千葉農林総研研報（CAFRC Res. Bull.） 10：79－88 （2018）

温暖地早期栽培の水稲有機栽培圃場における雑草の発生消長と除草機による防除効果

宇賀神七夕子・西川康之・鶴岡康夫

キーワード：水稲，「コシヒカリ」，有機栽培，温暖地早期栽培，機械除草

Ⅰ 緒 言

2006年12月に「有機農業の推進に関する法律」が制定され，これを受けて2007年4月に「有機農業の推進に関する基本的な方針」が策定された（農林水産省，2014）．さらに，2014年4月には新たな基本方針が策定され，我が国の耕地面積に占める有機農業の面積の割合を0.4%から1%に倍増させる目標が掲げられている（農林水産省，2014）．千葉県においても，2010年度に「千葉県有機農業推進計画」が策定され，2014年度にこれを改訂して技術の開発と普及が進められている（千葉県，2014）．

当初の推進計画においては，「有機農業に関する先進的な技術の調査および情報収集」を行うことがうたわれており，これに基づいて2008年度に有機農業者に対するアンケート調査が行われた．その結果において，最も関心の高い技術は除草であった（千葉県，2014）．水稲栽培で化学合成農薬を使わずに雑草を防除するには，多大な労力やコストがかかる．このため，ある特定の技術のみで雑草を駆除するという考え方ではなく，水稲の生育促進対策と抑草技術を総合的に組み合わせ，水稲の収量，品質に影響を及ぼさない程度に防除することが基本となっている（日本土壌協会，2012）．

全国的には，水稲有機栽培の多くは普通期で行われている．しかし，温暖地である千葉県における一般的な水稲栽培は，生育量の確保，気象災害と病害虫回避及び老朽化水田対策等の目的から早期栽培であり，ほとんどが4月中旬から5月上旬移植である．また，2/3を利根川に依存している千葉県の農業用水は，早期栽培に適合させた水利事情により8月中旬頃には使用できなくなる地域が多い．そのため，有機栽培もほとんどが早期で行われている．4月移植の早期栽培では，5月下旬から6月中旬移植の普通期栽培に比べて雑草の発生が斉一的でなく，収束するまでの期間も長い（福島ら，1995；加持ら，1998）．このため，有機栽培に適する除草技術，除草時期と回数も普通期栽培とは異なると想定される．

水稲有機栽培において主に用いられる除草技術には，米ぬかを田面に散布する米ぬか散布や，人力または機械による物理的除草等がある．普通期栽培では，米ぬか散布は機械除草と組み合わせて用いられている．米ぬか散布には，ヒメタイヌビエやコナギ等の水田雑草の発芽を抑制する効果があることが報告されている（室井ら，2005；中井・鳥塚，2009）．米ぬか施用によるコナギの抑草効果は，作期が遅いほど効果が安定する傾向がある（内野ら，2012）ため，早期栽培では不安定となることが予想される．

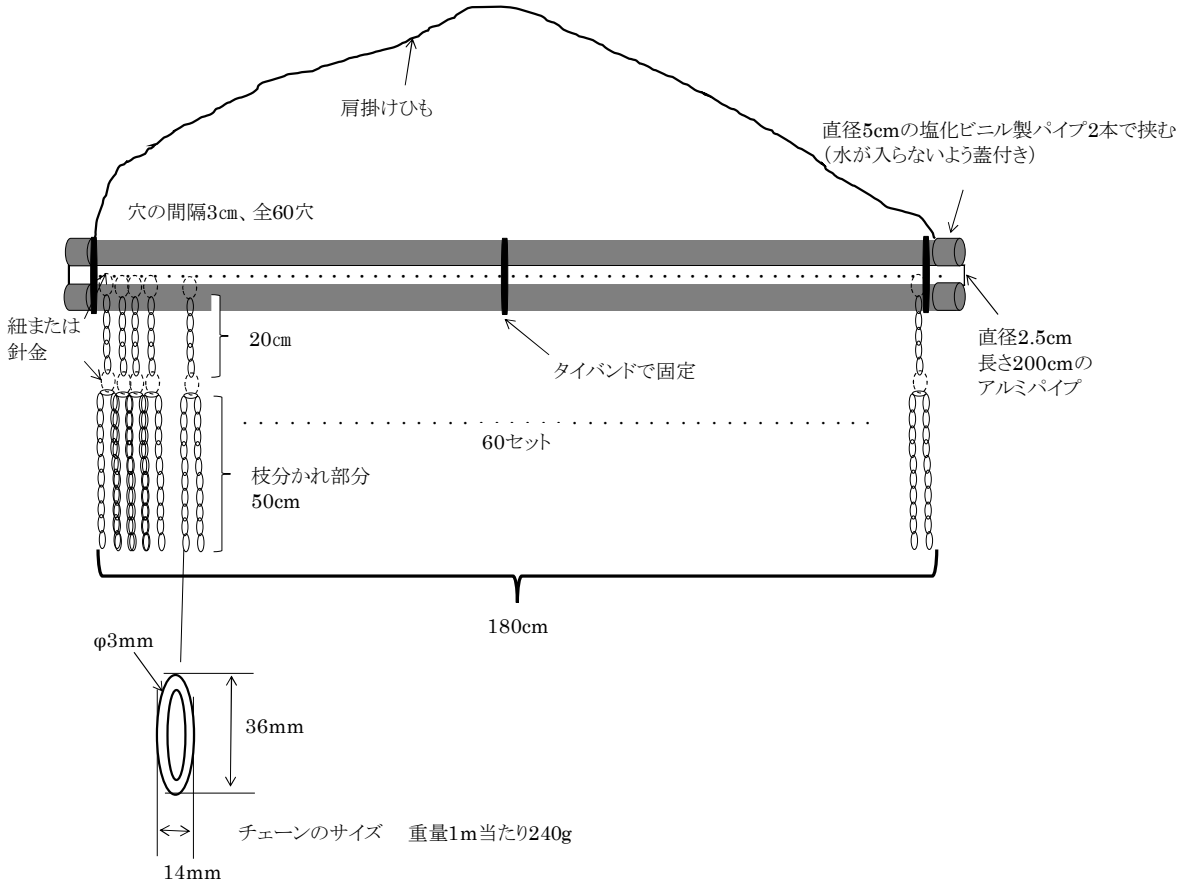
一方，動力型除草機による物理的な除草の効果が確認されている（宮原，2005；菊池・野沢，2007；中井・中橋，2011）．千葉県では，これまでに動力型除草機を用い，早期栽培に適応した除草技術の確立を試みてきた．その結果，除草による水稲の欠株や生育阻害を回避するため，水稲が十分に活着し，雑草の発生が収束した移植35日後及び42日後に行う除草法が開発された（駒塚・栗原，1999）．しかし，除草効果は不十分であり，株間に残った雑草を手で取り除く必要があった．また，これまでの試験においては，移植1か月以内の雑草発生盛期における除草効果が検討されておらず，雑草の発生消長や生育段階と除草効果との関係性も解明されていないことから，移植時期や気候の変動に対応できる技術は確立されていない．

