

## サツマイモにおける根系の形成とその分布特性

山下 正隆

九州沖縄農業研究センター

**要旨**：収量性の異なるサツマイモ2品種を用い、根系の形成およびその分布特性を比較するとともに収量性との関係を検討した。両品種とも5月上旬に定植した後、つる苗からの根の生育はおう盛で、8月下旬までに深さ1m以上、水平方向には株を中心に両側70cm以上に広がる大きな根域を形成した。塊根、太根は表層に多く分布したが、細根は1m以上の深さに達し、深層部の根量も多かった。多収性の品種（コガネセンガン）では10月下旬の収穫期までに太根、細根の量は減少し、細根の褐変・腐敗がかなり認められた。しかし、茎葉繁茂型の品種（ツルセンガン）では、収穫期まで太根、細根とも根量は増加を続けた。サツマイモでは生育環境や体内の生理条件に対応した根系形成、特に、細根の量と機能およびそれらの変化が、生育、収量性と密接に関係すると考えられた。

**キーワード**：塊根、根系、細根、サツマイモ (*Ipomoea batatas* (L.) Lam)、太根。

サツマイモは根を収穫対象とする作物であり、これまでイモ収量と地上部生育との関係、塊根の構造や肥大機構等については多くの知見がある（国分1973；戸川1950；渡邊1979）。しかし、地上部生育や最終産物としての塊根形成を支える根系の形態、機能に関する報告は少なく、特に、ほ場における根系の分布や構造を明らかにし、その特性と地上部生育や塊根肥大との関係を検討した例はほとんどない。サツマイモは養分に乏しい土壌条件下でも比較のおう盛に生育し、収穫を上げ得る作物として知られている。このようなサツマイモの生育特性には根系の形態と機能が直接的に関わっていると考えられるが、根系がどのような特性を持ち、それがどのように生育、収量に関与しているかについては不明な点が多い。本研究では、生育特性の異なる品種を取り上げて根系の形成とその構造を解析し、地上部生育および塊根形成との関係を検討した。

### 材料と方法

試験は1997年に九州沖縄農業研究センター畑作研究部（宮崎県都城市）のほ場で実施した。品種は多収性のコガネセンガンと茎葉繁茂型のツルセンガンを用いた。両品種とも3月6日に苗床に種イモを伏せ込み、5月7日に採苗、定

植を行った。ほ場には、3月上旬に2.8mの条間で、幅50cm、長さ10m、深さ約1mの溝2本および深さ約1.5mの溝1本を小型パワーショベルによって掘り、それぞれ底面と両側面を不織布で覆った後、溝内にクロボク土壌を充填し、調査用うねとした。これらの調査うねの間にはそれぞれ番外うね（溝は掘らない）を設けた。苗移植に先だって幅約30cmで高さ約20cmに盛り土したうねを作り、定植直前に元肥として窒素4kg/10aを化成肥料（N10：P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>16：K<sub>2</sub>O16）で施し、土壌と混和した。栽植密度は条間1.4m、株間70cmとし、各うねに両品種7株づつを水平植えて植付けた。生育調査は6月中旬（17～19日）、8月下旬（25～27日）、10月下旬（27～30日）に行った。両品種とも生育のそろった2株を選び、地上部、地下部乾物重、根系分布を調査した。根の掘り取り調査はブロック法を用いて行った。掘り取りは株を中心として幅約50cm（うね直交方向）、長さ70cm（うね平行方向）の不織布で囲った範囲で、深さは6月中旬、8月下旬には約1mまで、10月下旬には約1.5mまでとした。まず、調査うねの手前にパワーショベルで深さ1～2mの溝を掘って、不織布面を露出させ、ブロックごとに分けて内部の土塊を掘り出した（第1図）。各ブロック内の根は手でできるだけ拾い

2002年6月14日受付 2002年8月9日受理

\*連絡先 〒861-1192 菊池郡西合志町大字須屋 2421 九州沖縄農業研究センター  
Fax: 096-242-7693 E-mail: my898@affrc.go.jp

