

食用カンナにおける根の形態形成

—特に不定根の発生について—

細井淳・今井勝*

(明治大学)

要旨：食用カンナ (*Canna edulis* Ker-Gawl.) における根の発育, 特に不定根の発生様式に注目して外部形態および内部形態面からの観察を行い検討を加えた。根系は, 太い不定根と不定根から発生する細い1次および2次側根によって構成される典型的なひげ根型であったが, 不定根の原基が2本1組となって根茎の節付近から同時に発生する点特徴的であった。また, 成熟した不定根の内部形態においては, 多くの導管が存在する多原型の中心柱と, 空隙を形成する皮層が特徴的であった。さらに, 根茎の中心柱には明確な節構造がなく, 節と中心柱の維管束の連絡関係は疎であり, イネ科植物のような規則性は認められなかった。バショウ属の植物と比べると, 形態学的, 解剖学的特徴は類似するが, 節における不定根原基の組数や不定根の太さ, および中心柱内の維管束数や皮層内の空隙の大きさなどが異なった。食用カンナにおける不定根の発生様式や組織構造は, 大型地上部を支持するための根系の形成とも密接な関係があると考えられる。

キーワード：外部形態, 根茎, 食用カンナ, 節, 内部形態, 不定根。

食用カンナ (*Canna edulis* Ker-Gawl.) は, ペルーを中心とするアンデス地域で古くから利用されてきたカンナ科の多年生草本である (National Research Council 1989)。生育は旺盛で地上部は草高約3 mに達し, 茎基部の表土中にデンプンを含む握りこぶし大の根茎を1株あたり30~40個形成する。日本国内での研究によれば, 葉面積指数が大きくなる割には受光態勢が良好で, 収穫指数は0.37~0.43と低いものの, 約半年の生育期間に全乾物重で25~40 t/haを生産し, 作物としての潜在生産力が高く評価されており, 暖かい地域での商業的栽培が期待されている (Imaiら 1993, 1994)。しかしながら, 植物学および農学的属性の多くが未だに明らかにされておらず, 特に物質生産の基礎となる形態学的, 解剖学的知見は極めて少ない (頼ら 1980, Lai and Tsai 1990)。著者らはこれら属性に関する詳細な調査を行い, 幾つの特徴を見出しているが (細井・今井 1999), 特に根はその高い養分吸収能 (今井ら 1990) と大型地上部の支持という側面から, 物質生産において重要な機能を果たしていると考えられる。しかし, 食用カンナの植物学的性状に関する報告においては根に関する記載の無いものが殆どで, まれに不定根が発生するという程度の記述があるのみである。従って, 本作物の根の形態および解剖学的特徴の詳細は全く明らかにされていない。そこで本研究では, 食用カンナの根について観察を行い, 詳細が明らかとなっているバショウ属の植物と比較することにより形態学および解剖学的見地から検討を加えた。

材料と方法

農林水産省熱帯農業研究センター (現国際農林業研究センター) より導入した食用カンナ (青茎系) を実験に用いた。1999年に明治大学の実験圃場に, 生体重で約200 g

の根茎を植え付けて栽培を行い, 生育良好な5個体を選抜し, 秋に掘り上げて根の外部形態観察に供した。収穫後にプラスチック製の籠に入れ, 覆土をして保存した根茎のうち, 2000年3月に発根および出芽したものを側根の外部形態観察ならびに解剖観察に供した。

