野菜栽培における機械除草の効果について

第1報 ベクトルによる除草効果の表示

坂上 修・小堀 乃・倉田久治

古谷 正^{*}・山川 勇^{**}・安部勇徹^{***}

On the Weeding Effect of Cultivating and Weeding Operation at Vegetable Cropping

I. The indication of weeding effect by the vector

Osamu SAKAUE, Osamu KOBORI, Hisaharu KURATA,

Tadashi FURUYA^{*}, Isamu YAMAKAWA^{**} and Yutetsu ABE^{***}

1 緒 言

野菜栽培における雑草防除は、対象とする作物・雑草の種類の多様性、作付栽培法の複雑性のため、かなりの部分を手作業に依存してきた。一方、近年になって、除草剤の開発・普及が進展して、除草作業はかなり省力化できるようにはなったが、化学的な防除は、常に人体への悪影響について考慮しなければならないという問題がつきまとうので、可能な限り物理的方法で対応することが望ましい。そこで、当面、もし、機械力のみで除草を完結した場合には、どのような問題が生ずるかを明確にする必要がある。そして、そのためには機械除草効果の評価が的確に行われなければならない。

このような考え方に基づいて、現在除草効果

についての検討を進めているが、その一つとして、本報では、腹装型ロータリカルチによる秋作ハクサイに対する機械除草作業をとりあげ、除草回数を異にした場合の雑草の作物に及ぼす影響の推移を解析する中で、除草効果の表現法についての検討を進め、整理した。

なお、計算には、農林水産研究計算センター ACOS-6 SYSTEM を利用した。

2 材料および方法

1) 供試作物 ハクサイ ‘耐病60日’、株間35 cm, うね幅 135 cm

2) 供試機械および作業状況 18PS トラクタ (S-IC-18型) + 腹装式 S 型ロータリカルチベータ。作業状況は第1図および第2図のとおり。

昭和55年8月20日受理 第15回講演会にて発表

野菜試験場栽培部, 津市一身田大古曾 670, 〒514-01

* 農業機械化研究所, 埼玉県大宮市日進町, 〒330

** 野菜試験場育種部, 三重県安芸郡安濃町明合, 〒514-23

*** 大分県農技センター, 宇佐市大字北宇佐 65, 〒872-01

Department of Cultivation and Plant Physiology, Vegetable and Ornamental Crops Research Station, Ishinden, Tsu, Mie, 514-01

* Institute of Agricultural Machinery, Ômiya, Saitama, 330

** Department of Plant Breeding, Vegetable and Ornamental Crops Research Station, Ano, Mie, 514-23

*** Ôita Prefectural Agricultural Research Center, Kitauasa, Usa, Oita, 872-01

第 1 図 作 業 概 念 図

第 2 図 ロータリカルチによる中耕除草作業

3) 処理方法

(1) 栽培作業および期日

は種前耕起 1979 年 8 月 23 日, うね立て
8 月 27 ~ 28 日, 肥料散布 8 月 31 日, 肥料か

くはん最終耕耘 9 月 5 日, は種 9 月 11 日,
間引き 10 月 9 日, 収穫 12 月 11 日.

(2) 除草処理日および調査日

第 1 表のとおり.

第 1 表 除草処理日及び調査日

月 日	925	102	109	1016	1023	1030	116	1113	1120	1127	124	1211
耕起後日数 (日)	20	27	34	41	48	55	62	69	76	83	90	97
は種後日数 (日)	14	21	28	35	42	49	56	63	70	77	84	91
処理区												
無 除 草 W_0	●a	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
機械除草												
1 回除草 W_1		○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
2 回除草 W_2		○		○	●	●	●	●	●	●	●	●
3 回除草 W_3		○		○		○	●	●	●	●	●	●
4 回除草 W_4		○		○		○	○	○	●	●	●	●
5 回除草 W_5		○		○		○		○	○	○	●	●
人力除草 ^b W_M		○	●	○	●	○	●	○	●	○	●	●

a ● 調査日 ○ 処理日

b くわによる除草

第 3 図 調 査 区

(3) 調査区 (第 3 図)

東側区, 中央区, 西側区の 3 区 3 反復とし,
1 区画面積は $1.0 \text{ m} \times 0.2 \text{ m} = 0.2 \text{ m}^2$ とした.