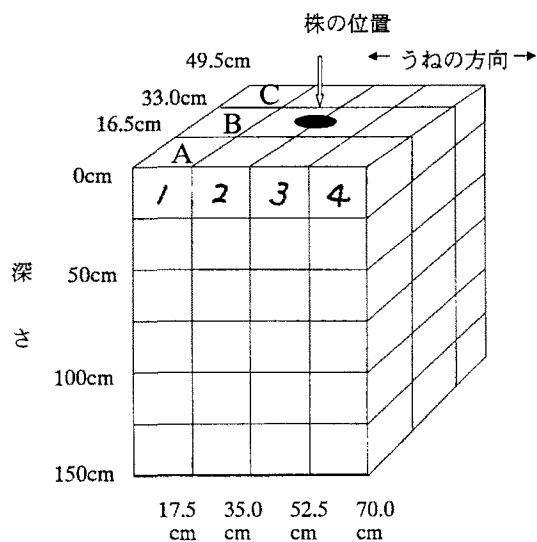
出して水洗し、直径2mm以下の細根と2mmを越える太根および塊根の3種類に分け、80℃で通風乾燥した後、乾物重を測定した。土壤中窒素分析にあたっては、収穫時に25~150cmまでの各土層3カ所から採取した試料を混合し、分析試料とした。アンモニア態窒素および硝酸態窒素の含量を微量拡散法で測定した。

**結果**

1. 地上部生育：地上部乾物重は両品種とも6月中旬から8月下旬までの約2ヶ月間に急速に増加した。その後、コガネセンガンでは10月下旬までほぼ横ばい傾向を示したが、ツルセンガンでは8月下旬以後も増加傾向を示し、10月下旬が最大となった。収穫時の地上部／根重（塊根含む）比はコガネセンガンの約0.2に対してツルセンガンは約0.7であった（第1表）。
2. 地下部生育：太根重、細根重は両品種とも6月中旬から8月下旬の時期に急速に増加

した。その後、コガネセンガンでは10月下旬にかけて太根、細根ともに減少したが、ツルセンガンでは8月下旬以降も増加傾向を示し、太根重、細根重のいずれも10月下旬に最大となった。両品種の地下部重を比較すると、塊根重は生育期間を通じてコガネセンガンがツルセンガンに比べて多く、10月下旬の収穫時において、コガネセンガンはツルセンガンの約2倍のイモ収量であった。太根、細根重は8月下旬まで品種間に大差なかったが、10月下旬には明らかにツルセンガンがコガネセンガンに比べて多かった。塊根を除く全根重に占める細根の比率は、コガネセンガンでは6月中旬の31%から10月下旬には細根量の減少にも関わらず、63%に高まった。一方、ツルセンガンでは6月中旬の41%から10月下旬には細根量の増加にも関わらず、39%に低下した（第1表）。

3. 根系分布：垂直分布では、両品種とも根は6月中旬にはすでに約1mの深さに達しているのが観察された。さらに、10月下旬には深さ約1.5mの植溝の底部まで達していた（第2図）。両品種とも塊根は高さ約20cmの盛り土部分にほとんどが分布し、また、太根は高さ約20cmの盛り土部分および地下25cmまでの比較的浅い土層に多く分布した。しかし、細根は植え付け後の早い時期から深い土層にも到達しており、両品種とも50cm以下の深層にも多量に分布した。特に、ツルセンガンでは深層ほど細根量が増える傾向を示した（第3図）。8月下旬までは両品種とも多くの細根は白色を呈し、黒変等はわずかであった。10月下旬には、コガネセンガンでは細根の黒変・腐朽が多量に観察されたが、ツルセンガンでは白色の細根が多く観察された。うね直交方向の水平分布では、両品種ともに、細根は株直下とさ



第1図 根系掘り取り時のブロック区分  
うね盛り土部分（高さ約20cm）は省略

表1 カンショの地上部および地下部の生育経過

| 品 種     | 時 期   | 地上部          | 塊 根           | 太 根        | 細 根        | 細根率  | T/R比 |
|---------|-------|--------------|---------------|------------|------------|------|------|
| コガネセンガン | 6月下旬  | 10.1         | 3.1           | 2.2        | 1.0        | 31.3 | 1.6  |
|         | 8月下旬  | 205.3 ± 1.7  | 346.6 ± 17.0  | 13.2 ± 1.4 | 10.6 ± 0.3 | 44.5 | 0.6  |
|         | 10月下旬 | 223.9 ± 12.6 | 970.6 ± 125.8 | 4.8 ± 0.3  | 8.2 ± 0.5  | 63.1 | 0.2  |
| ツルセンガン  | 6月下旬  | 11.4         | 0.1           | 1.7        | 1.2        | 41.4 | 3.7  |
|         | 8月下旬  | 217.1 ± 3.2  | 242.8 ± 19.9  | 12.9 ± 0.8 | 12.2 ± 0.9 | 48.6 | 0.8  |
|         | 10月下旬 | 301.9 ± 17.6 | 450.9 ± 4.7   | 21.6 ± 5.0 | 13.8 ± 0.4 | 38.9 | 0.7  |