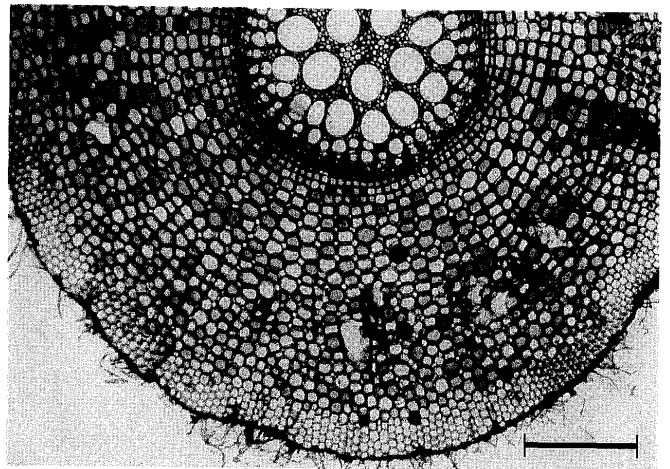
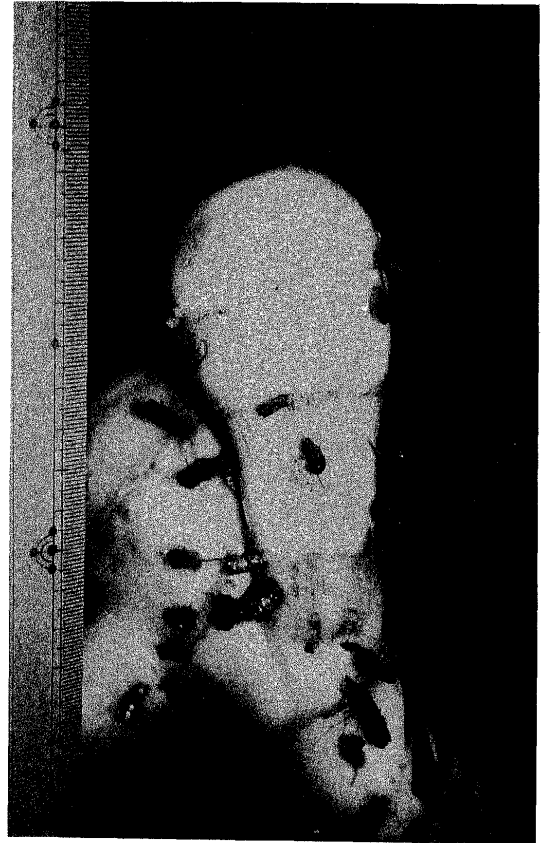
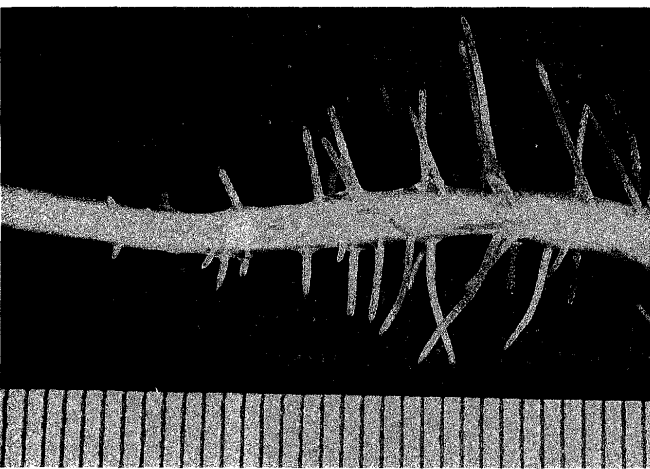
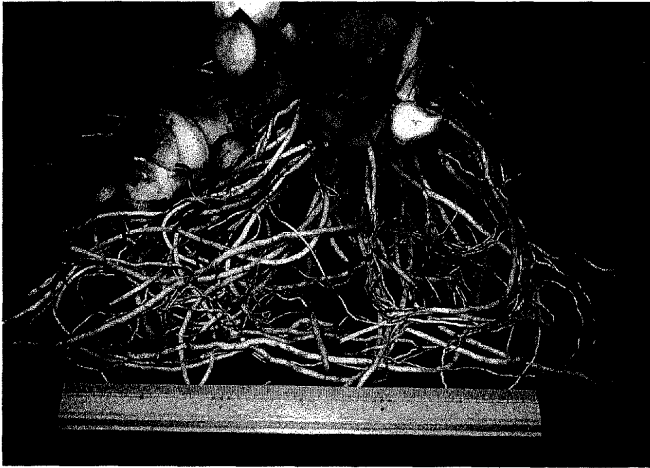
外部形態については, 根系, 不定根および側根の発生の様相を肉眼, または実体顕微鏡によって観察した。内部形態 (解剖学的様相) については, FAA液で固定後の根および根茎の一部から作成した徒手切片を, プレパラート作成に供した。切片は0.1%トルイジンブルーO水溶液で染色し, pH 4.0に調整した25%エタノールによって染色後の過剰な染色液の洗浄を行った。その後, pH 10.0に調整した0.1%水酸化ナトリウム水溶液への浸漬によって中和処理を施し, 水洗後にグリセリン水で封入した試料を光学顕微鏡によって観察した。

