

京都におけるケナフの畑地と水田栽培の生育の比較およびその害虫

鈴木 志保¹⁾・吉安 裕¹⁾・森 重之²⁾・土屋 英男³⁾

Comparison of the growth of *Hibiscus cannabinus* in an upland field and paddy field and the insect pests on plants in Kyoto

SHIHO SUZUKI¹⁾, YUTAKA YOSHIYASU¹⁾, SHIGEYUKI MORI²⁾ and HIDEO TSUCHIYA³⁾

要旨：京都市下鴨の京都府立大学附属下鴨農場の畑地と水田で1999年6月～12月にケナフを栽培し、その生育を比較した。また、ケナフの昆虫を調査し、隣接栽培したオクラのそれと比較した。他地域でケナフの重要害虫の1種として知られるワタノメイガの寄主選好性を調べた。さらに、タイにおいてケナフ栽培とその害虫の実状調査をおこなった。(1)ケナフは畑地に比べて、水田では生育が劣り、莖長と莖径は畑地(376.5cmと4.36cm)のそれぞれ約74%と47%にすぎなかった。主莖の乾物重も水田でのほうがかなり低かった。(2)両栽培条件におけるケナフのセルロース含量は、畑地では、皮部50.6%、芯部37.8%、水田ではそれぞれ39.6%、25.9%であった。(3)ケナフを摂食していた昆虫は6種が記録され、常にみられたのはワタアブラムシだけであった。ワタノメイガはケナフを摂食しなかったが、隣接したオクラには秋期に寄生していた。(4)ワタノメイガはケナフ飼育では、オクラ飼育に比べ、ふ化から羽化までの生存率が有意に低く、発育所要日数も長くなった。また、雌成虫はケナフよりもオクラに選好産卵する傾向があった。(5)タイでは、ケナフ栽培面積は1970年代の54万haから約5万haに減少していた。これは、ケナフが紙パルプ原料としてあまり使用されなくなったことにも起因する。タイのKhon Kaen Field Crops Research Centerに栽植されていたケナフには、ワタアブラムシの他甲虫の1種(未同定)しか確認できなかった。(6)水田では畑地に比べケナフの生育が遅れたが、落水後の生育は畑地とほぼ同様の様相を示した。このことから、水田で栽培する際は水管理を適切におこなうことによって生育の向上が期待できる。また、両栽培条件ともケナフを摂食する昆虫は少なく、生育に影響を及ぼした昆虫はいなかった。したがって、ケナフは調整水田における転作作物の一候補になりうると考えた。(2000年9月25日受理)

キーワード：ケナフ、生育、水田、ワタアブラムシ、ワタノメイガ、寄主適性

緒 言

近年、増加する炭酸ガスによる地球温暖化が問題にな

っているが、この炭酸ガス吸収源としての森林の減少が憂慮されている。特にわが国は使用する木材の60%以上を輸入に頼っており、そのうち約40%が製紙用パルプと

¹⁾ 京都府立大学農学部応用昆虫学研究室

Laboratory of Applied Entomology, Faculty of Agriculture, Kyoto Prefectural University, Shimogamo, Kyoto 606-8522, Japan

²⁾ 京都府立大学農学部作物学・育種学研究室

Laboratory of Crop Science and Breeding Science, Faculty of Agriculture, Kyoto Prefectural University

³⁾ 京都教育大学教育学部産業技術科学科

Department of Technology Education, Faculty of Education, Kyoto University of Education, Fukakusa, Kyoto 612-8522, Japan

して消費されている（稲垣，1996）。このような状況で、木材に代わるパルプの利用が注目されている。なかでも、ケナフ（Kenaf）*Hibiscus cannabinus* L. は非木材パルプ原料としてもっとも有望視されている。本種はアオイ科の繊維作物であり、おもに熱帯・亜熱帯地域に自生する草本である。ケナフは皮部と芯部に分けられるが、皮部はロープや麻袋として、芯部はボード等として利用されるほか、それぞれをパルプ化繊維にして紙の原料として利用されている（稲垣，1996）。日本ではこれまでに、ケナフの生育、収量、開花期に及ぼす日長や施肥の影響、水耕法におけるpHの要因などについて調査されてきた（植田ら，1939；田畑・手塚，1943；松林，1950；松林・平尾，1950；釜野・荒井，1998など）。しかし、ケナフを加害する昆虫については、鹿児島でおこなわれた調査（平松ら，2000）以外には報告がなかった。今後、製紙原料としてだけでなく、環境教育の一環としての栽培も含めて、ケナフ栽培面積が増加することも考えられ、日本においてケナフを摂食する昆虫類を明らかにし、収量に影響を及ぼす害虫がいるかどうかを確かめる必要がある。

一方、1999年に農林水産省が新しく策定した食料・農業・農村基本法では、食料の安定供給、国土の多面的利用のほか、農業の持続的発展や農村の振興を基本理念にいくつかの施策を挙げている。京都府農林水産部でもこれらの施策に関連して、水田農業振興事業を展開している。その一つとして、現在水田面積全体の約15%を占める調整水田の有効活用も、国費助成によって推進している。水稻に代わる転作作物として、大豆、麦類、飼料作物があげられているが、他の作物の栽培によって調整水田の高度利用をはかることもできる。ケナフもその一候補として考えられ、もし湛水条件で栽培できれば保水機能の維持も期待できる。

