

作物と雑草との競争に関する実験的研究(2)

笠原安夫

4. 水稻と水田雑草との競争試験

A. 試験および調査方法

まず1951~53年の間にコンクリート框で3回にわたり、また1956年にはポットにおいて、水稻とノビエ(タイヌビエ)あるいはコナギを混植し、その割合やノビエの大きさおよび水深を変えて地上部と根の生育をしらべ、その結果から競争を検討した。

a. コンクリート框における競争試験(1951~'53)

第1~3回試験を1/100aの有底コンクリート框(90×100×75cm)に45cmの深さに土を入れ、第26図A, B, Cのように、1框に水稻のみ12株、また水稻12~16株とノビエ12~33株、あるいはコナギを混植し、第1, 2回試験では水稻の活着後15~30日間湛水深を5, 10, 15, 20cmにかえ、以後は成熟まで5cm湛水として湛水の深さとノビエの溺死* 関係をしらべた。第3回試験では常時5cmの湛水として水稻とノビエ、コナギの競争関係を見た。各回の試験とも、框のガラス板に面した箇所(1)に6株を並べて植えておき、根の展開を随時に観察できるようにした。第1回試験では、草丈32~37cmの水稻(朝日品種)と29~40cm長のノビエ、10~13cm長のコナギを1株1本植、第2回試験では同じ箇所に28~32cm長の水稻と0.5~1cm位に発芽した芽出しノビエを植え、第3回試験では、全框に30~32cm長の水稻を12株宛、1株3本植(平均面積750cm²)として、その株間に30cm長のノビエ(苗代ヒエ)、または7~11cm長のノビエ(田植ヒエ)、或いは6~8cm(3~4葉)長のコナギ各2株を1株1本植、またはノビエとコナギの両種を1株に混じて水稻と混植(平均面積375cm²)した。そして水稻単植区(対照)、コナギ区、ヒエとコナギ区、田植ヒエ区、苗代ヒエ区とそれぞれ名付け、水稻と雑草間の各生育量のちがいをしらべ、生育競争を見た。

以上、第1~3回試験とも10a当り硫安48, 過石19, 塩加11.2kgを施肥し、7~15日毎に草丈(1株最長)、茎数、根の生長をしらべた、根の調査は1側面を30cmにつき9cmの割に下部を内側に傾斜させてはめたガラス面から14cmを隔てて水稻、ノビエ、コナギを植えておき、根がガラス面に現われる状況を種類別に色わけ複写してその展開、こみ合い、根数、根長、根群の巾などを調査した(図版6~9, 1/8縮小参照)。この7日毎の複写は、かなりの時間がかかるため1区宛しか調査できなかった。また掘取り後の根重は、水洗いして土砂を除き(図版5参照)、風乾後に秤重し、1株根数は、水稻、ノビエでは茎との接着部を、コナギでは主根から生じている第1次根の切断面から算定した。三者

注 * 第1回試験成績の一部については「水田雑草ノビエ防除に関する研究. 第1報」として農学研究, 40(3)(1952)に発表した。

の根の識別はコナギは青藍色，ノビエは水稻より太くやや濃色なので，それらを注意深く1本1本丹念によりわけてしらべた。しかしちぎれた一部の根はよりわけができた根重に対して按分比例して加算して1株根重とした。

b. ポットにおける競争試験 (1956)

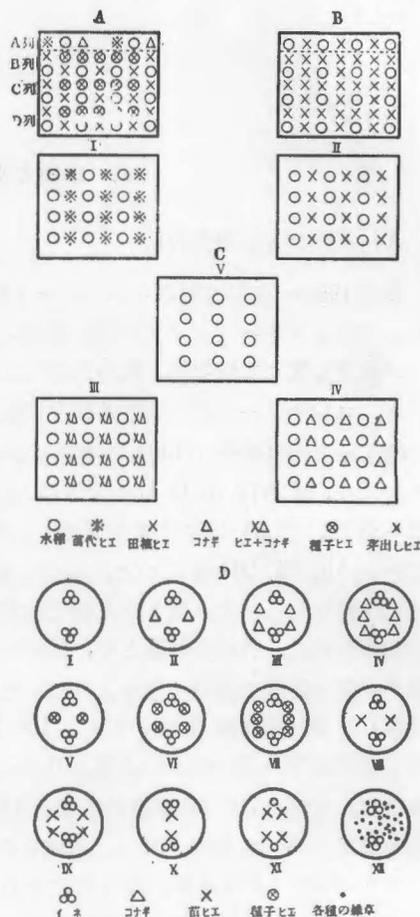
1956年7月3日に直径24cmのポット(約1/2000a)に乾燥土10kgを入れ，第26図Dのように水稻苗(朝日品種)を1株3本植で，I. 単植区は水稻2株植(平均面積226cm²)，II. 水稻対ノビエを2:2(同113cm²)，III. 2:4(同75.4cm²)，IV. 2:6(同56.5cm²)のように配置した。その水稻苗は草丈32~36cm，ノビエは苗代に自生していた15~20cmの大きさのもの(苗代ヒエ)，水浸種子(種子ヒエ)およびコナギの種子を混植，混播した。そして水稻は1株が3本植，雑草は1株が1本植であった。よって，1ポット当たり株数では水稻対ノビエの2:2区は植付本数では6:2で，同様に株数が2:4，2:6では本数6:4，6:6である。また，水稻2本とノビエ1本をもって1株としたものは，1ポット当りの本数では4:2となり，逆に水稻1本とノビエ2本とで1株としたものは，本数は2:4となる。これらについて2週間毎に草丈，茎数を，根は前述と同様にして種類別に根数，根重をしらべた。肥料は7月23日に1ポット当たり硫酸0.8g，過石0.5g塩加0.3gを施した。

