

施肥法および土壌温度の相違がカンショ塊根中の遊離糖含量に及ぼす影響

誌名	Coastal bioenvironment
ISSN	13487175
著者名	犬飼,義明 芝山,秀次郎
発行元	佐賀大学海浜台地生物環境研究センター
巻/号	2巻
巻号補足	
掲載ページ	p. 37-42
発行年月	2003年12月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター

Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



施肥法および土壌温度の相違がカンショ塊根中の遊離糖含量に及ぼす影響

犬飼 義明*・芝山 秀次郎

佐賀県唐津市松南町152-1 佐賀大学海浜台地生物環境研究センター

*現 名古屋大学生物機能開発利用研究センター

Effects of Applied Fertilizers and Soil Temperature on Free Sugar Contents in Storage Roots of Sweet Potato

Yoshiaki INUKAI and Hidejiro SHIBAYAMA

Coastal Bioenvironment Center, Saga University,
152-1, Shonan-cho, Karatsu, Saga 847-0021 Japan

要 約

これまで栽培法の相違がカンショの収量および形状、皮色といった外観的な品質に及ぼす影響については数多く報告されているが、食味に関わる内部的な品質への影響については十分に明らかになっていない。そこで本研究では、施肥法および土壌温度の相違がカンショ塊根中の各遊離糖含量にどのように影響するのかについて調査した。加えて、塊根収量形質を指標に食味評価の高いものが選抜可能か否かを探るため、塊根収量形質と蒸し塊根中の各遊離糖含量間の相関関係について検討した。

窒素やカリウムの増肥、および土壌の高温は塊根中の各遊離糖含量に影響しなかったが、土壌温度を低下することにより、マルトース含量が有意に増加する傾向にあった。このマルトースの生成量は、デンプンの糊化程度と β -アミラーゼ活性により決定されるが、このうち土壌の低温により塊根中の β -アミラーゼ活性は低下していた。従って、低温下でのマルトース含量の増加は澱粉の糊化特性の変化に起因することが示唆された。

塊根乾物率とグルコース、およびスクロース含量との間には正の有意な相関が認められたが、塊根収量、1個重、および長径/短径比と各遊離糖含量との間には有意な相関は認められなかった。従って、カンショの形態的特徴や収量性から食味の善し悪しを判断するのは困難であると考えられた。

Summary

In order to clear the relevance between growth conditions and sweetness in storage roots of sweet potato, we investigated effects of applied fertilizers and soil temperature on free sugar content in them.

High soil temperature and difference with amounts of the nitrogen and potassium fertilizers had little effect of free sugar content in storage roots. However, maltose content in storage roots grown under low soil temperature condition has increased. It is known that the maltose content is influenced by both β -amylase activity and starch properties such as value of onset temperature for gelatinization. Grown under low soil temperature condition, β -amylase activity in storage root has decreased. Therefore, it was considered that the change of starch properties caused the high level of maltose in storage roots under this condition.

There was little correlation between free sugar content and characteristics related to yield and form of storage roots, suggesting that it is difficult to evaluate the sweetness of storage roots from these characteristics.

緒 言

日本でのカンショの用途は青果用、澱粉用、加工用等に分けられ、とくに九州では他の地域に比べ澱粉用が多いが、今後、澱粉用カンショの作付はさらなる減少が避けられない状況にある。しかしながら、一方ではカンショの持つ高機能性に基づく新用途の開発や高品質化の研究が進むに従って、土地利用型の主要畑作物の1つとして見直され、新たに生産の拡大への期待が高まっている。その一つに良食味で高品質の青果用カンショ生産の拡大があげられる。

青果用の内、とくに蒸しいもや焼きいも用としては、皮色および肉色が、一般にはそれぞれ鮮紅色および黄色の濃いものが好まれ、また、形状は紡錘形（長紡錘形）であることが良いとされる。この形状は塊根の肥大程度により決まるが、これに影響を及ぼす環境要因については古くから研究の蓄積が多く、高温（花田・小島，1951；長谷川・八尋，1957）、土壌水分の過多・過少（位田，1950）、多窒素・カリウム不足（津野・藤瀬，1965）、日照不足（戸荊，1950）などが塊根の形成や肥大を抑えることが知られている。また、塊根の裂開や皮脈、皮色の悪化は著しく商品価値を低下させるが、裂開は低温や乾燥条件下（小柳ら，1987）、皮脈は高温かつ乾燥条件下で多発し（中谷，1997）、また皮色は生育期間の拡大、多窒素、過湿、および低温下で悪化すると報告されている（武田ら，1984）。

