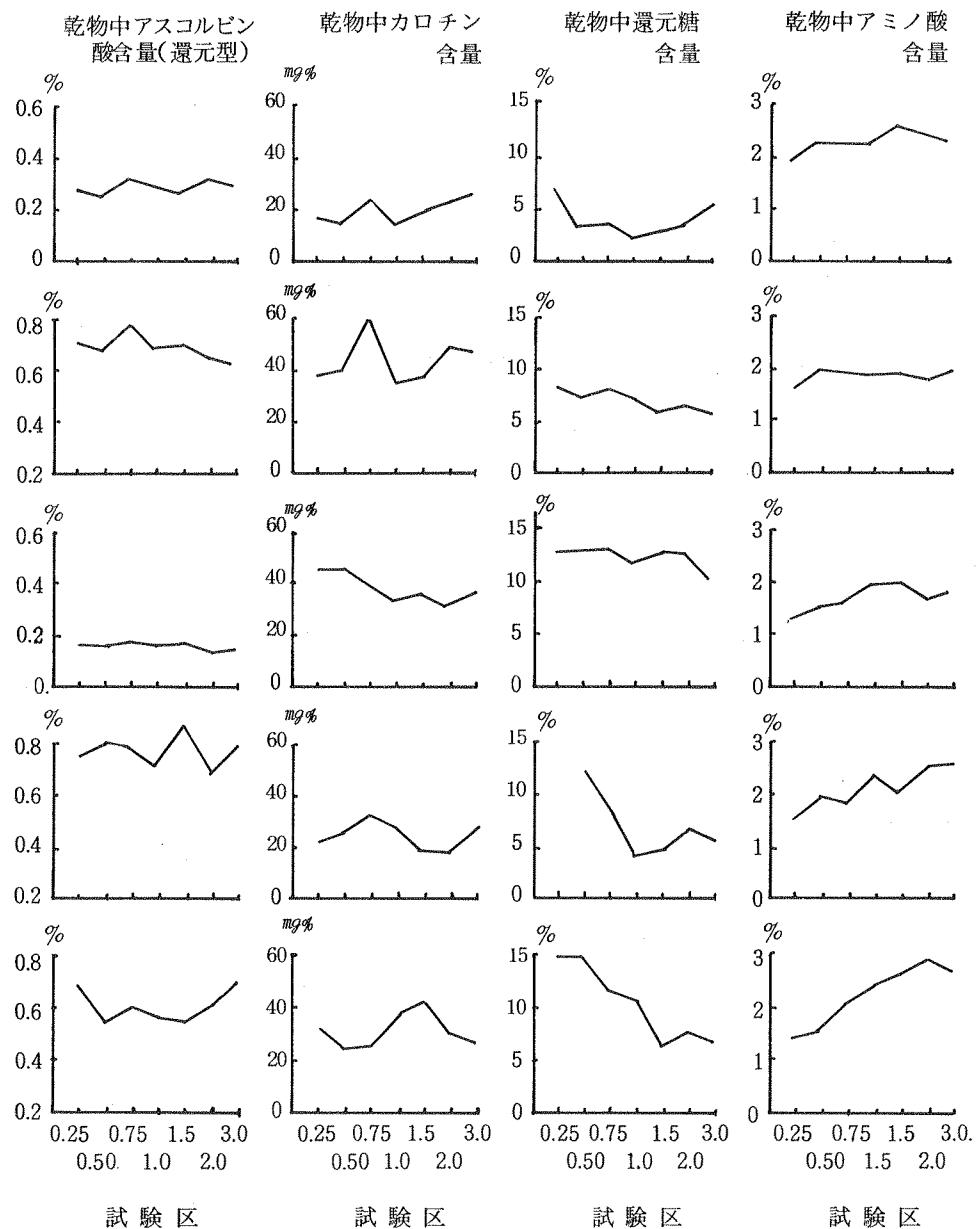


図5 硝素施用量と



作物の成分含量

く硝酸塩含量と関連させながら、水耕栽培装置で5種類の野菜を用いて調査した結果を図5に表示した。

図5の結果からもわかるように、いずれの野菜も硝酸塩含量は窒素施用量を増やすと明らかに増加するが、アスコルビン酸は窒素施用量を変えてほとんど変わらずクロロフィル、カロチノイドなども窒素多施用の影響はほとんど認められなかった。還元糖はむしろ窒素施用量が少ない方が含量が多い傾向にあり、窒素施肥の影響を比較的多く受けやすいと予想されるアミノ酸は、窒素施用量の増加に伴い含量が多くなった。

