

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 13 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23580019

研究課題名(和文) バイオマス作物の根の特性と耐湿性に関する研究

研究課題名(英文) Study on the root property and waterlogging tolerance of biomass crops

研究代表者

阿部 淳(Abe, Jun)

東京大学・農学生命科学研究科・助教

研究者番号：60221727

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円、(間接経費) 1,200,000円

研究成果の概要(和文)：水田や過湿害の起きやすい耕作不適地でのバイオマス作物の栽培を目的に、エリアンサス、ネピアグラス、ケナフ、ヤトロファの耐湿性・湛水抵抗性を検討した結果、いずれもトウモロコシやダイズよりは優れていたが、特にネピアグラスとケナフが優れていた。ネピアグラス、ケナフとエリアンサスは根に通気組織を形成するほか、とくにネピアグラスとケナフは、湛水時に比較的短期間のうちに、水中や土壌表層に根を発達させる性質があり、それらの根が過湿や湛水への耐性に重要な役割をしていたと考えられる。ネピアグラスの品種間差においても、そうした湛水時の土壌表層での根の発達の程度が、地上部バイオマスの保持の品種間差と対応していた。

研究成果の概要(英文)：Tolerance against excessive soil water content and waterlogging was examined for biomass crops, *Erinathus* spp., Napier grass, kenaf, and *Jatropha curcas*. All the four plants showed higher tolerance than maize and soybean; especially, Napier grass and kenaf, which formed superficial roots in a short period after the onset of waterlogging, resulted in rather high shoot biomass. Such relation between superficial root formation under waterlogging and maintenance of shoot biomass was found in the experiments on the varietal difference among Napier grass varieties. In case of *Erianthus*, excessive soil anaerobic condition declined next-year shoot growth. The excessive soil anaerobic condition may have disturbed the starch deposition in root stele of *Erianthus* during winter as the source of spring growth.

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農学，作物学・雑草学

キーワード：工芸作物 耐湿性 根系

## 1. 研究開始当初の背景

日本の農業が化石燃料に大きく依存している現状を考えると、作物学分野においてもバイオ燃料作物の研究が重用である。植物バイオマスの生産を論じる際に、食料生産との競合回避が重視され、耕作不適地での栽培が検討されているが、実際には、工場へのアクセスが良く、まとまった面積が確保できる耕作不適地は容易には見つからないし、そうした土地で生産性を確保し、低コストで十分な量の植物バイオマスを提供することは難しい。翻って、我が国の水田利用を見ると、米の過剰生産や農家の後継者問題があって、数十万 ha の規模で休耕地が存在すると見られている。肥沃度が高いにも関わらず放棄されている水田でバイオ燃料作物を栽培することは有意義で、飼料米用の超多収水稻をバイオエタノール原料として生産することなどが試みられているが、工業原料として食用米の10分の1程度の廉価で買われるためには、より生産コストと労力の小さいバイオマス作物の導入も有力な選択肢である。

また、東南アジアでは、タイ東北部など、農家所得の低い地域で、換金作物として水田裏作にケナフなどの硬質繊維作物の栽培が行われているが、これらをバイオエタノール原料として用いることも可能である。また、インドネシアなどでは、傾斜地などの比較的生産性の低い農地で、ネピアグラスなどをバイオエタノール原料として栽培することも試みられている。

こうした水田の休閑期・休耕地や傾斜地などの有効利用を試みる際に、しばしば問題となるのが湿害による生育阻害・収量低減である。水田では落水をしていても降雨により一時的に湛水状態・過湿状態となることが多く、東南アジアの傾斜地でも低地や窪地でしばしば過湿状態が生じる。

このような過湿あるいは湛水に対する耐性が強い作物の選抜・育成には、根の形質が関わっていることが予想され、研究が必要である。

## 2. 研究の目的

本研究においては、セルロース系のバイオエタノール原料の候補であるエリアンサス、サトウキビ、ネピアグラス、ケナフ、クロタラリアとバイオディーゼル原料のヤトロファを対象に、耐湿性(湛水抵抗性)を検定する。このうち、エリアンサス、サトウキビ、ネピアグラスはイネ科の大型牧草、ケナフ、クロタラリアは双子葉の硬質繊維作物(緑肥としても利用可能)であるが、近年バイオエタノール原料としても注目されている。日本の暖地および東南アジアでの水田からの転換畑・水田裏作を念頭に、湛水下での生育量により、適性の種間差・系統間差を検証する。一般には、過湿害を論じる場合には発芽・

苗立ちの抑制も大きな問題となるが、今回取り上げたイネ科作物が、多くの場合移植栽培となることから、ここでは苗立ち後の生育に絞って検討を行う。

あわせて、各作物あるいは品種の根の形態学的特性を調査し、それらが各作物の耐湿性とどのように関連しているかを検討する。

## 3. 研究の方法

### (1) 予備的検討

2011年度に、バイオマス作物・バイオ燃料作物として有望と考えられるエリアンサス、ネピアグラス、ケナフ、ヤトロファについて、パーミキュライトによる幼植物栽培で、湛水に対する耐性を評価した。併せて、根の組織形態をと徒手切片法で観察した。

### (2) ポット試験と水田での栽培による作物間の比較

2012年度に、ポット試験で、2週間の湛水処理が地上部の生育に及ぼす影響を調査することで、各作物の耐湿性程度を評価した。調査対象としては、イネ科植物では、トウモロコシと対比しつつエリアンサスとネピアグラスを、双子葉植物では、ダイズと対比しつつケナフとヤトロファを取り上げた。

