

サツマイモ塊根の着色に関する研究

加藤 徹*・中山 信弘**

(*農学部蔬菜園芸学研究室・**広島県農業振興課)

Studies on the coloring of tuberous root in sweet potatoes

by

Toru KATO* and Nobuhiro NAKAYAMA**

* *Laboratory of Vegetable Crop Science, Faculty of Agriculture;*

** *Section for the Promotion of Agriculture, Hiroshima Prefectural Office*

Abstract : In the forcing of sweet potatoes the coloring of tuberous roots is one of the most important marketable value except for size and shape. However, we have had no data concerning the red color formation as related to the external and internal factors in sweet potato forcing procedure.

This experiment was carried out in the vinyl house in 1970 and in the field in 1972.

1. The effect of polyethylene film mulch and heavy nitrogen on the red color formation of tuberous roots in sweet potato grown in the sandy and/or clay loam soil was investigated in 1970. It was shown that film mulch increased more tuberous root weights than that of no mulch in both sandy and clay loam, but not accelerated the anthocyanin development, and also that the heavy nitrogen application accelerated the pigment development in spite of a decrease in tuberous root weight with vigorous vine growth.

2. It was clearly suggested that the red color formation was correlated with the polysaccharide content in tuberous roots under both mulch and no mulch.

3. The result in 1972, using a dwarf strain of Kagoshima variety, showed that the red color formation was promoted in ascending order of black fibrous sheet, black polyethylene film, no mulch, and colorless and transparent polyethylene film, corresponding with starch content in tuberous roots.

4. After adjusting the soil PH with diluted sulfuric acid and lime stone respectively, each field were divided into three plots, 1) green manure application, 2) application of fresh vines of sweet potatoes, and 3) no manure. Vine seedlings were planted on Aug. 28 after black polyethylene mulching and were harvested on Nov. 27. The tuberous roots in sweet potatoes grown under acidic soil with no manure showed the best coloring, corresponding with high starch accumulation.

5. The effect of PH, temperature, and basic chemicals on the red color development using the method of "Disks on solutions" was investigated. "Disks on solutions" refers to floating skin disks (1 cm²) on solutions of buffer or different chemicals. It was shown that the red color development was promoted with PH 6.0 in dark and 20°C on solution of 1% glucose, and that potassium was more effective in red color development than calcium and magnesium.

緒 言

高知県においてサツマイモの早掘り栽培が市況の好調に刺戟されて増加傾向にあるが、塊根の着色程度がひじょうに市場価格に反映するので、農民の注意をひいている。また連作障害ともいわれている塊根表皮にみられる“黒あざ症”の発生が一部農民の心配の種にもなっている(第1図)。

すでにルチンの葉面散布によって同化機能が高まり、増収になるとともに塊根の着色も良好なることを報告¹⁾した。従って塊根の着色程度は同化生産物の蓄積状態に影響されることが考えられ、この面より検討し、着色は澱粉の蓄積程度と密接に関係し、澱粉の蓄積が高まれば着色が良好となることが明らかになったので報告する。

実 験 方 法

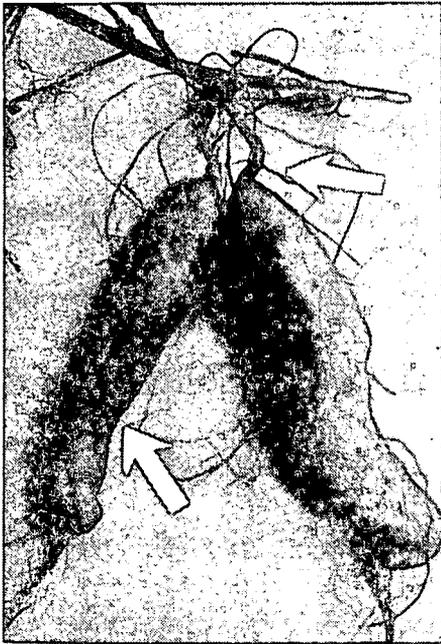


Fig. 1. Symptom of black birthmark disorder
"Kuroaza-sho" Arrow shows disorder place