これらの結果より、窒素の施用量は、特にアスコルビン酸含量と硝酸塩含量の均衡を考えた場合、できる限り抑制することが大切であることがわかるが、草丈や1株重などの生育量については、窒素施用量を減らすことにより低下するので、収量を減らさない程度に窒素施用量を抑制する必要があり、水耕栽培の場合だけを考えてみると、従来の培養液の基準濃度の半分程度の窒素量が適当であると考えられる。畑土の栽培では、化学肥料単独施用を行なう場合、それぞれの土質にみあつた窒素施用量を明らかにすることが必要で栽培期間の長い葉菜などでは、元肥多施用よりも生育状態にあわせてできるだけ追肥施用の形態で窒素の過剰の軽減をはかることも1つの方法であり、今後これらの効果を検討するとともに、堆肥やその他の有機資材の硝酸塩濃度抑制効果(1)も考えあわせて、これらの施用量と成分含量の関係をさらに詳しく検討していくことが必要な課題であると思われる。

IV 摘 要

- (1) 葉菜類の硝酸塩含量を生育段階別に調査した結果、多くの野菜では生育初期に比較的の含量が少なく、その後生育に伴い増加していき、収穫適期をすぎると少しづつ減少していく傾向を示していた。
- (2) 部位別に含量を調査した結果では、いずの野菜も葉柄部、特に株の外側のものが最も含量が多く、以下、根、葉身、抽苔茎の順に含量が少なくなり、葉身部や抽苔茎を利用する野菜が有望であると考えられた。
- (3) コマツナ、ホウレンソウについて品種別含量差を検討したが、顕著な差は認められず、特定の品種を選択する必要はないと考えられる。
- (4) 窒素施用量と硝酸塩含量の関係については、施用量を増せば硝酸塩含量は明らかに増加するが、野菜中に含まれる他の成分(アスコルビン酸、クロロフィル、カロ

チノイド、還元糖)は窒素を増施しても含量は多くならず、特にアスコルビン酸含量と硝酸塩含量の均衡を考えた場合には、できるだけ窒素施用量を低くおさえることが重要であると思われる。

謝 辞 本試験を行なうにあたり、葉菜類の栽培に関して多くの協力をいただいた江戸川分場主任研究員増井正芳氏、同高橋洋二氏、同小菅悦男氏に厚くお礼申し上げます。

引 用 文 献

- (1) 伊達昇、米山徳造、都田紘志、加藤哲郎: 東京農試研究報告, 13 p3~13 (1980)
- (2) 堀裕: 蔬菜・花卉のれき耕栽培、養賢堂, p70~73 (1966)
- (3) MILHAM et al: Analyst, 95, p751~757 (1970)
- (4) 園芸学実験・実習: 大阪府立大学農学部園芸学教室編、養賢堂, p181~183 (1981)
- (5) 同 上 p178~180 (1981)
- (6) 福井作蔵: 還元糖の定量法、東京大学出版会, p10~12
- (7) 実験化学講座: 23 丸善, p126~130
- (8) 野菜試験成績書: 東京農試江戸川分場, p9~18 (1980)
- (9) F.C.OLDAY, A.V.BARKER, and D.N.MAINARD: J.Amer.Soc.Hort.Sci., 101, p217~319 (1976)
- (10) 宮崎正則ほか: 東洋食品研究所研報, 9, p312~319 (1970)
- (11) 宮崎正則ほか: 食品工誌, 19, p429~437 (1972)
- (12) 位田藤久太郎ほか: 農及園, 46 p251~256 (1971)
- (13) 国里進三ほか: 東洋食品研究所研報, 9 p299~311 (1970)
- (14) 宮崎正則ほか: 園学雑, 37, p178~184 (1967)
- (15) S.S.MIRVISH, L.WALLCAVE, M.EAGEN, and P.SHUBIK: Science, 177 p65~68 (1972)
- (16) T.Y.FAN, S.R.TANNENBAUM: J.Food Sci., 38, p1067~1069 (1973)
- (17) 河端俊次、赤篠秀憲、石橋享: 日水誌, 40, p1251~1256 (1974)
- (18) R.C.MASSEY, C.CREWS, R.DAVIES, and D.J.MCWEENEY: J.Sci.Food Agric., 29 p815~821 (1978)