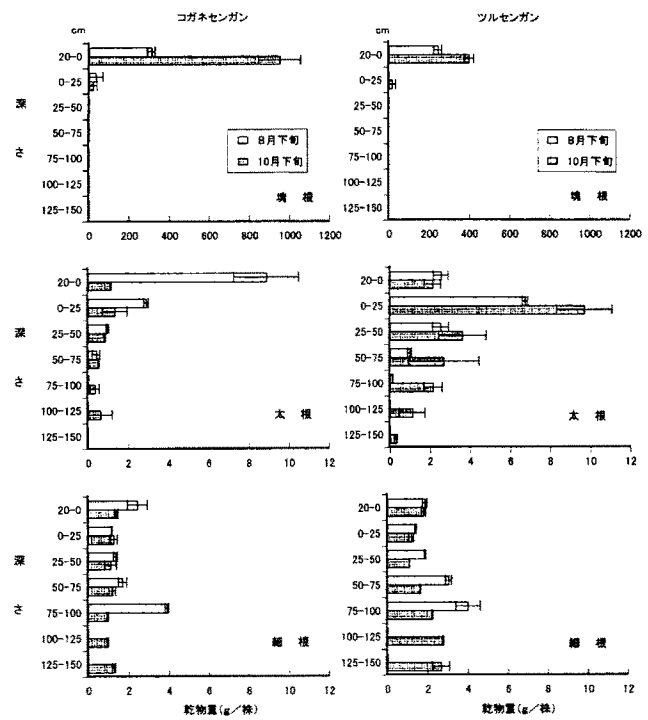
部位別重量：乾物g/株±SD（6月下旬は反復ごとの調査を行わなかった）、  
細根率：細根重 / (太根重 + 細根重) × 100 (%)。

らにその両側の土層内にほぼ均等に分布したが、太根、塊根は株直下の土層に最も多かった。また、うね平行方向の水平分布でも、両品種ともに、細根は株下とさらにその両側の土層内にほぼ均等に分布し、太根、塊根は株下の土層に最も多かった(第2, 3表)。

