

イースタンガマグラス(*Tripsacum dactyloides*(L.)L.)の生活環と耐湿性

誌名	九州大学農学部農場研究報告
ISSN	13465643
著者名	臼井,真奈美 島村,聡 泉,清隆 望月,俊宏 名田,陽一
発行元	九州大学農学部附属農場
巻/号	11号
掲載ページ	p. 56-61
発行年月	2003年3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



イースタンガマグラス (*Tripsacum dactyloides* (L.) L.) の生活環と耐湿性

白井 真奈美*・島村 聡**・泉 清隆***・望月俊宏・名田陽一

*九州大学農学部生物資源環境学科生物資源生産科学コース農学分野

**九州大学大学院生物資源環境科学府農業生産生態学講座

***九州大学農学部附属農場

九州大学大学院農学研究植物資源科学部門農業生産生態学講座

要約 水田において栽培可能なエネルギー作物としての適性を探るために、日本での栽培例のないイースタンガマグラス (EG) の生活環と乾物収量、および根における破生細胞間隙の形成と耐湿性程度を調査した。対照にはスウィチグラス (SG) を用いた。その結果、EG は北部九州でも多年生を示すことが確認され、栽培2年目以降の高い乾物収量が見込まれた。また、EG は土壌の水分条件に関わらず不定根には破生細胞間隙が良く発達し、SG に比べて耐湿性程度は高かった。

以上のことから、イースタンガマグラスは湛水田において栽培可能なエネルギー作物の特性を持つことが示唆された。

緒言

地球規模での環境悪化とエネルギーの枯渇が懸念される現代では、持続的かつ循環的な物質代謝システムを基盤とする再生可能エネルギーの開発が緊急の課題である。再生可能エネルギーの中でも、バイオマスエネルギーは、CO₂ 排出量削減に向けて積極的に取り組んでいる欧州において特に重視されている。現在のところ家畜糞尿や稲わら、生ゴミなど、廃棄物系バイオマスの利用が注目されているが、将来的には全量をバイオマスエネルギー源として利用できる“エネルギー作物”の生産が必要である。

エネルギー作物の備えるべき条件は、バイオマス生産量が多いこと、環境適応性が高く、粗放栽培が可能であること等である。また、土地利用の面からは、食料生産との競合を避けるために、我が国では休耕田あるいは放棄水田の利用が考えられる(中川,2001)。水田はもともと水を貯めることを基本的に整備されていることから、食料生産の場としての機能の他に、地下水の涵養や水質の浄化、自然湿地の代替など、多面的な環境保全機能を有しており、これらの機能を活かすことを前提に考えれば、そこに栽培されるエネルギー作物は耐湿性に優れている必要がある。

北米原産の多年生植物であるイースタンガマグラス (*Tripsacum dactyloides* (L.) L.) は、バイオマス生産量が多く (Faix *et al.*,1980; Schwendiman and Hawk,1973; Burns *et al.*,1992)、環境適応性、特に耐乾性に優れている (Harlan and Dewet,1977; Rechenhain,1951; Clark *et al.*,1998)。加えて、多湿環境下においても旺盛な生育を示すことが報告されている (中川,1998; Clark *et al.*,1998; Stubbendieck *et al.*,1992)。従って、この植物はエネルギー作物として

有望と考えられるが、我が国での栽培例は無く、耐湿性に関する詳細な調査も行われていない。

そこで本研究では、北部九州におけるこの作物の生活環とバイオマス生産量を明らかにするとともに、湿潤条件下における根の形態変化と耐湿性の関係を調査し、休耕田あるいは放棄水田におけるエネルギー作物栽培の可能性について検討した。バイオマス生産量についてはさらに経時的な調査が必要であるが、栽培初年目、2年目について得られた成果を報告する。

材料および方法

イースタンガマグラス (以下 EG) の2品種 Iuka および Pete と対照として米国でエネルギー作物のモデル植物とされているスウィチグラス (*Panicum virgatum* L.) (品種不詳、以下 SG)、を供試した。

