

温暖地早期栽培の水稻有機栽培における雑草の発消長と 動力型除草機による防除技術

千葉県農林総合研究センター 宇賀神七夕子

はじめに

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、2014年に改訂された(農林水産省、2014)。千葉県においても、2010年に「千葉県有機農業推進計画」が策定され、2015年にこれを改訂して「第2次千葉県有機農業推進計画」を策定し、技術の開発と普及が進められている(千葉県、2015)。

温暖地である千葉県の水稻栽培は、大半が4月中旬から5月上旬移植の早期栽培である。また、農業用水は2/3を利根川に依存しており、早期栽培に適合する供給により、収穫前の落水が行われる8月中旬以降には使用できなくなる地域が多い。そのため、有機栽培でもほとんどが早期栽培となっている。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不揃いで、収束するまでの期間も長い(福島ら、1995; 加持ら、1998)。このため、早期の有機栽培に適する除草技術、除草時期と回数、普通期の有機栽培とは異なる可能性がある。

千葉県では、これまでに動力型除草機を用いた早期栽培に適した除草技術の確立を試みてきた。その結果、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が、防除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(駒塚・栗原、1999)。また、水稻の欠株や生育阻害を回避するため、水稻が十分に活着した時期における除草の検討に限られており、移植1か月以内の雑草発生盛期における検討はなされていなかった。

そこで、千葉県における早期栽培としては遅い時期に当たるが、雑草の発生が比較的揃い、収束するまでの期間も短くなると推測される5月中旬に、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、雑草の発消長の調査と雑草発生盛期における動力型除草機による除草試験を行っ

た。これにより、雑草の発消長や生育ステージと動力型除草機による防除効果との関係性の解明を試み、移植時期や気候の変動に対応できる技術の確立を目指した。

試験の概要

(1) 試験場所

試験は、2015年と2016年に、千葉県農林総合研究センター水稻・畑地園芸研究所水稻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)で行った。

(2) 栽培概要

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:P₂O₅:K₂O=1.5:1.5:1.5kg)、2015年は5月12日に、2016年は5月9日に施用し、植代を行った。2015年は5月15日に、2016年は5月12日に、栽植密度がm²当たり約19株、植付本数が株当たり約4本として、葉齢3.8(2015年)、3.4(2016年)の中苗を移植した。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:P₂O₅:K₂O=1.5:0.19:1.13kg)を表面施用した。

(3) 試験区の構成

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36m²で3反復設けた。また、雑草の発消長と除草効果を確認するため、除草を行わない区(以下、無除草区とする)を0.25m²で3か所設けた。

(4) 除草方法

2015年、2016年ともに水深7cm程度に湛水し、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、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を5~7cmに保つように深水で管理した。

(5) 調査方法

1) 雑草の発消長調査

雑草の発消長を明らかにするために、移植6日後から7日毎に一年生雑草の発生がほぼ収束する55日後まで、無除草区に隣接する3か所の固定した調査場所(50cm×50cm)に発生する雑草を各調査日にすべて抜き取り、草種毎に個体数を調査した。

2) 除草区における雑草個体数、乾物重、1回目の除草時の雑草の生育ステージ調査

各除草区において、1回目の除草直前、2回目の除草直前、移植55日後に、試験区内の異なる場所1か所で、50cm×50cmの範囲内に発生している雑草をすべて抜き取り、草種毎に個体数及び乾物重を計測した。

また、1回目の除草直前の調査において、最も生育ステージの進んだ個体の生育ステージを記録した。

3) 1回目の除草後の残草率

1回目の除草後の残草率は、2回目の除草直前の個体数から2回目の除草日の発消長調査における個体数(1回目の除草直後から2回目の除草直前までの期間に発生したと推定される個体数)を差し引き、これを1回目の除草直前の個体数で除し、100をかけて算出した。(なお個体数は3反復の平均値とし、残草率が0以下となる場合は0とした)。

4) 無除草区の雑草個体数及び乾物重調査

無除草区の3か所において、移植55日後に、50cm×50cmの範囲内に発生している雑草をすべて抜き取り、草種毎に個体数及び乾物重を計測した。

5) 水稻の生育、収量調査

各除草区1反復当たり20株(10株×2か所)を調査株と設定し、幼穂形成期に㎡当たり茎数、草丈を、成熟期に㎡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6.6㎡(3.3㎡×2か所)の株を刈り取り、精玄米重を調査した。