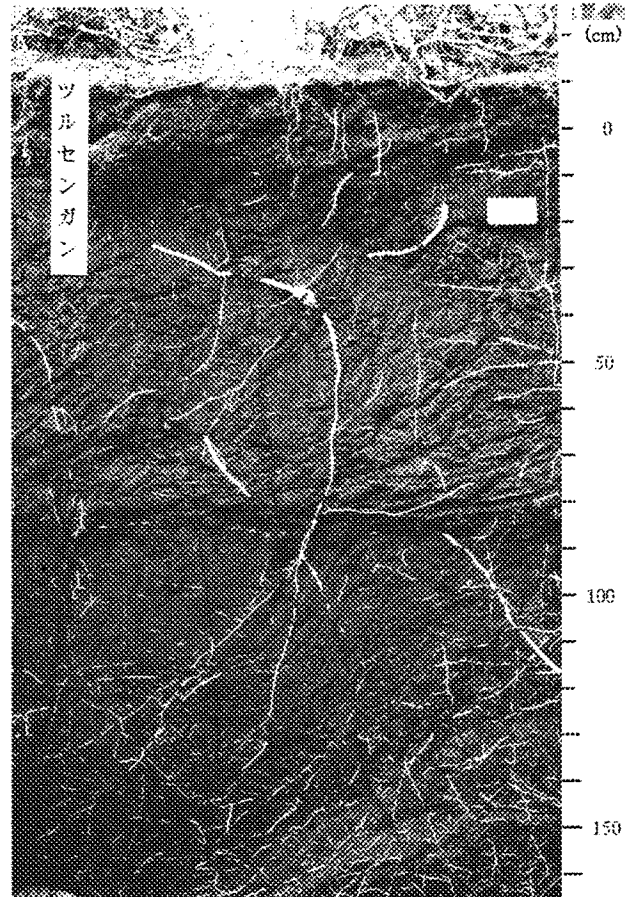
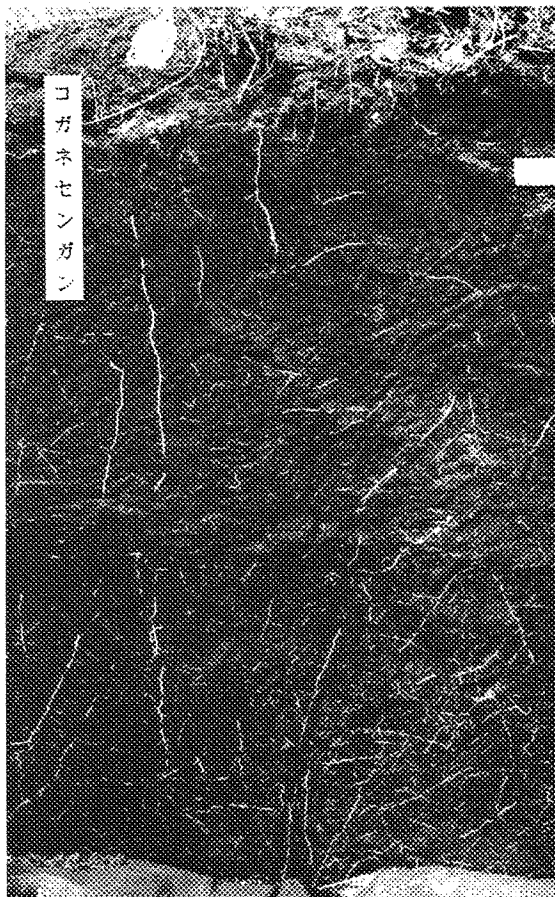
4. 土壌中の窒素分布：収穫期の土層別窒素含有量は50cm までの浅い層に比べて、むしろ1m 以上の深い層に多く分布する傾向を示した(第4表)。

第4表 土層の深さ別窒素含有量

| 深 さcm | NO <sub>3</sub> -N | NH <sub>4</sub> -N |
|-------|--------------------|--------------------|
| 25    | 0.13               | 0.0                |
| 50    | 0.04               | 0.0                |
| 100   | 0.22               | 0.01               |
| 150   | 0.13               | 0.0                |



第3図 根系の垂直分布  
20-0 cm : 盛り土部分



第2図 ほ場におけるカンショの根系分布(10月下旬)

## 考 察

コガネセンガンとツルセンガンは収量性の点で極めて対照的な品種である。前者は加工原料を目的とした品種で、イモの肥大性は非常に良好で収量性が高く、後者は飼料としての茎葉利用を目的とした品種で、地上部の生育はおう盛である反面、イモの肥大性は劣る。本試験においてもツルセンガンでは収穫時の地上部/塊根重比からみて、過剰な栄養生長、いわゆる‘つるぼけ’の傾向を示し、品種の特徴は明らかであった。これまで、サツマイモの品種や栽培条件による地上部の生育、イモの収量性の差違は、主に地上部での物質生産力の差(津野ら; 1963, 1964 a, 1965 a), 同化養分の分配・利用の違い(津野ら1964 b, c), 施肥の違い(津野ら1964 d, 1965 b, 1968 a, b; 吉田ら1970), 根部の環境条件(熊野ら1965 a, 沢畑1988, 1989a, b)等に基づいて論じられているが、根系の生育、機能との関係を検討した例は少ない(津野ら1968; 熊野ら1965 b)。岩間ら(1979, 1980, 1981a, 1981b, 1988, 1989, 1993)は一連の研究を通じて、塊茎を形成するバレイショでは根量、根系分布、根の構成などによっても(塊茎)の形成と肥大が大きく左右されることを明らかにし、多収品種の育成には根系育種の視点も加えるべきであるとした。根の中