そこで，千葉県における移植時期としては遅い時期に当たるが，雑草の発生が比較的斉一となると考えられる 5 月中旬に，水稲の有機栽培で多く用いられ，稚苗よりも成熟期が 5 日程度早まる中苗を移植し機械除草の試験を行った．機械除草より移植苗を傷めにくく移植後早期の除草に有望と考えられるチェーン除草機（長谷川，2010）と動力型除草機による除草効果を検討した．また，動力型除草機を用いて移植後約 1 か月の間の異なる時期に除草を 2 回行い，雑草の発生消長や生育段階と除草効果との関係性を明らかにしたので報告する．

受理日 2017 年 8 月 17 日
本報告の一部は，日本作物学会関東支部第 104 回講演会（2015 年 12 月東京都府中市）及び日本作物学会関東支部第 105 回講演会（2016 年 12 月栃木県宇都宮市）において発表した．

Ⅱ 材料及び方法

1．雑草の発生消長とチェーン除草機による移植後早期の除草効果（試験１）



第 1 図　チェーン除草機の模式図
注 1）県内農家が使用している除草機を参考に作成した
　2）材料費は合計約 20,000 円であった

（1）試験場所

2014 年に千葉県農林総合研究センター水稲・畑地園芸研究所水稲温暖化対策研究室の敷地内にある 2011 年以降有機栽培を継続している水田圃場（細粒質斑鉄型グライ低地土）で試験を行った.

（2）試験区の設定

チェーン除草機で除草を行うチェーン区, 動力型除草機で除草する動力型区をそれぞれ 172 m^2 で設定した．また，移植 56 日後に無除草における雑草発生数を調査するため，圃場内に除草しない場所（以下，無除草区とする）を 0.25 m^2 で 2 か所設けた.

（3）栽培概要

i.　育苗

供試品種は「コシヒカリ」で，浸種直前に60℃で10分間温湯消毒を行い，催芽時には微生物農薬（トリコデルマアトロビリデ水和剤200倍希釈液）を24時間浸漬処理した.

育苗用土として，黒ボク下層土（pH6.1）に硫黄華を加えてpH5.4に調整したものを苗箱当たり5L用い，4月2日に苗箱当たり乾籾換算で80g播種した．播種後は，育苗器内に置いて30℃で加温出芽させ，ビニルハウス内で緑化した．施肥は緑化終了前日（4月6日）に副産動物質肥料（エキタン有機，窒素6%）を苗箱当たり35g（窒素成分2.1g），第2葉展開期（4月16日）及び第3葉展開期（5月1日）に苗箱当たり25g（窒素成分1.5g）をそれぞれ20倍に希釈して潅注した．播種5日後に露地のプールに苗箱を平置きし，育苗用土の表面が水面に露出せず苗が水没しない程度に管理し，45日間育苗した．移植時の苗の草丈は13.5cm，葉齢は4.0の中苗であった.

ii.　圃場管理

5 月 12 日に基肥として有機質肥料（有機アグレット 666）を，10a 当たり 25kg（N : P_2O_5 : K_2O＝1.5 : 1.5 : 1.5kg），全面施用し植代を行った．5 月 15 日に栽植密度は 1 ㎡当たり約 19 株、植付本数は 1 株当たり約 4 本として移植した．7 月 15 日に追肥として有機質肥料（有機アグレット 816）を，10a 当たり 19kg（N : P_2O_5 : K_2O＝1.5 : 0.19 : 1.13kg），全面施用した.

（4）除草方法

移植 7 日後及び 14 日後に圃場を水深 7cm 程度に湛水し，チェーン区ではチェーン除草機（県内農家が使用しているものを参考に自作，第 1 図）で，動力型区では動力型除草機（MSJ，本機＋SC4，作業機，4 条，和同産業株式会社製）

でそれぞれ除草を行った．いずれの除草機においても，片道一方向の 1 行程のみで除草した．除草後は水面に浮いた雑草が枯死するまで水深 5～7cm を保つことにより，やや深水で管理した．

(5) 雑草の発生消長と除草区及び無除草区での雑草発生数及び乾物重

雑草発生消長は，移植7日後から7日毎に56日後まで，無除草区に隣接する2か所に固定した調査場所（50cm×50cm）に発生している雑草を各調査日にすべて抜取り，草種毎に個体数を調査した．

除草区及び無除草区それぞれ 2 か所において，移植 56 日後に，50cm×50cm の範囲内に発生している雑草をすべて抜取り，草種毎に個体数及び乾物重を計測した．

(6) 水稲の生育，収量調査

各除草区30株（10株×3か所）の生育調査株及び調査項目を設定し，幼穂形成期に1m²当たり茎数，草丈を，成熟期に1m²当たり穂数，稈長，穂長を調査した．

また，各除草区の生育調査株に隣接した 9.9 m²（3.3 m²×3か所）の株を刈り取り，精玄米重を調査した．

2．雑草の発生消長及び除草時の主要草種の生育段階と動力型除草機による除草効果との関係（試験 2）

(1) 試験場所

2015 年，2016 年ともに，試験 1 と同じ圃場で実施した．

(2) 試験区の設定

2015 年，2016 年ともに動力型除草機による除草を移植 6 日後及び 13 日後に行う 6+13 区，同 13 日後及び 20 日後に行う 13+20 区，同 20 日後及び 27 日後に行う 20+27 区，同 27 日後及び 34 日後に行う 27+34 区をそれぞれ 36 m² で 3 反復設けた．また，雑草の発生消長と移植 55 日後の雑草個体数及び乾物重を調査するため，除草を行わない場所（以下，無除草区とする）を圃場内に 0.25 m² で 3 か所設けた．

