HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	馬鈴薯の遊離アミノ酸に関する研究 : 第１報　生育中における馬鈴薯植物体の遊離アミノ酸の消長
Author(s)	西内, 義男; 岡沢, 養三
Citation	北海道大学農学部邦文紀要, 6(2), 275-283
Issue Date	1967-09-30
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/11763
Type	bulletin (article)
File Information	6(2)_p275-283.pdf

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

馬鈴薯の遊離アミノ酸に関する研究

第1報　生育中における馬鈴薯植物体の遊離アミノ酸の消長

西内義男*・岡沢養三**

Studies on the free amino acids of potato plant

Part 1　Changes of the free amino acids contents of potato plant during an entire growing period

YOSHIO NISHIUCHI and YOZO OKAZAWA

I. 緒　　言

馬鈴薯塊茎には多種類のアミノ酸のほかにアミド，蛋白質などが含まれているが，これら窒素化合物の生育中の植物体内における消長，および生理的意義については，いまだ不明の点も多い。田川，岡沢 (1950, 1955) は生育中および貯蔵中における馬鈴薯塊茎の窒素代謝について報告し，その生育中における地上部の窒素成分の消長については，田川，酒井 (1951) らによつて明らかにされている。これによれば，アミノ酸態窒素およびアミド態窒素は塊茎形成期，萠芽期および花器形成期などに顕著な変動がみられている。

遊離アミノ酸については STEWARD (1947) らにより馬鈴薯塊茎から20数種のアミノ酸およびその誘導体が確認された。その後 SZALAI (1957) によれば tryptophan, valine, γ-amino butyric acid などは休眠後了後，萠芽期に急増することが報告されている。また FISCHINICH (1959) らは塊茎中の proline 含量の消長について明らかにしている。他方生育中の植物の遊離アミノ酸に関しては，タバコ (野口 1963)，マメ科植物 (KHAVKIN 1964) などについての研究があり，これらによれば細胞中に遊離の状態で存在するアミノ酸の含量は内的，外的の各種要因により著しい影響をうけることが推察される。しかして，これら遊離アミノ酸の変動はアミノ酸の生成，分解およびその利用速度の変化に伴なう結果とみられ，現在これを統一された代謝様式によって説明することは困難である。

したがつて本研究においては，馬鈴薯の遊離アミノ酸含量の消長を追求し，その変化過程を明らかにする目的で生育中の地上部および地下部について検討を加えた。

なお本研究の遂行にあたり御懇切な御指導を賜った北海道大学農学部田川隆教授に深甚な感謝の意を表する。

II. 実験材料および実験方法

実験材料には馬鈴薯「農林1号」を用い，播種から収穫までの各時期に，葉，茎，根，匍枝，塊茎の各部に含有される遊離アミノ酸について測定した。またアミノ酸の抽出，測定方法は下記の通りである。

(1) 遊離アミノ酸の抽出方法

馬鈴薯植物体の各部を採集後，直ちに生体重量を精秤した (5～20 g)。これを75% ethanol により80°C で15分間，3回反復抽出し，この ethanol 抽出液を合わせ，rotary evaporator により減圧下，50°C で ethanol を除き，これを遠沈 (12000 RPM) により沈澱物を除去した。つぎに phenol 類を除くため，この上清液を分液濾斗に移し，ether と共に5分間振盪し，ether 相を完全に除いて定容し，その一定量をアミノ酸の測定に用いた。

(2) アミノ酸の定量法

アミノ酸の分離定量には，日立 KLA 2型アミノ酸自動分析計を用いた。すなわち酸性および中性アミノ酸の分析には50 cm および，150 cm column を用い，50°C で pH. 3.25, 4.25, 5.28 の citrate buffer にてアミノ酸を連続溶出し，分離定量した。また塩基性アミノ酸の分析には15 cm column を用い，pH 5.28 の citrate buffer で溶出した。

(3) amide の測定法

馬鈴薯には多量の asparagine および glutamine が含有されているが，これらはアミノ酸自動分析計を用い

*　北海道教育大学旭川分校　Asahigawa Branch, Hokkaido University of Education
**　北海道大学農学部　Faculty of Agriculture, Hokkaido University

ると，その溶出位置がともに serine の溶出位置と重なるために測定が不可能である。このため asparagine, glutamine, serineの合計値を asparagine の値として算出し amide として表示した。

なお各アミノ酸，amide および ammonia の含量の表示は組織生体重量 g あたりの μ Mol にて示した。

III. 実験結果および考察

本実験中に用いた馬鈴薯は1964年5月22日に播種し萠芽期 (6月15日)，開花期 (7月6日)，開花後 (7月27日)，塊茎肥大生長期 (8月17日)，および茎葉萎凋期 (9月7日) の5回にわたり植物体各部のアミノ酸含量を測定した。

