

ケナフ (*Hibiscus cannabinus* L.)12品種の
一次生産速度の季節変化と年間一次生産の違い

平成13年3月

分担研究代表者 鈴木祥弘

神奈川大学理学総合理学研究所

研究協力者

釜野徳明 神奈川大学理学部総合理学研究所

鈴木祐也 神奈川大学理学部生物科学科

ケナフ (*Hibiscus cannabinus* L.) 12品種の 一次生産速度の季節変化と年間一次生産の違い

鈴木祥弘・鈴木祐也・釜野徳明

目的

森林は大気中の二酸化炭素を吸収し、その二酸化炭素を有機物として植物体や土壤に蓄積している。森林を伐採することは、大気中の二酸化炭素の吸収源を減らすばかりでなく、有機物として蓄積した二酸化炭素を再び大気中に放出することとなり、その結果、大気中の二酸化炭素濃度を上昇させる(文献1、2)。現在行われている森林伐採の目的の一つにパルプ生産がある。パルプ生産を森林以外で行うことが出来れば、大気中の二酸化炭素を上昇させている森林伐採を減らすことが出来る。

森林に代わりパルプを生産できる植物の一つに *Hibiscus cannabinus* L. (ケナフ) があり、世界中の様々な場所で栽培されている。ケナフは生育期間の短い一年生草本であるにも関わらず、3.6m以上の草丈に達し、乾重量で20トン/ヘクタールもの年間一次生産を行い、大量のパルプを作り出すことがいくつかの品種で報告されている(文献3)。しかし、様々な品種が様々な栽培環境でどのような一次生産を行うかについては不明な点が多い。ケナフを有効に利用しパルプを生産するためには、パルプを生み出す一次生産について様々な品種・様々な環境で実測を行い、品種や栽培環境による一次生産の違いを明らかにする必要がある。

本研究では、著者(釜野徳明)の収集した *Hibiscus cannabinus* L. 12品種のケナフを神奈川県平塚市(北緯30度、東経139度)の荒地で栽培し、各品種の一次生産を生育期間を通して経時的に測定した。さらに、近縁種の *Hibiscus sabdariffa* L. の3品種との比較から、ケナフの一次生産を支える機作を検討した。これらの結果より、日本の気候環境下でのケナフによる効率的パルプ生産の可能性を明らかにすることが本研究の目的である。

方法

7ヶ国より収集した、*Hibiscus cannabinus* L. の12品種 および *Hibiscus sabdariffa* L. の3品種の計15品種の種子を実験に用いた(表1)。

滅菌水中で2時間吸水させた種子を滅菌水で湿らせた紙濾紙 (FILTER PAPER 5C, ADVANTEC TOYO, JAPAN) を敷いたペトリ皿 (#1029, FALCON, USA) に移し、暗中、25℃で発芽させた。種子は3~10日で発芽した。4~5日に発芽した種子を選別し、バーミキュライトをいれた育苗ポット (約100ml) に播種した。これに2日毎に1000倍希釈した培養液 (HYPONeX, ハイポネックスジャパン, Japan) を100ml与え、25℃のガラス温室中、天然光下で育苗した。発芽30日後 (6/26)、各種4本ずつ計60本を2本/m²の密度で野外の圃場に移植した。移植後、圃場では施肥を行わなかった。

移植20日後より7日毎に、各個体の草高、茎基部直径、葉数、花および子実数を測定し、各種の平均を求めた。これらの結果に基づき、生長解析を行った(文献4、5)。

多くの品種が枯死した播種後185日に実験を終了し、地上部を刈り取りとった。地上部は60℃で60日間風乾、乾重量を求めた(文献5)。

結果

草高 *H. sabdariffa*種の3品種の草高は50日から105日の間、指数関数的に増加、その後、増加速度が徐々に低下するS字型の増加曲線を示した(図1a~c)。Khon Kean 50では、枯死する直前まで増加が続いたが、Kaew YaiとNon Soon2ではそれぞれ176日と148日に増加がほぼ停止した。最終草高は平均262cmで、速い増加が認められた71~120日間の平均増加速度は2.7~2.9cm/day (平均2.8cm/day)であった。