(3) 栽培概要

i. 育苗

供試品種，種子消毒，育苗用土，加温出芽，施肥，水管理については試験1と同様とした．

播種量は2015年が苗箱当たり乾籾換算で80g，2016年が100gとし，2015年は3月31日，2016年は4月1日に播種した．2015年には露地のトンネル内，2016年には露地に育苗管理用のプールを設置した．育苗日数は2015年が45日，2016年が46日で，苗の草丈及び葉齢は2015年がそれぞれ16.5cm及び3.8，2016年がそれぞれ13.2cm及び3.4の中苗であった．

ii. 圃場管理

基肥として有機質肥料（有機アグレット 666）を，10a 当たり 25kg（N : P_2O_5 : K_2O＝1.5 : 1.5 : 1.5kg），2015 年は 5 月 12 日に，2016 年は 5 月 9 日に全面施用し植代を行った．2015 年は 5 月 15 日に，2016 年は 5 月 12 日に，栽植密度は 1 m² 当たり約 19 株，植付本数は 1 株当たり約 4 本として移植した．追肥には有機質肥料（有機アグレット 816）を用い，2015 年は 7 月 10 日に，2016 年は 7 月 8 日に 10a 当たり 19kg （N : P_2O_5 : K_2O＝1.5 : 0.19 : 1.13kg）を全面施用した．

(4) 除草方法

2015 年，2016 年ともに圃場を水深 7cm 程度に湛水し，試験 1 で使用した動力型除草機で，片道一方向の 1 行程のみで除草した．除草後は水面に浮いた雑草が枯死するまで水深 5～7cm を保つことによりやや深水で管理した．

(5) 雑草の発生消長及び無除草区における雑草発生数及び乾物重調査

試験1と同様に，移植6日後から7日毎に同55日後まで，雑草の発生消長を調査した．また，試験1と同様に，移植55日後において無除草区の雑草発生数及び乾物重調査を行った．

(6) 除草区における雑草発生数及び乾物重調査

各除草区における1回目の除草直前，2回目の除草直前，移植55日後に，それぞれ除草区内の異なる場所1か所で雑草発生数及び乾物重を試験1と同様に調査した．

(7) 1回目の除草の残草率

1回目の除草直前の雑草調査における個体数の3反復平均から2回目の除草日の雑草発生消長調査における3反復平均を差し引いた値を，1回目の除草直後の残草個体数とした（なお，この値が0以下の場合は0とした）．さらに，この1回目の除草直後の残草個体数を1回目の除草直前の雑草調査の3反復平均で除し，100を乗じて残草率を算出した．

(8) 水稲の生育，収量調査

各除草区1反復当たり20株（10株×2か所）の生育調査株及び調査項目を設定し，幼穂形成期に1m²当たり茎数，草丈を，成熟期に1m²当たり穂数，稈長，穂長を調査した．

また，各除草区の生育調査株に隣接した1反復当たり6.6m²（3.3m²×2か所）の株を刈り取り，精玄米重を調査した．

Ⅲ 結　果

1．雑草の発生消長とチェーン除草機による移植後早期の除草効果（試験 1）

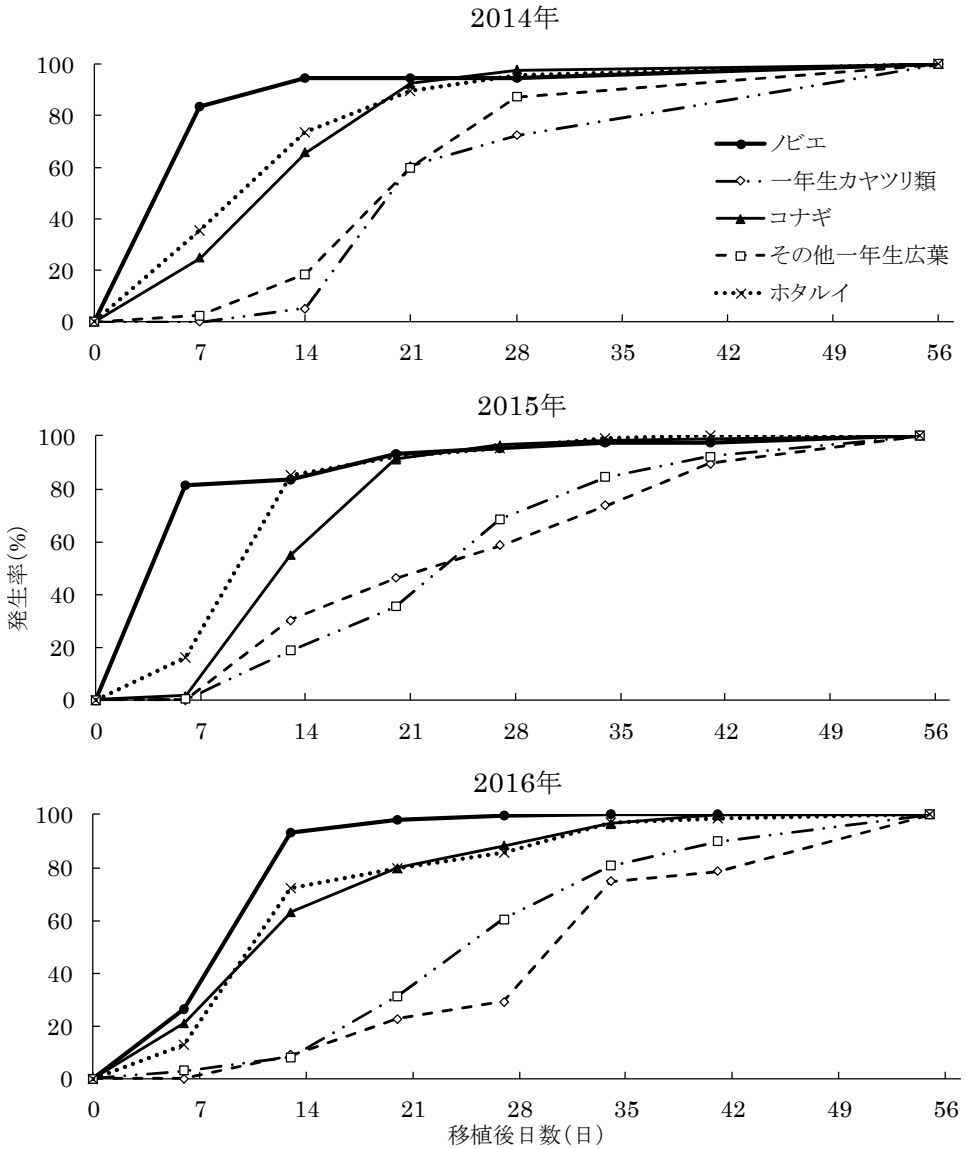
(1) 5 月中旬移植における雑草発生消長

除草を行わなかった場合の移植56日後までに発生した1m²当たりの雑草個体数は，2,794本であった（第1表）．草種の割合は，コナギが56%と最も多く，次いでホタルイ類（以下ホタルイとする）が22%であり，ヒエ類（以下ノビエとする）は1%と少なかった．