### (3) インドネシアでのネピアグラスの品種比較

2012年には幼植物で、トウモロコシと対比しつつ、2週間の湛水処理による地上部バイオマスの減少程度を5品種のネピアグラスについて比較した。

2013年には、幼植物の試験で湛水への耐性が高いとみられた品種 Thailand と、耐性が低いとみられた Africa の2品種について、水田で栽培を行い比較した。

いずれも、表層における根量も併せて検討した。

### (4) 日本の水田転換畑におけるエリアンサスの栽培試験

本州においてはネピアグラスの越冬が難しいことから、2012年度~2013年度にかけて、エリアンサスを対象に水田からの転換畑における生育を調査し、土壌の水条件との関係を検討した。

## 4. 研究成果

### (1) 予備的検討

ネピアグラスの幼植物が、特に高い耐湿性・湛水抵抗性を示した。根に通気組織を形成することが一因と考えられたが、通気組織はエリアンサスやケナフでも観察されたことから、通気組織の形成のみでは十分な耐湿性が担保されない可能性が示唆された。

### (2) ポット試験と水田での栽培による作物

## 間の比較

ポット試験では、ネピアグラスとケナフが、比較的強い耐湿性を示したほか、エリアンサスでもある程度の耐湿性がみられた。ネピアグラスとケナフは、湛水により地上茎からの発根が促進され、さらにそれらの表層の根の側根も良く発達した結果、水中に多くの根が見られた。特にケナフは、湛水開始の翌日から発根が認められ(図1)、湛水初期には茎の生長よりも根の発達が優先されていた。湛水により、総根重は大きく減少するが、こうした嫌気ストレスが比較的軽微な水中や土壌表層での側根の良く発達した根の形成は、根の機能の保持に寄与していると考えられた。これに対し、エリアンサスは、水中の根も形成されるものの、その量は、ネピアグラスほどではなかった。また、トウモロコシは、地上の節から発根はするが、その側根は1-2mmしか伸長せず、養水分の吸収にはほとんど寄与していないと考えられた。ヤトロファは、湛水による不定根の発根はなく、地上部は、枯死はしないが、湛水期間中の生育は著しく抑制された。

湛水した水田での栽培においても、トウモロコシとダイズは、ほとんどの個体が移植から1ヶ月ほどの間に枯死したのに対して、エリアンサス、ネピアグラス、ケナフの3種は、水田でも、生長量は抑制されるものの枯れることなく生育し(表1)、ポット試験と同様に、ネピアグラスとケナフでは、水中に多くの根が見られた。

これらポット試験と水田での栽培の結果を総合すると、通期組織の形成に加えて、湛水開始後に短期間で水中や土壌表層に不定根を発達させる能力の高さが、その作物の湛水や過湿への耐性の強さに密接に関わると考えられる。



図1. 湛水開始後のケナフの発根。

## (3) インドネシアでのネピアグラスの品種比較

インドネシアのスマトラ島において実施したネピアグラスの品種比較のポット試験では、いずれの品種も、湛水期間中の水中での根の発達がみられ、トウモロコシに比べて耐湿性が強いことが確認されたが、その程度には、品種間による差異が認められた。

表1. 水田での移植2ヶ月後の生育

	生存率	草丈 cm	茎数 (/株)	乾物重 (g/株)
イネ科				
エリアンサス	100%	99.6	4.4	9.1
ネピアグラス	90%	87.8	1.6	15.4
トウモロコシ	10%	55.0	1.0	2.3
双子葉				
ケナフ	100%	81.2	1.0	5.2
ダイズ	0%	-	-	-

Thailand は湛水中の表層での根量増加が大きく、地上部乾物重が比較的保持されたのに対して、Africa は、表層の根量が比較的少なく、地上部バイオマスが、トウモロコシよりはやや優れるものの、大きく抑制された。

水田での栽培試験においても、両品種ともトウモロコシよりは湛水や過湿による地上部バイオマスの低下が小さかったものの、Thailand に比べてAfrica が劣っていた。

## (4) 日本の水田転換畑におけるエリアンサスの栽培試験

植え付け1年目の2012年度においては、エリアンサスの1年目の生育としては、過去の畑における栽培事例と比較して、おおむね良好であったが、2年目の生育は、1圃場内でも場所によって異なり、著しく生育の悪い箇所がみられた。それらの箇所では、TDRにより測定した土壌水分が高く、Ehも低い傾向にあり、土壌が嫌氣的・還元的状態であったと推定された。エリアンサスは、晩秋から初冬にかけて根の中心柱柔細胞に多量のでんぷんを蓄積して、翌春の再生の原資とする。エリアンサスは、トウモロコシとの対比では、はるかに耐湿性に優れていたものの、土壌が著しく嫌氣的・還元的で根に障害を受ける場合には、越冬のためのでんぷん蓄積が不十分となって2年目以降の生育に支障をきたしていたと推察された。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計0件)

〔学会発表〕(計3件)

阿部淳 2013. 休耕田利用と水田裏作の活性化を目指した作物耐湿性の研究. 2012年度第2回日中共同セミナー「都市と農村の融合に基づく持続的発展」招待講演(2013年3月22日, 東京)

阿部淳 2013. 草で車を走らせる インドネシアでの栽培試験. 東京大学生態調和農

学機構公開セミナー(招待公演)(2013年8月31日,東京)

阿部淳 2014. 東日本大震災による被災水田における資源作物の栽培と利用.「イネイネ・日本」研究会第14回シンポジウム(招待公演)(2014年2月21日,東京)

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕(計0件)

〔その他〕(計0件)

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

阿部 淳 (Abe, Jun)

東京大学・大学院農学生命科学研究科・助教

研究者番号: 60221727

### (2)研究分担者

なし

### (3)連携研究者

なし