一方、青果用のカンショは甘味が強いことが良いとされる。しかしながら、外観的な品質とは異なり、甘味と栽培法との関係は不明な点が多く、そのため現在でもなお、市場からは食味等内部的な品質についての変動が大きい等の指摘が多い（小野・矢野，1995）。本研究センターが位置する佐賀県北部の上場台地の畑作においてもカンショは重要な作物の1つであり、これまで地元では味への評価は高いものの、これを一般に市場に定着させるまでには至っておらず、良食味等の品質向上や評価の定着のためにも安定した栽培技術の確立が急がれている。

生の塊根中にはフルクトース、グルコース、およびスクロースと、加熱中に生じるマルトースの4種の遊離糖類が含まれている。このうちのマルトースの生成量は、デンプンの糊化程度と β -ア

ミラーゼ活性により決定されるが（高畑，1994）、このうち糊化程度に関わるデンプンの特性値が栽培環境に強く影響を受けることが明らかにされている（Noda et al.1998）。さらに、スクロース含量は年次変動が大きいとする結果も報告されているため（Takahata et al.1992）、栽培法の改善により食味の良いカンショを生産できるものと期待される。そこで本研究では、施肥法および土壌温度の相違がカンショ塊根中の各遊離糖含量にどのように影響するのかについて調査した。加えて、塊根収量形質を指標に食味評価の高いものが選抜可能か否かを探るため、塊根収量形質と蒸し塊根中の各遊離糖含量間の相関関係について検討した。