(1) 葉片中のアミノ酸含量について

葉の遊離アミノ酸含量は生育と共に増加し開花期に最も多量にみられ，黄変枯凋期に到り急激な減少がみられた。このうち多量にみられるアミノ酸は aspartic acid, glutamic acid, alanine, γ-amino butyric acid であった (表1～4)。

アミノ酸組成についてみると，生育初期において遊離アミノ酸中で占める aspartic acid および glutamic acid の割合は高いが，黄変枯凋期に到って，この割合は低下した。しかし alanine ならびに γ-amino butyric acid の占める割合は生育初期に低いが，生育末期に到って極めて高くなることが認められた。一方着葉位置の異なる葉のアミノ酸組成についても，上葉の若い葉においては glutamic acid の占める割合が高く，また下葉では alanine および γ-amino butyric acid の占める割合が高い (図1)。

このような傾向はタバコ葉においてもみられ，葉の

表 1　生育中における馬鈴薯葉の遊離アミノ酸含量

(生重1g中の μ Mol)

	6月15日	7月6日	7月27日	8月17日	9月7日
Aspartic acid	0.99	1.80	2.10	1.07	0.32
Threonine	0.57	0.53	0.28	0.32	0.14
Serine	—	—	—	—	—
Glutamic acid	1.93	2.22	1.55	1.59	0.68
Proline	0	0.33	0.16	0.10	0.05
Glycine	0.10	0.07	0.07	0.06	0.06
Alanine	1.11	1.02	1.33	0.88	1.06
Cystine	—	0.05	0.04	0.01	0.003
Valine	0.28	0.38	0.39	0.16	0.12
Methionine	0.03	0.03	0.03	0.01	0.01
Iso-leucine	0.16	0.25	0.29	0.10	0.07
Leucine	0.17	0.24	0.21	0.09	0.09
Tyrosine	0.14	0.23	0.18	0.08	0.06
Phenylalanine	0.18	0.33	0.24	0.12	0.08
γ-amino butyric acid	1.57	1.76	1.07	1.17	1.22
Tryptophan	0.10	0.24	0.23	0.07	0.05
Lysine	0.15	0.16	0.14	0.07	0.05
Histidine	0.06	0.07	0.08	0.02	0.01
Arginine	0.08	0.09	0.06	0.03	0.02
total	7.62	9.80	8.45	5.95	4.09
Amide	4.05	1.91	1.14	0.67	0.43
Ammonia	1.48	0.49	—	0.83	0.84

表 2　生育中における馬鈴薯上葉の遊離アミノ酸含量

(生重1g中の μ Mol)

	7月6日	7月27日	8月17日	9月7日
Aspartic acid	1.00	2.45	0.97	0.24
Threonine	0.50	0.33	—	0.17
Serine	—	—	—	—
Glutamic acid	3.12	2.11	2.13	0.63
Proline	0.24	0.20	0.11	0.04
Glycine	0.03	0.07	0.07	0.08
Alanine	0.97	1.36	0.80	1.28
Cystine	0.05	0.03	0.01	0
Valine	0.28	0.42	0 18	0.14
Methionine	0.02	0.03	0.02	0.02
Iso-leucine	0.16	0.32	0.12	0.08
Leucine	0.14	0.22	0.09	0.13
Tyrosine	0.22	0.22	0.10	0.06
Phenylalanine	0.34	0.29	0.16	0.09
γ-amino butyric acid	1.29	1.05	1.60	1.65
Tryptophan	0.22	0.19	0.08	0.06
Lysine	0.13	0.13	0.09	0.08
Histidine	0.05	0.06	0.02	0.02
Arginine	0.09	0.05	0.04	0.04
total	8.85	9.53	6.59	4.81
Amide	1.62	1.32	0.73	0.53
Ammonia	0.40	—	0.72	0.89

表 3 生育中における馬鈴薯中葉の遊離アミノ酸含量
(生重 1 g 中の μ Mol)

