畑作用株間除草機の除草性能

(第1報) 覆土作用による除草効果

石田茂樹*・下名迫 寛*・宮本啓二**

松田清明**・山島由光***・白旗雅樹***

Weeding Performance of the Intra-row Weeders (I) Weeding Effects of Soil Covering

Shigeki ISHIDA*, Hiroshi SHIMONASAKO*, Keiji MIYAMOTO**, Kiyooki MATSUDA**,
Yoshimitsu YAMASHIMA***, and Masaki SHIRAHATA***

1 緒 言

畑作における重要な作業の一つに除草があり、雑草との戦いと言われているが、近年、除草剤の目覚ましい発達により大きな省力化が実現した。しかしその反面、除草剤への依存が強まるにつれ、食品としての安全性や生態系維持等の環境破壊問題を誘発した。減農薬・低農薬が迫られている時代の要請に応え、いわゆる「無除草剤栽培」を目指した栽培体系を模索する試みも見られるようになってきている。この場合、代替技術としては各種の除草機械を利用した「機械除草」が最も現実的な選択であると考えられる。

機械除草は、除草剤が普及する以前には盛んに行われていた。戦前においては、北海道農事試験場において馬耕用の中耕除草器ならびに除草ハローの試験が行われ、その使用上の留意点を明らかにしている。中耕除草器は中耕作業に力点を置いた畦間除草が中心で、除草ハローは全面的処理が可能であるが、作物の損傷の問題で使用時期が限定されるとの結論

であった¹⁾。その後1980年頃までに、十勝地方の試験研究機関を中心にいくつかの除草機械の試験が行われている^{2),3),4),5)}。これらの試験は株間除草を主目的にしているが、作物への損傷と除草効果の点で充分とは言えず実用には至っていない。また、畦間及び株間の雑草を対象にして、処理時期・処理回数など作業技術的な角度から検討を行った試験もあるが、当時の除草機械では、機械除草のみの体系による除草効果は不十分と結論している⁶⁾。

1990年代になって株間除草に関する研究が古池、御手洗により報告されているが、齒杆の圃場面への追従性を重視したもの^{7),8)}であったり、水稻用除草機に関するもの^{9),10)}である。また、除草剤への過度の依存が見直され、株間除草に対応した新しいタイプの除草機が開発されるに至っているが、その性能については今のところ検討されていない。

そこで、本研究では、近年開発された株間除草機の中で、機構の異なる代表的な3機種を供試し、その除草性能と機械作業体系について検討した。第1報では、機械の作用特性と除草効果を覆土作用の面

平成7年3月17日 受理

日本農作業学会平成6年度春季大会にて発表

* 農林水産省北海道農業試験場 〒082 河西郡芽室町新生

** 帯広畜産大学畜産学部 〒080 帯広市稲田町西2線11番地

***北海道立十勝農業試験場 〒082 河西郡芽室町新生

* Hokkaido National Agricultural Experiment Station, Shinsei, Memuro, Hokkaido, 082

** Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine, Inada-cho, Obihiro, Hokkaido, 080

*** Hokkaido Tokachi Agricultural Experiment Station, Shinsei, Memuro, Hokkaido, 082

写真1 A機の作業風景

写真2 B機の作業風景

写真3 C機の作業風景

図1 株間輪の構造図

から、第2報では、営農現場で使用する場合の処理時期・回数など作業技術的な角度から検討した結果を報告する。

2 試験方法

1) 供試機の概要

供試機は、異なる除草機構を持つ3機種とし、その概要を写真1～3に示す。A機はトラクタ直装式4畦用(全重620kg)で作物株間と畦間の両方を除草する機構を備えている。株間の除草は畦を挟んだ左右の株間輪と称する除草タインによって行う(図1)。株間輪は直径260mmで線径4.5mmのタイン12本を半径方向30°ごとに配置した構造で、その先端部分は作物に損傷を与えないように円形に曲げてある。株間輪は本機をけん引することによって、除草タイン取付け部付近で土壤の抵抗により回転し、除草タインの先端部と取付け部の周速度差により株間の土を攪拌すると同時に雑草を引出す作用を生じる。除草タインの作用位置は左右の株間輪の間隔と取付け角