そこで本研究では、畑地と湛水状態の水田でケナフを栽培し、その生育を定期的に計測したほか、2栽培条件下のケナフを栽培後に刈り取って、乾物重およびセルロース含量を比較した。また、栽培期間中にケナフを摂食する昆虫を定期的に調査し、同属のオクラの昆虫と比較したほか、鹿児島やタイで重要害虫の1種とされているワタノメイガ *Haritalodes derogata* (Fabricius) の寄主選好性を調べた。さらに、ケナフの栽培とそれを使った製紙がおこなわれているタイ（小林，1991，1999；岡，1992）で、その栽培の実状と問題点を調査し、日本における栽培と製紙事業化について考察した。

材料と方法

1. 畑地と水田におけるケナフの生育の比較

1) 茎長と茎径

1999年6月3日に京都府立大学附属下鴨農場内ガラス温室でケナフ種子（‘青皮3号’：中国安徽省産）をバー

ミキュライトを入れた播種箱（40×70×10cm）に散播して発芽させた。6月10日（発芽後3日目）にビニールポット（直径8cm，高さ9cm）に1個体ずつ移植してさらに育苗した。茎長が約15cmになった幼苗を、6月27日に同農場の畑地に、6月28日に水田にそれぞれ定植した。畑地では、ケナフ100個体を株間20cmで一列に定植した。水田では555個体を条間と株間をそれぞれ30cmと20cmにして定植した（Fig. 1）。畑地と水田各ケナフ30株を定期調査株とし、6月28日（定植）から12月16日（刈り取り）まで1週間ごとに地際から茎頂までの茎長と、地上5cm部における茎の直径（茎径）を計測し2場所間の比較をした（Mann-WhitneyのU検定）。また、生育の指標として、2場所のケナフ総葉数を8月26日に計数した。さらに、刈り取り後の畑地と水田の各6個体の蒴果数と側枝数を計数した。

なお、畑地では栽培期間中、適宜灌水をし、水田では湛水下で定植し、その後5日間は水深7、8cmに保った。それ以降は8月27日の落水時まで、約3～5cmの水深を保った。また、両栽培とも適宜手取り除草をおこなった。

2) 乾物重

12月17日に刈り取った定期調査株のうち、畑地と水田の各6個体を側枝と蒴果を取り除いて主茎のみにした。茎長を4等分する3本の線を茎頂から上、中、下とし、ここから上下10cm部分で切り取った長さ20cmの試料を、さらに皮部と芯部に分けた（Fig. 4）。通風乾燥機を用いて90℃で2時間、70℃で36時間乾燥させて乾物重を秤量した。この乾物重については場所（畑地、水田）、部位（皮部、芯部）、位置（上、中、下）の三要因について評価するため三元配置の分散分析をおこなった。

3) セルロース含量

畑地および水田における個体のセルロース量を評価するため、畑地、水田から乾物重がもっとも平均の値に近かった各1個体を選び、主茎の中央部分（中の試料）の皮部および芯部のセルロース含量をChlorite法を用いて定量した。試料約1gを酢酸、亜塩素酸ナトリウムによって脱リグニンしたのち、10%NaOH不溶部を回収し、これに含まれるセルロース含量を秤量した。

2. ケナフを摂食する昆虫

1) ケナフとオクラを摂食する昆虫

アオイ科のオクラ *Hibiscus esculentus* (高山種苗木株式会社 ‘グリーンファイブ’) を前述のケナフと同じ条件で播種し、6月27日にケナフを定植した隣の畝に50株を株間40cmで一列に定植した。6月27日から12月17日まで畑地、水田のケナフ、およびオクラを1週間ごとに見とり調査をし、加害していた昆虫を採集し、同定した。幼虫の場合は飼育して羽化後に同定した。

また、上記とは別の畑地で6月27日にオクラ（株間40cm）とケナフ（株間20cm）を各40株ずつ同一畝に定植し、10月1日から12月2日まで1週間に1回、被害葉数