c. 圃場における競争試験 (1952~'53)

圃場においては，第27図のように水稻に対するノビエの位置とその距離のちがいによる加害程度を見るため，1952，'53両年において水稻苗と苗代に自生していた水稻と同長のノビエとを交互に，または隔てた位置で混植或いは水稻の1株植付けの本数を1本と3本に変え，両者の競争の強弱を生育量からしらべた。

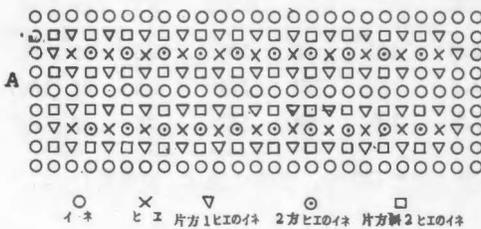
(1) 第1回圃場試験 (1952)

1952年5月9日に水苗代で播種して育てた水稻苗(朝日)と，同苗代に自生していた水稻と同長のノビエを抜取って，6月26日に本田で第27図Aのようにノビエを囲んで水稻を植え，



第26図 水稻とノビエとの競争試験設計図(単植及び混植と密度)

どちらも1株1本植とした。株間は27cm, 株列は30cm間隔(1株平均面積810cm²)とした。水稲はノビエとの配列方向と距離によって, 2方2ヒエ, 片方1ヒエ, 斜片方2ヒエと名付けた。管理は慣行の1回耕に加えてノビエ以外の雑草は, 2.4-Dの撒布で除き, ノビエは9月30日, 水稲は11月1日に刈取り, 各処理によって同じ位置のノビエと水稲の平均個体重を比較した。

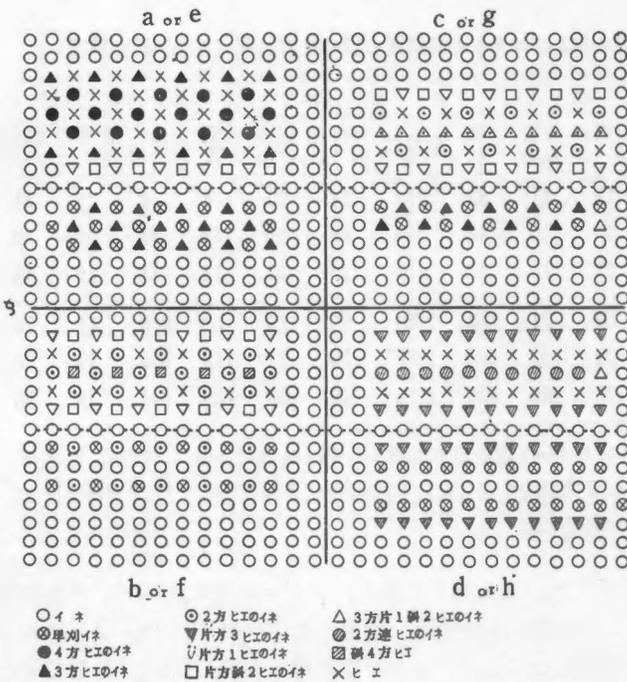


管理は慣行の1回耕に加えてノビエ以外の雑草は, 2.4-Dの撒布で除き, ノビエは9月30日, 水稲は11月1日に刈取り, 各処理によって同じ位置のノビエと水稲の平均個体重を比較した。

(2) 第2回圃場試験

(1953)