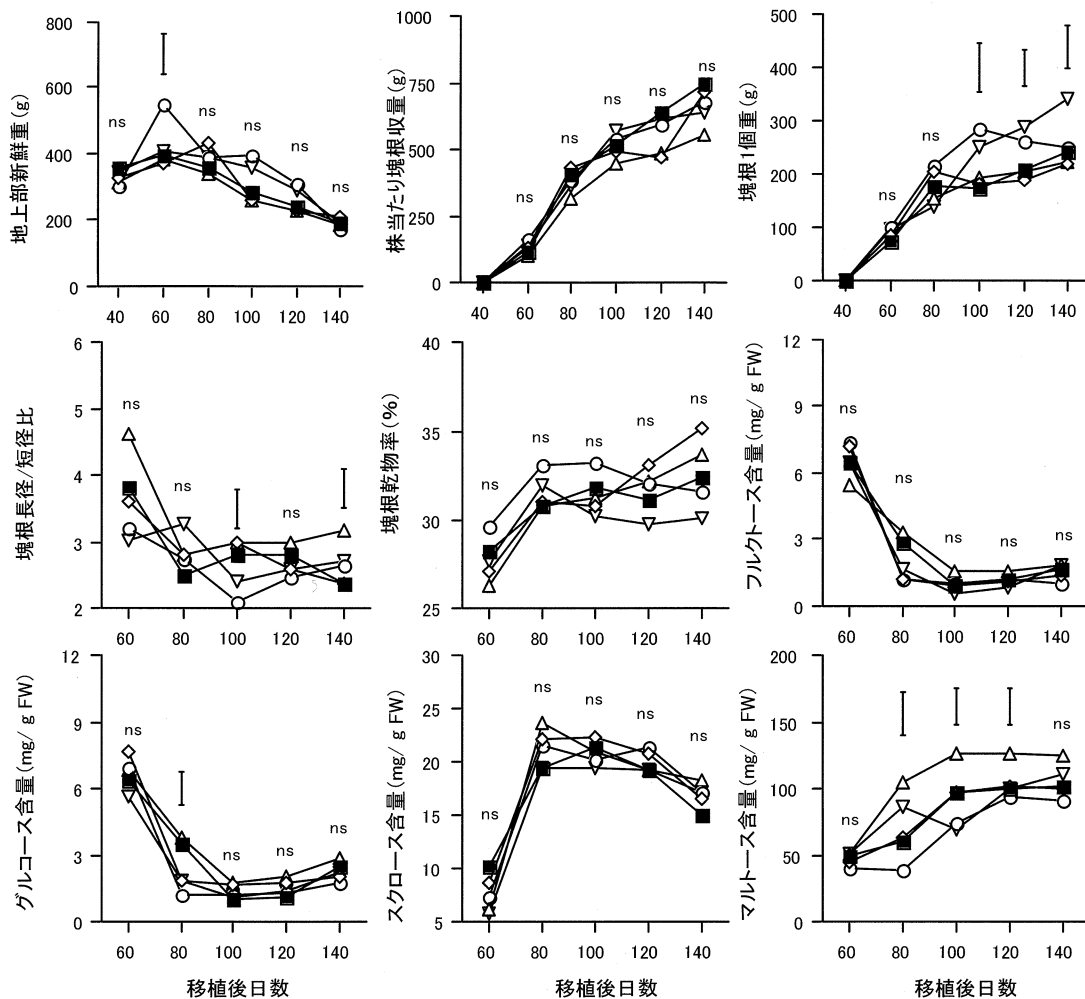
材料および方法

材料および栽培方法

品種は宮崎紅（高系14号系）を供試し、試験は2001年に佐賀大学海浜台地研の神田圃場で行った。試験区としてK増肥区、N増肥区、高温区、低温区、および当地域の慣行に準じた標準区を設定し、各試験区は1区15m²の2反復で行った。標準区は黒ポリマルチで被覆し、施肥は成分量で窒素4kg/10a、リン酸15kg/10a、カリ20kg/10aを基肥として施用した。一方、K増肥区およびN増肥区へは、それぞれ成分量でカリ20kg/10aおよび窒素4kg/10aを標準区の施肥量に加え基肥として施用した。また、土壌温度を変化させるため、高温区は透明、低温区は白黒ポリマルチで被覆した。苗の移植は5月29日に行い、また灌水は自然降雨のみとした。

収穫時期および調査項目

移植後40～140日目まで20日間隔で計6回にわたり、各試験区から4株ずつ収穫し、地上部新鮮重、塊根収量、1個重、長径/短径比および乾物率を調査した。移植後60日目から140日目の収穫時には、各処理区から塊根を3個ずつ選抜し、45分間蒸した後、遊離糖含量をJASCO製RI-930型HPLCにより測定し、遊離糖含量と各調査形質間の相関係数を求めた。また、澱粉の糖化能を示す値として、各処理区の塊根中における β -アミラーゼ活性を、合成試薬であるp-nitrophenyl- α -D-maltopentaoseを基質に用いた簡易測定法



第1図. 各処理区における地上部新鮮重, 塊根諸形質, および蒸し塊根中の遊離糖含量の推移.

図中の縦棒はLSD (5%), nsは有意差無しを示す.

—■— 標準区 —◇— K増肥区 —○— N増肥区 —△— 低温区 —▽— 高温区

により測定した. 加えて, それぞれの遊離糖の相対甘味度を用いて, 各処理区における蒸し塊根について甘味度を算出し, 処理区間で比較した.

結 果

栽培環境の相違が地上部新鮮重および塊根諸形質に及ぼす影響

標準区に比べ, 地上部新鮮重はN増肥区で育成初期に高かった (第1図). 塊根収量や乾物率には処理区間で有意差は認められなかったが, 塊根1個重はN増肥区や高温区で標準区より高く推移し, またこれらの区では長径/短径比も低かった (第1図).

栽培環境の相違が遊離糖含量, β -アミラーゼ活性, および甘味度に及ぼす影響

蒸し塊根中の遊離糖含量についてみると, フルクトースやスクロース含量には処理区間で有意差は認められず, またグルコース含量は移植後80日目でK増肥区, N増肥区, および高温区で低かったが, その後は標準区とほぼ同様に推移した (第1図). マルトース含量は標準区に比べ, 移植後80日目から低温区で常に高い傾向にあった (第1図). 低温区で育成した蒸し塊根の甘味度も, 標準区に比べ高かったが, その他の処理区には有意差は認められなかった (第2図). 一方, 各塊根における β -アミラーゼ活性は, 低温区で低く, またN増肥区で高かった (第3図).