*H. cannabinus*種の草高は播種後71日まで、指数関数的に増加した後、ほぼ一定の速度で直線的に増加を続けた(図1d~o)。その後148日に、青皮1号、青皮2号、青皮3号、青皮5号の草高の増加が停止した(図1d~g)。これらの品種の71日から148日の平均増加速度は速度は3.3~4.1cm/day (平均3.8cm/day)で、最大草高は319~390cm (平均355cm)に達した。その他の品種でも最後の数週間は増加速度が低下したが、183日に枯死するまで草高の増加が続いた。Whittenでは148日以降、Khon Kean60、青皮4号、Evergrades41、India、Tainung2では169日以降、Cuba、America飼料用では176日以降に、生長速度が低下した。低下前の増加速度は、2.8~3.7cm/day (平均3.2cm/day)で、低下後の0.6~1.9cm/day (平均1.4cm/day)であった(図1h~o)。この8品種は草高が増加した期間が長く、このため草高の増加が停止した4品種に比較して、低下前で15%、低下後で73%低かったにもかかわらず、最大草高は332~411cm (平均378cm)と平均で6.0%高くなった。最大草高の*H. cannabinus*12品種の平均は370cmで*H.*

*sabdariffa*種3品種の平均262cmと比較して41%高かった。*H. cannabinus*12品種の直線的に増加の認められた期間の増加速度の平均3.4cm/dayは、*H. sabdariffa*種の3品種の速い増加が認められた期間の平均増加速度2.8cm/dayと比べても21%大きかった。

茎基部直径 *H. sabdariffa*種の3品種の茎基部直径は50日から99日までの間、指数関数的に増加、その後、増加速度が徐々に低下するS字型の増加曲線を示した(図2a~c)。Khon Kean 50、Kaew Yai、Non Soon2ではそれぞれ134日、148日、141日に増加が停止した。Non Soon2では、92~106日にも増加の一時的低下が認められた。速い増加が認められる71~99日の間の平均増加速度は、0.51~0.68mm/day(平均0.62mm/day)で、茎基部直径は最大で3.72~4.47cm(平均4.04cm)に達した。

*H. cannabinus*種の茎基部直径は、草高同様に50日から71日の間、指数関数的に、その後、直線的に増加した(図2d~o)。その後、青皮2号では148日に、Khon Kean 60では162日に茎基部の増加が停止した(図2e、i)。これらの品種で茎基部直径の直線的な増加が続いた期間の増加速度は、0.46と0.66mm/dayで茎基部直径は5.24と5.27cmに達した。草高の増加が停止した品種と茎基部直径の増加が停止した品種は必ずしも一致しなかった。これら2品種以外の品種では最後の1~2ヶ月間に基部直径の増加速度は低下したが、183日に枯死するまで増加が続いた。青皮1号、青皮3号、青皮4号、青皮5号では106、99、127、106日に増加速度が低下した(図2d、f、g、h)。また、Cuba、Evergrades 41、America飼料用、India、Tainung2、Whittenでは、99、134、148、106、106日に増加速度が低下した(図2j~o)。これら10品種の71日から増加速度が低下するまで、茎基部直径が直線的に増加した期間の速度は0.46~0.82mm/day(平均0.69mm/day)で、低下後の増加速度は0.11~0.28mm/day(平均0.17cm/day)であった。また、183日の茎基部直径は4.22~5.87cm(平均5.36cm)に達し、増加の停止した2種との差は認められなかった。最大茎基部直径は12品種平均で5.36cmとなり、*H. cannabinus*種の平均4.04cmと比較して33%太かった。

茎体積 茎を円錐と仮定して草高と基部直径より茎の体積を求めた(図3)。*H. sabdariffa*種の各品種の茎体積は50日から120日までの間、指数関数的に増加、その後、増加速度が徐々に低下するS字型の増加曲線を示した(図3a~c)。速い増加が認められた99~134日の間の平均増加速度は、26.4~46.4cm³/day(平均36.0cm³/day)、183日の茎の体積はそれぞれ2010~2660cm³(平均2370cm³)であった。