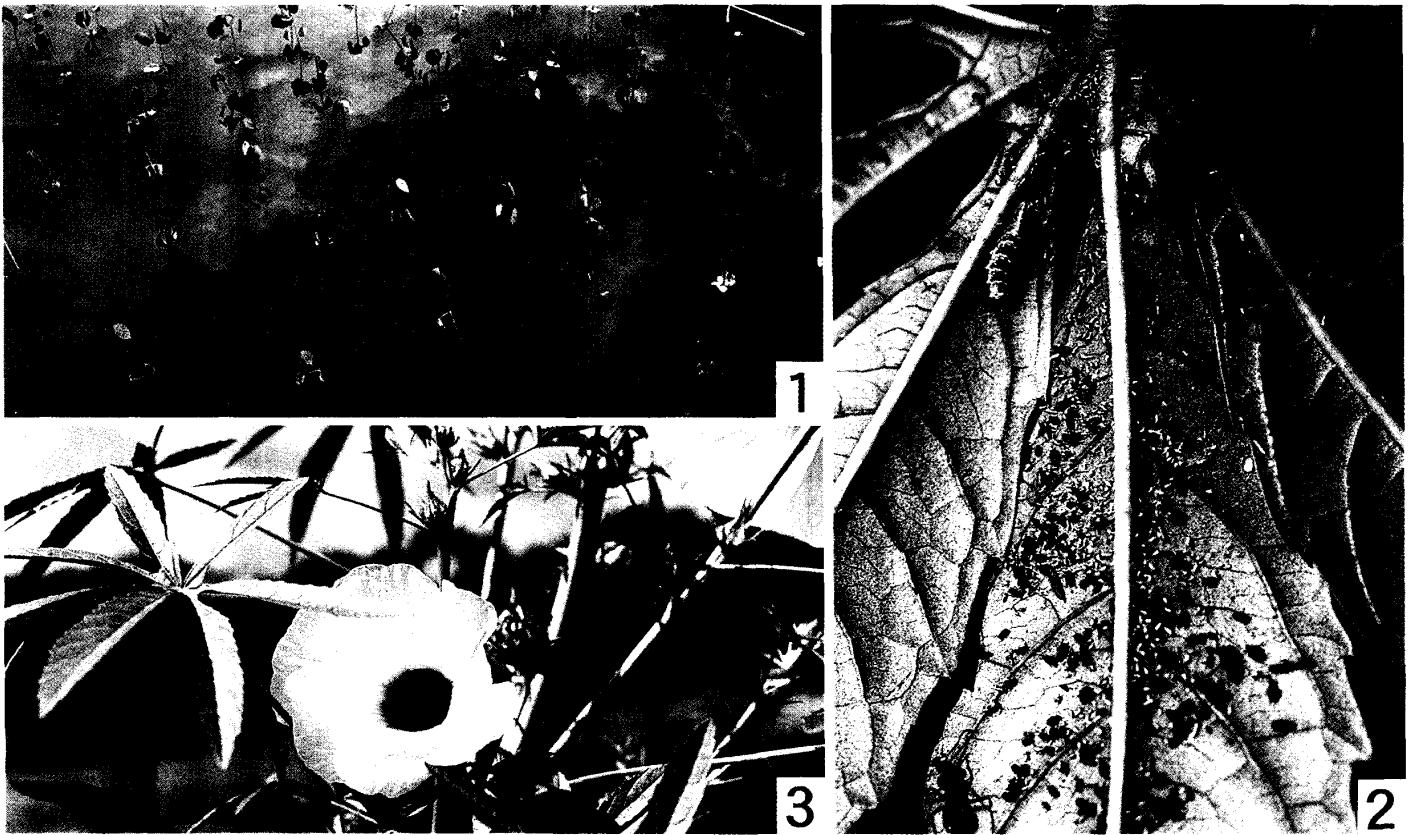


Fig. 1. *Hibiscus cannabinus* after transplanting in the paddy field (July 1); 2. Colonies of *Aphis gossypii* underside of a kenaf leaf, with a viviparous female of *A. nerii* (yellow one) (September); 3. *H. cannabinus* in September, with a flower.

を計数し、ワタノメイガによる被害率 = (被害葉数 / 全葉数) × 100 を算出した。

2) ワタアブラムシの季節的発消長

オクラ、ケナフ各50株を5株ずつ10区に分け、各区1株を定期調査株とし、ワタアブラムシの発生量を6月27日から12月17日まで1週間に1回調査した。発生量は以下の発生量指数を用いて表した。

発生量指数 (Abundance index of aphids) :

$$\sum (A_i \times B_i) / N$$

A_i : 最多寄生葉上の個体数 (An index based on No. of aphids collected from a most abundant leaf)

0 : $n = 0$, 1 : $n = 1 \sim 10$, 2 : $n = 11 \sim 100$,
3 : $n = 101 \sim 500$, 4 : $n \geq 501$

B_i : 被寄生葉率 { (被寄生葉数 / 全葉数) × 100 }
(An index based on % leaves infested = (No. of infested leaves / Total No. of leaves) × 100)

0 : 0%, 1 : 1 ~ 30%, 2 : 31 ~ 70%, 3 : 71 ~ 100%

N : 調査株数 (No. of hills examined)

3) ワタノメイガの寄主植物適性

①ケナフとオクラに対する産卵選好性

1999年9月に下鴨農場のタチアオイ (アオイ科) から採集したワタノメイガの蛹を羽化後ペアにし、餌として10%蜂蜜水を含ませた脱脂綿を入れた産卵箱 (プラスチック製, 20×20×30cm) 内で産卵させた。産卵基質と

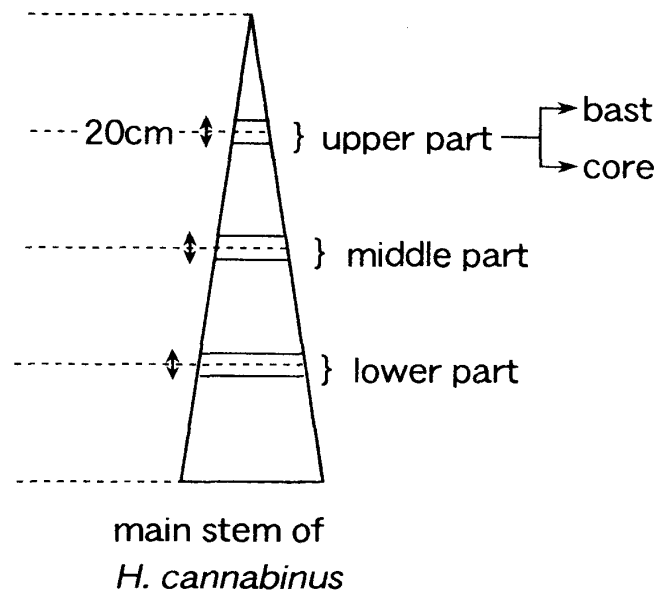


Fig. 4. Method of making samples for dry weight calculation.