度によって調整し、作用強度の調整は除草時に作業速度を変えて行う。

B機はトラクタ直装式4畦用(全重637kg)で、株間除草専用機として開発されたものである。除草タインは線径2.45mm、長さ200mmの先端部約20mmを約30°屈折させたコイルバネ(コイル径30mm)で構成し、1枚の回転板に90°ごとに4ヶ所取付けられている。1ヶ所のタイン本数は10本で、22.5mm間隔に取付けられている。タインは回転板の前端部に55mm偏心して取付けた確動カムにより、常に下向きに保持された状態で回転運動を行う。回転板は除草機に取付けられた接地輪からチェーン、ギアを介して駆動され、回転数は駆動輪の4倍に増速している。供試機は4畦用で回転板が前後フレームにそれぞれ4個配置されており、前方両端の2個を除き他の6個の回転板は2個で1ユニットとなっている。1畦の除草は畦を挟んだ前後のユニットの除草タインによって行い、タインは株間に土を寄せる方向に回転する。タインの作用深さは、各ユニット後部に取付けられたハン

ドルによって調整する。

C機は市販のカルチベータにボルト1本で簡単に装着が可能な構造となっている。1ユニットは、カルチベータ爪を挟んで左右後方に配置された2個の除草タインで構成されている。除草タインは「くの字」型（長さ465mm）と直線型（長さ390mm）の2種類のピアノ線（線径4.5mm）を交互に計4本で組立てたコイルバネ（コイル径92mm）で構成し、畦を挟んだ2つの除草タインによって株間の除草を行う。

除草タインの作用位置、作用強度は、左右のタインの「くの字」型の重なり程度ならびに進行方向に対するタインの傾斜角を変えることで調整する。

各機の標準的な作業速度における所要動力は、別に行ったけん引力試験の結果によると、A機が0.6～1.0m/s、B機が0.5～0.8m/s、C機が0.5～1.2m/sの範囲で、それぞれ2.3～4.5kW、2.3～3.0kW、2.3kW程度である。

2) 調査方法

(1) 覆土による除草効果

機械除草の場合、雑草の引抜き作用とともに、埋没による除草作用も強いと考えられる。そこで本試験では、覆土厚さの違いが雑草の除草率に及ぼす影響について検討した。

水稻育苗箱にシロザ、イヌビエ、ハコベ、およびオオイヌタデの4種の雑草種子を1992年6月16日に播種したものを野外に設置し、7月21日に覆土処理を行った。覆土には2.0mm角の篩を通過した土壌を用い、覆土厚さは平均草高の1.0倍、1.5倍、2.0倍の3段階とし3反復の試験を行った。覆土処理後10日目に雑草の残存本数を調査し除草率を求めた。

(2) 畦断面形状調査

本試験では、各供試機のタインが作物畦の土壌に作用した場合の土壌の移動量、すなわち株間での覆土厚さを調査した。試験場所は北海道農業試験場畑作研究センターの圃場（褐色火山性土）で、小豆を1992年5月29日に畦間65cm、株間18cmに播種した。試験時の小豆の生育ステージは本葉抽出期で、草高が23mmであった。供試機による除草処理は6月24日に行い、除草タインの作用強度を弱、中、強の3段階に変えて行った。作用強度の調整は、A機およびC機は作業速度を、B機は左右の回転板の間隔（弱73mm、中65mm、強57mm）とタインの土中への作用深さ（弱10mm、中20mm、強35mm）を変えることによって行った。各機種種の除草作用強度別の作業速度は、

A機の弱が0.6、中が0.8、強が0.9、B機がそれぞれ0.6、0.7、0.5、C機が0.5、0.9、1.2m/sであった。

畦形状の調査は、作用強度ごとに機械の進行方向左から2畦目（左）と3畦目（右）の2カ所に調査区を設け、水平距離で2cm間隔ごとに処理前後における基準高さから地表面までの垂直距離を測定した。

(3) 雑草の生育ステージと除草効果

試験場所は北海道農業試験場畑作研究センターの圃場（褐色火山性土）で、小豆（エリモショウズ）を畦間65cm、株間18cmに播種した。本試験では雑草の生育ステージが機械除草の効果に及ぼす影響を検討するために、播種日を4水準（5/18、5/22、5/29、6/4）として、全区を同じ日に処理することにより雑草の生育ステージを変えた。雑草は自然発生するものの他にシロザ、イヌビエ、オオイヌタデ、イヌビユの種子を混合し、小豆播種直後、1試験区当たり容量3Lを畦中心部の約20cm幅に散播した。また、各生育ステージにおける除草作用の強度は前節で述べた方法で設定した3水準（弱、中、強）とし、1機種当たり計12試験区の構成で、1区面積は4畦×25m長とした。処理は1992年6月24日に行った。

調査は1試験区当たり3ヶ所、面積は畦中心から左右10cmずつの20cm幅×50cm長の0.1m²とし、処理前日に小豆草高、雑草草高、および雑草本数を、処理直後に雑草本数を、処理後13日目に雑草風乾重を測定した。