	7月6日	7月27日	8月17日	9月7日
Aspartic acid	2.24	2.18	1.71	0.36
Threonine	0.58	0.27	0.49	0.13
Serine	—	—	—	—
Glutamic acid	2.31	1.90	2.06	0.70
Proline	0.41	0.14	0.15	0.02
Glycine	0.08	0.07	0.06	0.06
Alanine	1.13	1.26	0.92	0.95
Cystine	0.05	0.04	0.01	0.005
Valine	0.41	0.40	0.22	0.11
Methionine	0.03	0.03	0.02	0.01
Iso leucine	0.27	0.30	0.15	0.06
Leucine	0.26	0.21	0.14	0.07
Tyrosine	0.26	0.18	0.11	0.06
Phenylalanine	0.35	0.24	0.15	0.07
γ-amino butyric acid	2.15	0.90	0.83	1.01
Tryptophan	0.23	0.27	0.09	0.05
Lysine	0.19	0.15	0.09	0.04
Histidine	0.09	0.11	0.04	0.01
Arginine	0.11	0.07	0.05	0.02
total	11.15	8.72	7.29	3.73
Amide	2.13	1.01	0.98	0.38
Ammonia	0.57	—	1.06	0.82

表 4 生育中における馬鈴薯下葉の遊離アミノ酸含量
(生重 1 g 中の μ Mol)

	7月6日	7月27日	8月17日
Aspartic acid	2.16	1.68	0.85
Threonine	0.52	0.25	0.14
Serine	—	—	—
Glutamic acid	1.22	0.64	0.58
Proline	0.35	0.13	0.05
Glycine	0.05	0.06	0.06
Alanine	0.96	1.38	0.92
Cystine	0.05	0.05	0.005
Valine	0.45	0.34	0.06
Methionine	0.03	0.03	0.01
Iso leucine	0.31	0.24	0.04
Leucine	0.32	0.22	0.04
Tyrosine	0.22	0.15	0.03
Phenylalanine	0.30	0.20	0.04
γ-amino butyric acid	1.85	1.28	1.08
Tryptophan	0.25	0.24	0.04
Lysine	0.16	0.13	0.03
Histidine	0.07	0.08	0.005
Agrinine	0.06	0.06	0.01
total	9.33	7.16	3.99
Amide	1.99	1.06	0.31
Ammonia	0.50	—	0.77

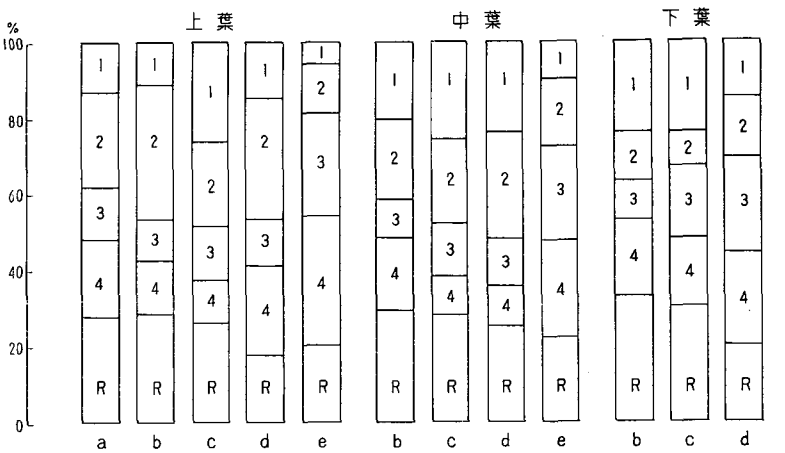

図 1 生育中における馬鈴薯葉の遊離アミノ酸組成

1: aspartic acid, 2: glutamic acid, 3: alanine, 4: γ-amino butyric acid
R: 1～4 以外の全遊離アミノ酸
a: 6月15日 b: 7月6日 c: 7月27日 d: 8月17日 e: 9月7日

age の進行と aspartic acid および glutamic acid の含有割合の減少，alanine および γ-amino butyric acid の含有割合の増加が密接に関連していることが認められており (野口ら 1963), 馬鈴薯葉においても，同様な関連性があるものと考えられる。すなわち，若い生理的活性の高い葉において aspartic acid および glutamic acid などが多量にみられることは，これらのアミノ酸が他のアミノ酸および amide の生合成の材料として，また直接，蛋白質合成の材料として多量に必要であることから容易にうなずかれる事実である。一方 age の進んだ古い葉においては alanine および γ-amino butyric acid の占める割合が高くなり，これは蛋白質合成能力の低下によるものか，あるいは蛋白質分解にともなうものであるかは明らかでないが，組織の老化に伴う一連のアミノ酸代謝の機能低下によるものと考えられる。

(2) 茎のアミノ酸含量について

塊茎より萠芽後，地上部の生育初期においては，茎中のアミノ酸および amide の含量は極めて多く，それぞれ 9.96 μ Mol, 21.92 μ Mol を示したが，花器形成期に到り，amide は 2.07 μ Mol. に急減した。すなわち生育初期においては，塊茎より直接に可溶性態窒素としてのアミノ酸，amide などの転流が著しいものと思われる。このうち多量にみられるアミノ酸は aspartic acid, glutamic acid, alanine および γ-amino butyric acid などであるが，cystine, methionine および phenylalanine は少量であった。しかし，塩基性アミノ酸は生育初期において，葉の含量に比較して 2～6 倍の含有がらみれた (表 5)。