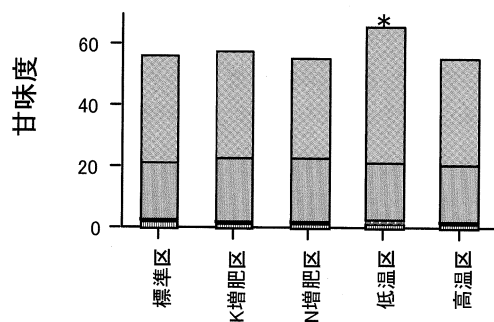
第1表. 各収穫日における蒸し塊根中の遊離糖含量と塊根収量形質との相関係数.

	80日目			
	フルクトース	グルコース	スクロース	マルトース
株当たり塊根収量	-0.254	-0.271	-0.067	-0.646**
株当たり塊根数	0.034	0.054	-0.035	-0.124
塊根1個重	-0.520*	-0.631**	0.032	-0.394
塊根乾物率	-0.230	-0.182	0.479*	0.323
	100日目			
	フルクトース	グルコース	スクロース	マルトース
株当たり塊根収量	-0.058	-0.197	-0.078	-0.093
株当たり塊根数	-0.136	-0.073	-0.079	0.260
塊根1個重	0.177	-0.025	-0.020	-0.374
塊根乾物率	0.419	0.613**	0.449*	-0.013
	120日目			
	フルクトース	グルコース	スクロース	マルトース
株当たり塊根収量	-0.042	-0.093	-0.078	-0.093
株当たり塊根数	-0.102	-0.125	-0.083	0.138
塊根1個重	0.137	0.005	0.034	-0.262
塊根乾物率	0.402	0.624**	0.456*	-0.022

*, **はそれぞれ5%, 1%水準で有意であることを示す (n=20).

各遊離糖含量と他の調査形質との相関

各遊離糖含量と収量, 塊根数, および1個重との間では, 80日目での収量とマルトース含量, および塊根1とフルクトースおよびグルコース含量との間にそれぞれ負の有意な相関がみられたが, 100日目以降ではこれらの形質との間に有意な相関は認められなかった (第1表). 一方, 乾物率とグルコース含量間には100日目と120日目に, また乾物率とスクロース含量との間にはいずれの収穫日においても正の有意な相関が認められた (第1表).



第2図. 移植後120日目における塊根中の各遊離糖含量より推定した甘味度.

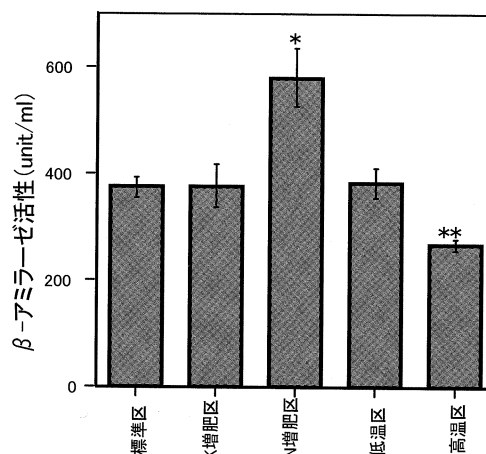
*は5%水準で標準区に対して有意であることを示す.

甘味度 = (1×フルクトース) + (0.55×グルコース) + (1×スクロース) + (0.35×マルトース)

フルクトース グルコース
スクロース マルトース

考 察

地温と蒸し塊根中の各遊離糖含量の関係を調べた結果, 高温区ではいずれの遊離糖含量においても標準区との間に有意差は認められなかったが, 低温区では移植後80日目以降, マルトース含量が標準区に比べ常に高い傾向にあった (第1図). また, 低温区で育成した蒸し塊根の甘味度も, 標準区に比べ高かった (第2図). このマルトースの生成量は澱粉の糊化程度や β -アミラーゼ活性に強く影響を受けることが知られているが (高畑 1994), このうち低温区で育成した塊根中の β -



第3図. 移植後100日目における塊根中の β -アミラーゼ活性.

*, **はそれぞれ5%, および1%水準で有意であることを示す (n=4).