でも、特に、細根の量と機能は養分吸収を通じて生育、収量に大きく影響していると考えられるが、これまでサツマイモにおいては塊根以外の根の量と機能、土層内での分布の実態を調査した例はほとんどない(有馬ら1998)。まず、生育に伴う根系の拡大についてみると、両品種とも生育の早い時期から細根が主となって非常に深い根系を形成するとともに水平方向には土層全体にかなり均一に細根を分布することが分かった。このように、サツマイモは生育の早い段階から根系の深さと広がりを増し、養分吸収のための根域を拡大すると考えられた。特に、8月下旬以降に深さ1 m以上に達する細根は、土層の深い部分に集積する養分を吸収するのに有利と思われた。サツマイモは養分の少ない土壌条件下でも良く生育し、逆に、肥沃な条件下では茎葉だけが繁茂する“つるぼけ”状態となって、イモ収量は減少してしまうことが知られている(渡邊1979; 坂井1986)。今回得られた根系分布の特性から、サツマイモは根の生育がおう盛で、特に、垂直方向に深く広がった根域は深層部からの養分吸収を可能にし、多量の施肥を必要としないのであろう。津野ら(1968)は、塊根を通じて伸長し、深い土層に達する「いも根」が、特に生育後期の養水分吸収に重要な役割を果たすことを指摘し、深層施

第2表 根系の水平分布(うね直交方向)

| 品 種     | 調査位置 | 8 月 下 旬     |         |         | 10 月 下 旬    |          |         |
|---------|------|-------------|---------|---------|-------------|----------|---------|
|         |      | 塊 根         | 太 根     | 細 根     | 塊 根         | 太 根      | 細 根     |
| コガネセンガン | A    | 19.0±17.2   | 4.3±1.7 | 3.3±0.1 | 146.6±146.6 | 1.1±0.0  | 3.0±0.2 |
|         | B    | 327.6±34.2  | 7.4±0.8 | 3.8±0.2 | 768.3± 35.9 | 2.4±0.3  | 2.7±0.1 |
|         | C    | 0.0± 0.0    | 1.5±0.5 | 3.5±0.3 | 56.7± 56.7  | 1.3±0.5  | 2.5±0.3 |
| ツルセンガン  | A    | 111.5±111.5 | 1.9±0.9 | 3.4±0.3 | 58.1± 58.1  | 3.9±1.0  | 5.5±0.6 |
|         | B    | 131.3±131.3 | 9.2±0.3 | 4.2±0.1 | 336.0± 32.2 | 14.0±3.6 | 4.2±0.1 |
|         | C    | 0.0± 0.0    | 1.8±0.4 | 4.6±0.6 | 21.3± 21.3  | 3.7±0.5  | 4.2±0.2 |

調査位置: 図1を参照, 根重: 乾物g/株 ±SD.

第3表 根系の水平分布(うね平行方向)

| 品 種     | 調 査<br>位 置 | 8 月 下 旬    |         |         | 10 月 下 旬    |          |         |
|---------|------------|------------|---------|---------|-------------|----------|---------|
|         |            | 塊 根        | 太 根     | 細 根     | 塊 根         | 太 根      | 細 根     |
| コガネセンガン | 1          | 0.0± 0.0   | 0.4±0.2 | 2.3±0.1 | 0.0± 0.0    | 0.5±0.1  | 1.9±0.1 |
|         | 2          | 266.7±71.3 | 7.3±0.9 | 3.0±0.3 | 352.0±113.1 | 1.9±0.6  | 2.3±0.2 |
|         | 3          | 79.9±54.4  | 5.3±0.3 | 2.3±0.2 | 618.6±238.9 | 2.0±1.0  | 2.0±0.1 |
|         | 4          | 0.0± 0.0   | 0.2±0.1 | 3.1±0.4 | 0.0± 0.0    | 0.4±0.2  | 2.0±0.2 |
| ツルセンガン  | 1          | 0.0± 0.0   | 0.7±0.1 | 3.3±0.3 | 18.3± 18.3  | 3.1±1.3  | 3.6±0.2 |
|         | 2          | 113.9±32.3 | 8.1±2.8 | 3.2±0.4 | 266.8± 57.7 | 10.3±2.7 | 3.8±0.1 |
|         | 3          | 128.8±52.1 | 4.0±3.2 | 2.7±0.1 | 130.3± 34.7 | 6.7±0.5  | 3.2±0.4 |
|         | 4          | 0.0± 0.0   | 0.8±0.5 | 3.0±0.3 | 0.0± 0.0    | 1.4±0.6  | 3.3±0.3 |

調査位置: 図1を参照, 根重: 乾物g/株 ±SD.