表 5　生育中における馬鈴薯茎の遊離アミノ酸含量

(生重 1 g 中の μ Mol)

	6月 15日	7月 6日	7月 27日	8月 17日	9月 7日
Aspartic acid	1.25	1.74	0.36	0.14	0.05
Threonine	0.09	0.33	0.27	0.09	0.09
Serine	—	—	—	—	—
Glutamic acid	1.87	1.02	0.88	0.40	0.47
Proline	0.01	0.27	0.39	0.08	0.05
Glycine	0.20	0.07	0.07	0.02	0.03
Alanine	0.92	0.92	1.23	0.50	0.54
Cystine	0	0	+	+	0.01
Valine	0.84	0.21	0.13	0.07	0.07
Methionine	0.09	0.03	0.03	0.01	0.02
Iso leucine	0.52	0.10	0.10	0.07	0.03
Leucine	0.36	0.12	0.07	0.05	0.03
Tyrosine	0.35	0.07	0.04	0.03	0.02
Phenlalanine	0.15	0.07	0.05	0.04	0.02
γ-amino butyric acid	2.21	1.92	1.40	1.07	1.10
Tryptophan	0.14	0.31	0.13	0.11	0.06
Lysine	0.33	0.06	0.06	0.03	0.03
Histidine	0.37	0.05	0.04	0.02	0.01
Arginine	0.26	0.04	0.03	0.01	0.02
total	9.96	7.33	5.28	2.74	2.65
Amide	21.92	2.07	1.26	0.53	0.39
Ammonia	5.06	0.40	0.35	—	0.25

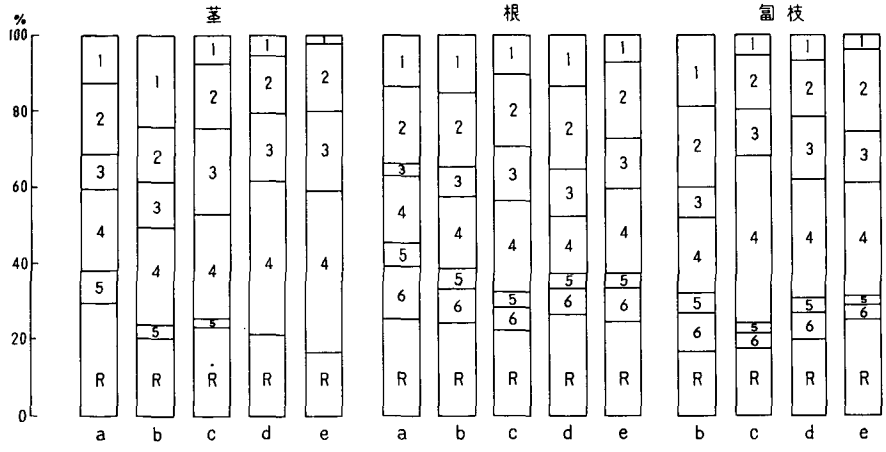

図 2　生育中における馬鈴薯茎，根，および匍枝の遊離アミノ酸組成

1: aspartic acid, 2: glutamic acid, 3: alanine, 4: γ-amino butyric acid, 5: valine
6: threonine, R: 1～6 以外の全遊離アミノ酸

これらの転流窒素成分の多くは，花器形成期に到り，地下部の生育および花器形成に利用されるため，茎内に蓄積された amide とともに急減するものと思われる。また glycine, valine, methionine, iso-leucine, tyrosine, phenylalanine, lysine, histidine および arginine なども急減した。

他方，茎の生長に伴う遊離アミノ酸組成の変化に関しては γ-amino butyric acid, alanine, threonine の含有割合の増大とともに aspartic acid, valine, tyrosine, phenylalanine, iso-leucine, leucine, lysine および histidine の含有割合の低下がみられた (図 2)。

また proline, tryptophan は開花期にその含有割合が最大値を示した。この事実は花器における proline 含量が高いことと相挨って，花器に対する proline の供給源とも考えられる。また tryptophan は IAA 前駆物質であることからこれらの重要性は看過できない。

表 6 生育中における馬鈴薯根の遊離アミノ酸含量

(生重 1 g 中の μ Mol)