4) 測定項目

残存雑草量—各区内の雑草の生体重, 個体数.
作物生育量—各区内の作物生体総重および収
穫期の可食部重, 地上部, 地下
部別生体重 (0.6 m^2 , 3 個体当
たり).

3 結果および考察

1) 除草回数が雑草および作物に及ぼす影響
除草法および除草回数が作物収穫期の残存雑草量に及ぼす影響を調査した。まず、除草回数と収穫期における残存雑草本数および雑草重量(3区合計 0.6 m²あたり)との関係を取りまとめれば、第4～5図となる。この結果は、本作業機による1回の除草が、作物収穫期における残存雑草本数を79%に、残存雑草重量を75%に減少させる効果があったことを示している。

また、作物が障害となって作業機が完全に作

用しなかった中央区を除いて、除草回数と残存雑草本数および雑草重量(2区合計 0.4 m²あたり)との関係を取りまとめれば、第6～7図となる。これより、株間雑草を考慮しない場合には、本除草機による1回の除草は、同様に収穫期の残存雑草本数を68%に、雑草重量を60%に、それぞれ減少させる効果があると推定され、直接除草機が作用する2区(東側, 西側)への除草効果はかなり高いと思われ、また、雑草本数よりも雑草重量を減少させる効果が高いと推定された。

第4図 除草回数と残存雑草本数

第5図 除草回数と残存雑草重量

第6図 除草回数と残存雑草本数
(中央区を除く)

第7図 除草回数と残存雑草重量
(中央区を除く)

第 8 図 除草回数と作物収量

つぎに、除草法および除草回数が作物収穫期の作物収量に及ぼす影響を調査した。第 8 図は、除草回数と収穫期の作物全体、地上部、地下部および可食部各生体重量との関係を取りまとめたものである。これから、まず、除草回数と地下部重との関係を見ると、いずれの除草方法・回数でも大差はないが、全体的に人力除草区が最大、無除草区が最小となっており、除草回数が増すにつれて地下部重も増加しているが、機械による 5 回除草区はやや減少している。一方、地上部重も地下部重と同様、人力除草区が最大で、除草回数が増加するにつれて地上部重も増加するが、機械除草区の中では、3 回除草区が最大で、4 回区ではやや減少、5 回区でははっきりと減少している。これは、第 9 図にみられるようにロータリカルチが大きくなったハクサイの一部を折損あるいは除去する確率が増加す

第 9 図 ロータリカルチによるハクサイ折損状況

ることによると推定され、また、ハクサイの根部を損傷することによる生育の遅延の可能性も推察される。しかし、地上部重から外葉をすべて除去した可食部重を比較してみると、3 回以上の機械除草区では大きな差は認められなかった。

9 月 5 日の最終耕耘日を起点として、経過日数に伴う残存雑草量の推移をあらわせば、第 10～12 図のようになる。第 10 図は、総残存雑草本数の経時変化、第 11 図は、そのうち最強雑草である‘はこべ’の本数の経過、第 12 図は、総残存雑草重量の経過である。

第 10 図 耕起後日数と残存雑草本数
注) $W_0 \sim W_{10}$ については第 1 表参照

第 11 図 耕起後日数と最強雑草残存本数

第 12 図 耕起後日数と残存雑草重量

図より、残存雑草本数は、耕耘後48日頃から変動が少なくなり、各処理区ともそれぞれ一定の値に落ち着いている。これは「はこべ」の本数についてもほぼ同様な傾向を示す。すなわち、この現象は、雑草間および雑草-作物間の競合がこの頃に始まることをあらわしていると推察される。一方、残存雑草重量は、収穫直前の12月4日までは経時的に増加を続ける傾向にあるが、それ以後からは減少を始めている。従って、雑草量の減少を目的とする除草方法としては、雑草本数が増加を続ける間は、個体数を減少させ、それ以後は、総個体重量を減少させることに技術目標を設定すべきと考えられた。

また、第13図は、は種日を起点とした作物生育量の経時変化を示している。図より、人力除草区の生育経過が最も良いが、初期の頃は、他の処理区より低めに推移しており、むしろ、無除草区では、は種後50日頃まで、最高の生育を