*H. cannabinus*種の茎体積は、50日から106日の間、指数関数的に、その後、直線的に

増加した（図3d～o）。茎体積では、草高、基部直径より長期間の指数関数的増加が認められた。これは、草高、茎基部直径が直線的に増加する範囲でも、草高と茎基部直径の平方の積から算出された体積は加速度的上昇したためである。その後、基部直径の増加速度が低下したため、各品種の茎体積は直線的な増加となった。青皮2号では148日に体積の増加が停止した。青皮1号、青皮3号、青皮5号でも、148日に体積の増加速度が著しく低下した（図3d～g）。*H. cannabinus*種の茎体積が直線的に増加する期間の12品種の増加速度は46.2～89.0 cm³/day（平均67.0cm³/day）で、183日の茎体積は3000～7460cm³（平均5860cm³）となり、*H. sabdariffa*種の3品種の平均2370cm³の247%に達した。

葉数 *H. sabdariffa*種の3品種のうち、Khon Kean 50、Kaew Yaiでは葉数は50日から141日まで直線的に増加した、Khon Kean 50の葉数は141日後、葉数が増減しながらも169日まで増加し、その後減少した（図4a～c）。Kaew Yaiでは141日後、葉数はほぼ一定の枚数を保ち176日以降減少した。Non Soon2は他の品種と全く異なる変化を示した。71～85日の14日間で葉数を11.8から32.8枚に増やしたが、その後葉数の増加は緩やかであった。50～141日の平均増加速度は0.40～0.51枚/day（平均0.45枚/day）であった。最大葉数は50～67枚（平均56枚）に達した。

*H. cannabinus*種の各品種の葉数は、50日から141日の間、直線的に上昇した（図4d～o）。強風により落葉した141日に全品種でわずかながら減少が認められた。青皮1号、青皮2号、青皮3号、青皮5号ではその後引き続いて葉数が低下した（図4d～g）。その他の8品種では葉数の増加が続き、Khon Kean 60、青皮4号、Cuba、Evergrades 41、America銅料用、India、Tainung2、Whittenはそれぞれ、176、176、176、169、169、162、162、176日になって落葉を開始した（図4h～o）。185日に地上部を回収した際には、全ての品種でほとんどの葉が落葉していた。直線的に葉数が増加する播種後50～141日の平均増加速度は0.95～1.29枚/day（平均1.00枚/day）で、最大葉数は95～156枚（平均123枚）に達した。*H. cannabinus*種は*H. sabdariffa*種の約2倍の速度で葉を展開し、期間も長かった。このため、最大葉数は*H. sabdariffa*種の2.2倍に達した。

子実数 *H. sabdariffa*3品種は、開花しなかった（図5a～c）。

*H. cannabinus*種の12品種は播種後100日前後に開花を始めた青皮1号、青皮2号、青皮3号、青皮5号の4品種（図5d～g）と150日以降になって初めて開花を開始するKhon Kean 60、青皮4号、Cuba、Evergrades 41、America銅料用、India、Tainung2、

Whittenの8品種で異なる変化を示した。各個体の花と子実を合わせた数を子実数として測定した(図5h~o)。早期に開花を始めた4品種では、開花開始直後から子実数は急速に増加し、最大数に達した後、低下した。青皮1号、青皮2号、青皮5号は148、169、169日にそれぞれ最大数316、272、486個に達した。やや遅れて開花を始めた青皮3号でも169日に最大数318個に達した。開花の遅かった8品種では、183日まで子実が増加を続けたが、植物体の枯死とともに増加が停止した。最大子実数を示す183日の子実数は、61.8~229個(平均135個)であった。

地上部乾重量 多くの品種が枯死した185日に地上部を刈り取り60℃で10日間以上風乾した。播種後185日に葉が残っていた個体でも葉の生重量は全茎重量の10%以下であった。*H. sabdariffa*種の3品種の乾重量は、319~537g/個体で平均435g/個体であった。これに対し、*H. cannabinus*種の各個体の乾燥重量は、417~1073g/個体で平均867g/個体で*H. sabdariffa*種の200%に達した(表2)。