実験1. 北部九州におけるイースタンガマグラスの生活環と乾物収量

1) ポット試験

EG については2000年および2001年、SGについては2001年に播種を行った。30℃、暗黒条件下で催芽した後、両年ともに5月28日に畑土を充填した1/2000aワグネルポットに播種した。2週間後に間引いて4個体/ポットとし、播種年、品種当たり3ポットを供試した。基肥として化成肥料 (N:P₂O₅:K₂O=16:16:16) を3.75g/ポット (12kg N/10a) 与え、播種後約2ヶ月後に基肥と同量の追肥を行った。灌水栽培し、生活環を調査した。地上部の生育が停止し、枯れあがった時点で地際から15cm以上部を刈り取り、風乾後、乾物重を測定した。EGの2000年播種区は、2001年には再生株の調査を行った。

2) 圃場試験

試験は2001年に行った。ポット試験と同様に催芽し、内径11.2cm、高さ20cmのプラスチックポットに播種した。約1ヵ月間栽培した後、九州大学農学部附属農場の試験圃場(花崗岩母材の畑土)に5月28日に移植した。基肥としてポット試験と同様の化成肥料を75g/m²(12kg N/10a)与え、移植後約1ヶ月後に基肥と同量の追肥を行った。移植直後に数回灌水を行い、その後は天水のみによって栽培した。栽植密度は、EGを10株/m²、SGを20株/m²とした。10月30日に地際から15cm以上部を刈り取り、風乾後、乾物重を測定した。

実験2. 根における破生細胞間隙の形成と耐湿性の評価

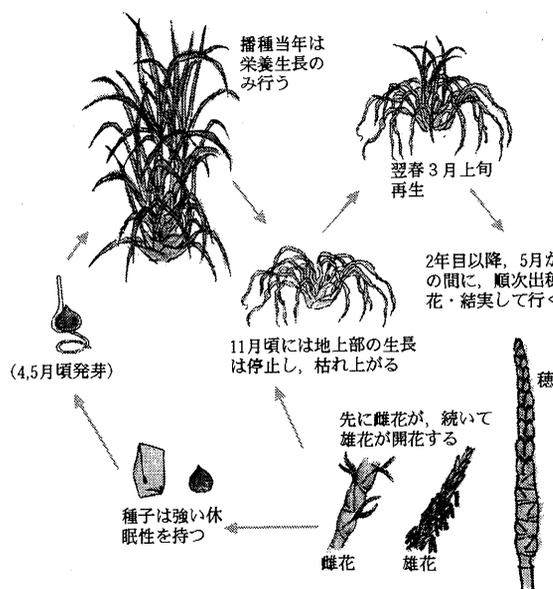
試験は2001年に行い、EGはIukaのみを供試した。催芽した種子を、畑土を充填した内径11.2cm、高さ20cmのプラスチックポットに、1ポット当たり3粒播種した。畑区および湛水区の2区を設け、各々3ポットを配置し、気温30℃、湿度60%のファイトロン内で栽培した。畑区は灌水栽培を行い、湛水区は出芽後9日目からポットを水を張ったコンテナに入れ、土壌表面まで湛水した状態で栽培した。播種後35日目にサンプリングし、乾物重(地上部・地下部)を測定した。乾物重を測定する前に、生育中庸な3個体の不定根を採取し、根端から1cmを起点として2cmごとに厚さ約20μmの徒手切片を作成し、空隙率を測定した。空隙率は、一旦パーソナルコンピュータに取り込んだ横断面画像から、画像解析ソフトNIH/Imageを用いて求めた根の横断面積と、そこに占める破生細胞間隙の面積より算出した。