結 果

1. 外部形態

食用カンナの地下部は根茎と根茎から発生する根より構成され, 典型的なひげ根型根系の様相を呈した (第1図)。根系は横に這うように伸びた根茎の下面より発生する不定根と, 不定根から発生する細い1次側根, およびさらに細い2次側根によって構成されていた。太い不定根の先端部が障害を受けた場合にはやや太い1次側根が先端部近傍に発達し, 2次側根が多く発生した。地表付近に分布する100本の平均において, 不定根の直径は, 3.14 ± 0.48 (s.d.) mm, 側根のそれは 0.57 ± 0.22 (s.d.) mmであった。

1次側根は根の表面にまばらに発生する (第2図) のに對して, 不定根の発生様式は特徴的であり, 根茎内で内生的に分化し, 皮層および表皮を突き破るようにして2本1



第1図 掘りあげた食用カンナの茎基部，根茎および根（左上）。

第2図 1次側根の発生（左下）。

根茎から発生した若い不定根の先端部付近。左側が先端部，下端の線は1目盛1mmの定規。

第3図 伸長した根茎における不定根の発生（右上）。

第4図 成熟した不定根の横断面（右下）。線の長さ0.5mm

組となってほぼ同時に発達した。また，根茎から発生する不定根の多くは節付近から集中して発生した。その割合は，節を挟んで発生するものが1株から発生する根全体の約60%を占めたが，節から頂部および基部方向の5mm以内に発生するものも含めると約80%にも達した。特に根茎が極めて長く伸長した部位において，このことが明瞭に観察された（第3図）。

2. 内部形態

(1) 根の構造

根の構造は，多原型の中心柱とそれを取り巻く皮層，および外皮から成り立つ。成熟した不定根では中心柱内に多くの維管束が存在し，皮層には空隙が形成された（第4図）。空隙は最大のもので長径約50 μ mに達した。表土付近に分布し，成熟した不定根50本の基部付近における中

心柱内の導管数は平均79.3 \pm 10.7(s.d.)にも達した。1次側根においては不定根と比較して維管束の数が少なく，皮層に空隙が生じず，外皮の層の厚さも薄かった。

(2) 不定根の発生

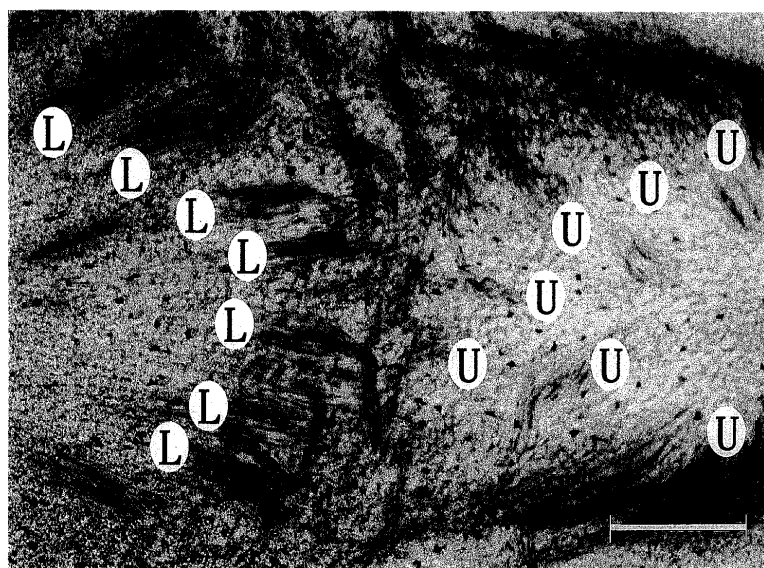
2本1組となって発生する不定根は，根茎の内鞘において分化する各々異なる不定根原基に由来し，それらがほぼ同時に発達したものであった（第5図）。各原基は根茎の節を挟み，頂部および基部方向に極めて接近して発生し，発達した原基同士の維管束が網目状となって，内皮付近を縦走する中心柱内の維管束と連絡していた（第6図）。

(3) 不定根の発生と節との関係

根茎表面に形成される節は，鱗片葉の脱落跡である。鱗片葉に連絡する維管束は根茎の皮層内の維管束によって構成され，内皮付近を縦走する中心柱内の並立維管束は，皮層維管束と節付近においてほとんど交錯がみられなかった