考察

本研究では*H. sabdariffa*種で319g~537g/本(平均435g/本)、*H. cannabinus*種で417~1073g/本(平均863g/本)の乾重量の茎を得た(表2)。*H. sabdariffa*種と*H. cannabinus*種の各品種を2本/m²の密度で栽培したとと圃場に移植してからの日数を考慮すると、*H. sabdariffa*で870g/m²、*H. cannabinus*で1700g/m²の乾重量の植物体を160日間で生産したことがわかる。単位面積の群落が生産する植物体の乾重量は、植物群落による二酸化炭素の吸収速度や一次生産量の比較にしばしば用いられる(文献6)。様々な植生の群落が生産する植物体の乾重量は最も一次生産力の高い熱帯雨林の平均でおよそ2200g/m²/year、温帯落葉樹林で1200g/m²/year、耕地で650g/m²/yearであることが知られている(文献7)。地上部が茎以外に子実や葉などの部分を持つこと、地上部を支持するのに十分な地下部が存在すること、栽培期間が播種後185日、圃場では160日に過ぎないこと、本研究で用いた圃場が整地後ほとんど施肥を行っていない荒地であることを考慮すると、*H. cannabinus*種の各品種の一次生産量は1700g/m²/yearを大きく上回ると推定される。本研究の結果により、日本の気候環境下で、荒地においても、ケナフが熱帯雨林に匹敵する高い一次生産を行うことが明らかになった。

ケナフの一次生産を支える機構について、近縁種の*H. sabdariffa*種の一次生産との比

較から検討した。一次生産の指標である乾重量を測定するためには植物体を刈り取らねばならず、測定後の継続的な実験が出来ない。一方、茎体積は刈り取ることなく測定可能な茎の高さ（草高）および茎の基部の太さ（基部直径）から推定できる。さらに、品種による分枝の違いや実際の茎の形態が円錐形で無いことなど、推定された茎体積と乾重量の間に考えられる多くの誤差要因にも関わらず、185日に刈り取った茎の乾重量とその時点での推定茎体積の間には高い相関関係($r=0.84$) が認められた(図6)。このため、茎体積からケナフ地上部乾重量の主要な部分を占める茎の乾重量の動態を検討した。

*H. sabdariffa*種の各品種の茎体積の増加は105日まで指数関数的に、その後、徐々に低下し、茎体積の時間変化はS字型曲線を描いた(図3)。植物は一般に生長にともない単位面積当たりの総葉面積数が増大し自己被陰が強くなることや、茎・根など非同化器官の比率の増加で呼吸による損失が大きくなることなどにより、生長速度が低下することが知られている(文献8)。このため、植物体の重量や体積の時間変化はしばしば*H. sabdariffa*種の各品種に認められたようなS字型曲線を描く。さらに、秋季の気温の低下や日長の短縮などの環境要因の悪化も*H. sabdariffa*種の各品種の茎体積の増加を停止させたと考えられる。種子を生産する生殖生長の開始により生産物の分配が変化し、植物体自身の葉や茎などの非生殖器官の生物量の増加が低下することもある(文献8)。しかしながら、*H. sabdariffa*種の各品種は枯死した185日まで開花しなかった。*H. sabdariffa*種の各品種の茎体積増加の停止は生殖生長への移行とは無関係であると考えられる。

*H. sabdariffa*種の総ての品種の生長が停止した全く同じ環境において、近縁種の*H. cannabinus*種のケナフ各品種の茎体積は増加を続けた(図3)。青皮1号、青皮2号、青皮3号、青皮5号の4品種を除くケナフの8品種では、枯死する直前の183日まで平均 $57.6\text{cm}^3/\text{day}$ で直線的な増加が続き、茎体積は平均 5860cm^3 、 1000g の乾重量に達した。青皮2号では、草高の増加、基部の増加がともに停止したため、148日まで $83.6\text{cm}^3/\text{day}$ であった増加が148日以降急速に停止した。青皮1号、青皮3号、青皮5号の3品種でも草高の増加が停止し、基部の増加が低下したため、148日まで平均 $63.9\text{cm}^3/\text{day}$ であった増加速度が、その後著しく低下した。このため、これら4品種の183日の茎体積は 4790cm^3 、 600g の乾重量であり、茎体積で18%、乾重量で40%、他の8種の平均より小さかった。この差の原因となった茎体積の停止の前後で、4品種では葉数が最大に達しその後急速に減少しており(図4)、子実数も最大に達していた(図5)。増加速度の低下時期