早掘り栽培ではマルチの利用が普通行なわれているので、1970年にはハウス内で砂土および埴壤土に黒および白ポリマルチを行なって、また1972年には黒、白ポリの他に黒センイシート（水をよくとおす）を利用して露地栽培を行ない、マルチ資材と塊根の着色との関係を体内成分の比較から検討した。収穫は一般に挿苗後90日前後で行なわれているので、これを基準に行なった。すなわち、第1実験では高系14号5節苗を4月13日に挿苗し、7月14日に収穫調査した。挿苗に先立って、畑を多チッソ、少チッソ区に分け、前者には10a当り6kg、後者には3kgを施し、リンサン、カリは両者に10a当り12kgずつ施して後マルチを行なった。挿苗後はたびたびかん水して活着を促すとともに、その後は毎日かん水を行なって生育を促した。第2実験では鹿児島産短づるの7節苗を8月19日に挿苗し、11月27日に収穫した。施肥はCDU（15-15-15）でチッソを10a当り6kgを元肥として

与え、マルチを行なった。

また第3実験として生づる、生草を苦土石灰、稀硫酸と組合せて施し、黒あざ症の発生、着色程度を調査した。すなわち、酸性区は稀硫酸でPH 5.0にし、アルカリ区は苦土石灰でPH 7.0に調整した後に生づる、生草を10a当り10tに相当する量を細断して施し、うね立てを行い、黒ポリマルチをしてから、8月28日に短づるを挿苗し、11月27日に収穫調査した。元肥にはCDU（15-15-15）でチッソで10a当り6kgを施した。対照区には無堆肥区を設けた。収穫後土壌PHを水抽出で測定し、第3表のようになっており、酸性、アルカリ性を維持しえた。

収穫後着色および分析を行なった。着色は表皮をコルクポラで1平方糎ずつ5~10個とり、1%塩酸メタノール25mlで抽出、530m μ で吸光度を測定し、着色程度を吸光度で示した。分析は収穫イモを80%アルコールに浸漬貯蔵し、常法に従ってチッソ化合物含量および炭水化物含量を測定し、新鮮重パーセントで表示した。チッソはセミマイクロケルダール法で、炭水化物はソモギー法によった。

なお、塊根の着色と外的環境との関係を調査するために、塊根の表皮切片をコルクポラで打抜き、これを培養水に浮べ、24時間培養して着色におよぼす温度、PH、各塩基およびカリ形態についても検討した。

結 果

1. 土壌の種類、チッソ施肥量およびマルチの種類と塊根の収量、着色との関係

第1表にみられるように、つる重、イモ重ともに埴壤土区にくらべて砂土区では劣っているが、着色は著しく良好であった。

マルチの影響をみると、白ポリが黒ポリ、無マルチよりつる重、イモ重ともに良好であるが、イ

Table 1. Effect of mulch on the growth and yield of tuberous roots in sweet potato (Per 5 plants)

Soil	Treatment		Top weight (g)	No. of tuberous roots	Tuberous root weight (g)	Color pigment content
	Mulch	Nitrogen application				
Sandy soil	No mulch	Heavy	2470	18	760	0.52
	Black polyfilm	Light	1930	20	910	0.40
	Clear polyfilm		1980	20	1010	0.15
Clay soil	Clear polyfilm	Light	2105	26	1095	0.17
	No mulch	Heavy	4145	12	815	0.37
	Black polyfilm	Light	1840	25	1060	0.26
	Clear polyfilm		3715	26	1235	0.11
	Black polyfilm	Light	3480	36	1655	0.13

Table 2. Organic composition of tuberous roots in sweet potatoes under various mulch (% on fresh weight basis)