して、1枚ずつ三角フラスコ(50 ml)に水差したケナフ(‘青皮3号’)とオクラ(‘グリーンファイブ’)の葉(表面積約50cm²)各2枚を、葉が重ならないように産卵箱内に置いた。それぞれの葉を雌成虫が死亡するまで毎日入れ替えて、葉上の卵を計数した。雄成虫が死んだ場合は新しい雄を入れた。合計3ペアを供試した。産卵箱は25℃、15時間明期9時間暗期(15L-9D)条件下に設置した。

②ケナフとオクラに対する寄主適性

ふ化後1日以内の幼虫をケナフまたはオクラの新鮮な葉を入れたアイスクリームカップ(直径7 cm, 高さ4 cm)に移し個別飼育した。寄主植物は蛹化するまで毎日取り替え、死亡個体を確認した。この結果から、ふ化から羽化までの平均発育所要日数と生存率を算出した。また、発育の指標として蛹化3~4日目の雌雄の蛹重を計測した。実験は25℃、15L-9D条件下でおこなった。なお、生存率についてはFisherの正確確率検定で、発育所要日数、蛹重についてはMann-WhitneyのU検定で2寄主の適性を比較した。

3. タイにおけるケナフ栽培とケナフの害虫の実状調査

著者の1人、鈴木は1999年6月10日~12日、タイにおけるケナフ栽培の中心であるタイ東北部コンケン市にあるKhon Kaen Field Crops Research Center (KKFCRC)を訪れ、ケナフ栽培の実状と問題になる病害虫の調査をおこなった。この研究センターはタイ農務省に属し、東北タイにおけるケナフを含む畑作物の研究や農業指導の中心的役割をになっている。

結 果

1. ケナフの畑地と水田における生育

1) 茎長と茎径

播種から刈り取りまでのケナフの茎長と茎径をFig. 5

Table 1. Comparison of the growth of *H. cannabinus* cultivated in an upland field with that in a paddy field(mean±SD) in 1999.

	Aug 26		Dec 17		
	No. of leaves (n=30)	Stem length(cm) (n=30)	Stem diameter(cm) (n=30)	No. of branches (n=6)	No. of caspules (n=6)
Upland field	176.1±19.1	376.5±22.5	4.36±0.4	21.4±7.2	230.3±27.6
Paddy field	7.6±1.8	278.2±17.8	2.04±0.2	0.7±1.6	33.5±13.6

Table 2. Dry weight of main stem of *H. cannabinus* (g, mean±SD)

Plant part	Upland field		Paddy field		n
	Bast	Core	Bast	Core	
Upper part*	2.6±1.1	6.1±2.2	0.9±0.6	1.4±0.5	6
Middle part*	4.4±0.6	12.8±3.0	0.9±0.6	3.0±1.2	6
Lower part*	6.8±1.4	18.7±3.9	1.6±0.2	4.2±1.2	6
Total	13.8±2.4	37.6±8.5	3.4±0.8	8.6±2.6	

* See Fig. 4.

に示した。畑地に定植した個体は、7月中旬に茎長と茎径の値が急に大きくなり、茎径は10月中旬、茎長は11月に入るまで生長を続けた。水田では畑地に比べて生長は遅く、茎長と茎径は定植後2週間目以降水田より畑地の値が有意に大きかった。しかし、8月26日以降水田でのケナフの生育は畑地とほぼ同様な様相を示した。

畑地および水田におけるケナフの12月17日の刈り取り時の生育結果をTable 1に示した。畑地の平均茎長(376.5cm)は、水田に比べ約1 m高く、平均茎径(4.36cm)は水田の2倍以上であった。また、刈り取り時における蒴果は畑地に比べ、水田のほうがかなり少なく、側枝数も畑地では21.4本であったのに、水田では1本未満であった。このように水田では茎長、茎径とも畑地より値が低く、また蒴果数と側枝数は極端に少なかった。

2) 乾物重

ケナフの皮部と芯部の場所別の乾物重をTable 2に示した。主効果の場所、部位で有意差があり、水田より畑地が、皮部より芯部が有意に重かった。なお、場所-部位、部位-位置、位置-場所間の交互作用はなかった。

3) セルロース含量

畑地と水田で刈り取った材料にもとづき、Table 3にセルロース含量を示した。畑地では皮部(50.6%)、芯部(37.8%)ともに、水田のものよりもセルロース含量が高かった。

Table 3. Percentage of cellulose contained in each portion of *H. cannabinus*.