結果と考察

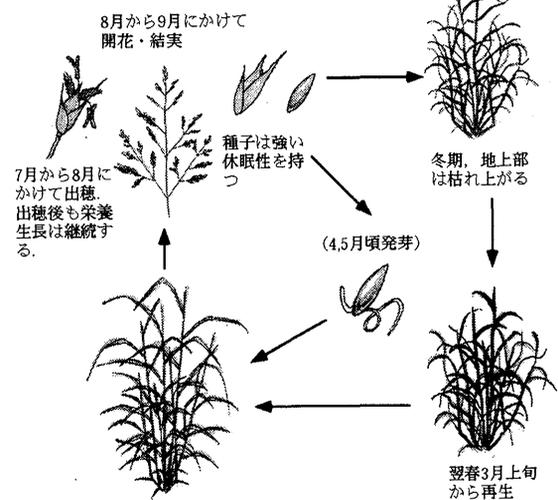
北部九州におけるイースタンガマガラスの生活環と乾物収量

第1図に北部九州におけるEGの生活環を、第2図にSGの生活環を示した。EGは播種当年には栄養成長のみを行った。本実験では催芽した種子を5月末に播種したが、秋まで栄養成長を続け、11月頃に生長は停止し、地上部は枯死した。しかし翌年3月上旬には再生茎が出現し、北部九州においても多年生を示すことが確認された。2年目個体は生殖成長を行ったが、出穂・開花時期は個体によって変異が大きく、また長期に亘った。雌雄異花同株で、穂先が雄花、基部が雌花からなる穂を持ち、一つの穂内で先に雌花が開花し、それが褐変した後に雄花が開花する。5月上旬に最初の穂が出た後、6月に開花がピークとなったが、その後も出穂・開花が見られ、7月から8月一杯にかけて順次結実・登熟した。種子は直径4mm程度で俵型をしており、円柱状の厚く硬い外殻に包まれている。登熟期にも茎葉は枯れあがらず、葉色は維持されていた。その後11月には地上部は枯れあがり、翌年3月上旬から再生を開始した。

SGは播種当年から生殖成長を行った。播種直後から盛んに分けつを増やし、7月末から出穂を開始した。出穂・開花時期はEGに比べて個体間差が小さく、8月上旬までにほぼ出穂をおえて開花期に入



第1図 EGの生活環



第2図 SGの生活環

第1表 乾物収量.

		EG(Iuka)	EG(Pete)	SG
ポット				
1年目 (2001年播種)	(g/pot)	38.9 ± 10.8*	34.9 ± 16.8	96.3 ± 6.1
2年目 (2000年播種・再生株)	(g/pot)	215.4 ± 6.5	215.3 ± 6.8	—
圃場 (2001年播種)				
	(g/m ²)	801**	1153	981

*平均±標準誤差.

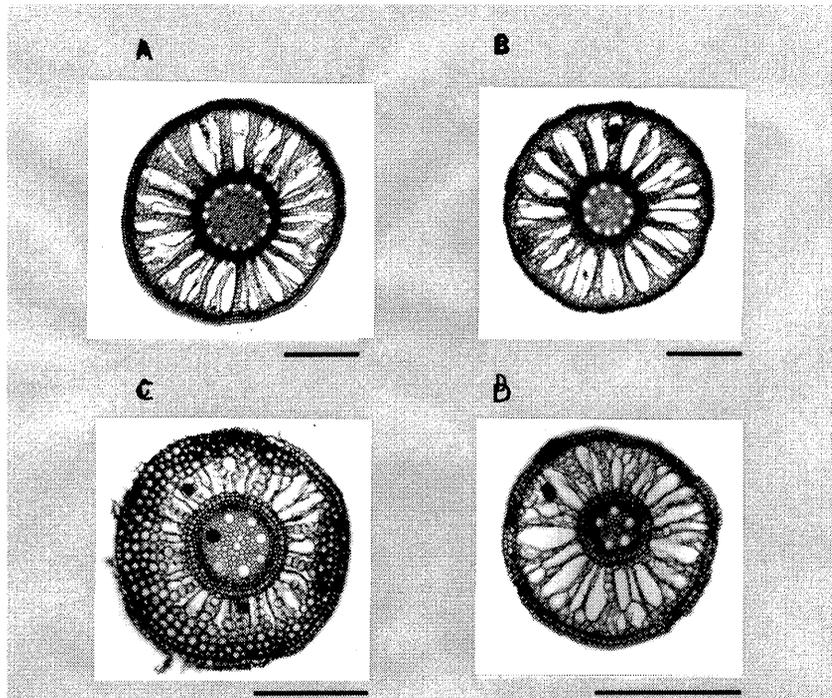
**反復無し.