結果

(1) 5月中旬移植での雑草発消長

2015年では、移植55日後までに発生した全草種個体数は㎡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%であった(表-1)。ノビエ、コナギ及びホタルイは移植20日後にはほぼ出揃ったが、一年生カヤツリ類及びその他一年生広葉雑草はこれらに比べて発生が遅く、出揃ったのは移植55日後であった(図-1)。

2016年では、全草種個体数は㎡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。ノビエは移植13日後には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。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日後にはほぼ出揃った。一方、一年生カヤツリ類及びその他一年生広葉雑草の発生は2015年と同様で遅かった。

(2) 1回目の除草時の主要雑草(ノビエ、コナギ、ホタルイ)の生育ステージ及び1回目の除草後の残草率

表-1 各種雑草の総発生個体数及び割合

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	総発生個体数(本/㎡)	57	193	1,263	1,095	297	20	2,925
	発生割合(%)	2	7	43	37	10	1	100
2016	総発生個体数(本/㎡)	265	105	635	365	340	29	1,740
	発生割合(%)	15	6	36	21	20	2	100

注) 総発生個体数は、発消長調査において移植6日後から55日後まで、7日おきに抜き取り調査した個体数の合計

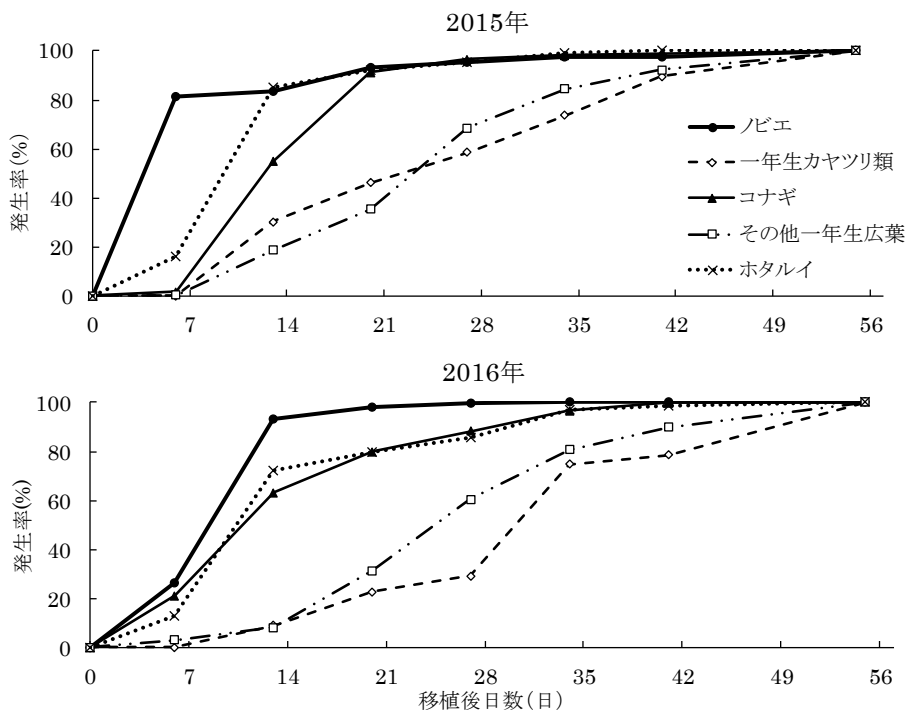


図-1 無除草区で管理した水田における移植後日数と各種雑草の発生率の推移

注1) 総発生個体数は、発消長調査において移植6日後から55日後まで、7日おきに抜き取り調査した個体数の合計
2) 発生率=各調査日までの発生個体数の合計/総発生個体数×100