Soil	Treatment	Nitrogen compound content						Carbohydrate content			
		Mulch	Nitrogen application	Soluble nitrogen	Insoluble nitrogen	Total nitrogen	Reducing sugar	Nonreducing sugar	Total sugar	Polysaccharide	Total carbohydrate
Sandy soil	No mulch		Heavy	0.04	0.28	0.32	0.45	0.59	1.14	13.04	14.18
	Black polyfilm		Light	0.05	0.23	0.28	0.41	0.86	1.27	11.96	13.23
	Clear polyfilm		"	0.03	0.20	0.23	0.42	0.64	1.06	9.21	10.27
Clay soil	No mulch		Heavy	0.05	0.24	0.29	0.34	0.96	1.30	10.07	11.37
	Black polyfilm		Light	0.03	0.22	0.25	0.30	0.82	1.12	9.59	10.71
	Clear polyfilm		"	0.04	0.20	0.24	0.30	1.06	1.36	7.42	8.78
			"	0.05	0.22	0.27	0.29	0.63	0.92	9.09	10.01

Table 3. Effect of mulch on the yield, coloring and organic composition of tuberous roots in sweet potato

Treatment	No. of tuberous roots			Tuberous root weight (g)			Color pigment content	Total nitrogen	Total sugar	Starch	Polysaccharide except starch	Total polysaccharide	Total carbohydrate
	Large	Small	Unmarketable	Large	Small	Unmarketable							
No mulch	7	34	51	1340	3060	1285	0.68	0.87	1.80	10.95	0.77	11.72	13.52
Black fiber sheet	6	48	35	1195	3965	1775	0.45	0.90	2.15	9.18	0.57	9.75	11.90
Black polyfilm	13	51	59	2870	3985	1590	0.50	0.86	1.98	10.23	0.61	10.94	12.92
Clear polyfilm	10	58	72	1674	4932	1800	0.73	0.73	1.83	11.64	0.73	12.37	14.20

* Yield : per 10 plants

* Organic composition : On fresh weight basis

Table 4. Effects of soil PH and raw vine application on the coloring and texture of tuberous roots in sweet potato

Soil PH	Treatment Application	PH	EC	color pigment content	Chaps	Percentage*1 black birthmark disorder	Starch*2 content %	Dry*3 weight %	Mineral composition %*3				
									N	P	K	Ca	Mg
Acid	No manure	4.4	1.1	0.56	##	0	10.24	19.75	4.46	0.17	1.32	0.15	0.09
	Fresh grass	4.3	0.9	0.10	##	0	6.32	16.83	3.90	0.27	2.94	0.33	0.10
	Raw vine	5.9	0.9	0.24	##	13.5	8.59	17.63	3.78	0.20	1.65	0.23	0.12
Alkali	No manure	6.6	0.1	0.39	+	0	8.82	19.38	4.23	0.21	1.36	0.30	0.08
	Fresh grass	6.7	0.3	0.20	+	0	6.43	16.00	4.32	0.23	2.34	0.46	0.18
	Raw vine	7.1	0.4	0.25	+	0	8.35	17.88	4.72	0.29	2.14	0.44	0.10

* 1 No. of disordered tuberous roots

* 2 No. of harvested "

* 3 On fresh weight basis

* 3 On dry weight basis

モの着色程度では無マルチ区が白ポリ、黒ポリマルチ区よりすぐれていた。

次にチッソの影響では両土壤とも多チッソの方が少チッソよりもイモ重、つる重および着色がまさっていた。

塊根の分析結果(第2表)をみると、チッソ含量には各区の間に著しい差異はみとめられないが、多糖類含量に著しい違いがみられ、着色の良好な区ほど多糖類含量が多い傾向がみられた。多糖類の大部分は澱粉であるので、澱粉の集積程度と着色程度との間に相関がみられることとなる。