アミラーゼ活性は、標準区に比べ有意に低下していた（第3図）。一方、これまでに挿苗期や収穫期の遅延による塊根肥大時の地温の低下や、一定の低地温に制御した栽培環境下で育成した場合、糊化開始温度、および糊化熱は大きく低下することが報告されている（Noda et al., 1997, 2001）。また、松林（2001）も宮崎紅を含む2種類の青果用品種を異なる時期に栽培し、遊離糖含量を測定した結果、同様の傾向を認めている。したがって、低温区でのマルトース含量の増加は糊化特性の変化に起因する可能性が高いと考えられる。

また、本研究では窒素、およびカリウム増肥はいずれも蒸し塊根中の各遊離糖含量に影響しなかった（第1図）。これとは異なり、小野・矢野（1995）は全遊離糖含量との相関が高い蒸しもののブリックス値と塊根中の窒素含量との間に正の相関関係を認めており、また山川ら（1994）も、異なる12品種・系統の塊根中におけるマルトース、および窒素含量を測定した結果、マルトース生成量は窒素含量の最も高い九州114号で最高値を示したと報告している。従って、塊根中の窒素含量の増加は甘味の向上に関わる重要な要因の一つであると考えられる。しかしながら、持田ら（1996, 1997）は、前作の違いがカンショ塊根中の各遊離糖含量に与える影響をカンショ作付前土壌の理化学性から検討した結果、キャベツ跡地土壌では他の跡地に比べ明らかに窒素含量が高かったが、各作付体系において栽培されたカンショ塊根中の遊離糖含量間には有意差は認められなかったと報告している。この場合、キャベツ跡地土壌ではカリウム含量も多く、カリウム/窒素比は他の跡地土壌と同程度であったため、単に窒素含量のみが各遊離糖含量を左右しているのではないと報告している。また、これまでに塊根中のカルシウムおよびマグネシウム含量とブリックス値との間にも正の相関関係が認められており（小野・矢野, 1995）、これら無機成分間の吸収量のバランスが各遊離糖含量の変動に深く関係していると考えられる。一方、多窒素下ではいわゆるつるばけ現象が見られ、塊根形成や肥大が著しく抑えられることが知られている。したがって、収量性を維持し、かつ甘味の向上を目指した栽培技術を確立する上では、各カンショ品種の耐肥性に見合った窒素施肥量や、窒素成分と他の無機成分とのバ

ランスとの関係を十分に検討していくことが重要であろう。

上述のように、マルトース含量は β -アミラーゼ活性と澱粉の糊化程度の両者に基づくものと考えられる。しかしながら、本研究ではN増肥区で栽培した塊根中の β -アミラーゼ活性は標準区に比べ有意に高かったものの（第3図）、窒素増肥によるマルトース含量の増加は認められなかった（第1図）。これに関して山口ら（1994）は、澱粉の糊化が進行する温度と β -アミラーゼの活性適温は必ずしも一致しておらず、前者は後者に比べ高いため、酵素がかなり失活した状態で初めて糖化が進むと報告している。従って、マルトース生成量は、一義的には糊化特性の違いによって決定され、その糊化特性の違いに応じて初めて β -アミラーゼ活性の高低がマルトース生成にとって重要になってくるのであろう。この考えは、標準区に比べ低温区では β -アミラーゼ活性が低かったものの、蒸し塊根中のマルトース含量は逆に高かったという本研究結果からも支持される（第1図, 第3図）。この点を考慮すると、澱粉の糊化開始温度等を低下させるために白黒ポリマルチで地温を低下し、かつ窒素成分を多く施すことが、マルトース生成量を高める上で極めて効果的であると考えられる。

塊根収量形質と蒸し塊根中の各遊離糖含量間の相関関係について検討した結果、塊根収量、1個重、および長径/短径比と各遊離糖含量間には一定の傾向は認められなかった（第1表）。同様に小野・矢野（1995）は、青果用品種の土佐紅を供試して、ブリックス値と塊根1個重との関係を調査した結果、塊根の重さの違いによるブリックス値の変動は極めて小さかったと報告している。また、片山・田宮（1999）は、主な青果用8品種を2年間供試し、生育に伴う塊根の収量および品質成分の変化を調査した結果、早期肥大性品種が必ずしも食味に関わる品質面で早熟性であるとは限らないことを指摘している。従って、カンショの形態的特徴や収量性から食味の善し悪しを判断するのは困難であると考えられる。一方、これまでに乾物率は蒸しもののブリックス値や食味との相関が高いと報告されているが（小野・矢野, 1995; 片山・田宮, 1999）、本研究においても乾物率とグルコース、およびスクロース含量との