第1表　水稲移植56日後の雑草発生個体数及び発生割合（2014年）

	草種名						全草種
	ノビエ	一年生カヤツリ類	コナギ	その他一年生広葉	ホタルイ	クログワイ	
発生個体数(本/m^2)	36	116	1,560	468	614	0	2,794
発生割合(%)	1	4	56	17	22	0	100

注1) 調査を行った2か所における移植7日後から56日後までの平均値の合計を発生個体数とした
2) 移植7日後から56日後までの全草種の発生個体数の合計を100として発生割合を算出した
3)「その他一年生広葉」はコナギを除く一年生広葉雑草を示す



第 2 図　5 月中旬に移植し無除草で管理した水田における雑草の発生推移
注 1）2014 年は，調査を行った 2 か所の移植 7 日後から 56 日後までの平均値の合計を総発生個体数とし，発生率は総発生個体数を 100 として算出した
2）2015 年及び 2016 年は，調査を行った 3 か所の移植 6 日後から 55 日後までの平均値の合計を総発生個体数とし，発生率は総発生個体数を 100 として算出した
3）「その他一年生広葉」はコナギを除く一年生広葉雑草を示す

ノビエは移植 14 日後，コナギ及びホタルイは移植 21 日後に出揃った（第 2 図）．一年生カヤツリ類及びその他一年生広葉雑草はノビエ，コナギ，ホタルイに比べて発生の揃いが遅かった．

（2）チェーン除草機及び動力型除草機の除草効果

2014年では，移植56日後の1m²当たり雑草個体数及び乾物重は無除草が2,000本及び128.2gであった（第2表）．一方，チェーン区は530本（対無除草比27%，以下同様）及び55.3g（43%），動力型区は440本（22%）及び41.4g（32%）で，ややチェーン区で多かった．草種別では，除草を行った2区の移植56日後において全草種に占める割合が最も高かったのはコナギであり，チェーン区，動力型区ともに無除草の個体数の29%であった．また，乾物重はチェーン区が無除草の73%，動力型区が同61%であった．移植56日後のホタルイの個体数及び乾物重は動力型区が無除草のそれぞれ11%及び12%であったのに対し，チェーン区がそれぞれ32%及び39%で多かった．一年生カヤツリ類，コナギ及びその他一年生広葉雑草では除草機の違いによる個体数及び乾物重に差はなく，ノビエ，マツバイ，クログワイでは発生量が少なく除草機の違いによる差が判然としなかった．

水稲の幼穂形成期の茎数，成熟期の穂数，稈長及び穂長の値は，動力型区がチェーン区より大きかった（第3表）．10a当たりの精玄米重の区間差も同様の傾向で，チェーン区が481kg，動力型区が586kgであった．

2．雑草の発生消長とチェーン除草機による移植後早期の除草効果（試験 2）

（1）5 月中旬移植での雑草発生消長

2015年には，移植55日後までに発生した雑草個体数は1m²当たり2,925本であり，そのうちコナギが43%を占め最も多く，次いでその他一年生広葉雑草が37%，ホタルイが10%であり，ノビエは2%と少なかった（第4表）．ノビエ，コナギ及びホタルイは移植20日後にほぼ出揃った（第2図）．一年生カヤツリ類及びその他一年生広葉雑草が出揃ったのは移植55日後であり，ノビエ，コナギ，ホタルイに比べ遅かった．

2016 年には，移植 55 日後までに発生した雑草個体数は 1m² 当たり 1,740 本であり，そのうちコナギが 36%を占め最も多く，次いでその他一年生広葉雑草が 21%，ホタルイが 20%であり，ノビエは 15%であった（第 4 表）．ノビエは移植 13 日後にはほぼ出揃い，コナギ及びホタルイは移植 34 日後にほぼ出揃った（第 2 図）．一年生カヤツリ類及びその他一年生広葉雑草の発生傾向は2015 年と同様であった．

（2）1回目の除草時の主要雑草の生育段階及び残草率

2015年及び2016年におけるノビエ，コナギ，ホタルイ

第2表　各試験区における移植56日後の雑草個体数及び乾物重（2014年）

試験区	草種名																合計	
	ノビエ		一年生カヤツリ類		コナギ		その他一年生広葉		マツバイ	ホタルイ		クログワイ						
	個体数（本/m²）	乾物重（g/m²）	個体数（本/m²）	乾物重（g/m²）	個体数（本/m²）	乾物重（g/m²）	個体数（本/m²）	乾物重（g/m²）	乾物重（g/m²）	個体数（本/m²）	乾物重（g/m²）	個体数（本/m²）	乾物重（g/m²）	個体数（本/m²）	乾物重（g/m²）		
チェーン	2 (8)	0.0 (0)	4 (5)	0.0 (7)	320 (29)	42.7 (73)	42 (16)	0.1 (9)	0.0 (0)	160 (32)	12.5 (39)	2 (6)	0.0 (0)	530 (27)	55.3 (43)		
動力型	2 (8)	1.6 (5)	16 (21)	0.1 (32)	318 (29)	35.6 (61)	46 (18)	0.2 (18)	0.0 (0)	56 (11)	3.8 (12)	6 (19)	0.9 (179)	440 (22)	41.4 (32)		
無除草	24	35.7	78	0.5	1,104	58.6	258	0.9	0.2	504	31.7	32	0.5	2,000	128.2		

注1）草種毎に1m²換算した値を示す
2）（ ）内は無除草区を100とした場合の対無除草比（%）を示す
3）「その他一年生広葉」はコナギを除く一年生広葉雑草を示す

第3表　チェーン区及び動力型区における水稲の生育及び精玄米重（2014年）

試験区	幼穂形成期		成熟期			精玄米重（kg/10a）
	茎数（本/m²）	草丈（cm）	穂数（本/m²）	稈長（cm）	穂長（cm）	
チェーン	431 ± 24 (91)	72 ± 1 (99)	311 ± 6 (89)	85 ± 1 (97)	19.2 ± 0.5 (96)	481 ± 6 (82)
動力型	472 ± 15	72 ± 2	348 ± 13	88 ± 1	20.1 ± 0.7	586 ± 9