2. マルチの種類と塊根の収量、着色との関係

マルチの種類をかえて露地栽培を行なった結果は第3表のとおりである。

マルチ区は無マルチ区にくらべ、イモ数、とくに大イモ数多くて多収であるが、マルチ間では黒ポリマルチ区が白ポリ、黒セシシートよりまさっていた。しかし着色程度は白ポリ、無マルチ、黒ポリ、黒セシシートの順に劣り、収量との間に相関はみられなかった。

分析結果をみると、着色程度と多糖類含量との間に相関がみられ、着色良好な区ほど多糖類含量が多かった。

3. 土壌 PH, 有機物施用の影響

土壌 PH および有機物の塊根の着色、地肌におよぼす影響をみると、第4表のとおりである。

酸性区の方がアルカリ区より塩類濃度がやや高い傾向がみられるが、着色程度は酸性無堆肥区が最もよく、ついでアルカリ無堆肥区で、有機物を施与した区は酸、アルカリ両区で著しく不良であった。この場合にも第3図のように着色と澱粉含量との間に相関がみとめられた。

塊根表面に酸性区で著しいひび割れがみられ、生づる施与区では黒あざ症の発生がみられた(第2図)。塊根の成分分析をみると、澱粉含量と着色程度との間に相関がみられた(第3図)。

また塊根を乾燥後灰化法によって体内無機成分を分析してみると、着色程度と無機成分含量との間に著しい関係はみとめられなかった。

4. 塊根表皮切片による培養結果

(1) 温度の影響

第4図にみられるように、リンサンバッファで PH 6.0にした培養水にイモ切片を浮べ、各温度において培養すると、20°C 付近で着色が促進されており、それよりも高くなるにつれてまた低すぎても着色不良で、この時1%のグルコースを加えて糖分が補給されると着色が促進されていた。

(2) PH の影響

第5図にみられるように、リンサンバッファで PH を調節し、20°C で培養してみると PH 6.0 位が良好で、それよりも高くても、低くても色素形成には不適のようであった。とくに酸性側で一層色素形成が抑制されるようであった。またこの場合暗黒の方が明所より色素形成には良好であった。

(3) 塩基類の影響

第6図にみられるように、塩化カリ、硫酸苦土、塩化カルシウムを供試して着色におよぼ

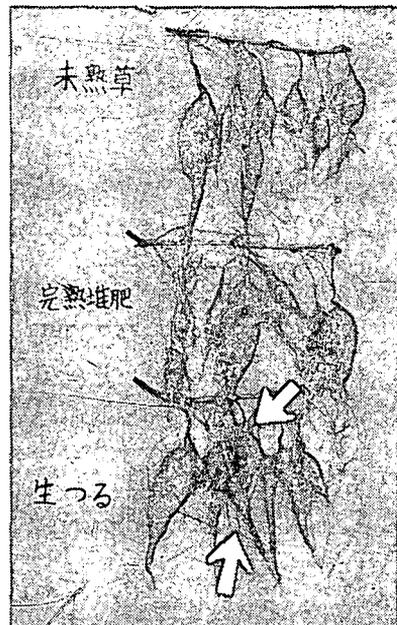


Fig. 2. Tuberos roots of sweet potatoes grown under acidic soil Upper: Nomanure, Middle: Fresh grass, Low: Raw vine Arrow shows disorder place