6月28日に第27図Bのように水稲とノビエとを27cm株間で植付け(平均面積730cm²), ノビエは, 水稲より成熟が早いので約1ヶ月早く10月上旬に刈取った。そのため比較上ノビエの刈取りと同日に刈る区を早刈りイネ区とした。また, 水稲1株植付けに3本植(a, b, c, d区)と1本植(e, f, g, h区)の両区をつくり, aとe, bとf, cとg, dとhとは植方を同じ配置とした。水稲がノビエに囲まれる株数と位置



第27図 水稲とノビエとの競争の混植配置(1952)

で, 4方ヒエ, 3方ヒエ, 片方ヒエ, 斜2方ヒエと名付け, それぞれの区の平均1株重を比較した。また, この中から水稲とノビエを合せて5株の組合せ(4:1, 2:3, 3:2), または9株の組合せ(8:1, 6:3, 5:4, 3:6)を取出して, 各区当りの生産量の比較およびノビエと水稲との相関, 回帰, 群落量との相互関係をしらべた。

B. 水稲とノビエおよびコナギの地上部と根の競争成績

a. 第1回コンクリート框における試験成績(1951)

水稲の両側に14.5cm隔てそれに同長のノビエと茎長が約1/3のコナギを混植しガラス面に現われた根および刈取り後の地上部重量をしらべ, 第10表a, bの結果をえた。

同表によれば地上部ほどの湛水区もノビエが最も生長が早く, つづいて水稲が15cm湛水と飽水区において大きい。しかし, 5cm区ではコナギの乾燥重が水稲よりも大であった。このように水稲は, 両側よりノビエとコナギの圧迫を受けて, 対照区に比べて総重は,

第 10 表 a. 水稲, ノビエおよびコナギの混植区の 1 株当り地上量 (1951)

処理方法	水 稲				ノ ビ エ			コ ナ ギ		
	草丈	分けつ	乾燥重	籾重	草丈	分けつ	乾燥重	草丈	茎数(葉数)	乾燥重
湛水 15 cm	103 ^{cm}	7 ^本	34 ^g	14.8 ^g	101 ^{cm}	59 ^本	105 ^g	36 ^{cm}	7 (78)	16 ^g
〃 5 cm	88	3	15	3.8	80	102	110	33	21 (186)	32
飽 水	102	4	36	12.5	106	66	145	26	7 (81)	14

備考 5 cm 湛水ノビエのない区の水稲 1 株の草丈 120 cm, 分けつ 20 本, 乾燥重 102 g, 籾重 37.7 g である。

第 10 表 b. 水稲, ノビエおよびコナギの混植区の根の生育状況 (ガラス面の展開)

処理方法	水 稲				ノ ビ エ				コ ナ ギ			
	根数	全根長	根群の深さ	根群の巾	根数	全根長	根群の深さ	根群の巾	根数	全根長	根群の深さ	根群の巾
七月二日 湛水 15 cm	14 ^本	20 ^{cm}	11 ^{cm}	11 ^{cm}	33 ^本	119 ^{cm}	34 ^{cm}	20 ^{cm}	5 ^本	8 ^{cm}	12 ^{cm}	11 ^{cm}
〃 5 cm	26	46	20	16	48	114	28	16	39	83	30	19
飽 水	18	32	17	15	33	133	33	11	11	11	16	14
十月六日 湛水 15 cm	88	349	39	21	282	1051	35	29	87	308	35	20
〃 5 cm	105	313	38	23	492	1827	38	29	115	469	40	22
飽 水	99	461	37	26	422	1732	49	37	120	344	34	18