り、9月上旬～中旬頃登熟を開始した。EGと異なり、SGでは登熟に伴い茎葉も黄化し、枯れあがった。翌春は3月上旬から再生を開始した。

第1表にポットおよび圃場で栽培した各植物の地上部乾物重を示した。1年目のポット栽培では、SGはEGに比べて乾物収量が高かった。EG品種間には有意な差は見られなかったが、両者ともSGの1/2以下であった。2年目においても有意な品種間差は認められなかったが、両品種ともに1年目の約5倍の乾物収量が得られた。一般に多年生作物の栽培初年目の乾物生産量は1年生作物に比べて低く、2年目以降に高まることが知られており、EGにおいても同様の傾向が認められた。圃場栽培における単位面積当り乾物収量は、EGのIuka

およびPete, およびSGでそれぞれ801g/m², 1153g/m² および981g/m²で、従来の報告における栽培初年目の収量と同程度であった (Brejda *et al.*,1997; Muir *et al.*,2001; Sanderson *et al.*,1999)。これらの報告においても栽培2年目以降の増収が記録されている。福岡における多年生作物の最大乾物生産量はネピアグラスによるものであり、栽培初年目で4000g/m²以上、2年目で5000g/m²以上と報告されている (伊藤ら,1988)。本試験においても2年目以降の増収が期待されることから、今後も再生収量の調査を継続する予定である。

エネルギー作物栽培においては、生産に要するエネルギーを抑えることが重要であるが、すでにSGについては生産に必要な投入エネルギー量が算出されており、



第3図 不定根の横断切片

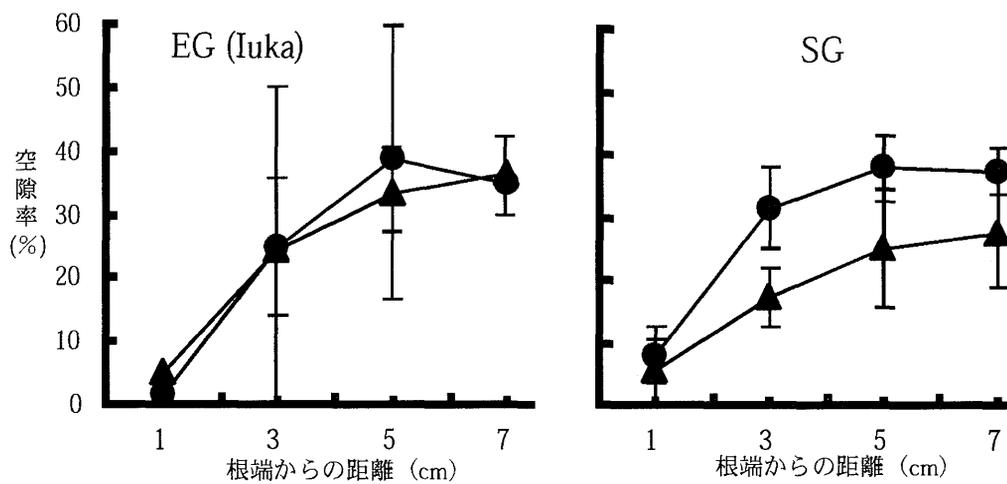
いずれも根端から3cm部。A:EG (Iuka) 畑区。B:EG (Iuka) 湛水区。C:SG 畑区。D:SG 湛水区。各写真の横線は0.5mmを示す。

草本系のエネルギー作物やその候補の中で最も少ないと報告されている (NEDO,1999). 今後EGについても, 2年日以降の生産量と投入エネルギー量を明らかにすることが重要である.