が、落葉による葉数の減少および子実数の増大と一致していたことは、茎体積の増加の停止が4品種の栄養生長から生殖生長への転換に起因するいことを強く示唆している。これら4品種が生殖生長に移行せず、茎体積の直線的増加が続いていたと仮定すると、青皮1号、青皮2号、青皮3号、青皮5号の茎体積は、播種後185日にはそれぞれ6210、8450、4610、9540cm³に達したと推定された。この推定結果は4品種でも生殖生長に移行しなければ高い年間一次生産が行われたことを強く示唆している。

合衆国における多くの栽培品種は短日性で12.5時間以下の日長で生殖生長を始めることが知られている（文献3）。12.5時間の日長は栽培を行った平塚市近郊では九月初旬の日長に相当する。本研究の様々な地域から収集した品種では開花開始時期は7月初旬より10月中旬まで品種により大きく異なっていた（図4）。青皮1号、青皮2号、青皮3号、青皮5号では、7月中旬に開花が始まっていた。それ以外の8品種でも148日以降に遅れて開花が認められ、171日以降落葉が始まっている。青皮1号、青皮2号、青皮3号、青皮5号の開花・結実の様子から、その他の8品種では生殖生長への移行が遅く、茎体積の増加が停止する前に環境の悪化により枯死したことが類推される。

ケナフの年間の年間一次生産は、生育期間中の各時点における一次生産の総和である。ケナフの高い一次生産がどのようにして達成されているかを検討するためには、先ず、ケナフが生育期間のいつ、どれだけの一次生産が行うかを把握する必要がある。各時期の一次生産を詳しく検討するため、月毎の一次生産量を茎体積の増加量から検討した（図7）。*H. sabdariffa*種の各品種の茎体積は、*H. cannabinus*種の品種に比較して、6～9月の増加が小さく、さらに、10月には急速に低下している。一方、*H. cannabinus*種の各品種の茎体積は、6～9月に時間とともに加速度的に増加した。青皮1号、青皮2号、青皮3号、青皮5号では、10月には茎体積の増加が著しく低下したが、その他の品種では10月にも9月に匹敵する高い茎体積の増加が維持された。青皮1号、青皮2号、青皮3号、青皮5号に比べて、その他の8品種に高い年間一次生産が認められたのは、高い一次生産が枯死直前の10月まで維持されたことによると考えられる。

植物の一次生産は、生物の大きさ（生物量：B）と生物量当たりの一次生産速度（相対一次生産速度：r）の積で決定される。

$$dB/dt = B \cdot r \quad (1)$$

このため、生物量が大きければ大きい程、相対一次生産速度が速ければ速い程、生物量の増加速度（一次生産速度： dB/dt ）が大きくなる。*H. cannabinus*種の一次生産がBとrによりどのように支えられているかを検討するため、茎体積をBの指標としてrの時間変化を解析した。式（1）より、rに変化が認められないような短い期間では生物量Bは、測定開始時の生物量を B_0 、測定開始からの時間をtとして、

$$B = B_0 * e^{rt}$$

すなわち、

$$\ln(B/B_0) = rt \quad (2)$$

と表せる。Y軸に $\ln(B/B_0)$ 、X軸にtをとりグラフを描くと、(2)より、

$$r = \ln(B/B_0) / t = y/x$$

となることから、rは時間tにおける時間当たりの $\ln(B/B_0)$ の変化、すなわち、曲線(2)の傾きとして与えられる。このグラフを用いて相対一次生産速度rの時間変化を検討した(図8)。