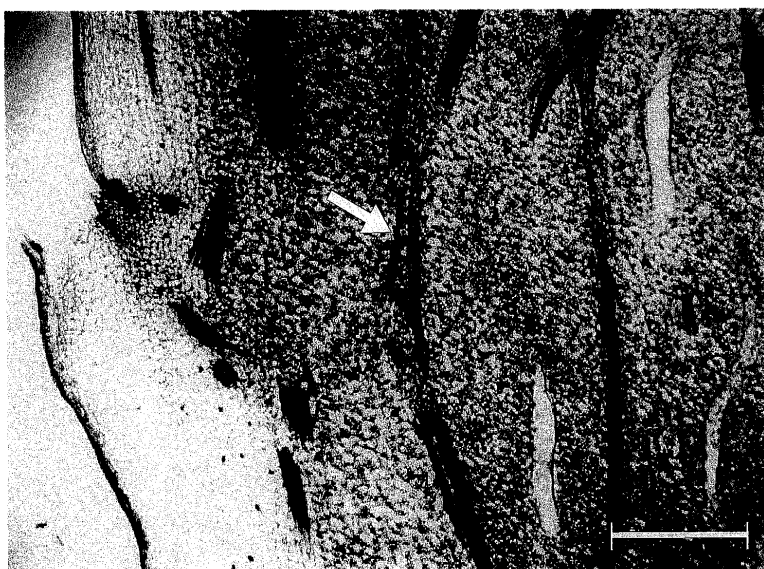


第5図 根茎内における不定根の発生 (左).
矢印は不定根原基, 根茎の縦断切片, 線の長さ
1.0 mm.



第6図 不定根原基基部における維管束の交錯 (右
上).

根茎の接線縦断切片, 左側が根茎の基部方向,
線の長さ 0.5 mm.
U: 根茎基部側の原基の線管束, L: 根茎頂部
側の原基の線管束.



第7図 根茎の節付近の縦断面 (右下).
矢印は内皮, 線の長さ 1.0 mm.

第1表 食用カンナとバショウ属の植物との根における形態学および解剖学的特徴の比較.

	食用カンナ	バショウ属植物 (引用文献)
不定根の直径	3.14 ± 0.48 mm	5~10 mm (Riopel and Steeves, 1964)
不定根の発生	2本1組	4本1組 (Skutch, 1932)
側根の発生	バショウ属に類似	ある程度の規則性がある (Riopel, 1966)
中心柱内の導管数	79.3 ± 10.7	28~34 (Riopel and Steeves, 1964)
皮層内の空隙の大きさ	50 μm以下	約300 μm (Riopel and Steeves, 1964)

(第7図). すなわち, 明確な節構造は, 根茎の中心柱においては確認されず, また, 典型的な節網維管束構造の発達には認められなかった. 不定根の発生は節付近に集中したものの, イネ科植物に見られるような規則性はなかった.

考 察

食用カンナはひげ根型根系を形成するが, その構成は根

茎の節付近から2本1組となってほぼ同時に発生する太い不定根と, それより発生する細い1次および2次側根によるという様式であることが判明した. この様式は, ダンドク (*C. indica*) および花カンナ (*C. × generalis*) においても同様であったので (細井・今井 2000), カンナ科カンナ属植物に共通な発根様式であると考えられる.

食用カンナの根の形態および解剖学的特徴の詳細は本研

究で明らかとなったが、食用カンナと同じ目 (order) に属するバショウ科バショウ属の植物においては、既に詳細な知見が報告されている (第1表)。バショウ属の植物においては、不定根が根茎の内鞘から4本1組となって発生し (Skutch 1932)、太さが5~10 mmにも達することが知られており (Riopel and Steeves 1964)、さらに不定根から発生する1次側根の分布にはある程度の規則性がある (Riopel 1966)。また、根の解剖学的組織構造は、成熟した不定根において大きな空隙が形成される皮層、28~34の導管を含む多原型の中心柱、およびスベリン化した外皮より成り立つ (Riopel and Steeves 1964)。これらと比較すると、食用カンナの根に関する特徴はバショウ属植物に形態学的、解剖学的側面ではやや類似するが、根茎において発生する不定根原基の組数は少なく、不定根は細い。また、中心柱内の維管束数は多く、皮層内の空隙は小さい (第1表)。バショウ属植物と比較して上記のような根の発生の様相が異なる理由は、食用カンナでは地上部を支持する機能を肥大した根茎が分担するためであると考えられる。また、バショウ属植物は、'feeder'および'pioneer'と呼ばれる形状の異なる2種類の不定根を発達させることにより、根の機能を分担していると考えられているが (Swennenら 1986)、この点に関しては食用カンナにおいても詳細な検討を要する。