肥が塊根肥大に有効であるとした。さらに、深層施肥による単位面積当たりの光合成能力の向上、光合成産物の塊根への分配効率向上も報告されている(吉田ら1970)。このように、サツマイモは養分要求量が小さいのではなく、根域を深く広げることによって、必要とする養分を効率的に吸収しているといえる。近年、サツマイモの高い窒素吸収能力に関連して内生細菌による窒素固定が報告されており(大脇ら2001)、根系の特性と合わせて今後の検討が望まれる。

コガネセンガンとツルセンガンの根系を比較すると、生育に伴う量的、質的变化にはいくつかの違いが認められる。すなわち、コガネセンガンでは、塊根を除く根の量は8月下旬頃に最大となり、10月下旬の収穫期には減少している。これとともに、10月下旬には褐変・腐敗した細根もかなり多く観察された。しかし、太根に比べて細根の減少は小さく、塊根を除く全根量に占める細根の割合は8月下旬に比べてむしろ高くなった。このような太・細根量の経時変化から、コガネセンガンの根系は定植後早期に完成され、生育後期には養水分吸収機能は維持しながら、活発な根の生長を抑え、塊根への同化養分の分配・蓄積を優先させていると考えられた。地上部重も生育後期の増加は小さく、このような根系の量的、質的变化と塊根肥大を反映していると考えられた。このような生育後期の根系変化から、コガネセンガンの根の生育および塊根肥大には温度の他にも日長やシンク強度などの外的・内的要因の影響が考えられた。これに対しツルセンガンでは、8月下旬以降も根量は増加し続け、10月下旬の収穫期に塊根だけでなく、太根、細根量とも最大となった。また、10月下旬でも細根の外観は白色を呈し、依然高い活性を維持していた。このような根量の経時変化から、ツルセンガンの根系形成はコガネセンガンと同様おう盛であり、さらに、温度条件が適当であれば、秋のかなり遅い時期まで活発な根の生長が継続し、高い養分吸収活性を維持すると考えられた。このような生育後期の活発な根の生長によって、秋遅くまで根系の拡大と地上部の拡大を続けるため、塊根への同化養分の分配が不足し、つるぼけ状態を呈するのではないかと考えられた。渡辺(1979)も生育後半に細根の生育を助長するような土壌条件では地上部の生育を促進する一方、塊根の肥大を悪くするとした。このような生育後期の根系変化から、ツルセンガンの根の生育および塊根肥大は温度への依存度が高いと考えられた。サツマイモの収量性には物質生産力、器官別分配、

塊根の形態的な特性などが関与するが、根系形成との関係からも詳細に検討する必要がある。本試験では、塊根以外の根について直径2mm以下の根を細根、それを越える太さの根を太根として区別した。その結果、それぞれの太さの根の分布や量は品種や生育時期によって異なることが明らかとなった。田中ら(1994)は、作物の根のうち、主として1mm以下の根が吸収根として機能していると指摘しており、今後、サツマイモの場合も根をより細かい直径階級別に区別して、根系の構造と機能を解析する必要がある。

以上のように、サツマイモは生育の早い時期から垂直、水平方向に広く広がった大きな根系を形成することが明らかとなり、生育環境や体内の生理的条件に対応した根系形成、特に、細根の量と機能およびそれらの変化が、収量性と密接に関係すると考えられた。

## 引用文献

- 有馬 進, 芝山秀次郎 1998. パイプモデルを応用したサツマイモ根系形成経過の解析. 佐賀大学海浜台地生物生産研究センター報告(海と台地) 8:39-42.
- 岩間和人, 中世古公男, 後藤寛治, 西部幸男, 梅村芳樹 1979. バレイショ根系の品種間差異と地上部の生育および塊茎収量との関係. 日作紀 48:403-408.
- 岩間和人, 中世古公男, 後藤寛治, 西部幸男 1980. バレイショにおける根系の地域間差異. 日作紀 49:495-501.
- Iwama K., Nakaseko K., Isoda A., Gotoh K., Nishibe Y. 1981. Relations between root system and tuber yield in the hybrid population of the potato plants. Jpn. J. Crop Sci. 50:233-238.
- Iwama K., Nakaseko K., Isoda A., Gotoh K., Nishibe Y. 1981. Comparison of root systems among hybrid populations derived from different crosses in potato (*Solanum tuberosum*). Jpn. J. Crop Sci. 50:365-372.
- Iwama K. 1988. Difference in root growth of potato plants among years and cropping seasons. Jpn. J. Crop Sci. 57:346-354.
- Iwama K., Nishibe S. 1989. Comparison of root characters among cultivated potatoes (*Solanum tuberosum*) and their wild relatives. Jpn. J. Crop Sci. 58:126-132.
- Iwama K., Hukushima T., Yoshimura T., Nakaseko K. 1993. Influence of planting density on root growth and yield in potato. Jpn. J. Crop Sci. 62:628-635.
- 国分禎二 1973. 甘しょ品種の塊根の組織構造とで