3 結果及び考察

(1) 覆土による除草効果

覆土厚さと雑草の再生本数、除草率の関係を表1に示す。覆土厚さ／草高比（以降覆土比と称する）が1の場合の除草率は、シロザ、ハコベ、オオイヌタデがそれぞれ92%、90%、81%であるのに対し、イヌビエは42%と低く再生が著しかった。

各雑草とも覆土比が大きくなるにともない、除草率が高くなる傾向がみられ、シロザ、ハコベ、オオイヌタデは、覆土比1.5において97～98%、2.0において99%以上の高い除草率であった。これに対しイヌビエは、1.5のとき50%、2.0のとき57%と覆土による除草効果が低かった。

次に、草種別の除草率についてみるとハコベ>シロザ>オオイヌタデ>イヌビエの順であった。これらの雑草の特徴は、ハコベは地表面に匍匐するように本葉が展開する雑草、シロザは水平に本葉が展開する広葉雑草、イヌビエは成長点为本葉によって保

表1 覆土比と雑草の再生調査結果

草 種	シ	ロ	ザ	イヌビエ	ハ	コ	ベ	オオイヌタデ
覆土比	供 試 本 数 [本]	100	100	100	50			
	覆土時草高 [mm]	13.4	15.4	16.1	32.3			
1.0	残存固体数 [本]	8.3	58.3	10.0	9.3			
	除 草 率 [%]	92	42	90	81			
1.5	残存固体数 [本]	3.3	50.3	2.0	1.0			
	除 草 率 [%]	97	50	98	98			
2.0	残存固体数 [本]	0	42.7	0.3	0.7			
	除 草 率 [%]	100	57	100	99			

* 覆土比は覆土厚さと草高の比

図2 A機の畦形状

図3 B機の畦形状

図4 C機の畦形状

表2 除草処理に伴う畦断面の覆土幅と覆土厚さ

機種	作用強度	作業速度	覆土幅		平均覆土厚		畦中央覆土厚	
			左	右	左	右	左	右
A	弱	0.6	26	24	16	16	23	21
	中	0.8	24	22	17	11	20	6
	強	0.9	22	18	10	16	18	27
B	弱	0.6	28	20	16	10	11	14
	中	0.7	26	32	13	13	10	9
	強	0.5	32	22	12	17	17	22
C	弱	0.5	26	22	25	18	35	17
	中	0.9	22	24	19	12	26	18
	強	1.2	20	26	20	12	34	6

注) 覆土幅は畦中央付近で処理前より処理後に地表面が高くなった部分

表3 処理前の小豆・雑草の草高

〔mm〕

播種後 日数	ハコベ	イヌビユ	シロザ	タデ	タニソバ	スギナ	スカシタ ゴボウ	イヌビエ	小豆
20日区	11.8	2.9	9.3	16.7	12.5	37.5	27.8	26.1	18.7
26日区	17.6	5.5	12.9	20.6	14.2	45.6	33.3	35.1	23.3
33日区	19.1	10.3	20.2	22.9	16.8	59.3	36.9	44.9	22.7
37日区	21.1	11.5	22.5	35.4	19.5	78.1	46.8	55.1	27.7

護されているとともにほぼ垂直方向に本葉が展開するイネ科雑草、オオイヌタデはシロザとイヌビエの中間的な展開をする広葉雑草であり、覆土による除草効果は草姿に影響されることがわかった。以上、覆土による除草効果について述べたが、雑草の種類によりイヌビエのように大きな除草効果を期待できないものもあるが、他の雑草については草高の1.5倍以上覆土することにより、除草効果が認められることが判明した。

(2) 畦断面形状の変化

各供試機の処理前後における畦断面形状変化の1例として左から2畦目の調査区測定結果を図2、図3、図4に示す。図において横軸は畦に直交する方向の水平距離で畦の中央を0点とした。縦軸は基準高さから地表面までの垂直距離で、垂直距離の平均値を0点とした。処理前の断面形状で畦中央の左右約20cmの位置が高くなっているのは、播種機の鎮圧輪の通過によって生じたものである。各機種とも処理を行うことにより畦中央付近に土が寄せられることがわかる。

作用強度を変えて処理を行った時の畦中央部の覆

土幅、覆土厚さを表2に示す。各機種の覆土幅は、左右の調査区によって異なるが、A機が18～26cm、B機が20～32cm、C機が20～26cmであった。A機では除草タインの作用強度が強くなるにつれて覆土幅が狭くなる傾向が見られたが、B及びC機では明確な傾向は見られなかった。また、覆土厚さについても覆土幅同様左右の調査区によって異なった。平均覆土厚さは、A・B機が10～17mm、C機が12～25mmであり、畦中央部での厚さは、A機が6～27mm、B機が9～22mm、C機が6～35mmと、覆土厚さはC機がやや厚い傾向にあった。