	6月15日	7月6日	7月27日	8月17日	9月7日
Aspartic acid	0.74	0.36	0.22	0.18	0.06
Threonine	0.78	0.21	0.14	0.08	0.08
Serine	—	—	—	—	—
Glutamic acid	1.12	0.45	0.44	0.31	0.18
Proline	0.12	0.01	0.03	0.01	0.01
Glycine	0.08	0.03	0.04	0.02	0.02
Alanine	0.16	0.19	0.33	0.12	0.12
Cystine	—	—	—	—	—
Valine	0.32	0.12	0.09	0.05	0.04
Methionie	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01
Iso leucine	0.26	0.10	0.07	0.05	0.02
Leucine	0.39	0.12	0.08	0.04	0.03
Tyrosine	0.06	0.03	0.03	0.03	0.02
Phenylalanine	0.07	0.04	0.04	0.04	0.003
γ-amino butyric acid	1.05	0.45	0.55	0.22	0.20
Tryptophan	0.03	0.01	0.03	0.05	0.02
Lysine	0.16	0.08	0.06	0.04	0.03
Histidine	0.25	0.06	0.05	0.02	0.01
Arginine	0.12	0.03	0.03	0.03	0.03
total	5.74	2.31	2.25	1.30	0.91
Amide	7.19	1.37	0.82	0.64	0.34
Ammonia	3.92	0.32	0.34	—	0.31

(3) 根のアミノ酸含量について

馬鈴薯は塊茎より萠芽後，萠芽の伸長生長に先だってその基部より多くの発根がみられるが，これらの根には主に塊茎より由来したと考えられる多量のアミノ酸，amide, ammonia がみられる。しかして根のアミノ酸含量は他の組織に比較して少なく，生育初期で 5.56 μ Mol であり，生育末期には 0.91 μ Mol に減少した。このうち多量にみられるアミノ酸は aspartic acid, threonine, glutamic acid および γ-amino butyric acid であつた (表 6)。

根のアミノ酸のうち glutamic acid および γ-amino butyric acid の占める割合はそれぞれ約 20% で，生育中には，ほとんど変化しなかったが，alanine, tyrosine, phenylalanine, および tryptophan の占める割合は，それぞれ増加の傾向がみられた。しかし aspartic acid, threonine, proline, valine, iso-leucine, leucine および histidine などの含有割合は，生育に伴って低下した (図 2)。

以上のごとく，地上部と比較して根におけるアミノ酸組成は次の点で異なっている。すなわち地上部においては，全遊離アミノ酸中で占める aspartic acid, glutamic acid, alanine, γ-amino butyric acid の割合が約 80% であるのに対して根ではこれより低く約 60% であった。また，地上部における threonine の含有割合は低いのに対し，根では高い値を示した。

(4) 匐枝のアミノ酸含量について

匐枝に含まれるアミノ酸含量は生育初期の塊茎形成前から，塊茎形成，肥大期に到る期間に 6.85 μ Mol より 3.02 μ Mol に減少し，生育末期にはさらに 1.44 μ Mol まで減少し，全生育期を通じて減少の傾向が認められた。このうち多量にみられるアミノ酸は aspartic acid, glutamic acid および γ-amino butyric acid であり，また根と比較して，芳香族アミノ酸および alanine は高い含量を示した。塊茎形成前から塊茎形成に到る期間に減少するアミノ酸のうち，とくに aspartic acid の減少は著しく 1.32 μ Mol から 0.19 μ Mol に急減した。これに反して tryptophan は増加の傾向がみられた (表 7)。

一方匐枝のアミノ酸中で占める aspartic acid, glutamic acid および γ-amino butyric acid の含有割合は 60% に達するが，塊茎の形成，肥大に伴って aspartic acid の占める割合は顕著に低下し，他方 γ-amino butyric acid の占める割合は著しく増大した (図 2)。また amide は塊茎形成に伴い 7.80 μ Mol から 0.49 μ Mol に急減

表 7　生育中における馬鈴薯匍枝の遊離アミノ酸含量

(生重 1 g 中の μ Mol)

	7月 6日	7月 27日	8月 17日	9月 7日
Aspartic acid	1.32	0.19	0.11	0.05
Threonine	0.70	0.12	0.11	0.06
Serine	—	—	—	—
Glutamic acid	1.44	0.44	0.25	0.28
Proline	0.08	0.03	0.02	0
Glycine	0.08	0.03	0.02	0.03
Alanine	0.54	0.38	0.26	0.19
Cystine	0	0	0	0
Valine	0.32	0.08	0.06	0.04
Methionine	0.07	0.02	0.01	0.02
Iso leucine	0.18	0.05	0.04	0.04
Leucine	0.15	0.04	0.04	0.03
Tyrosine	0.10	0.04	0.04	0.03
Phenylalanine	0.12	0.07	0.04	0.04
γ-amino butyric acid	1.37	1.35	0.51	0.42
Tryptophan	0.01	0.12	0.05	0.17
Lysine	0.13	0.03	0.03	0.02
Histidine	0.13	0.02	0.03	0.01
Arginine	0.11	0.01	0.01	0.01
total	6.85	3.02	1.63	1.44
Amide	7.80	0.49	0.37	0.27
Ammonia	0.33	0.72	—	0.27