実験に用いた*H. cannabinus*種12品種と*H. sabdariffa*種3品種は、相対一次生産速度(r)の変化により3型に分けることができる。青皮1号、青皮2号、青皮3号、青皮5号以外の*H. cannabinus*種の8品種(図8a)(Type1)と、*H. cannabinus*種の青皮1号、青皮2号、青皮3号、青皮5号の4品種(図7b)(Type2)、さらに、*H. sabdariffa*種(図8c)(Type3)である。各型ごとに $\ln(B/B_0)$ の平均を求め比較するとその違いは明瞭である(図8d)。*H. cannabinus*種のType1とType2は、播種後78日、8月になるまではほぼ完全に一致しており、 $\ln(B/B_0)$ は直線的に増加した。これは*H. cannabinus*種のすべての品種の茎体積が一定のrで加速度的に増加していることを示す。これに対して、*H. sabdariffa*種Type3は、播種後50~64日の $\ln(B/B_0)$ の上昇が遅く、その後、急速に上昇し、播種後78日にType2に追い付いた。*H. sabdariffa*種は*H. cannabinus*種に比べて播種後50~64日のrが小さく、その後大きかった(図8e)。播種後78日のType1~3の茎体

積は播種後50日の茎体積の約150倍に達している。その後、いずれの型も曲線の傾きが緩やかになりrが低下した(図8d, e)。生殖生長に移行したType2のrは最も急に低下し、播種後155日以降となった。播種後85日から92日の期間 *H. sabdariffa*種のType3はType2に比べてやや高いrを維持するが、その後、Type3のrはType2とほぼ同じ様に低下した。Type1の各品種のrにも時間とともに低下は認められるが、Type2、Type3のrと比較して低下は緩やかであり、枯死する直前まで0にならなかった。

Type2とType3はほぼ同じようなrの変化を示すが、一次生産には大きな違いが認められた。これは播種後50日における、生物量 B_0 に大きな違いがあったためと考えられる。*H. sabdariffa*種Type3の茎体積は平均 0.6cm^3 とであったのに対し、*H. cannabinus*種Type2の茎体積が播種後50日時点で平均 1.3cm^3 で2.2倍であった。これは、播種後50~64日のrが大きかった*H. cannabinus*種Type2では、播種後50日以前にも*H. sabdariffa*種Type3と比較してrが大きかったためと推定される。 B_0 の違いのため、播種後78日までの28日間で茎体積が同じように播種後50日の150倍に達したにもかかわらず、*H. cannabinus*種Type2の体積の増加量は平均 195cm^3 で、*H. sabdariffa*種Type3の平均 87cm^3 の224%に達した。Type2とType3の茎体積増加量の大きな違いは、Type2の播種後64日までの高いrと、それに伴い播種後50日の生物量 B_0 が大きかったことが原因であると考えられる。

また、Type1とType2は、 B_0 と播種後78日までのrには違いが認められないにも関わらず、一次生産には大きな違いが認められた。特に、Type1の品種では10月に平均で全茎体積増加量の35%もの増加を示したにもかかわらず、Type2の各品種は平均で4.6%の増加しか示さなかったことは、両Typeの茎体積増加量に大きな差を引き起こした。播種後78日以降にはType1のrにも低下が認められ、10月のrが6月のrの6.1%まで低下している。それにも関わらず、10月に茎体積が大きく増加したのは、この時期、播種後162日の時点で茎体積が播種後50日の平均3700倍に達しており、低下したrでも生物量Bとの積である一次生産は大きく、茎体積の大きな増加を引き起こしたためであると考えられる。生物量が極めて大きいこの時期にわずかでもrを維持することは、年間一次生産を大きくする主要因の一つとなっていた。

本研究の結果は、ケナフ (*H. cannabinus*) のうち、晩秋まで種子生産を殆ど行わない、いわゆる晩成の品種が、熱帯雨林の一年の生産量に匹敵する乾重量の植物体をわずか