Portion	Upland field	Paddy field
Bast	50.6	39.6
Core	37.8	25.9

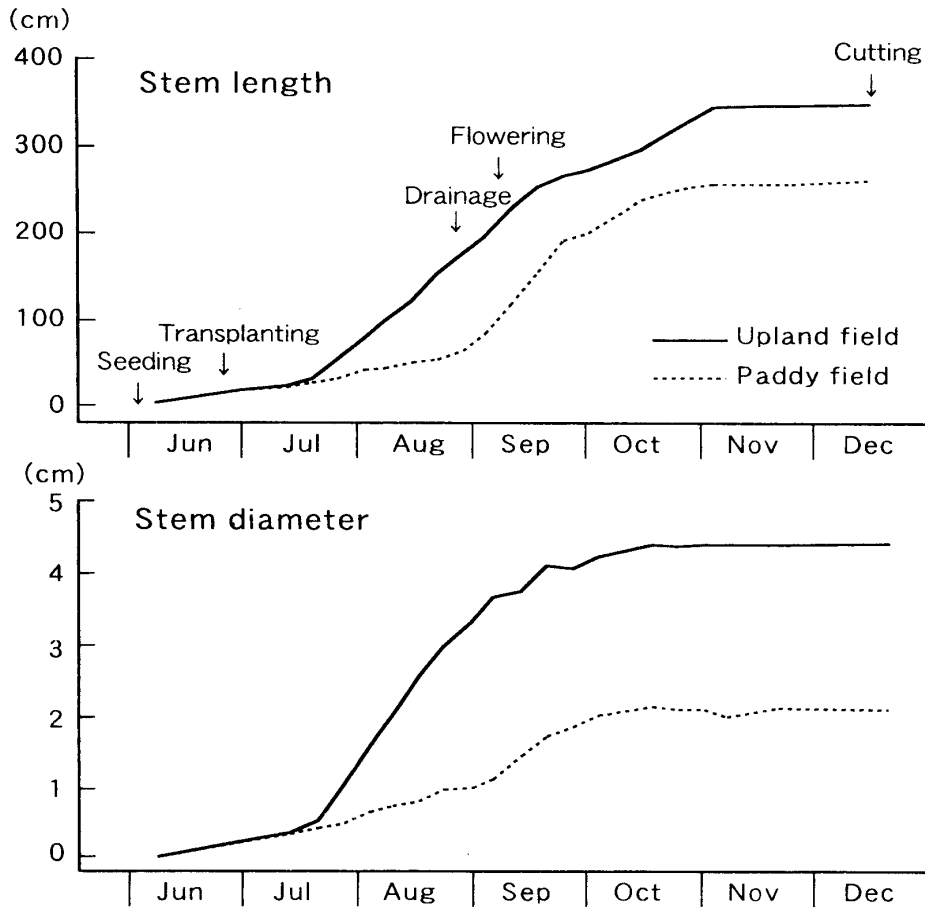


Fig. 5. Stem length and diameter of *Hibiscus cannabinus* cultivated in an upland field and paddy field (n=30) in Kyoto in 1999.

Table 4. A list of insects on *H. cannabinus* and *H. esculentus* at Kyoto in 1999.

Oder	Family	Species	Feeding portion	Occurrence period	<i>H. cannabinus</i>	<i>H. esculentus</i>
Coleoptera	Scarabeidae	<i>Popillia japonica</i>	leaf	Sep	△*	—
Hemiptera	Aphididae	<i>Aphis gossypii</i>	leaf	Jun-Dec	◎	◎
		<i>Aphis nerii</i>	leaf	Oct	○	—
Lepidoptera	Cicadidae	<i>Cryptotympana facialis</i>	Stem	Aug	○	—
	Lymantriidae	<i>Sphrageidus similis</i>	leaf	Sep-Oct	—	○
	Noctuidae	<i>Viminia rumicis</i>	leaf	Sep	△	—
		<i>Xanthodes transversa</i>	leaf	Sep-Dec	—	○
	Crambidae	<i>Haritalodes derogata</i>	leaf	Sep-Dec	—	◎
		<i>Ostrinia furnacalis</i>	Stem	Sep-Nov	○	◎

* The number of times that the insect pests were observed to feed on the plants in the survey made once a week. ◎: more than 5 times, ○: 2~4 times, △: once

2. ケナフを摂食する昆虫

ケナフを摂食する昆虫をオクラのそれと合わせて Table 4 に示した。ケナフではワタアブラムシ *Aphis gossypii* (Fig. 2) キョウチクトウアブラムシ *Aphis nerii*, クマゼミ *Cryptotympana facialis*, アワノメイガ *Ostrinia furnacalis*, ナシケンモン *Viminia rumicis*, マメコガネ *Popillia japonica* の 6 種の昆虫を

確認した。オクラではワタアブラムシ, アワノメイガ, ワタノメイガ, モンシロドクガ *Sphrageidus similis*, フタトガリコヤガ *Xanthodes transversa* の 5 種を確認した。両植物に共通の種はワタアブラムシとアワノメイガであった。特に, アワノメイガの被害は 8 月からみられ, 茎径約 1 cm の水田のケナフで侵入部位より上部が枯死する株がみられた。また, 茎径のさらに大きい畑地

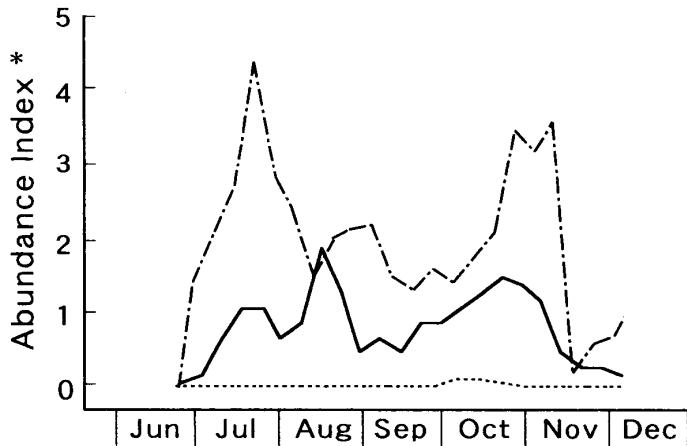


Fig. 6. Seasonal abundance of *Aphis gossypii* on *H. cannabinus* cultivated in a upland field (—) and paddy field (-----), and on *H. esculentus* (- - -) in Kyoto in 1999. * See text.

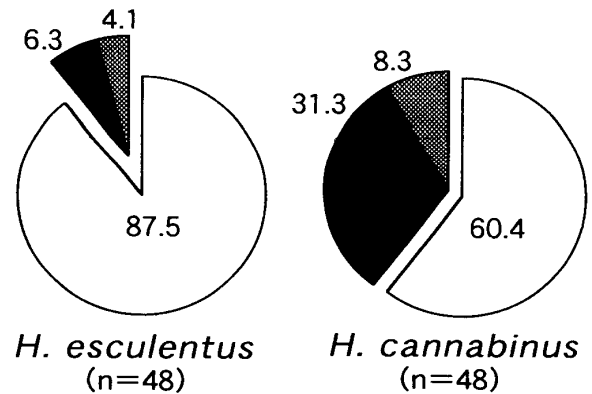


Fig. 7. Survival rate (%) from egg hatching to adult emergence of *Haritalodes derogata* on *H. cannabinus* and *H. esculentus*. □: survival, ■: death without feeding, ▨: death during 1st instar larva to emergence.