以上の結果と覆土による除草効果の試験結果とから、草高が10mm前後以下の雑草は覆土作用で除去できると考えられる。

(3) 雑草の生育ステージと除草効果

1992年の気象は、小豆を播種した5月中旬から6月上旬にかけて低温・多雨であったことにより、草種によって試験区間の生育差にばらつきが生じたが、処理時においては表3に示した草高の供試材料が得られた。全体にスギナ、イヌビエ、スカシタゴボウの草高が高く、他の広葉雑草は低かった。

表4 機種別除草処理結果 (A機)

試験区	作用 強度	処 理 前	処 理 直 後	処 理 13 日 後	
		雑草本数 (a)	雑草本数 (b)	除 草 率	雑草本数 新・再生割合 (c) (100(c-b)/a)
		[本/m ²]	[本/m ²]	(%)	[本/m ²] (%)
播種後 20日区	弱	493	77	84	317 49
	中	343	57	84	220 48
	強	497	40	92	303 53
播種後 26日区	弱	753	107	86	507 53
	中	793	50	94	477 54
	強	803	73	91	593 65
播種後 33日区	弱	690	53	92	443 57
	中	610	37	94	297 43
	強	533	33	94	207 33
播種後 37日区	弱	1337	177	87	833 49
	中	710	93	87	397 43
	強	1190	100	92	663 47

注) 除草率は $100(a-b)/a$ で算出した。表5、表6も同様。

表5 機種別除草処理結果 (B機)

試験区	作用 強度	処 理 前	処 理 直 後	処 理 13 日 後	
		雑草本数 (a)	雑草本数 (b)	除 草 率	雑草本数 新・再生割合 (c) (100(c-b)/a)
		[本/m ²]	[本/m ²]	(%)	[本/m ²] (%)
播種後 20日区	弱	597	0	100	430 72
	中	657	13	98	200 28
	強	893	3	100	183 20
播種後 26日区	弱	1060	40	96	363 30
	中	920	20	98	170 16
	強	1570	33	98	267 15
播種後 33日区	弱	800	43	95	367 41
	中	820	17	98	290 33
	強	710	33	95	200 24
播種後 37日区	弱	1103	77	93	333 23
	中	827	27	97	180 19
	強	850	20	98	147 15

処理直前、処理直後および処理13日後に調査した雑草本数、除草率および新・再生割合を、機種別に表4～表6に示した。いずれの機種においても処理直後の本数は減少するが、処理後13日目の雑草本数は新たに出芽した雑草が含まれるために増加した。また、今回供試した雑草の生育ステージおよび作用強度の設定範囲においては、除草率および新・再生割合には明かな傾向が認められなかった。

単なる覆土作用による除草効果が期待できない約10mm以上の草高の雑草が多かったにもかかわらず、3機種ともに処理直後においては概ね80%以上の高い除草率が得られたことは、雑草に引き抜き、切断作用が働いた後に覆土作用が加わったためと考察できる。

機種別に除草率および新・再生割合をみると、除草効果はB機>A機>C機の順であった。強制駆動

表6 機種別除草処理結果（C機）

試験区	作用強度	処 理 前	処 理 直 後	処 理 13 日 後		
		雑草本数 (a)	雑草本数 (b)	雑草本数 (c)	新・再生割合 (100(c-b)/a)	
播種後 20日区		[本/m ²]	[本/m ²]	[本/m ²]	〔%〕	
	弱	523	33	94	370	64
	中	683	3	100	357	52
	強	940	143	85	763	66
播種後 26日区	弱	930	163	83	727	61
	中	1093	200	82	860	60
	強	1840	190	90	1246	57
	播種後 33日区	弱	700	150	79	493
中		647	137	79	573	67
強		977	90	91	405	32
播種後 37日区		弱	1543	173	89	847
	中	850	137	84	487	41
	強	1320	90	93	643	42

の回転タインによるB機は、反復試験区間のばらつきが小さく安定して90%以上の高い除草率であった。また、処理13日後の新・再生割合も比較的良かった。スプリングタインによるC機は、反復間のばらつきが大きく平均の除草率は80%程度であった。また、処理13日後の新・再生割合も高かった。A機は、反復間のばらつきが若干みられ、平均除草率は約85%で、処理13日後の新・再生割合も中程度で除草効果はB、C両機の間であった。