したのに対し ammonia は増加した。

匍枝におけるアミノ酸組成の特徴は，根における場合と同様に，地上部に比較して，全アミノ酸中で占める threonine の含有割合が高いが，さらに匍枝中の γ-amino butyric acid の割合は根よりも高かった。

以上のごとく塊茎形成前の匍枝に転流蓄積された多量のアミノ酸および amide は塊茎形成と同時にこれに利用され，とくに aspartic acid および glutamic acid などの著しい減少から，蛋白質合成との密接な関連が考えられる。

(5)　塊茎のアミノ酸含量について

塊茎のアミノ酸含量は髄部と皮層部の間に顕著な相違がみられ，髄部の含量は皮層部の約2倍量を示した。このうち皮層部で多量にみられるアミノ酸は aspartic acid および glutamic acid であるが，これに対し髄部では aspartic acid, glutamic acid, alanine, valine, γ-amino butyric acid および arginine が，多量にみられた(表 8, 9)。

表 8　生育中における馬鈴薯塊茎皮層部の遊離アミノ酸含量

(生量 1 g 中の μ Mol)

	7月 27日	8月 17日	9月 7日	10月 1日
Aspartic acid	1.10	1.21	1.79	2.38
Threonine	—	0.43	0.38	0.46
Serine	—	—	—	—
Glutamic acid	1.59	1.15	1.52	2.99
Proline	0.07	0	0.02	0.03
Glycine	0.09	0.07	0.06	0.08
Alanine	0.24	0.34	0.27	0.64
Cystine	0.01	0	0	0
Valine	0.33	0.33	0.23	1.04
Methionine	0.07	0.10	0.07	0.38
Iso leucine	0.08	0.14	0.09	0.58
Leucine	0.04	0.04	0.03	0.28
Tyrosine	0.03	0.07	0.04	0.35
Phenylalanine	0.09	0.14	0.11	0.44
γ-amino butyric acid	0.71	0.54	0.50	0.77
Tryptophan	0.03	0.02	0.03	0.08
Lysine	0.19	0.09	0.10	0.39
Histidine	0.06	0.04	0.04	0.18
Arginine	0.29	0.12	0.11	0.93
total	5.02	4.83	5.39	12.00
Amide	3.62	2.40	2.76	8.22
Ammonia	0.58	0.19	0.11	0.28

またアミノ酸組成に関しても，著しい相違がみられ，皮層部の遊離アミノ酸中で占める aspartic acid および glutamic acid の含有割合は 50～60%, alanine, γ-amino butyric acid, valine および arginine は 25～30% であるのに対して，髄部の遊離アミノ酸中で占める aspartic acid および glutamic acid の割合は約 30%, alanine, valine, γ-amino butyric acid および arginine は 45～50% を占めた (図 3)。

このようなアミノ酸含量および組成の相違は塊茎の髄部と皮層部の貯蔵窒素形態に相違をきたすとともに，生理的な役割の相違をもたらす一因となるものと考えら

表 9 生育中における馬鈴薯塊茎髄部の遊離アミノ酸含量

(生重 1 g 中の μ Mol)

	7月 6日	7月 27日	8月 17日	9月 7日	10月 1日
Aspartic acid	1.39	1.87	1.72	2.31	2.35
Threonine	0.03	—	0.60	—	—
Serine	0.63	—	—	—	—
Glutamic acid	2.00	1.32	1.23	2.24	3.17
Proline	0.08	0.12	0.06	0.12	0.18
Glycine	0.12	0.28	0.18	0.36	0.39
Alanine	0.84	1.85	0.85	1.03	1.73
Cystine	0	0	0	0	0.01
Valine	0.64	1.66	1.22	1.25	1.93
Methionine	0.04	0.97	0.67	0.78	0.92
Iso leucine	0.27	0.44	0.50	0.32	0.88
Leucine	0.23	0.14	0.19	0.09	0.39
Tyrosine	0.16	0.57	0.51	0.33	0.61
Phenylalanine	0.33	0.46	0.54	0.41	0.92
γ-amino butyric acid	1.46	1.71	2.22	2.75	2.58
Tryptophan	0.44	0.06	0.23	0.05	0.16
Lysine	0.26	0.42	0.38	0.38	0.89
Histidine	0.16	0.20	0.27	0.18	0.34
Arginine	0.50	1.62	1.53	1.04	1.55
total	9.58	13·69	12.80	13.64	19.00
Amide	12.30	15.53	12.40	17.39	33.07
Ammonia	0.18	2.45	0.49	0.70	1.02