Table 5. Developmental period from egg hatching to adult emergence and pupal weight (mean±SD) of *Haritalodes derogata* reared on *H. cannabinus* and *H. esculentus*.

	<i>H. cannabinus</i>		<i>H. esculentus</i>	
	Male	Female	Male	Female
Developmental periods (days)	33.4±2.6 ^a (16)	32.5±2.6 ^a (13)	28.0±1.8 ^b (23)	28.4±2.0 ^b (19)
Pupal weight (mg)	82.1±10.8 ^A (16)	87.0±13.0 ^A (13)	89.3±11.8 ^A (24)	89.4±8.6 ^A (19)

* Different mark in the same row indicate significant difference by Mann-Whitney U test ($p < 0.05$)

のケナフでは側枝に被害がみられた。鹿児島でケナフの害虫として知られるワタノメイガ (平松ら, 2000) は京都ではケナフをまったく摂食していなかった。今回の調査ではケナフで通年みられたのはワタアブラムシのみであった。

ワタノメイガはオクラで9月中旬から発生がみられ、10月1日における被害率は50.9%に達し、その後被害率は徐々に低下したが、11月25日まで幼虫が常に寄生していた。しかし、この期間同じ畝に栽植したケナフには本種はまったく寄生しなかった。

3. ワタアブラムシの季節的発消長

ワタアブラムシの発消長をFig. 6に示した。調査期間中ワタアブラムシはケナフとオクラの両植物に連続して寄生していた。畑地のケナフでは7月下旬に発生量1.0前後のピークになり、一度減少したあと8月中旬に再びピークをむかえた(発生量1.8)。その後は1前後で推移し、10月下旬のピーク(発生量1.4)のち減少した。水田のケナフでは9月中旬から10月下旬の間、わずかに本種の寄生が確認された(発生量約0.1)が、調査期間中ほとんどみられなかった。

一方、オクラでは定植後3日目から有翅虫が飛来し始め、葉の裏側にコロニーを作って増殖し、7月下旬に最初のピーク(発生量指数4.4)になった。その後アブラムシ個体数は減少、ほぼ指数は2前後で安定したが、10月下旬に再び増加し、3.5となり11月中旬に減少するま

で3前後で推移した。その後個体数は激減したが、ほとんど落葉した12月下旬まで少数のアブラムシが観察された。

4. ワタノメイガの寄主植物適性

ワタノメイガの雌成虫は総産卵数396個 ($n=3$)のうち99.2%をオクラに産下した。供試個体は少なかったが、雌成虫は明らかにオクラを選好する傾向が示された。

ワタノメイガのふ化から羽化までの生存率をFig. 7に示した。生存率はオクラ飼育で有意に高く(Fisherの正確確率検定, $P < 0.05$)、ふ化後まったく摂食しないで死亡した幼虫がケナフで有意に高かった(同, $P < 0.05$)。また、羽化までの死亡個体のうち、摂食後に死亡した1齢幼虫もケナフで比較的多かった。

本種のふ化から羽化までの発育所要日数および蛹重をTable 5に示した。発育所要日数は雌雄ともにケナフ飼育個体で有意に長かった(オクラ♂: 28.0日, ♀: 28.4日, ケナフ♂: 33.4日, ♀: 32.5日)(Mann-WhitneyのU検定, $P < 0.05$)。一方蛹重は雌雄ともにオクラ飼育の方が重かったが、ケナフ飼育個体との間には有意差はなかった(オクラ♂: 89.3, ♀: 89.4mg, ケナフ♂: 82.1, ♀: 87.0mg)(同上検定, $P > 0.05$)。

5. タイにおけるケナフ栽培の実状とケナフの害虫

現在タイで栽培されているケナフは、キューバケナフ(Cuban kenaf) *H. cannabinus*とタイケナフ(ローゼル)(Thai kenaf) *H. sabdariffa* L. の2種あり、ケナフ栽培

面積の87%が後者であった。ケナフ繊維のうち、約50%は米袋に使用され、その他ロープやひも類に加工され、輸出される。ケナフの製紙原料としての利用は1950年以降急速に広まり、1982年にはPhoenix社によってケナフによる製紙化が始まったが、現在ケナフは木材パルプの約2倍の価格であり、また安定供給が困難なことから、この会社はパルプ原料の多くをユーカリに転換し、ケナフをほとんど使用していない。この結果、タイでのケナフ栽培面積は最盛期の1974年の540,000 haから、現在は約50,000 haになっていた。

今回の調査（6月）の結果、KKFCRCで栽植されていたケナフ圃場では、特に被害の大きい害虫は確認されず、ワタアブラムシと甲虫の1種（未同定）の発生がみられただけであった。ワタアブラムシもコロニーが小さく、問題となる密度ではなかった。

考 察

1. ケナフの畑地と水田における生育の比較

これまでケナフを水田で栽培した例はないと思われる。今回栽培した結果、水田ではケナフの茎長、茎径の値が畑地に比べて低く、その結果、乾物重も軽くなった。また、水田栽培では側枝数が極端に少なくなった。これは、水田において栽培初期の根の活着が十分でなかったためと思われ、実際に一部の個体は枯死した。しかし、落水後の8月下旬以降の水田におけるケナフの生育は畑地とほぼ同じ伸長傾向を示した。したがって、最終的な収量が水田において低かったのは最初の生育の遅れが原因と思われる。今後湛水条件で栽培するには、とくに生育初期の水管理を考慮する必要がある。