以上、3機種の除草効果の結果から、覆土以外の引き抜き、切断作用の程度の違いが除草効果の程度および安定性に影響したものと考察できる。

供試した3機種には除草処理方式、調整の容易さ、作業の容易さ、作業に適した土壌条件、効果の安定性などにそれぞれの特徴があるが、今回の雑草生育ステージ、除草強度の範囲では処理間に差が認められなかった。また、処理適期の雑草よりも生育が比較的進んだ供試材料であったにもかかわらず、いずれの機種も1回の処理で概ね80%以上の除草率を得た。しかし、処理13日後における新たな出芽雑草、あるいは再生雑草の割合が15~72%と高く、断続的な反復除草処理が必要と判断された。機械除草体系の前提となる反復処理をした場合の効果については次報で述べる。

4 摘 要

株間除草を目的とした除草機3機種の除草性能を

明らかにする目的で試験を実施し、覆土による除草効果、機械の覆土性能、雑草の生育ステージと除草効果について検討した。

1) 覆土による除草効果は草姿に影響されるが、おおむね草高の1.5倍以上の覆土で除草効果が認められた。

2) 供試機の覆土性能は、覆土幅が18~32cm、平均覆土厚さが10~25mmであった。したがって、草高が約10mm以下の雑草は覆土作用で除去できると考えられた。

3) 圃場における試験では引き抜きおよび切断作用と覆土作用の相乗効果で10mm以上の草高の雑草にも除草効果が認められた。

4) 供試雑草の生育ステージおよび作用強度の設定範囲においては、除草率に明かな傾向が認められず、3機種ともに処理直後においては概ね80%以上の高い除草率であった。しかし、処理13日後の新・再生雑草割合は15~72%と高く、継続的な反復処理が必要と判断された。

引用文献

- 1) 北海道農事試験場(1930), 除草ハロー, 北海道農事試験場時報98, 1-9
- 2) 村井信仁, 道場三喜雄, 鶴 龍蔵, 中山邦雄(1982), エアー式カルチベータに関する研究(1), てん菜研究会報24, 192-195
- 3) 村井信仁, 道場三喜雄, 鶴 龍蔵, 中山邦雄,

伊藤純雄(1983), エアー式カルチベータに関する研究(2), てん菜研究会報25, 146-149

- 4) 我妻幸雄, 西田初生, 阿部篤郎(1974), 畦内除草機の試作研究, 農業技術29, 263-264
- 5) 石田茂樹, 石原修二, 岡崎紘一郎(1980), 火炎式除草機に関する研究, 農機学会北海道支部会報21, 90-97
- 6) 中 精一(1981), 畑作における雑草の機械的防除に関する研究, 農事試験場研究報告33, 57-117
- 7) 古池寿夫, 御手洗正文(1992), 固定齒杆型株間除草機の圃場面追従性の改良について(第1報), 農業機械学会誌54, 4, 97-103
- 8) 御手洗正文, 古池寿夫(1992), 固定齒杆型株間除草機の圃場面追従性の改良について(第2報), 農業機械学会誌54, 5, 93-101
- 9) 古池寿夫, 御手洗正文(1993), 水稻用株間除草機の試作と作業性能(第1報), 農業機械学会誌55, 1, 101-107
- 10) 古池寿夫, 御手洗正文(1993), 水稻用株間除草機の試作と作業性能(第2報), 農業機械学会誌55, 2, 131-136

Summary

A soil covering test was conducted to investigate the killing effect of weeds. The weeds tested were *chenopodium album*, *stellaria media*, *polygonum nodosum* and *echinochloa crus-galli*. The seeds of the weeds were sown in experimental plots, and they were covered with a loose soil

layer of 1.0, 1.5, 2.0 times the weeds height by hand after emergence.

Three types of intra-row weeders with different weeding mechanisms were examined to evaluate the width and the depth of soil covering and the rate of weeds exterminated by one weeding operation in an azuki-beans field in 1992.

The results obtained were as follows:

- 1) The killing effects were seen when the ratio of soil covering depth to the weed heights were 1.5 or more, and the rates of weed extermination were over 97% for *chenopodium album*, *stellaria media* and *polygonum nodosum* with the exception of 50-57% for *echinochloa crus-galli*.
- 2) When each weeder was used in the field, the range of the soil covering widths were 18-32cm, and the range of the soil covering depths were 10-25mm. Therefore, weed heights which could be exterminated by the soil covering effects were considered to be less than about 10mm for each weeder. However, weeds over 10mm were exterminated by the multiple effects of pulling, breaking and soil covering at the field tests.
- 3) The rate of weed extermination was over 80% immediately after one weeding operation of each weeder. But, 15-72% of the weeds regenerated and/or emerged on the thirteenth day after the weeding operation.