れる。

proline, cystine などは髄部，皮層部を通じて少量みられたにすぎなかった。これに対し葉，茎，根などの諸器官において，わずかしかみられなかった methionine は塊茎髄部において多量に検出されたことは注目すべき事実である。

塊茎の肥大成熟過程においては，わずかながらアミノ酸含量の増加がみられ，髄部では 9.58 μ Mol から 13.64 μ Mol，皮層部では 5.02 μ Mol から 5.39 μ Mol へそれぞれ増加した。また塊茎の成熟期から収穫期にわたる期間の増加は顕著であり，皮層部においては 5.39 μ Mol から 12.0 μ Mol と 2 倍以上の含量増加がみられた。これらはおもに中性アミノ酸類の増加蓄積に由来するものである。

塊茎の遊離アミノ酸中で占める aspartic acid の割合は塊茎の肥大中においては増加するが収穫期に到り減少をみた。他方 γ-amino butyric acid の占める割合は塊茎肥大中，髄部において増加し，皮層部において減少したが，いずれも収穫期には減少した。

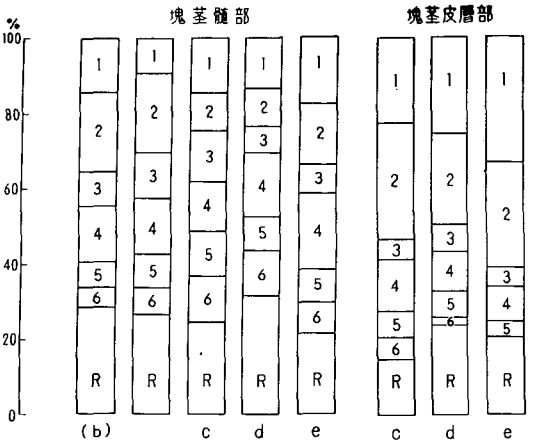

図 3 生育中における馬鈴薯塊茎の遊離アミノ酸組成

1: aspartic acid, 2: gutamic acid, 3: alanine, 4: γ-amino butyric acid 5: valine, 6: arginine, R: 1～6 以外の全遊離アミノ酸

(6) 花器のアミノ酸含量について

花器中の遊離アミノ酸含量は 11.96 μ Mol で，生育初期の葉，茎などの含量と同様に多量であった。しかし葉，茎などの器官と異なり，proline, alanine, γ-amino butyric acid などが多量にみられ，全遊離アミノ酸の 50 % 近い割合を占めた。とくに proline についてみると，他の組織においては 4～5% にすぎないが，花器では 16.5 % と高い割合を示した。aspartic acid および glutamic acid は他の器官に比して少量であるが，ammonia は著しく多く，8.77 μ Mol が検出された (表 10)。

コムギ，トウモロコシの正常花粉を持つ葯には多量の proline がみられ (FUKAZAWA 1954)，また Nicotiana alata の花粉にも多量の proline を含むことが報告されている (JAROSLAV 1961)。これらの事実より馬鈴薯花器における proline の高い含量は，雄蕊などに由来するものと思われる。

以上，生育期間における植物体の各機官および組織のアミノ酸の消長について述べたが，各器官に共通してみられるアミノ酸組織の変動についてみると，生育初期の若い組織では遊離アミノ酸中で占める aspartic acid および glutamic acid の割合が比較的高く，逆に γ-amino butyric acid, および alanine は低い，これに対して生

表 10 花器の遊離アミノ酸含量
(生重1g中の μ Mol)

	7月17日
Aspartic acid	0.62
Threonine	0.20
Serine	0.52
Glutamic acid	0.64
Proline	1.97
Glycine	0.22
Alanine	2.06
Cystine	0.02
Valine	0.72
Methionine	0.08
Iso leucine	0.33
Leucine	0.55
Tyrosine	0.35
Phenylalanine	0.20
γ-amino butyric acid	2.12
Tryptophan	0.18
Lysine	0.39
Histidine	0.53
Arginine	0.26
total	11.96
Asparagine	6.15
Glutamine	3.58
Ammonia	8.77

育の進んだ古い組織では aspartic acid の含有割合の低下と，alanine および γ-amino butyric acid の含有割合の増大が顕著であった。