間に正の有意な相関が認められた (第1表)。本研究では、標準区に比べ乾物率が有意に増加した処理区は認められなかったが、これまでの研究において土壌の乾燥が乾物率を高めることが報告されている (武田ら, 1984)。また、近年は塊根の肉質が粉質であるものが一般に好まれているが、乾物率が高いものほど粉質であるため、肉質、および甘味のいずれの形質も、土壌の物理性や畦の高さ等を改善し、土壌の排水性を高めることにより改善させうるものと期待される。

引用文献

1. 花田主計・小島 均 (1951) : 甘藷塊根形成と土壌温度, 九農研, 8, 47-48.
2. 長谷川浩・八尋 健 (1957) : 高地温が甘藷の生育に及ぼす影響, 日作紀, 26, 37-39.
3. 位田藤久太郎 (1950) : 甘藷の塊根形成に及ぼす土壌水分の影響並にその解剖学的研究, 園芸学会雑誌, 19, 49-60.
4. 片山健二・田宮誠司 (1999) : サツマイモ品種の塊根品質からみた成熟期, 日作紀, 68, 224-230.
5. 松林隆宗 (2001) : カンショの栽培環境と塊根における遊離糖組成及びデンプン特性の解析, 佐賀大学修士論文
6. 持田秀之・小林 透・立石 靖・生駒康基 (1996) : 前作の違いが青果用カンショの生育・収量に与える影響, 日作九支報, 62, 71-75.
7. 持田秀之・小林 透・立石 靖・生駒康基 (1997) : 前作の違いが青果用カンショの外観品質と内容成分に与える影響, 日作九支報, 63, 53-55.
8. 中谷 誠 (1997) : 植物の根に関する諸問題 (50) サツマイモの根の発育と生産性 (2), 農及園, 72, 1040-1044.
9. Noda, T., T. Kobayashi and I. Suda (2001): Effect of soil temperature on starch properties of sweet potatoes. *Carbohydr. Polym.*, 44, 239-246.
10. Noda, T., Y. Takahata, T. Sato, H. Ikoma and H. Mochida (1997): Combine effects of planting and harvesting dates on starch properties of sweet potato roots. *Carbohydr. Polym.*, 33, 169-176.
11. Noda, T., Y. Takahata, T. Sato, T. Kumagai and O. Yamakawa (1998): Starch properties and cell-wall material contents in sweet potatoes as affected by flesh color, cultivation method and year. *Oyo toshitu Kagaku (J. Apple. Glycosci.)*, 45, 1-9.
12. 小野 忠・矢野輝人 (1995) : 黒ボク畑土壌での青果用カンショの品質変動と要因解析, 大分県農業技術センター研究報告, 25, 77-94.
13. 小柳敦史・中谷 誠・渡辺 泰 (1987) : サツマイモ塊根烈開症の発症要因に関する研究, 日作紀, 56, 190-197.
14. Takahata, Y., T. Noda and T. Nagata (1992) : Varietal diversity of free sugar composition in storage root of sweet potato. *Japan. J. Breed.*, 42, 515-521.
15. 高畑康浩・野田高弘・永田忠博 (1993) : カンショ塊根遊離糖類組成の地域間比較及び遊離糖類組成と食味との関連, 九農研, 55, 43.
16. 高畑康浩 (1994) : カンショ主要品質成分の品種間差異遊離糖とカロテノイドについて, 九州農業年報, 36-39.
17. 武田英之・猪野 誠・安藤光一 (1984) : 食用カンショ生産技術の現状と改善法 (3) 千葉県北総台地畑における栽培について, 農及園, 59, 933-937.
18. 戸蒔義次 (1950) : 甘藷塊根形成に関する研究, 農事試験報, 68, 1-96.
19. 津野幸人・藤瀬一馬 (1965) : 甘藷の乾物生産に関する作物学的研究, 農技研報, D13, 1-132.
20. 山口美代子・樋上純子・北村由香理 (1994) : さつまいもの加熱調理について, 園田学園女子大学論文集, 29, 329.
21. 山川 理・日高 操・熊谷 享 (1994) : かんしょ塊根内の澱粉分解酵素活性における品種間差異, 九農研, 56, 37.