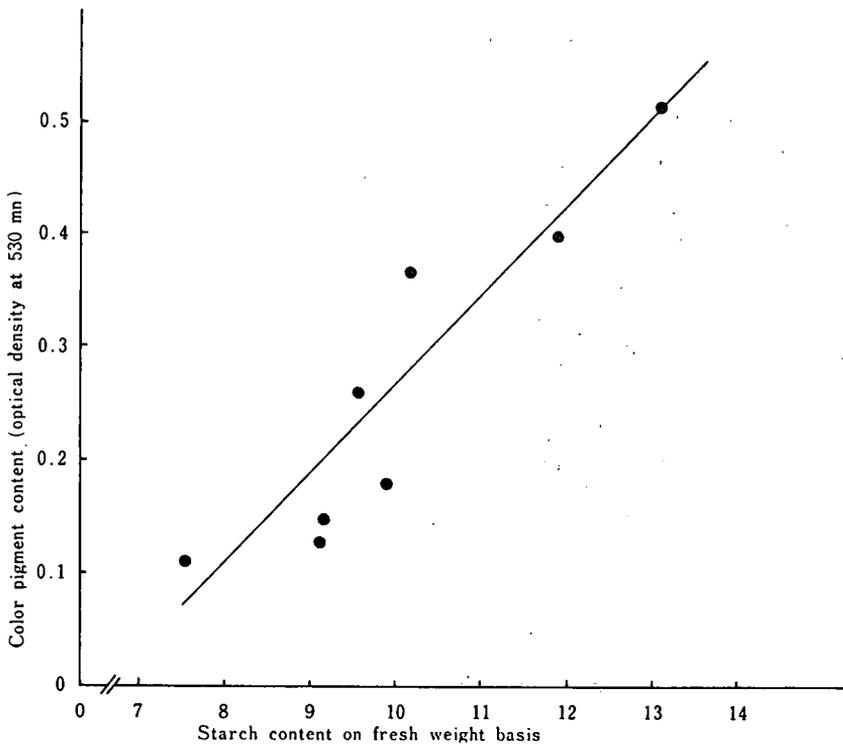


Fig. 3. Relation between color pigment content and starch content of tuberous roots grown under different soil PH and raw vine