注1）両区30株（10株×3か所）を調査した
2）両区生育調査株に隣接する9.9m²（3.3m²×3か所）を刈り取り，収量を調査した
3）精玄米重は粒厚1.8mm以上の玄米重量とした
4）数値は平均±標準偏差を示す
5）（ ）内は動力型区を100とした場合の対動力型区比（%）を示す

第4表　移植55日後の雑草個体数及び発生割合

年度		草種名						全草種
		ノビエ	一年生カヤツリ類	コナギ	その他一年生広葉	ホタルイ	クログワイ	
2015	発生個体数（本/m²）	57	193	1,263	1,095	297	20	2,925
	発生割合（%）	2	7	43	37	10	1	100
2016	発生個体数（本/m²）	265	105	635	365	340	29	1,740
	発生割合（%）	15	6	36	21	20	2	100

注1）調査を行った3か所における移植6日後から55日後までの平均値の合計を発生個体数とした
2）「その他一年生広葉」はコナギを除く一年生広葉雑草を示す

の生育段階はほぼ同様に推移し，移植6日後には3草種ともに1葉期，移植13日後にはノビエが2.5葉期，コナギが2葉期，ホタルイが3葉期，移植20日後には3草種ともに5葉期であった（第5表）．移植27日後には，ノビエは分げつを，コナギはヘラ葉の展開を，ホタルイは花茎の伸長を開始していた．

1 回目の除草直後における残草率は，移植 6 日後の除草では，ノビエ，コナギ，ホタルイともにほぼ 0%であった（第 5 表）．移植 13 日後の除草では，コナギは 1～2%であったが，ノビエ及びホタルイは 10%以上となった．移植 20 日後及び 27 日後の除草では，3 草種とも残草率はほぼ 50%以上と多かった．

(3) 時期の異なる7日間隔2回の除草が移植55日後の雑草乾物重に及ぼす影響

2015年には，無除草区における移植55日後の1m²当たりの雑草個体数及び乾物重は，1,508本及び105.3gであった

第5表　1回目の除草時における主要雑草の生育段階及び残草率

草種		年度	1回目の除草時の移植後日数			
			6日	13日	20日	27日
ノビエ	生育段階	2015, 2016	1葉期	2.5葉期	5葉期	分げつ開始
	残草率(%)	2015	6	17	50	74
		2016	0	25	25	74
コナギ	生育段階	2015, 2016	1葉期	2葉期	5葉期	ヘラ葉展開開始
	残草率(%)	2015	0	2	84	75
		2016	0	1	87	73
ホタルイ	生育段階	2015, 2016	1葉期	3葉期	5葉期	花茎伸長開始
	残草率(%)	2015	0	36	66	65
		2016	0	12	62	56

注1) 残草率は1回目の除草後の1m²当たり雑草個体数÷1回目の除草前の1m²当たり雑草個体数×100により算出した
2) 1m²当たり雑草個体数には3反復の平均値を使用した

第6表　動力型除草機による時期の異なる7日間隔2回の除草における移植55日後の雑草個体数

年度	試験区	草種名(本/m²) ノビエ	一年生カヤツリ類	コナギ	その他一年生広葉	ホタルイ	クログワイ	合計(本/m²)
2015	6+13	4 ± 7 (7)	19 ± 19 (16)	213 ± 41 (31)	55 ± 27 (14)	84 ± 35 (39)	9 ± 2 (28)	384 ± 91 (25)
	13+20	11 ± 15 (19)	12 ± 4 (11)	249 ± 95 (36)	68 ± 75 (17)	84 ± 21 (39)	3 ± 2 (8)	427 ± 157 (28)
	20+27	9 ± 8 (17)	5 ± 9 (5)	439 ± 217 (63)	60 ± 76 (15)	121 ± 82 (56)	7 ± 6 (20)	641 ± 342 (43)
	27+34	13 ± 12 (24)	15 ± 12 (13)	564 ± 50 (81)	173 ± 165 (44)	144 ± 93 (67)	13 ± 8 (40)	923 ± 209 (61)
	無除草	56 ± 28	113 ± 172	693 ± 247	396 ± 307	216 ± 160	33 ± 54	1,508 ± 817
2016	6+13	13 ± 23 (6)	21 ± 10 (14)	171 ± 81 (43)	53 ± 18 (7)	52 ± 26 (15)	7 ± 8 (19)	317 ± 143 (17)
	13+20	53 ± 61 (24)	1 ± 2 (1)	64 ± 90 (16)	5 ± 6 (1)	83 ± 104 (24)	15 ± 14 (41)	221 ± 264 (12)
	20+27	45 ± 42 (20)	3 ± 5 (2)	111 ± 128 (28)	12 ± 21 (2)	137 ± 146 (39)	11 ± 10 (30)	319 ± 323 (17)
	27+34	51 ± 54 (23)	8 ± 8 (5)	112 ± 45 (28)	9 ± 13 (1)	77 ± 73 (22)	15 ± 19 (41)	272 ± 155 (14)
	無除草	224 ± 185	148 ± 24	393 ± 178	767 ± 316	351 ± 278	36 ± 31	1,919 ± 299

注1) 各区反復当たり1か所で50cm×50cmの枠内に発生している雑草個体を全て抜き取り，草種毎に1m²換算した
2) 数値は平均±標準偏差を示す
3) ( ) 内は無除草区を100とした場合の対無除草比(%)を示す
4)「その他一年生広葉」はコナギを除く一年生広葉雑草を示す