第13図 は種後日数と作物生育量

第14図 は種後日数と作物生育量の推移予測

第15図 残存雑草量と除草効果判定の模式図

第16図 作物生育量と除草効果判定の模式図
示した。また、機械除草区では、3回除草区の生育経過が最も順調と判断された。

この経時変化が生長曲線に従うと仮定して、「農林研究計算センター・ライブラリー」成長曲線の追跡(関島, 1968)を使用して、電算機によるあてはめの計算を試みた結果、第14図のようになった。これによると、最大生育量Aの数値は、すべてのケースで実測値をかなり下回り、期待どおりの値に収束しない。この原因として、モデルの方程式の選定に誤りがあったことと、スケールが不適当であることが考えられ、この点を再検討する必要があるが、当面の問題として、生長曲線への当てはめを必要としない除草効果の表現法を考えれば、一層簡便であり利用効果も高いと考えられた。

2) 除草効果のベクトル表示

そのような除草効果の表現法の一つとして除草効果のベクトルによる表示について検討した。まず、第15, 16図のように、残存雑草量の推移を模式的

に表現した。

いま、第15図の残存雑草量について考えると、ある機械除草日 D_{i-1} から期間 t_{i-1} が経過して、次の除草適期 D_i を迎えたときの残存雑草量を P_i とする。 D_i に 3 通り（無処理、機械および人力）の除草処理を施したあと、さらに期間 t_i が経過したときの残存雑草量をそれぞれ、 Q_{i+1} 、 P_{i+1} 、 R_{i+1} とするとき、その間の雑草量の推移は、それぞれ

$\vec{A}_i = \vec{P}_i \vec{Q}_{i+1}$, $\vec{B}_i = \vec{P}_i \vec{P}_{i+1}$, $\vec{C}_i = \vec{P}_i \vec{R}_{i+1}$ であらわすことができる。

ここで、 $\vec{f}_i (= \vec{A}_i - \vec{B}_i)$ を考えると、

$$\vec{A}_i - \vec{B}_i = \vec{P}_{i+1} \vec{Q}_{i+1}$$

であるから、 $\vec{f}_i$ は期間 t_i の機械除草と無除草の雑草生育量の差即ち機械除草効果である。

また、 $\vec{g}_i (= \vec{A}_i - \vec{C}_i)$ を考えると、同様に、

$$\vec{A}_i - \vec{C}_i = \vec{R}_{i+1} \vec{Q}_{i+1}$$

であるから、 $\vec{g}_i$ は期間 t_i の人力除草と無除草の雑草生育量の差即ち人力除草効果である。

さらに、機械除草効果 $\vec{f}_i$ と人力除草効果 $\vec{g}_i$ の比

$$h_i = \vec{g}_i / \vec{f}_i$$

は、人力除草に対する機械除草効果率をあらわしており、この比率が大きい程機械除草効果は高いと判断される。

一方、第16図のように作物生育量を指標とした場合には、機械除草効果 $\vec{f}_i$ は、

$$\vec{f}_i = \vec{B}_i - \vec{A}_i \\ = \vec{Q}_{i+1} \vec{P}_{i+1}$$

で、同様にして人力除草効果 $\vec{g}_i$ は、

$$\vec{g}_i = \vec{C}_i - \vec{A}_i \\ = \vec{Q}_{i+1} \vec{R}_{i+1}$$

であり、また、人力除草に対する機械除草効果率 h_i は、

$$h_i = \vec{f}_i / \vec{g}_i$$

である。

以上の仮説により、今回の実験結果について、除草効果をベクトル値に換算すれば、第2表のとおりである。

第2表に基づいて、除草効果を検討してみる。

まず、残存雑草量を指標とした除草効果は、本数、重量および個体重のいずれの場合でも、 $t_1 \sim t_2$ の間で顕著であり、特に雑草本数が測

定指標の場合には人力除草に対する機械除草効果率は $t_1 \sim t_2$ で $1/3 \sim 1/2$ の間にあった。また、残存雑草個体重を測定指標とした場合は、最初の2回の機械除草は雑草個体重を減少させる効果があるものの、それ以降の機械除草は、むしろ雑草個体重を増加させるという逆の効果がみられた。