表-2 1回目の除草の時期（移植後日数）における主要雑草の生育ステージ及び1回目の除草後の残草率

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	生育ステージ	2015	1葉期	2.5葉期	5葉期	分けつ開始
	残草率 (%)	2015	6	17	50	74
		2016	0	25	25	74
	コナギ	生育ステージ	2015	1葉期	2葉期	5葉期
残草率 (%)		2015	0	2	84	75
		2016	0	1	87	73
ホタルイ		生育ステージ	2015	1葉期	3葉期	5葉期
	残草率 (%)	2015	0	36	66	65
		2016	0	12	62	56

注) 残草率=(2回目の除草直前の個体数-2回目の除草日の発消長調査における個体数)/1回目の除草直前の個体数×100

2015年及び2016年におけるノビエ、コナギ、ホタルイの生育ステージ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(表-2)。移植27日後には、ノビエは分けつ

を、コナギはへら葉の展開を、ホタルイは花茎の伸長を開始していた。

1回目の除草後の残草率は、1回目移植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。1回目移植13日後の除草では、コナギでは1~2%であったが、ノビエ及びホタルイで

表-3 動力型除草機による1回目の除草時期の異なる7日間隔2回目の除草が移植 55 日後の雑草個体数に及ぼす影響

年度 試験区	草種名(本/m ²)						合計(本/m ²)	
	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	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1か所で50cm×50cmに発生している雑草個体を全て抜き取り調査
2) 数値は平均±標準偏差
3) ()内は無除草区を100としたときの値

表-4 動力型除草機による1回目の除草時期の異なる 7 日間隔2回目の除草が移植 55 日後の雑草乾物重に及ぼす影響

年度 試験区	草種名(g/m ²)						合計(g/m ²)	
	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	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1か所で50cm×50cmに発生している雑草個体を全て抜き取り調査
2) 数値は平均±標準偏差
3) ()内は無除草区を100としたときの値

表-5 動力型除草機による1回目の除草時期の異なる7日間隔2回目の除草が水稻の生育及び精玄米重に及ぼす影響

年度 試験区	幼穂形成期		成熟期			精玄米重(kg/10a)	
	茎数(本/m ²)	草丈(cm)	穂数(本/m ²)	稈長(cm)	穂長(cm)		
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) 生育は1反復20株(10株×2か所)を調査
2) 収量は生育調査株に隣接する1反復当たり6.6m²(3.3m²×2か所)を刈り取り調査
3) 精玄米は粒厚1.8mm以上
4) 数値は平均±標準偏差

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) 1 回目の除草時期の異なる 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 年では、無除草区における移植 55 日後の m^2 当たりの雑草個体数及び乾物重は、それぞれ 1,508 本及び 105.3g であった(表-3, 4)。除草区のうち、移植 55 日後の雑草発生個体数及び乾物重は 6+13 区が無除草区のそれぞれ 25%及び 16%で最も少なかった。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%であった。草種別に比較した場合、ノビエでは m^2 当たり個体数及び乾物重は 6+13 区がそれぞれ 4 本及び 1.7g と最も少なかった。コナギでは個体数は 6+13 区が 213 本、乾物重は 13+20 区が 4.4g と最も少なかった。ホタルイでは個体数は、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 年では、無除草区における移植 55 日後の m^2 当たりの雑草個体数及び乾物重は、それぞれ 1,919 本及び 192.5g であった。移植 55 日後の雑草発生個体数は 13+20 区が最も少なく無除草区の 12%で、次いで 27+34 区が 14%と少なく、6+13 区及び 20+27 区が 17%であった。移植 55 日後の雑草乾物重は 6+13 区が最も少なく無除草区の 5%で、次いで 13+20 区で 22%、27+34 区が 28%、20+27 区が 33%であった。ノビエの m^2 当たりの個体数及び乾物重は、6+13 区がそれぞれ 13 本及び 0.4g と最も少なく、コナギでは 13+20 区がそれぞれ 64 本及び 2.3g と最も少なかった。ホタルイでは個体数は 6+13 区が 52 本、乾物重は 13+20 区が 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 日後の乾物重は、2015 年、2016 年ともにいずれの区においても少なかった。

(4) 1 回目の除草時期の異なる 7 日間隔 2 回の除草が水稻の生育及び収量に及ぼす影響

2015 年では、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

区が同程度であった(表-5)。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 区がそれぞれ 459kg 及び 451kg と同程度であった。