根における破生細胞間隙の形成と耐湿性の評価

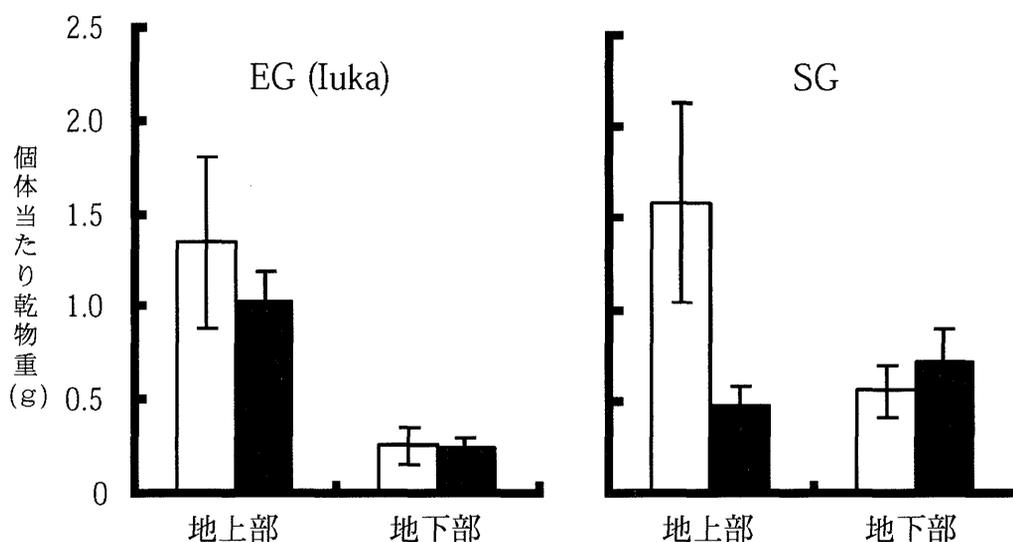
不定根の横断切片の写真を第3図に, 空隙率を第4図に示した. 両種ともに不定根には破生細胞間隙が観察されたが, 処理による空隙率への影響はEGとSGでやや異なっていた. 空隙率は根端から5cm部より基部

側ではほぼ一定となったが, その平均値は, EGでは畑区で34.9%, 湛水区で36.8%, SGではそれぞれ26.4%および37.7%であった. EGでは処理間に差が無かったのに対し, SGでは湛水区は畑区よりも高かった. しかしながら, 湛水区の空隙率はEGとSGでほぼ同程度であった. 湛水区の平均空隙率は, 水稻やいくつかの湿生植物と同程度であり (Justin and Armstrong,1987), 通気系として機能するためには十分な大きさ (Visser et al.,2000) と考えられる.



第4図 湛水条件が不定根の空隙率に及ぼす影響.

▲ : 畑区, ● : 湛水区. (縦線は標準誤差を示す)



第5図 湛水条件が地上部および地下部の生育に及ぼす影響.

□ : 畑区, ■ : 湛水区. (縦線は標準誤差を示す)

第5図に地上部および地下部乾物重を示した。地下部乾物重は両種共に湛水による有意な減少はみられなかった。SGではむしろ増加する傾向を示し、畑区の約1.3倍であった。一方、地上部乾物重はSGで大きく減少し、畑区の約30%であった。EGにおいてもやや減少したが、有意差は認められず、畑区の約76%であった。この結果から、EGはSGよりも湛水処理による影響が小さく、比較的強い耐湿性を持つのではないかと推測される。湛水区における不定根の空隙率にはEG、SG間に差がなかったにも関わらず耐湿性程度が異なったのは、両種で破生細胞間隙形成のメカニズムが異なる為かもしれない。EGは土壌の水分条件に関わらず一定の空隙率を持つのに対し、SGは畑条件下ではそれほど空隙率が高くなく、湛水処理によって増加する。現在のところ、このことが生理的にどのような意味を持つかは明らかではないが、本試験における2種作物の破生細胞間隙の形成条件が異なることは耐湿性の強弱とも関連して興味深い点である。