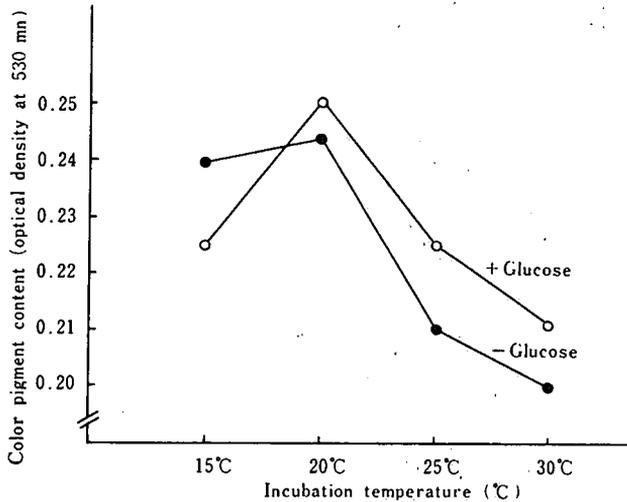


Fig. 4. Color pigment development at various temperatures

す塩基類の影響をみると、カリの影響が著しく、石灰、苦土の影響はあまりみられなかった。

さらにカリ塩の種類の影響について検討したが、第7図にみられるように塩加、硫加の影響が著しく、着色を促進するにはカリ肥料として塩加、硫加が良好のように思われた。

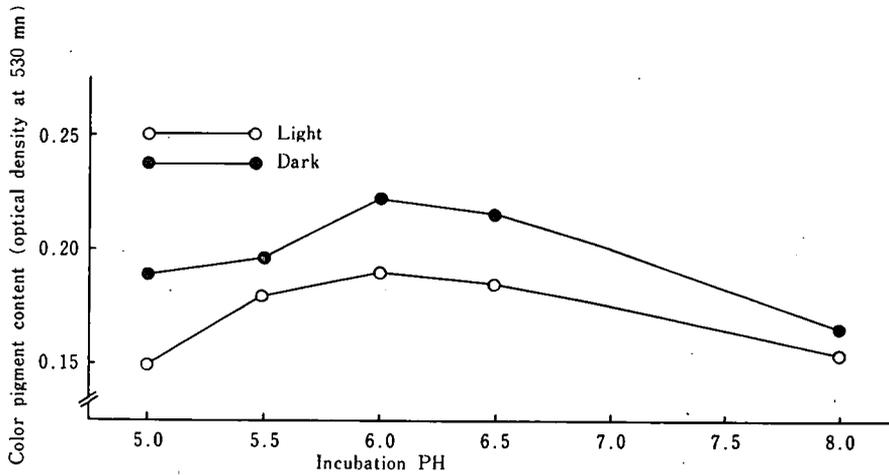


Fig. 5. Color pigment development at various PH under different light

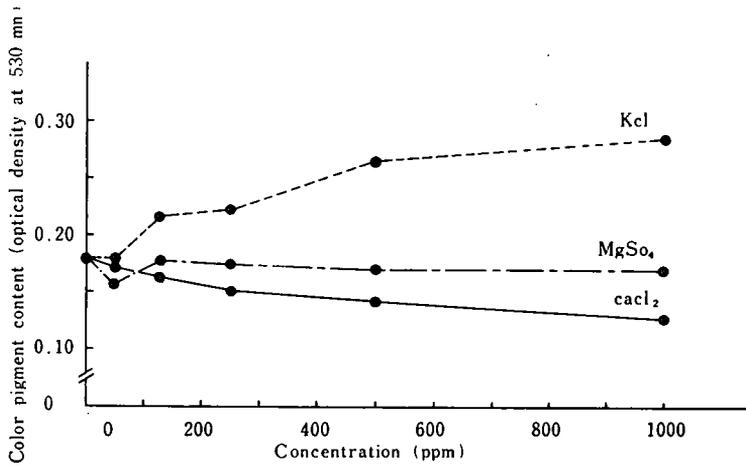


Fig. 6. Effect of various salts on the color pigment development

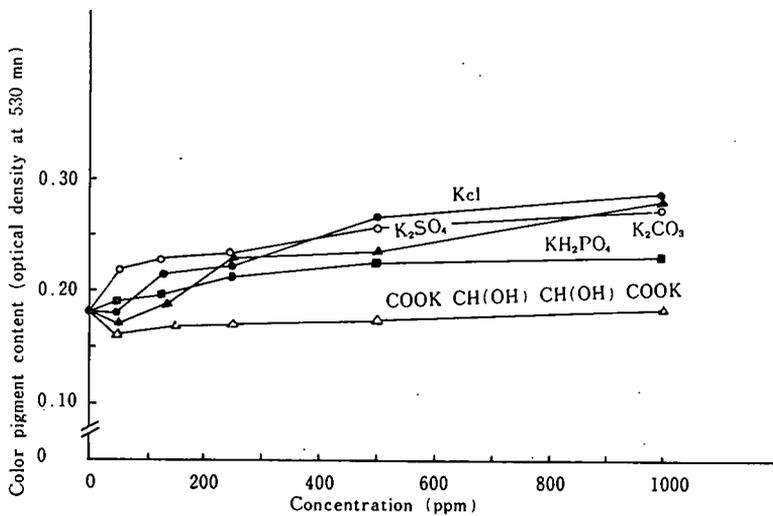


Fig. 7. Effect of potassium salts on the color pigment development

考 察

サツマイモの塊根形成肥大と環境との関係について数多くの研究報告^(2~11)があるが、塊根の着色についての研究報告は全くみられない。これは早掘り栽培と違って普通栽培では十分着色するので、このような問題は発生しないためと思われる。さて、早掘り栽培では土壌通気よく、適当な水分があって、しかも初期生育が早く行なわれるため春先の地温が上がりやすい土壌がよいとされ、砂質土が埴土より適することが知られている。しかし第1表にみられるように砂質土では埴土より収量が少ないが着色は良好である。これは塊根の形成肥大が早いかわりに乾燥しやすいので地上部の発育も抑制され、その結果として肥大も抑制されて成熟するためと思われる。澱粉の集積は砂土で多いことから裏付けられる。