160日の内に作り出すことを明らかにした。様々なケナフ品種の中でも、これらの品種を選択栽培することが日本の気候条件下で高いパルプ生産を達成するために重要であることが本研究により明らかである。また、この高い一次生産には、5～7月の相対一次生産速度が高いばかりでなく、相対一次生産速度が低下する10月にも一次生産速度を維持し、この時期の巨大な植物体で一次生産を行うことが重要であった。(1) 5～7月の相対高い一次生産速度と(2) 8～10月の一次生産速度の維持機構 を検討することが、*H. cannabinus*種の高い年間一次生産を解明し、さらに効率的なパルプ生産を行うために最も重要な問題であることが本研究により示された。

表1. 実験に用いたケナフ品種と種名、原産地

品種名	種名	原産国
Khon Kean 50	<i>Hibiscus sabdariffa</i> L.	Thailand
Kaew Yai	<i>Hibiscus sabdariffa</i> L.	Thailand
Non Soon 2	<i>Hibiscus sabdariffa</i> L.	Thailand
青皮1号	<i>Hibiscus cannabinus</i> L.	China
青皮2号	<i>Hibiscus cannabinus</i> L.	China
青皮3号	<i>Hibiscus cannabinus</i> L.	China
青皮5号	<i>Hibiscus cannabinus</i> L.	China
青皮4号	<i>Hibiscus cannabinus</i> L.	China
Khon Kean 60	<i>Hibiscus cannabinus</i> L.	Thailand
Cuba	<i>Hibiscus cannabinus</i> L.	Cuba
Evergrades 41	<i>Hibiscus cannabinus</i> L.	U.S. A.
飼料用	<i>Hibiscus cannabinus</i> L.	U.S. A.
India	<i>Hibiscus cannabinus</i> L.	India
Tainung 2	<i>Hibiscus cannabinus</i> L.	Taiwan
Whitten	<i>Hibiscus cannabinus</i> L.	U.S. A.

表2. 各品種の最大草高と播種後185日の乾燥重量

品種名	草高 (cm)	最終全茎乾重量 (g)
Khon Kean 50	294	449
Kaew Yai	260	319
Non Soon 2	233	537
青皮1号	350	516
青皮2号	361	674
青皮3号	319	417
青皮5号	393	794
青皮4号	390	1068
Khon Kean 60	389	984
Cuba	406	971
Evergrades 41	348	1054
飼料用	332	851
India	355	1073
Tainung 2	411	1020
Whitten	392	979

文献

1. Tolbert N. E. and Preiss J. (1994) Regulation of Atmospheric CO₂ and O₂ by photosynthetic Carbon Metabolism, Oxford University Press, New York.
2. Schimel D., Alves D., Enting I., Heimann M., Joos F., Raynaud S. and Wigley T. (2000) CO₂ and the Carbon Cycle (Extract from the 1995 Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) "Second Assessment Report," Climate Change 1995: The Science of Climate Change in The Carbon Cycle, Cambridge university press, Cambridge. Ed. Wigley T. M. L. and Schimel D. S., pp.37-49.
3. Sellers T. Jr. and Reichert, N. A. (1999) Kenaf properties, Processing and Products, Mississippi State University, Mississippi. pp.9-10.
4. Roberts, M. J., Long S. P., Tieszen L. L. and Beadle C. L. (1993) Measurement of plant biomass and net primary production of herbaceous vegetation. in Photosynthesis and production in a changing environment - A field and laboratory manual- Ed. by Hall D. O., Scurlock J.M.O., Bolhar-Nordenkampe H. R., LeeGood R. C. and Long S. P. Chapman & Hall London pp.1-21.
5. Y. Gotoh. (1995) 作物の生長：調査とその解析法 in A Manual of Experiments for Plant biology. Ed. Hinata. K. and Hashiba T. Soft Science Publikations, Tokyo. pp.58-73.
6. 岩城英夫(1973) 陸上植物群落の物質生産II 草原. 共立出版.
7. Whittaker R. H. (1975) Communities and ecosystems second edition. The Macmillan Company, New York.
8. 木村充、戸塚績 (1977) 植物の生産過程. 共立出版.