引用文献

- 1) Brejda, J.J., J.R. Brown, T.E. Lorenz, J. Henry and S.R. Lowry, Variation in eastern gamagrass forage yield with environments, harvests, and nitrogen rates. *Agron. J.*, 89:702-706, 1997.
- 2) Burns, J.C., D.S. Fisher, K.R. Pond and D.H. Timothy, Diet characteristics, digesta kinetics, and dry-matter intake of steers grazing eastern gamagrass. *J. Anim. Sci.*, 70:1251-1261, 1992.
- 3) Clark, R.B., E.E. Alberts, R.W. Zobel, T.R. Sinclair, M.S. Miller, W.D. Kemper and C.D. Foy, Eastern gamagrass (*Tripsacum dactyloides*) root penetration into and chemical properties of claypan soils. *Plant. Soil*, 200:33-45, 1998.
- 4) Faix, J.J., C.J. Kaiser and F.C. Hinds, Quality, yield and survival of Asiatic bluestems and an eastern gamagrass in southern Illinois. *J. Range Manage*, 33:388-390, 1980.
- 5) Harlan, J.R. and J.M.J. Dewet, Pathways of genetic transfer from *Tripsacum* to *Zea mays*. *Proceedings. Nat. Acad. Sci. USA*, 74:3494-3497, 1977.
- 6) 伊藤浩司・村田吉男・稲永忍・大久保忠旦・武田友四郎・沼口寛次・宮城悦生・星野正生, ネピアグラスの乾物生産に関する研究 第2報 東京以南の6地域における乾物生産力. *日作紀*, 57:424-430, 1988.
- 7) Justin, S.H.F.W. and W. Armstrong, The anatomical characteristics of roots and plant response to soil flooding. *New Phytol.*, 106:465-495, 1987.
- 8) Muir, J.P., M.A. Sanderson, W.R. Ocumpaugh, R.M. Jones and R.L. Reed, Biomass production of 'Alamo' switchgrass in response to nitrogen, phosphorus and row spacing. *Agron. J.*, 93:896-901, 2001.
- 9) 中川仁, 熱帯の飼料作物, 熱帯作物要覧, No27, 1998.
- 10) 中川仁, 新しい農業を起こす(2)—地球を守るクリーンなバイオ燃料用作物の育成と栽培—, 農業および園芸, 76:257-260, 2001.
- 11) NEDO (新エネルギー・産業技術総合開発機構), バイオマス資源を原料とするエネルギー変換技術に関する調査, 平成10年度調査報告書, 16-27, 1999.
- 12) Rechenthin, C.A., Range grasses in the Southwest. *In* "The Cattleman", 110-112, 1951.
- 13) Sanderson, M.A., R.L. Reed, W.R. Ocumpaugh, M.A. Hussey, G. Van Esbroeck, J.C. Read, C. Tischler and F.M. Hons, Switchgrass cultivars and germplasm for biomass feedstock production in Texas. *Bioresource Technol.*, 67:209-219, 1999.
- 14) Schwendiman, J.L. and U.B. Hawk, Miscellaneous grasses. *In* "Forages, 3rd ed.", eds. by M.E. Heath, S. Metcalfe and R.F. Barnes, The Iowa State Press, Ames, IA, 242, 1973.
- 15) Stubbendieck, J., S.L. Hatch and C.H. Butterfield, Eastern gamagrass. *In* "North American Range Plants, 4th ed.", Univ. Nebraska Press, Lincoln, 44-45, 1992.
- 16) Visser, E.J.W., T.D. Colmer, C.W.P.M. Blom and L.A.C.J. Voeselek, Changes in growth, porosity, and radial oxygen loss from adventitious roots of selected mono- and dicotyledonous wetland species with contrasting types of aerenchyma, *Plant Cell Environ.*, 23:1237-1245, 2000.

Life cycle and wet tolerance of Eastern gamagrass (*Tripsacum dactyloides* (L.) L.).

Manami Usui*, Satoshi Shimamura**, Kiyotaka Izumi***

Toshihiro Mochizuki and Yoichi Nada

*Program of Agronomy, Course of Agricultural Production, and Economics, Department of Bioresource and Bioenvironmental Sciences, School of Agriculture, Kyushu University

** Laboratory of Agricultural Ecology, Graduate School of Agriculture, Kyushu University

*** University Farm, Kyushu University

Laboratory of Agricultural Ecology, Department of Plant Resources, Faculty of Agriculture, Kyushu University

In order to verify the capabilities of Eastern gamagrass (EG), which has never been cultivated in Japan, as an energy crop cultivated in paddy fields, its life cycle, dry matter yield, formation of lysigenous intercellular space in adventitious roots and wet tolerance were examined. Switchgrass (SG) was used as a control plant.

In Northern Kyushu, we confirmed EG had characteristics of a perennial plant. Although, dry matter yield in the first year was about 1000g/m², it is expected that its yield on and after the second year will be much higher because of the result in pot experiment where the dry matter yield per pot in the second year was 5 times as much as that in the first year. In EG plant, rate of lysigenous intercellular space of adventitious roots was high regardless of soil moisture conditions and wet tolerance was higher than that in SG plant. These results suggested that EG was capable as an energy crop cultivated in paddy field in Japan.