一方、処理後の経過期間を 2, 3, 4 週間という3段階に分け、その間の作物生育量を指標とした除草効果を検討してみると、機械除草の効果は、秋作の場合、処理後4週間後で顕著に発現したと考えられ、従って作物収量に対して有効な除草は、本試験の範囲では、第3回目除草期頃までの除草作業であると推察された。

4 摘 要

機械除草効果の判定を的確に行うため、雑草量および作物量の経時変化から評価するための表現法について検討中である。その一つとして、ベクトルを利用した表現法を考案し、ロータリカルチャーによる秋作ハクサイ栽培期間中における除草効果について適用した結果、本表示法は除草効果を簡明に表現でき、利用価値は高いと判断された。

5 引用文献

- 1) 農林水産技術会議事務局編(1976) 畑作における雑草の省力防除技術の確立に関する研究。
- 2) 小堀 乃(1976) 野菜用トラクタの利用による栽培技術に関する研究——野菜用トラクタの構造。野菜試栽培部年報 No. 3 : 137 - 138.
- 3) 小堀 乃・倉田久治・古谷 正(1976) 野菜用トラクタの利用による栽培技術に関する研究——中耕除草作業技術の改良に関する試験。野菜試栽培部年報 No. 3 : 145 - 146.
- 4) 小堀 乃・倉田久治・古谷 正(1977) 同上。野菜試栽培部年報 No. 4 : 133 - 135.
- 5) 小堀 乃・倉田久治・古谷 正・坂上(中西)修(1978) 同上。野菜試栽培部年報 No. 5 : 142 - 144.
- 6) 坂上(中西)修・倉田久治・古谷 正(1979) 同上。野菜試栽培部年報 No. 6 : 137