第7表　動力型除草機による時期の異なる7日間隔2回の除草における移植55日後の雑草乾物重

年度	試験区	草種名(g/m²) ノビエ	一年生カヤツリ類	コナギ	その他一年生広葉	ホタルイ	クログワイ	合計(g/m²)
2015	6+13	1.7 ± 3.0 (3)	0.0 ± 0.0 (11)	7.6 ± 2.1 (30)	0.1 ± 0.1 (6)	2.7 ± 0.2 (37)	4.5 ± 3.0 (41)	16.6 ± 1.9 (16)
	13+20	9.2 ± 13.7 (15)	0.0 ± 0.0 (3)	4.4 ± 0.7 (17)	0.0 ± 0.0 (4)	2.4 ± 1.7 (33)	1.4 ± 1.9 (13)	17.5 ± 11.0 (17)
	20+27	5.1 ± 6.8 (9)	0.0 ± 0.0 (1)	13.5 ± 5.3 (53)	0.1 ± 0.1 (8)	6.4 ± 6.4 (87)	2.3 ± 2.9 (21)	27.5 ± 13.0 (26)
	27+34	12.9 ± 12.0 (22)	0.1 ± 0.1 (13)	24.7 ± 2.6 (96)	0.3 ± 0.1 (30)	6.7 ± 3.9 (91)	3.2 ± 1.2 (29)	47.9 ± 14.2 (45)
	無除草	60.0 ± 22.7	0.4 ± 0.7	25.6 ± 11.4	0.8 ± 0.4	7.4 ± 6.8	11.0 ± 18.0	105.3 ± 56.3
2016	6+13	0.4 ± 0.7 (0)	0.1 ± 0.1 (12)	5.6 ± 4.2 (45)	0.1 ± 0.1 (8)	2.2 ± 1.4 (22)	0.9 ± 0.7 (7)	9.3 ± 6.8 (5)
	13+20	35.3 ± 30.6 (23)	0.0 ± 0.0 (0)	2.3 ± 3.3 (19)	0.0 ± 0.0 (1)	1.5 ± 1.6 (15)	3.4 ± 2.9 (29)	42.5 ± 36.9 (22)
	20+27	47.7 ± 46.1 (31)	0.0 ± 0.0 (2)	8.3 ± 8.6 (67)	0.0 ± 0.0 (1)	6.2 ± 5.4 (62)	1.9 ± 1.8 (16)	64.1 ± 57.3 (33)
	27+34	41.4 ± 30.0 (27)	0.2 ± 0.3 (34)	5.7 ± 2.8 (46)	0.0 ± 0.0 (1)	3.5 ± 4.1 (35)	3.6 ± 5.5 (31)	54.4 ± 33.0 (28)
	無除草	156.2 ± 100.2	0.7 ± 0.1	12.4 ± 6.9	1.6 ± 0.4	10.0 ± 10.5	11.7 ± 10.2	192.5 ± 100.5

注1) 各区反復当たり1か所で50cm×50cmの枠内に発生している雑草個体を全て抜き取り，草種毎に1m²換算した
2) 数値は平均±標準偏差を示す
3) ( ) 内は無除草区を100とした場合の対無除草比(%)を示す
4)「その他一年生広葉」はコナギを除く一年生広葉雑草を示す

第8表　動力型除草機による時期の異なる7日間隔2回の除草における水稲の生育及び精玄米重

年度	試験区	幼穂形成期 茎数（本/m²）	幼穂形成期 草丈（cm）	成熟期 穂数（本/m²）	成熟期 稈長（cm）	成熟期 穂長（cm）	精玄米重（kg/10a）
2015	6+13	423 ± 61	68 ± 4	328 ± 39	89 ± 4	19.4 ± 0.3	459 ± 31
	13+20	457 ± 65	67 ± 3	345 ± 21	89 ± 4	19.2 ± 0.6	481 ± 38
	20+27	413 ± 41	67 ± 3	320 ± 9	89 ± 3	19.0 ± 0.4	451 ± 49
	27+34	410 ± 28	65 ± 1	320 ± 26	87 ± 2	19.2 ± 0.5	438 ± 44
2016	6+13	361 ± 5	69 ± 1	318 ± 12	93 ± 1	18.6 ± 0.2	482 ± 28
	13+20	337 ± 16	68 ± 4	311 ± 16	93 ± 2	18.7 ± 0.9	436 ± 79
	20+27	300 ± 58	66 ± 4	289 ± 34	91 ± 3	18.5 ± 0.7	418 ± 87
	27+34	302 ± 33	65 ± 2	297 ± 39	90 ± 4	19.0 ± 0.3	418 ± 87

注1）各区3反復とし，1反復当たり20株（10株×2か所）を調査した
2）各区生育調査株に隣接する1反復当たり6.6m²（3.3m²×2か所）を刈り取り，収量を調査した
3）精玄米重は粒厚1.8mm以上の玄米重量とした
4）数値は平均±標準偏差を示す

（第6表，第7表）．機械除草の実施時期を変えた除草区のうち，移植55日後の雑草発生個体数及び乾物重が最も少なかったのは6+13区であり，個体数及び乾物重は無除草区のそれぞれ25%及び16%であった．次いで13+20区がそれぞれ28%及び17%で少なく，20+27区がそれぞれ43%及び26%，27+34区がそれぞれ61%及び45%と多かった．草種別に比較した場合，ノビエの1m²当たり個体数及び乾物重は6+13区でそれぞれ4本及び1.7gと最も少なかった．コナギの1m²当たり個体数は6+13区で213本，乾物重は13+20区で4.4gと最も少なかった．ホタルイの1m²当たりの個体数は，6+13区及び13+20区が84本，乾物重は13+20区が2.4gと最も少なかった．

2016年には，無除草区における移植55日後の1m²当たりの雑草個体数及び乾物重は，1,919本及び192.5gであった．移植55日後の雑草発生個体数が最も少なかったのは，13＋20区であり無除草区の12%，次いで27＋34区が同14%と少なく，6+13区及び20＋27区では17%であった．移植55日後の雑草乾物重が最も少なかったのは，6＋13区であり無除草区の5%，次いで13＋20区では同22%であった．27+34区では同28%，20＋27区では同33%と多かった．ノビエの1m²当たりの個体数及び乾物重は，6+13区でそれぞれ13本及び0.4g と最も少なく，コナギは13+20区でそれぞれ64本及び2.3gと最も少なかった．ホタルイの個体数は6+13区で52本，乾物重は13+20区で1.5gと最も少なかった．

一年生カヤツリ類，その他一年生広葉雑草の移植 55 日後の個体数は，2015 年，2016 年ともにいずれの区においても少なかった．

（4） 時期の異なる7日間隔2回の除草が移植55日後の雑草乾物重に及ぼす影響

2015年には，幼穂形成期の茎数及び成熟期の穂数は13+20区が多く，6+13区，20+27区及び27+34区では同程度であった（第8表）．10a当たりの精玄米重は，13+20区が481kgと最も多く，27+34区が438kgと最も少なく，6+13区及び20＋27区では459kg及び451kgと同程度であった．