食用カンナの根は「不定根」とされるが、その発生は節付近に集中しており、「節根」的性質を有するものと考えられた。根原基の発生が根茎内の内鞘において不定的ではあるものの節付近に集中するのは、イネ科植物のように明確な節網維管束構造には至らないが、節付近に維管束の交錯が若干ながらもあるために、ここからの発生が容易なためであろう。

上述のような独特の不定根の発生様式によって、本作物は地中においても特徴のある根系を形成するものと考えられる。今後の研究課題として、大型地上部の支持や高い養分吸収能をはじめとして、本作物の高い物質生産能力の基

礎となる根の地中における分布範囲や根長密度を含めた構造面と機能面との関係について、あるいは形態を異にする根における機能分担の有無などについて、さらには、地上部の支持における根系と肥大する多数の根茎の相互関係などについて検討を進める必要がある。

引用文献

- 細井淳・今井勝 1999. 食用カンナの形態的特徴について. 日作関東支部会報 14: 82-83.
- 細井淳・今井勝 2000. 食用カンナにおける節根の発生について. 日作紀 69(別1): 180-181.
- 今井勝・足立修士・頼高塩実 1990. 食用カンナの物質生産に関する研究 -無機養分吸収-. 日作紀 59(別2): 89-90.
- Imai, K., T. Kawana, K. Shimabe, K. Intabon and K. Tanaka 1993. Studies on matter production of edible canna (*Canna edulis* Ker.). II. Changes of dry matter production with growth. Jpn. J. Crop Sci. 62: 601-608.
- Imai, K., K. Shimabe, K. Tanaka and T. Kawana 1994. Studies on matter production of edible canna (*Canna edulis* Ker.). III. Changes of production structure with growth. Jpn. J. Crop Sci. 63: 345-351.
- 頼光隆・蔡養正・王翠玉 1980. 臺灣食用美人蕉之研究—植物性狀與經濟利用之初步調査. 中華農学会報 新111: 1-13.
- Lai, K.L. and Y.Z. Tsai 1990. Cultivation and processing of edible canna in subtropical Taiwan. Acta Hort. 275: 117-122.
- National Research Council 1989. Lost Crops of the Incas : Little-Known Plants of the Andes with Promise for Worldwide Cultivation. Natl. Acad. Press, Washington, D.C. 27-37.
- Riopel, J.L. and T.A. Steeves 1964. Studies on the roots of *Musa acuminata* cv. Gros Michel. I. The anatomy and development of main roots. Ann. Bot. 28: 475-490.
- Riopel, J.L. 1966. The distribution of lateral roots in *Musa acuminata* 'Gros Michel'. Amer. J. Bot. 53: 403-407.
- Skutch, A.F. 1932. Anatomy of the axis of the banana. Bot. Gaz. 93: 233-258.
- Swennen, R., E. De Langhe, J. Janssen and D. Decoene 1986. Study of the root development of some *Musa* cultivars in hydroponics. Fruits 41: 515-524.

Morphogenesis of Roots in Edible Canna —With special reference to adventitious roots— : Jun HOSOI and Katsu IMAI* (School of Agr., Meiji Univ., Kawasaki 214-8571, Japan)

Abstract: The morphological and anatomical features of the development of roots in edible canna (*Canna edulis* Ker-Gawl.) were investigated with special reference to its adventitious roots. A typical fibrous root system, which was comprised of thick adventitious roots and thinner primary and secondary lateral roots, was formed in this species. In mature adventitious roots, the polyarch stele with many vessels and the cortex with lacunae were unique features. There was no clear nodal structure in the stele of rhizome and the intimate interconnection of node and stelar vascular bundle was not observed. There was no regularity of the development of adventitious roots as seen in gramineous species. Compared with *Musa* species, the morphological and anatomical features were rather similar but the number of primordia and thickness of adventitious roots, the number of vascular bundles, and the size of lacunae were smaller in edible canna. It is considered that the mode of development and tissue structure of adventitious roots are related to the morphogenesis of the root system to support the large aboveground part of this species.

Key words: Adventitious root, Anatomy, *Canna edulis*, Edible canna, Morphology, Node, Rhizome.