マルチ栽培が無マルチ栽培より地温、水分保持、肥料の流亡防止の点よりすぐれていることは多くの研究報告^(12,13)でみとめられている。第1, 第2実験でもこの傾向はみとめられる。しかしマルチ栽培では無マルチ栽培より収量は多いが着色程度は逆に劣っている。これは第1表における無マルチ区における多チッソ区と少チッソ区との関係からも理解されるように、マルチ区では肥料の流亡なく、土壌水分保持、地温確保の点で無マルチ区よりすぐれているために茎葉の発育盛んで、イモの成熟がおくれているためと考えられる。事実澱粉の集積が少なく、着色程度も劣る結果が示されている。

従って着色程度はイモの成熟程度を示しており、澱粉の集積程度がイモの成熟程度を示す指標であるといえることができる。

第3表の結果も同様で、着色は澱粉の集積程度と関係しているが、イモ内の無機成分との間には著しい関係はみとめられなかった。

以上のように着色は糖の蓄積に伴なって形成される花青素の多少によるもので、多くの植物の地上部の器官でみられる着色のプロセスと一致しているが、第5図にみられるように光照射は却って色素形成を阻害する傾向がみられる。

イモの形成肥大については20~30°Cが良好であると報告¹⁰⁾されているが、着色には20°Cが良好で、色素形成にはイモの形成肥大条件よりやや低い温度が適温であるように思われる。また第5図にみられる土壌PHについては、色素形成には6.0前後が良好で、形成肥大の最適PHが5~7位の間にあることを考慮して、土壌PHが酸性すぎないようにPHを矯正することが、イモの形成肥大および着色にとってよいように思われる。

またカリ肥料は着色にも良好で、イモ栽培にとって大切な要素¹⁴⁾である。

以上からイモの形成肥大を良好にする土壌、水分、通気、地温はイモになる根の分裂組織を活発にして大イモの形成を促すのに対して、乾燥、通気不良、低地温はイモの形成肥大を阻害し、イモへの澱粉集積を早め、着色を早期より発現せしめることになる。従ってこの両者の調和をはかることが早掘り栽培の基本になるように思う。

イモに光があたると、色素含量が減少し、着色状態が低下するので、収穫後なるべく太陽光線に曝さないように配慮することが望ましいように思う。

黒あざ症の発生についてみると、第3表にみられるように土壌PHが酸性で生づるがすきこまれると発生するようで、生づるを畑に入れるとよくないといっている現地の結果とも一致しているが、土壌PHが関係しているように思われる。生づるをすきこんでも十分に苦土石灰を施すときはあまり問題ないように思われる。

なおイモの肌があれないようにするには苦土石灰がよく吸収利用されることが必要である。この点については後に別に報告したいと思う。

摘 要

サツマイモの早掘り栽培では着色程度が著しく出荷価格に影響をおよぼすので、着色に関係する要因について研究した。

1. ビニールハウス内の砂土および埴壤土を供試し、黒ポリまたは白ポリでマルチするマルチ区と裸地の無マルチ区に分け、それらに10 a 当りチッソ 3 kg, リンサン 12 kg, カリ 12 kg の割合で元肥を施した。なお裸地にチッソ倍量の 6 kg 区をそれぞれに設けた。4月13日に5節の高系14号苗を挿し、7月14日に掘取った。

砂土では埴壤土にくらべ、イモ重は少ないが着色よく、多糖類含量が多かった。マルチの影響をみると、白ポリマルチ区が最も収量多く、ついで黒ポリマルチ、無マルチ区の順で減少したが、着色程度はその逆で、多糖類含量もそれに対応していた。チッソの影響をみると、砂土および埴壤土において多チッソ区は少チッソ区にくらべ、つるの伸長良好で多いがイモ重は逆に少なかった。しかし着色程度は良好で、多糖類含量も多い傾向がみられた。