2016 年では、幼穂形成期の茎数、草丈や成熟期の穂数、稈長の値は 6+13 区が最も大きく、10a 当たりの精玄米重は 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。

考察

ノビエ及びホタルイでは除草時の葉齢が 1 葉期まで、コナギは 2 葉期までであれば、動力型除草機によってほぼ全て除草できた(表-2)。片岡・金(1978)は、湛水下の最大出芽深度がタイヌビエでは約 2 cm、イヌビエ有芒種では約 1 cmであり、ホタルイでは約 3 cmであるのに対し、コナギでは湛水下のごく表層にあるもののみが発芽すると述べている。このため、コナギは動力型除草機による掻き取りが容易であり、ノビエ及びホタルイよりも高葉齢まで高い防除効果が得られると考えられる。

動力型除草機による移植 6 日後と 13 日後の 2 回の除草において、移植 55 日後の雑草乾物重は 2015 年、2016 年ともに最も少なかった。これは、個体あたりの重量が最も大きくなるノビエに対する防除効果がこの除草で最も高かったためである。ノビエは、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、これらをほぼすべて除草できたと考えられる。さらに、ノビエは発生の揃いが早いことから、2 回目の除草後に発生してくる個体数が少なかったと推察される。

コナギの移植 55 日後の乾物重は、2015 年、2016 年ともに移植 13 日後と 20 日後の 2 回除草で最も少なかった。また、ノビエの発生が少なく、コナギの発生が多かった 2015 年では、この除草は 6 日後+13 日後除草と同程度に移植 55 日後の雑草乾物重が少なかった。コナギはノビエより発生の揃いが遅いため、1 回目の除草時にはほぼ全て除草が可能な 2 葉期以下であり、2 回目の除草後の発生個体数の数も少なくな

る移植 13 日後と 20 日後の 2 回除草で、移植 55 日後の乾物重が最も少なくなったと考えられる。

一方、移植 20 日後と 27 日後及び移植 27 日後と 34 日後の 2 回除草では、移植 55 日後の雑草乾物重が多く、水稻の生育が劣り、精玄米重が少なかった。水稻の生育と競合関係が大きいコナギ及びノビエに対する防除効果が低かったため、水稻は生育が劣り、精玄米重が少なくなったと考えられる。

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る 2 回の除草で、除草後に発生する雑草個体の生育を抑制し、水稻の生育及び収量を確保するための除草適期は、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これらの雑草が 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、2 回目の除草以降も発生期間が長く、水稻の生育と競合関係が大きいコナギなどの発生が多い場合は、3 回目の実施が必要となると考えられる。

まとめ

普通期栽培ではノビエは植代後約 20 日で(加持ら、1998)、コナギは植代後 15~30 日で、ホタルイは植代後 20~30 日後で出揃う(福島ら、1995)。本研究において、温暖地の早期栽培の 5 月中旬移植におけるこれら主要雑草の発生活長は、普通期栽培と同様であることが明らかとなった。このことにより、5 月中旬移植の早期栽培であれば、動力型除草機による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(宮原、2005; 菊池・野沢、2007)、雑草の発生量の多い圃場や、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、本研究では動力型除草機によるこれら主要雑草の除草適期がノビエ及びホタルイで 1 葉期以下、コナギで 2 葉期以下であることが明らかとなった。これらの知見は、移植時期や気候の変動に対応した温暖

地早期栽培の水稻有機栽培における効果的な雑草管理技術の確立に寄与できると考えられる。

参考文献

- 千葉県(2014)第 2 次千葉県有機農業推進計画。<<http://www.pref.chiba.lg.jp/annou/organic/h27organic-keikaku.html>>。最終アクセス 2018 年 12 月 5 日。
- 福島祐助・大隅光善・田中浩平(1995)北部九州の水稻早期栽培における雑草の発生活長と除草剤の処理時期。雑草研究。40:1-7。
- 加持集三・五島敏男・大橋悠一(1998)暖地水田におけるノビエ(*Echinochloa* spp.)の発生活長とメフェナセツ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。
- 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
- 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/eisan/kankyo/140425.html>>。最終アクセス 2018 年 12 月 5 日。