- ん粉蓄積能力との関係に関する育種学的研究. 鹿児島大学農学部学術報告 23 : 1-126.
- 熊野誠一, 藤瀬一馬 1965 a. 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.
- 熊野誠一, 藤瀬一馬 1965 b. 甘藷根の呼吸特性について. 日作紀 34:30-34.
- 大脇良成, 中谷 誠, 田中福代, 藤原伸介, 中沢芳則, 吉永 優, 田中 勝, 安達克樹, 米山忠克 2001.  $\delta^{15}\text{N}$  値を指標にしたサツマイモ品種の窒素固定能の評価. 土肥誌要旨集 47 : 60.
- 坂井健吉 1986. サツマイモのつくり方・第2版(坂井健吉編著). 農文協, 東京. Pp 21-28.
- 沢畑 秀 1988. サツマイモの塊根肥大特性に関する研究第1報地下部環境条件の差異が塊根肥大に及ぼす影響. 日作紀 57 : 608-613.
- 沢畑 秀 1989a. サツマイモの塊根肥大特性に関する研究第2報養分供給量の差異が塊根肥大に及ぼす影響. 日作紀 58 : 290-296.
- 沢畑 秀 1989b. サツマイモの塊根肥大特性に関する研究第3報養分供給量の差異が塊根肥大に及ぼす影響の品種間差違. 日作紀 58 : 495-501
- 田中典幸, 三原 実, 有馬 進, 原田二郎 1994. ダイズの根系構造のパイプモデル適合性とその範囲. 日作紀 63:63-67.
- 戸川義次 1950. 甘藷塊根形成に関する研究. 農事試験場報告 68 : 1-96.
- 津野幸人, 藤瀬一馬 1963. 甘藷の乾物生産に関する研究 第2報群落の乾物生産と乾物生産構造. 日作紀 31:285-288.
- 津野幸人, 藤瀬一馬 1964 a. 甘藷の乾物生産に関する研究 第7報乾物生産特性の品種間差違(3)光合作用の品種間差異. 日作紀 32:315-318.
- 津野幸人, 藤瀬一馬 1965 a. 甘藷の乾物生産に関する研究 第8報光合成能力に関与する要因の解析. 日作紀 33:230-235.
- 津野幸人, 藤瀬一馬 1964 b. 甘藷の乾物生産に関する研究 第4報体内養分濃度と乾物分配比率. 日作紀 32:301-305.
- 津野幸人, 藤瀬一馬 1964 c. 甘藷の乾物生産に関する研究 第5報乾物生産特性の品種間差異(1)乾物生産と養分吸収並びに乾物分配率の品種間差違. 日作紀 32:306-310.
- 津野幸人, 藤瀬一馬 1964 d. 甘藷の乾物生産に関する研究 第3報養分吸収と乾物生産との関係. 日作紀 32:297-300.
- 津野幸人, 藤瀬一馬 1965 b. 甘藷の乾物生産に関する研究 第9報加里の肥効と乾物生産との関係. 日作紀 33:236-241.
- 津野幸人, 藤瀬一馬 1968 a. 甘藷の乾物生産に関する研究 第10報肥料条件と乾物生産よりみた塊根乾物率の決まりかた. 日作紀 37:12-16.
- 津野幸人, 藤瀬一馬 1968 b. 甘藷の乾物生産に関する研究 第11報深層施肥が塊根収量に及ぼす影響. 日作紀 37:273-279.
- 渡邊和之 1979. カンショの過剰栄養生長機構に関する栽培学的研究. 農事試験場研究報告 29 : 1-94.
- 吉田智彦, 北条良夫, 村田孝雄 1970. 甘しょ塊根の発育に関する研究—深層施肥が塊根収量に及ぼす影響. 日作紀 39:105-110.

Title: The formation and distribution of root system in sweet potatoes.

Author: Masataka YAMASHITA