2. 鹿児島産短づる7節苗を8月19日に挿し、22日にマルチ区と無マルチ区を設け、マルチとして白ポリ、黒ポリ、黒センイシートの3種類を施した。11月27日に収穫し、イモの大きさに従って大イモ、小イモ、くずイモの3種に分けて調査するとともに着色程度を調査したが、大イモ重は黒ポリマルチ区が最もよく、ついで白ポリ、黒センイシート、無マルチ区の順に低下していたが着色は白ポリマルチ区と無マルチ区がよく、黒ポリマルチ区と黒センイシート区は劣った。多糖類含量も着色程度と相関がみられた。

3. 苦土石灰および稀硫酸によって土壌 PH を調節するとともに、両区に生草あるいは生づるを細断して10 a 10 t 程度施してうね立てをした後黒ポリマルチをしてから鹿児島産短づるを8月28日に挿し、11月27日に収穫した。酸性区ではアルカリ区にくらべて肌荒れがひどく、とくに生づる施与区では黒あざ症の発生がみられた。着色は酸性無堆肥区で最もよく、澱粉含量も多かったが、その他は着色不良で、澱粉含量が少なかった。

イモの無機成分と着色との関係を調査したが一定の傾向はみられなかった。

4. イモの表皮切片をコルクポーラで1 cm² ずつとって水にうかべて24時間培養し、着色と外的環境との関係を調査した。着色は20°C前後で最もよく発現し、糖が補給された場合に一層良好となった。リンサンバッファーによってPHを調節し、PHの影響をみると、色素発現にはPH 6.0がよく、それより酸性になるにつれてアルカリになるよりも著しく抑制された。また光照射が加わると色素形成は著しく抑制されるようである。色素発現にはカリの効果著しく、石灰、苦土の影響はみられなかった。カリ塩でも塩加、硫加がとくに良好で、炭酸カリ、リンサンカリ、コハク酸カリとなるにつれて効果が低下した。

文 献

1. 加藤徹・吉弘昌昭・中山信弘、園芸作物に対するルチンの生理的役割ならびにその利用に関する研究 II サツマイモに対する散布効果について。高知大学研報, 22 農学12 (1973)。
2. 鎌谷栄次、甘藷の生理的特性と肥培管理 (1)。農及園, 20, 373~376 (1945)。
3. 伊東秀夫・土屋四郎、甘藷の塊根形成に関する研究 (3)。園学雑, 16, 1~15 (1947)。
4. 位田藤久太郎、生育初期の土壌乾燥が甘藷の塊根形成に及ぼす影響。農及園, 24, 549~550 (1949)。
5. 小林章・福島与平、甘藷塊根の分化生理 2. 土壌反応が体内糖分及び塊根分化に及ぼす影響。農及園, 19, 499~500 (1949)。
6. 戸刈義次、甘藷塊根形成に関する研究。農林省農試報, 68, 1~96 (1950)。
7. 花田主計・小島均、甘藷塊根形成と土壌温度。九州農研, 8, 47~48 (1951)。
8. 長谷川浩・八尋健、甘藷の生育と地温との関係。九州農研, 16, 83 (1955)。
9. ———・中島窓秋、晩植甘藷畑に対する地面被覆の効果。九州農研, 16, 84 (1955)。

10. 長谷川浩・八尋健, 高地温が甘藷の生育におよぼす影響. 日作記, 26, 37~39 (1957).
11. 熊野誠一・藤瀬一馬, 根部の環境条件が甘藷塊根の形成に及ぼす影響. 日作紀, 34, 35~39 (1965).
12. 渡辺和之, カンショ. 家の光協会 東京 (1970).
13. 小中伸夫, カンショに対するコリン処理効果の作物学的研究. 千葉農試特報, 3, 1~22 (1972).
14. 津野幸人・藤瀬一馬, 甘藷の乾物生産に関する作物学的研究. 農技研報 D13, 1~131 (1965).

(昭和50年9月30日受理)