これに関して，KHAVKIN (1964) によればマメ科植物の葉中の γ-amino butyric acid と glutamic acid の含量の比は age の進行とともに規則的に増加し，またこの比率は生育に不適当な条件下においても増加することが認められている。さらにこの比率は蛋白質合成能と負の相関関係があると認められている。したがって本研究結果より馬鈴薯の遊離アミノ酸含量の変化に関しても，同様な関係が認められ，aspartic acid, glutamic acid, alanine および γ-amino butyric acid などの含有率の変動は各組織における蛋白質合成能と密接な関係にあることが考えられる。

IV. 摘　　要

本研究は馬鈴薯の生育中における各器官ならびに各組織の遊離アミノ酸の消長を追求しその変化過程を明らかにるす目的で行ない，以下の結果を得た。

(1) 馬鈴薯体内に共通してみられる多量のアミノ酸は aspartic acid, glutamic acid, alanine および γ-amino butyric acid で，塊茎ではさらに valine, および arginine が多量にみられた。

(2) アミノ酸組成では，地上部と地下部で差異がみられ，葉，茎などでは aspartic acid, glutamic acid, alanine および γ-amino butyric acid は全遊離アミノ酸の約80%を占めるのに対し，根では約60%，匍枝では約70%であった。また根，匍枝とも threonine の占める割合が地上部に比較して高い。また塊茎のアミノ酸組成は髄部と皮層部で顕著な相違がみられ，とくに aspartic acid および glutamic acid の含有割合は髄部で約30%であるのに対し皮層部では50～60%であった。

(3) 生育初期の若い組織では，全遊離アミノ酸中，aspartic acid および glutamic acid の占める割合が高く，逆に alanine および γ-amino butyric acid のそれは低い。これに対して，生育の進んだ古い組織では aspartic acid の減少と alanine および γ-amino butyric acid の占める割合の増大が顕著であった。また proline および tryptophan の占める割合は若い，分裂組織において高かった。

引 用 文 献

1. DENT, C. E., W. STEPKA and F. C. STEWARD. 1947. Detection of free amino acids of plant cells by partition chromatograyhy. Nature 160, 682-683.
2. FISCHNICH, O. 1959. Landbauforsch., 9, 68. (MILTHORPE, I. の "The growth of the potato (1963) 51-54 より).
3. FUKAZAWA, H. 1954. On the free amino acids in anthers of male-sterile wheat and maize. Jap. Jour. Genet., 29, 135-137.
4. JAROSLAV, T. 1961. Investigation of free amino acids in cross-, self-, and non-pollinated Pistils of Nicotiana alata Biol. Planta., 3, 47-64.
5. KHAVKIN, É. E. 1964. Age variations of the free amino acids and accumulation of gamma-amino butylic acid in the leaves of Leguminous plants Fiziologiya Rostenii, 11, 862-866.

6. 野口正雄・山本恭子・水崎茂暢・玉置英之助 1963. タバコ葉中におけるグルタミン酸, γ-アミノ酪酸およびプロリンの代謝について 日本植物生理学会 第4回シンポジウム講演要旨集 19-20.
7. SZALAI, I. 1957. Acta biol. hung. 3, 33. (MILTHORPE, I の "The growth of the potato (1963) 52 より).
8. 田川 隆・岡沢養三 1950. 馬鈴薯の生理形態学的研究
第5報 生育期間中における馬鈴薯塊茎内窒素化合物の消長について 札幌博物学会報 19, 1-8
9. TAGAWA, T. and Y. OKAZAWA. 1955, Physiological and morphological studies on potato tuber Part 9. Studies on the nitrogen metabolism in potato tubers during the storage period Jour. Facul. Agr., Hokkaido Univ., Sapporo 50, 65-73.
10. 田川 隆・酒井隆太郎 1951, 馬鈴薯の生理, 形態学的研究
第7報 特に生育期間中における地上部窒素化合物の消長について 北大農学部邦文紀要 1, 22-28.

Summary

The present investigation was carried out to clairfy the variations in the free amino acid contents and in the compositions of the acids in potato plants during their entire growing period.

In this experiment, ninteen kinds of free amino acids, amides and ammonia were detected in the potato plants and tubers.

The experimental results obtained may be summarized as follows: With regard to the changes of free amino acids in the various tissues and organs of the potato plants during the progress of their development in the fields, the definite trends of some kinds of amino acids seem of special interest to note here. Namely, the juvenile organs such as the unfolding young leaves and the apical parts of growing shoots at the beginning of their developmental stage showed a high percentage of aspartic and glutamic acids of the total free amino acids.

On the contray, there was a remarkable increase in the percentage of alanine and gamma amino butyric acid content in the senile tissues such as the matured leaves and shoots as their growth progressed, showing a striking contrast to the gradual decline in the percentage of aspartic acid content.

It should be noted here as an important fact that conspicuous increments of proline and tryptophen concentrations in the young meristematic tissues of potato were also observed.