製紙材料の一つの目安となるセルロース含量について、ケナフでは53.3%と報告されている（小林, 1991）。これは、トウヒ：60.0%、カエデ：60.2%（小林, 1991）、コウゾ：56.0%、ミツマタ：58.5%（門屋ら, 1982）と比べて特に低くはない。しかし、今回の結果では、これらの値よりもややセルロース含量は低かった。また、畑地栽培個体のほうが、水田栽培個体よりもセルロース含量が高い傾向がみられた。両栽培条件において、芯部より皮部の方がセルロース含量は多いことが確かめられたが、芯部でも比較的この含量は高かった。

2. ケナフを摂食する昆虫

平松ら（2000）によると、鹿児島ではケナフの害虫として39種（ハダニとセンチュウの2種を含む）が記録され、そのうち半翅目のワタアブラムシ、甲虫目のアオドウガネ *Anomala albopilosa*、鱗翅目のワタノメイガの3種が問題となっている。しかし、今回の京都における調査では、ケナフ加害昆虫として6種しか確認できず（Table 4）、しかも常に寄生が観察されたのはワタアブラムシだけであった。しかし、本種も隣接したオクラ上の発生に比べて密度は低く（Fig. 6）、ケナフの発育に

は大きな影響を及ぼしていないと判断した。特に、水田ではこの昆虫の密度は常に低く、発生量指数は栽培期間を通し高くても、約0.1であった（Fig. 6）。また、鹿児島で問題となっていたアオドウガネとワタノメイガは京都では確認できなかった。このように京都においてケナフ加害昆虫が少なかったのは、今回栽培した品種が昆虫の加害に対する抵抗性をもっていた可能性が高い。

一方、タイではケナフ害虫として半翅目6種、鱗翅目6種、甲虫目8種を含む合計23種が記録されている（Wongsiri, 1991）。そのうちハムシ科の *Podagrica apicefulva*（小林, 1991；Martwanna, 私信）とヒメヨコバイ科フタテンミドリヒメヨコバイが重要害虫で、特に後者は葉の黄化や縮葉、さらに成長の阻害をおこし、場合によっては収量に影響が出るという（Martwanna, 1997および私信）。しかし、今回の調査では上記2種は確認できなかった。また、ワタアブラムシも密度は高くなかったのに加え、その他の未同定の甲虫の1種も少なかった。

これらのことから、ケナフを摂食する昆虫は、栽植品種の昆虫抵抗性の有無や栽培時期によって加害昆虫種やその被害も大きく異なることが考えられる。

3. ワタノメイガの寄主としてのケナフの適性

鹿児島やタイで主要害虫の1種となっているワタノメイガは京都ではケナフに寄生しなかった。ワタノメイガをケナフで飼育すると、オクラ飼育に比べ、ふ化から羽化までの生存率は低く（Fig. 7）、幼虫の発育日数も長くなり（Table 5）、ケナフの寄主としての適性は低いことが示されたが、2齢幼虫にまでなれば、ケナフでも発育することも確かめられた。一方、植松（1986）によるワタノメイガのアオイ科スイフヨウ飼育では♂：27.8日、♀：27.9日（25℃, 14L-10D）であった。ほぼ同じ飼育条件である本実験のケナフ飼育では約32~33日、オクラ飼育では約28日であった。これらの結果から、日本産ワタノメイガのケナフ飼育ではオクラやスイフヨウ飼育に比べて発育所要日数が長くなり、ケナフのほうが寄主としての適性が低い傾向がみられた。一方、産卵選好実験の結果から、ワタノメイガはケナフにはほとんど産卵しないことが示された。したがって、京都でワタノメイガがケナフに寄生しなかったのは、成虫がケナフを忌避したうえ、産卵してもふ化幼虫の生存率が低かった結果と思われる。

ケナフ葉は自然状態でも着葉位置により、また日長によっても異なり、刻数の変異が大きいことは知られている（田端・手塚, 1943）。今回鹿児島で飼育に用いられたケナフ品種は葉がハート状（平松ら, 2000, figs. 4-6）で、一方、本実験で供試したケナフ品種‘青皮3号’では掌状であった（Fig. 3）。鹿児島のケナフ品種の起源は不明であるが、京都と鹿児島における野外におけるワタノメイガの寄生率の違いは供試植物の品種または系統による可能性もある。今後、平松らが供試したケナフ品

種を含め、各品種・系統を供試してケナフの寄主としての適性を確かめ、抵抗性品種の検討もする必要がある。

4. 日本におけるケナフ栽培と今後の問題点

今回の実験では、定植後から約2か月間湛水状態にした水田におけるケナフの生育結果は畑地に比べて劣っていた。これは定植後の根の活着が悪かったためであり、その後の水管理を考慮することによっては生育が改善される可能性もある。また、ケナフ栽培において、播種と収穫以外はほとんど労力を必要とせず、本州では特に問題となる昆虫もいなかった。このことから、ケナフは水田にも適した転作作物の一つといえよう。

日本でケナフを製紙原料にするには、価格が低い中国産ケナフを輸入するほうが有利である(稲垣, 1996)。したがって、日本でケナフを原料として栽培することは経営的に成り立たないとされていた。しかし、1999年に策定された農林水産省の食料・農業・農村基本法にもとづく水田農業振興事業によれば、土地利用型作物の作付拡大として大豆、麦類、飼料作物など水稲に代わる経営に対して、確立助成金の補助がおこなわれるようになった。したがって、ケナフも水田の転作作物の一候補になりうる。一方、ケナフを休耕田を利用して栽培すれば、保水機能を維持し、またそれを製紙原料として利用すれば、わが国の木材パルプの輸入量を減らすことにもつながる。そのためには、今後ケナフの水田における栽培法の確立とケナフパルプが十分利用できるような製紙事業化の技術的革新が必要であろう。