第 2 表 ベクトル表示による除草効果

雑草・作物生育期間		測定指標	y_{Ai}	y_{Bi}	y_{Ci}	f_i	g_i	h_i
			本 /0.6㎡	本 /0.6㎡	本 /0.6㎡	本 /0.6㎡	本 /0.6㎡	
t_0	27 (9/ 5 ~ 10/ 2)	雑草本数	93.0	-	-	-	-	-
t_1	14 (10/ 2 ~ 10/16)		20.4	-30.7	-84.0	51.1	104.4	0.49
t_2	14 (10/16 ~ 10/30)		51.0	19.0	-47.0	32.0	98.0	0.33
t_3	14 (10/30 ~ 11/13)		-18.3	-19.6	-67.7	1.3	49.4	0.03
t_4	14 (11/13 ~ 11/27)		- 8.4	-18.7	-51.0	10.3	42.6	0.24
t_5	14 (11/27 ~ 12/11)		- 0.3	-10.3	-35.0	10.0	34.7	0.29
			g/0.6㎡	g/0.6㎡	g/0.6㎡	g/0.6㎡	g/0.6㎡	
t_0	27 (9/ 5 ~ 10/ 2)	雑草重量	32.7	-	-	-	-	-
t_1	14 (10/ 2 ~ 10/16)		37.0	7.2	-32.1	29.8	69.1	0.43
t_2	14 (10/16 ~ 10/30)		59.1	26.9	-38.6	32.2	97.7	0.33
t_3	14 (10/30 ~ 11/13)		33.7	33.6	-62.0	0.1	95.7	0.001
t_4	14 (11/13 ~ 11/27)		41.5	71.2	-97.1	-29.7	138.6	-0.21
t_5	14 (11/27 ~ 12/11)		-77.9	-83.8	-164.3	5.9	86.4	0.07
			g/本	g/本	g/本	g/本	g/本	
t_0	27 (9/ 5 ~ 10/ 2)	雑 草 個 体 重	0.35	-	-	-	-	-
t_1	14 (10/ 2 ~ 10/16)		0.26	0.25	-0.28	0.01	0.54	0.02
t_2	14 (10/16 ~ 10/30)		0.27	0.22	-0.52	0.05	0.79	0.06
t_3	14 (10/30 ~ 11/13)		0.78	0.81	-0.70	-0.03	1.48	-0.02
t_4	14 (11/13 ~ 11/27)		1.03	2.36	-1.32	-1.33	2.35	-0.57
t_5	14 (11/27 ~ 12/11)		-1.08	-1.30	-3.08	-0.50	1.28	-0.39
			g/0.6㎡	g/0.6㎡	g/0.6㎡	g/0.6㎡	g/0.6㎡	
t_0	21 (9/11 ~ 10/ 2)	処理後 2 週間の作 物生体重	9.0	-	-	-	-	-
t_1	14 (10/ 2 ~ 10/16)		127.7	94.3	129.3	-33.4	1.6	-20.88
t_2	14 (10/16 ~ 10/30)		939.4	791.7	788.7	-148.0	-150.7	0.98
t_3	14 (10/30 ~ 11/13)		1568.6	1795.3	1364.7	226.7	-203.9	-1.11
t_4	14 (11/13 ~ 11/27)		1660.0	1140.0	2988.3	-520.0	1328.3	-0.39
t_5	14 (11/27 ~ 12/11)		1306.7	1030.0	403.3	-276.7	-903.4	0.31
			g/0.6㎡	g/0.6㎡	g/0.6㎡	g/0.6㎡	g/0.6㎡	
t_0	21 (9/11 ~ 10/ 2)	処理後 3 週間の作 物生体重	9.0	-	-	-	-	-
t_1	21 (10/ 2 ~ 10/23)		264.3	333.7	334.7	69.4	70.4	0.99
t_2	21 (10/16 ~ 11/ 6)		1628.4	1269.7	1643.4	-358.7	15.0	-23.91
t_3	21 (10/30 ~ 11/20)		1902.0	2428.6	2743.0	526.6	841.0	0.63
t_4	21 (11/13 ~ 12/ 4)		2230.0	1953.3	2858.3	-276.7	628.3	-0.44
t_5	14 (11/27 ~ 12/11)		726.7	450.0	403.0	-276.7	-323.4	0.86
			g/0.6㎡	g/0.6㎡	g/0.6㎡	g/0.6㎡	g/0.6㎡	
t_0	21 (9/11 ~ 10/ 2)	処理後 4 週間の作 物生体重	9.0	-	-	-	-	-
t_1	28 (10/ 2 ~ 10/30)		785.0	1033.7	918.0	248.7	133.0	1.87
t_2	28 (10/16 ~ 11/13)		1721.7	2360.0	2153.4	638.3	431.7	1.48
t_3	28 (10/30 ~ 11/27)		3455.3	3515.3	4353.0	60.0	897.7	0.07
t_4	28 (11/13 ~ 12/11)		2596.7	2446.7	3391.6	-150.0	794.9	-0.19
t_5	14 (11/27 ~ 12/11)		726.7	450.0	403.0	-276.7	-323.4	0.86

y_{Ai} : $\vec{A}$ の y 成分, y_{Bi} : $\vec{B}$ の y 成分, y_{Ci} : $\vec{C}$ の y 成分

雑草量について, $\vec{f}_i = \vec{A}_i - \vec{B}_i = y_{Ai} - y_{Bi}$

$\vec{g}_i = \vec{A}_i - \vec{C}_i = y_{Ai} - y_{Ci}$

$\vec{h}_i = \vec{f}_i / \vec{g}_i$

作物量について, $\vec{f}_i = \vec{B}_i - \vec{A}_i = y_{Bi} - y_{Ai}$

$\vec{g}_i = \vec{C}_i - \vec{A}_i = y_{Ci} - y_{Ai}$

$\vec{h}_i = \vec{g}_i / \vec{f}_i$

-142.

7) 坂上 修・倉田久治・古谷 正・安部勇
徹（1980）野菜用トラクタの利用による栽培技
術に関する研究—中耕除草作業技術の改良に関

する試験．野菜試栽培部年報No 7：197 - 204.

8) 関島 稔（1968）成長曲線の追跡，農林
研究計算センター報告 A 2 号 2 - 9（43）：
181 - 191.

Summary

In order to evaluate the effects of mechanical weeding, the index for expression of the effects from time varying tendency of fresh weights of weeds and crops are under investigation.

In this report, a new index using "vector indication" was examined.

After applying the new index to the effect of rotary cultivator weeding in chinese cabbage cultivation of fall cropping, it was surmised that the method using "vector indication" was of good utility, because of its brief expression.