2016 年には，幼穂形成期の茎数，草丈や成熟期の穂数，稈長の値は 6+13 区で最も大きく，10a 当たりの精玄米重も 6+13 区が 482kg と最も多く，13+20 区が 436kg，20+27 区及び 27+34 区が 418kg と少なかった．

Ⅳ 考　察

1．チェーン除草機による移植後早期の除草効果

チェーン区と動力型区で移植56日後のコナギの1m²当たり個体数及び乾物重は同程度であったが，ホタルイの個体数及び乾物重はチェーン区が多かった．片岡・金（1978）は，コナギは湛水下のごく表層にあるもののみが発芽し，イヌホタルイは最大出芽深度が約3cmであると述べている．動力型除草機はプロペラ状の可動部が土壌を攪拌しながら除草するのに対し，チェーン除草機は稲株を倒しながら土壌のごく表面を削り除草する．このことから，チェーン除草機は土壌のごく表面から発生するコナギを除去することは可能だが，深い位置から発生しているホタルイを抜き取ることができなかったと考えられる．また，片岡・金（1978）は，タイヌビエ，イヌビエ有芒種の最大出芽深度がそれぞれ約2cm，約1cmと述べている．このことから，チェーン除草機のノビエの防除効果は動力型除草機に劣ることが予想される．

これらのことから，チェーン除草機で動力型除草機と同程度の除草効果を得るためには，除草の片道一方向の 1 行程を往復にする，除草回数を増やす等の改善の必要があることが示された．

２．移植後早期のチェーン及び動力型除草機による除草が水稲の生育及び収量へ及ぼす影響

千葉県における5月中旬から下旬移植の「コシヒカリ」の10a当たり収量の目標値は，459～486kgである（千葉県・千葉県農林水産技術会議，2015）．本研究において，チェーン区，動力型区のいずれにおいても，精玄米重はこの目標値以上となった．動力型区における移植56日後の雑草個体数及び乾物重はチェーン区よりやや少ない程度であったが，幼穂形成期の生育，成熟期の穂数，稈長，穂長の値はいずれもチェーン区より大きく，10a当たりの精玄米重も約100kg多くなった．しかし，2014年の動力型区と同一圃場でほぼ同一の除草処理を行った2015年及び2016年の6+13区では，移植55日後の雑草個体数及び乾物重は2014年より少なく，雑草による水稲の生育阻害が小さかったが，10a当たり精玄米重が550kg以上となる反復は見られなかった．2014年には試験区の反復を設けなかったことから，この差には圃場の肥沃度の違いが影響している可能性が考えられた．

これらのことから，移植 7 日後及び 14 日後の早期に，チェーン除草機及び動力型除草機のいずれかを用いて 2 回の除草を行っても，5 月中旬から下旬移植の「コシヒカリ」の目標生育量及び収量の確保できると考えられた．

３．雑草の発生消長及び生育段階と動力型除草機による除草効果との関係

動力型除草機による2回の除草において，移植55日後の雑草乾物重は2015年，2016年ともに20+27区及び27+34区で多く，水稲の生育が劣り，精玄米重が少なかった．椛木・中村（1984）は，水田雑草の混植によって競合関係におかれた場合の窒素吸収力はコナギ，タイヌビエ，ミズガヤツリで大きいと述べている．また，千坂（1966）は，水田にタイヌビエが1m^{2}当たり40本発生している場合，水稲は18～24%減収すると述べている．このことから，水稲の生育と競合関係が大きいコナギ及びノビエに対する除草効果が劣った20+27区及び27+34区の水稲は生育が劣り，精玄米重が少なかったと考えられる．

一方，移植55日後の雑草乾物重は2015年，2016年ともに6+13区で最も少なかった．ノビエは発生の揃いが早いため，6+13区では除草後に発生してくる個体数は少ない．また，ノビエ，コナギ，ホタルイは1回目の除草時の葉齢が1葉期であり，1回目の除草後に発生した個体も，2回目の除草時には1葉期未満である．このため，6+13区でこれらをほぼすべて除草できたと考えられる．コナギでは，移植55日後の乾物重が最も少なかったのは13+20区であった．コナギはノビエに比べて発生の揃いが遅く，移植13日後には動力型除草機によりほぼすべてが除草可能な2葉期であった．中井・中橋（2011）もコナギの最適な1回目の除草機による除草時期は2葉期までと述べている．ホタルイでは，移植55日後の乾物重が最も少なかったのはコナギと同様に13+20区であったが，6＋13区と同程度であった．ホタルイはコナギと同様にノビエに比べて発生の揃いが遅く，13+20区は移植55日後の個体数が無除草の24～39%に留まったためと考えられる．

タイヌビエでは，水稲移植直後に発生した個体では約2,000粒の種子ができ，発生時期が遅くなるほど種子量は少なくなる（古谷・片岡，1978）．コナギにおいても，発生時期が遅くなるほど生育量及び種子生産量は少なくなる（片岡ら，1979）．また，ホタルイは，遮光されることによって生育及び出穂が抑制される（岩崎，1983）．これらのことから，動力型除草機での除草時期が遅くなるほど，発生が早い個体が残る比率が高くなり，雑草の生育量及び種子量は多くなると考えられる．

以上のことから，温暖地早期栽培において動力型除草機により 2 回の除草を行い，除草後に発生する雑草個体の生育及び種子量を抑制し，水稲の生育及び収量を確保するための適期は，以下のとおりと判断される．1 回目はノビエ，コナギ，ホタルイ等の主要雑草が 1 葉期となる移植 6 日後（植代 9 日後）頃，2 回目は 1 回目の除草後に発生した主要雑草が 1 葉期となる前の同 13 日後頃である．ただし，植代から移植までの日数が長くなるほど移植後の雑草の発生は進むため，植代後はできるだけ早く移植する必要がある．また，宮原（2005）及び菊池・野沢（2007）は高精度水田用除草機で除草を行う場合は，移植から 7～10 日間隔で 3 回行うのが標準的であると述べている． 2 回目の除草以降も雑草の発生が多い場合は，同様に 3 回目の実施が必要となる可能性があると考えられる．

４．まとめ

本研究において，早期栽培の 5 月中旬移植における主要雑草の発生消長は，ノビエが植代後約 20 日で出揃い（加持ら，1998），コナギが植代後 15～30 日，ホタルイが植代後 20～30 日後に出揃う（福島ら，1995）普通期栽培のものと同様であることが明らかとなった．このことにより，5 月中旬移植であれば，機械除草は普通期栽培と同様に移植から 7～10 日間隔で最大3回行えば，雑草の発生量の多い圃場で，雑草の発生期間が長引く場合でも十分に防除が可能であると推察された．また，本研究においてチェーン除草機を 2 万円程度で作成することができた．チェーン除草機による除草効果はホタルイに対して動力型除草機よりやや劣ったが，除草行程や回数の改善により同程度の効果を発揮する可能性があり，動力型除草機を整備できない場合の代替になりうると考えられる．水稲の生育及び収量に問題の無い範囲で，動力型除草機と同程度の除草効果を得られるチェーン除草機の使用方法を検討することが今後の課題である．さらに，本研究では動力型除草機による主要雑草の除草適期の葉齢が明らかとなり，この知見を活用することにより移植時期や気

候の変動への対応が可能となることが期待される. これらの成果は, 温暖地早期栽培の水稲有機栽培圃場における効果的な雑草管理技術に寄与できると考えられる.