謝 辞

本研究をおこなうにあたって、ケナフ種子を送付いただいた「非木材紙普及協会」の各位、セルロース含量の定量を指導いただいた京都府立大学農学部生物高分子学講座の北村進一先生、タイのケナフ栽培の現況を教示いただいたタイ農務省「Khon Kaen Field Crops Research Center」の職員の方々、鹿児島大学学術報告に投稿中の原稿を送付いただき、かつ本原稿に目を通していただいた鹿児島大学農学部の櫛下町鉦敏先生と坂巻祥孝先生および栽培・調査に協力いただいた京都府立大学農学部応用昆虫学講座の高田 肇先生、阿部芳久先生

および研究室の諸氏に厚くお礼申し上げます。

引用文献

- 平松亜也・坂巻祥孝・櫛下町鉦敏. 2000. 鹿児島におけるケナフの害虫相とその主要種の発消長. 鹿児島大学農学部学術報告 51号 (印刷中).
- 稲垣 寛(1996)紙パルプを主にしたケナフの特性と展開. 繊維学会 52(5):189-199.
- 門屋 卓・角祐一郎・吉野 勇. 1982. 紙の科学. 中外産業調査会, 東京. 404 pp.
- 釜野徳明・荒井 進. 1998. ケナフと地球環境—その秘められた魅力. ユニ出版, 東京. 200pp.
- 小林良生. 1991. 環境保全に役立つ紙資源. ユニ出版, 東京. 223 pp.
- 小林良生. 1999. タイは再びケナフパルプの供給国となり得るか. 紙パルプ技術タイムズ 42(6): 33-38.
- Martwanna, C. 1997. Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.), Kenaf (*H. cannabinus* L.) and Jute (*Corchorus olitorius* L.). A Guide Book for Field Crops : 115-121.
- 松林 実. 1950. 二三の肥料及びその施用法がケナフ繊維の生産に及ぼす影響. 日本作物学会紀事 21:328-330.
- 松林 実・平尾銀蔵. 1950. ケナフの生育特に繊維組織の発育について. 日本作物学会紀事 21: 331-333.
- 岡 啓. 1992. タイのケナフ栽培. 農業技術 47: 202-206.
- 田畑清光・手塚利正. 1943. 日照時間の長短が二・三繊維作物の生育, 開花等に及ぼす影響に就て. 日本作物学会紀事 15: 233-238.
- 植田宰輔・菊池和雄・何 祐昌. 1939. 培養液の水素イオン濃度がケナフの生育に及ぼす影響に就いて. 日本作物学会紀事 11: 101-111.
- 植松秀男. 1986. 西南暖地におけるワタノメイガの生活環. 九病虫研会報 32: 150-154.
- Wongsiri, N. 1991. List of insects, mite and other zoological pests of economic plants in Thailand. Entomology and Zoology Division, Department of Agriculture, Bangkok, Thailand. 168 pp.

Summary

The growth of *Hibiscus cannabinus* (Kenaf, 'Chinpi No. 3') in an upland field was compared with that of a paddy field at the Shimogamo Experimental Farm of Kyoto Prefectural University, Kyoto City, in June to December, 1999. The insect pests of the plant were also compared with those of *Hibiscus esculentus* (Okra) cultivated on the same farm and season. The senior author investigated Kenaf cultivation and the insects at Khon Kaen, Thailand in June, 1999.

The growth of Kenaf was greater in the upland field than in the paddy field. The mean height of Kenaf in the upland field was 376.5 cm, while that in the paddy field was 278.2 cm after cutting

on December 17. The total cellulose contents in the bast part of Kenaf from the upland field and the paddy field were estimated to be 50.6 % and 39.6 %, respectively.

Only 6 insect pests were found in the Kenaf field in Kyoto. Among them an aphid, *Aphis gossypii*, was dominant and infested Kenaf throughout the cultivation season and other species were temporary visitors on the plant. The damage to Kenaf was not severe even by the aphid. The cotton leaf roller, *Haritalodes derogata*, did not attack Kenaf in Kyoto, which is one of the major pests on Kenaf in Kagoshima, Japan and in Thailand. In the laboratory experiments, the survival rate and developmental period of *H. derogata* from egg hatching to the adult emergence on Kenaf was significantly lower and shorter than those on Okra and the adult females selectively oviposited their eggs on Okra, not on Kenaf in the choice test. These results are in agreement with resistance of Kenaf in the field.

In Thailand, since Kenaf pulp costs about twice as much as Eucalyptus pulp for paper material, and the product of Kenaf is not stable, the paper material has been almost completely changed to Eucalyptus pulp. As a result, the cultivation area of Kenaf is now limited to about 50,000 ha from 540,000 ha in 1974. Although 23 insect pests have been recorded from Kenaf in Thailand, *Aphis gossypii* was dominantly observed on the plant at Khon Kaen (Khon Kaen Field Crops Research Center), together with some unidentified beetles. The density of these insects was not so high.

In the present study it was revealed that (1) we could harvest Kenaf in the paddy field, though the growth was delayed, and (2) no serious insect pests were found on Kenaf in Central Honshu, Japan. Some 15 % of all paddy fields remain uncultivated in Japan. Recently a financial support is being provided for cultivating alternative crops, such as winter cereals, soybean and forage crops, on the uncultivated paddy fields by the Japanese Government. Consequently, Kenaf could be another alternative crop for efficient use of the paddy field. Also, by the use of Kenaf as pulp material, the import of wood pulp from foreign countries can be reduced.

Key words: Kenaf, Growth, Paddy field, *Aphis gossypii*, *Haritalodes derogata*, Host suitability