Ⅴ 摘　　要

温暖地である千葉県において， 5 月中旬移植（早期栽培）の水稲有機栽培における雑草の発生消長及び生育段階と動力型除草機による除草適期との関係を明らかにした. また, チェーン除草機と動力型除草機との除草効果の違いを明らかにした.

1. ノビエは移植13～20日後には出揃う傾向にあるが，コナギ及びホタルイが出揃うのは移植約1か月後の傾向である.
2. 動力型除草機では，ノビエ及びホタルイは 1 葉期，コナギは 2 葉期までに除草を行えば，ほぼ全て防除できる.
3. 動力型除草機による 2 回除草を行う場合は，1 回目をノビエ 1 葉期に，その約 7 日後に 2 回目を実施することで最も高い除草効果を得られる.
4. 除草適期よりも遅い動力型除草機による2回除草では防除効果が劣り，雑草害により水稲の生育及び収量が劣る.
5. チェーン除草機は動力型除草機よりもホタルイに対する除草効果が低い.

Ⅵ 引用文献

千葉県（2014）第 2 次千葉県有機農業推進計画. ＜https://www.pref.chiba.lg.jp/annou/organic/h27organic-keikaku.html＞. 最終アクセス 2017 年 8 月 3 日.

千葉県・千葉県農林水産技術会議 (2015) 稲作標準技術体系. 309pp.

千坂英雄（1966）水稲と雑草の競合. 雑草研究. 5:16-22.

古谷勝司・片岡孝義 (1978) 水田における野生ヒエの生育と種子生産. 雑草研究. 23:30-35.

福島祐助・大隅光善・田中浩平（1995）北部九州の水稲早期栽培における雑草の発生消長と除草剤の処理時期. 雑草研究. 40:1-7.

長谷川浩 (2010) 除草剤を使わない水田雑草管理の考え方. 農林水産技術研究ジャーナル. 33(4):21-25.

岩崎桂三 (1983) ホタルイ類の生態と防除. 雑草研究. 28:1-9.

椛木信幸・中村 拓（1984）水田雑草の養分吸収特性の草種間差　第1報 混植による窒素吸収力の推定. 雑草研究. 29:147-152.

加持集三・五島敏男・大橋悠一 (1998) 暖地水田におけるノビエ（*Echinocholoa* spp.）の発生生態とメフェナセットの最適処理時期の関係. 雑草研究. 43:210-219.

片岡孝義・金昭年 (1978) 数種雑草種子の出芽深度. 雑草研究. 23:13-19.

片岡孝義・児島清・古谷勝司 (1979) コナギの生育と種子生産. 雑草研究. 24:32-37.

菊池晴志・野沢智裕 (2007) 青森県における水田用除草機の利用方法. 日作東北支部報. 50:97-98.

駒塚富雄・栗原大二 (1999) 千葉県農業試験場環境保全型農林業技術開発研究事業第 I 期研究成果報告書. 31-35.

宮原佳彦 (2005) 高精度水田用除草機の開発と実用化. 関雑研会報. 16:11-17.

室井康志・小林勝一郎・高井芳樹 (2005) ヒメタイヌビエの生育に対する米ぬか粉剤ならびにペレット剤の作用. 雑草研究. 50:169-175.

中井譲・鳥塚智 (2009) 米ぬか土壌表面処理による水田雑草の抑草効果. 雑草研究. 54:233-238.

中井譲・中橋富久 (2011) 除草の時期及び回数がコナギの抑草効果と水稲収量に及ぼす影響. 雑草研究. 56:111-114.

日本土壌協会 (2012) 有機栽培技術の手引 (水稲・大豆等編). ＜http://www.japan-soil.net/report/h25.html＞. 最終アクセス2017年8月3日.

農林水産省 (2014) 有機農業の推進に関する基本的な方針の公表について. ＜http://www.maff.go.jp/j/press/seisan/kankyo/140425.html＞. 最終アクセス2017年9月24日.

内野彰・青木大輔・今泉智通・岩上哲史・安藤康弘・野副卓人・三浦重典 (2012) 新鮮有機物の施用によるコナギ抑草効果に及ぼす各種環境条件の影響. 雑草研究. 57（別）:17.

Weed-elimination Effect of Rotavating in Organic Rice Cultivation Systems and Seasonal Variations in Early Emergence of Weeds in Warmer Regions

Nanako UGAJIN, Yasuyuki NISHIKAWA and Yasuo TSURUOKA

Key words: paddy rice, 'Koshihikari', organic cultivation, early cultivation in warm regions, mechanical weeding

Summary

We investigated the relationship between seasonal variation in emergence and growth stages of weeds and the optimal time for mechanical weeding when transplanting rice in the middle of May in Chiba Prefecture. We also investigated the difference in weed-elimination effect between rotavation and chain harrowing.

1. *Echinochloa* spp. tend to be present at 13 - 20 days after transplantation of rice seedlings; however, *Monochoria vaginalis* and *Scirpus* spp. tend to be present about a month after transplantation.
2. Rotavation is able to almost totally eliminate *Echinochloa* spp. and *Scirpus* spp. up to the single-leaf stage and *Monochoria vaginalis* up to the 2-leaf stage.
3. Rotavating twice is extremely effective when applied at the single-leaf stage of *Echinochloa* spp. and again about 7 days later.
4. If weeding is not applied at the optimum timing, the growth and yield of paddy rice will decrease.
5. Chain harrowing is less efficient at eliminating *Scirpus* spp. than mechanical weeding.