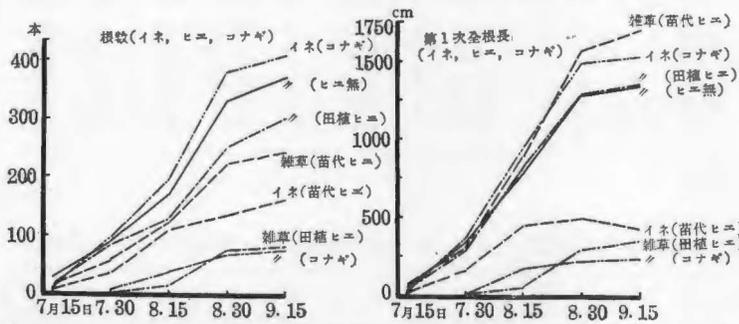
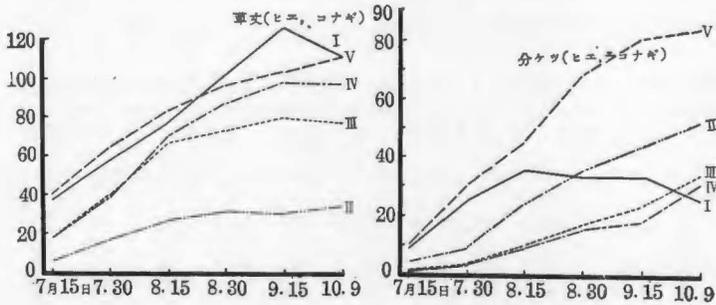
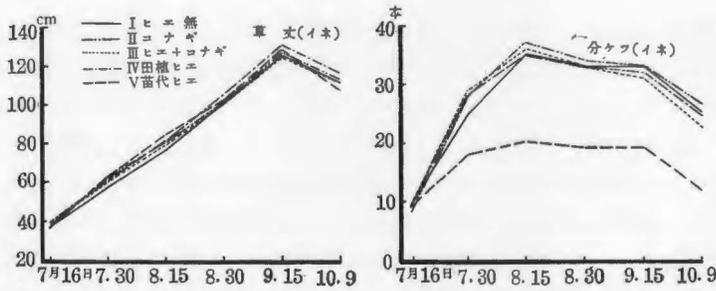
備考 6 月 30 日に 1/100 a のコンクリート框のガラス面から 14 cm 隔て, 稲, ノビエ, コナギを交互に混植した。数字は 2 株平均を示した, 根の調査は本表以外に 7 月 27 日~9 月 16 日まで 7 日毎に行なったが省略した。

14.5~35.3% といちじるしく低下した。また根の生長は, ノビエが他に比べていずれの湛水のものも初期から生育がよい。10 月 6 日の根長, 根数とも 15 cm 区では, ノビエが水稲の 3 倍, 5 cm 区では 5 倍, 飽水区では 4 倍, コナギは水稲と大差がない。そしてその大きさと順位は, 15 cm 湛水, 飽水区では, ノビエ>水稲>コナギであり, 5 cm 区ではノビエ>コナギ=水稲の関係があった。

b. 第 2 回コンクリート框における試験成績 (1952)

附表 13 a, b では, 第 1 回 (7 月 3 日) 中耕後に水浸して芽出したノビエ種子を植えた。その生育は水稲に比べてきわめて不良で, とくに 20 cm 湛水区は全部溺死し, 15 cm 区では 1 株しか生存株がなく, 5 cm 区は 33 株中 29 株が生存したが, その 1 株重は水稲の 6% にすぎない。また根の生長も不良で対照に比べて根数 20%, 第 1 次の全根長 36% である。9 月 15 日にガラス面に現われた対照区の水稲の根数は, 298 本, 収穫後にしらべた 1 株平均根数は, 749 本であってそれに対して約 40% にあたるので, その割合から第 1 次根の全長は 24.7 m となる。なお, 5 cm 湛水区が対照に比べて生育量が低下したのは小さいノビエの存在よりも他の雑草が多いためと考えられる。

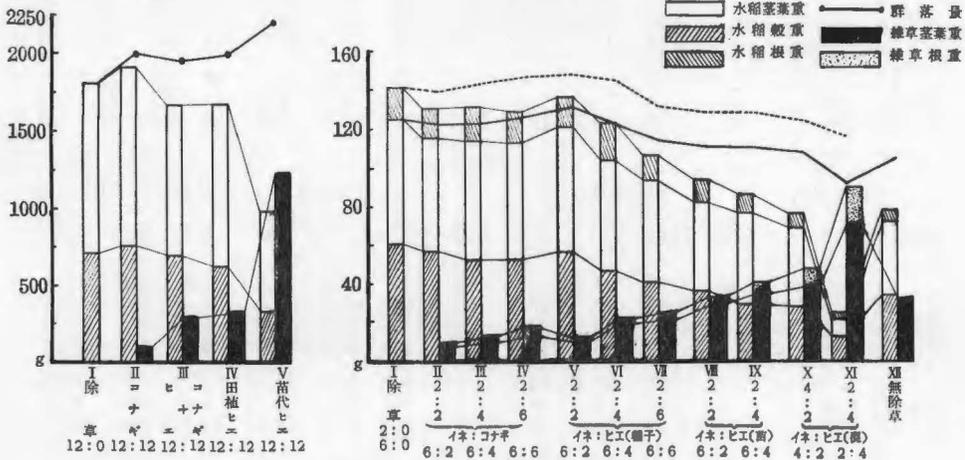
c. 第 3 回コンクリート框の試験成績 (1953)



第 28 図 水稻, ノビエ, コナギの混植における草丈, 分けつ, 根数, 全根長 (1953)

a. (1953)

b. (1956)



第 29 図 水稻, ノビエ, コナギの各生産量の相互関係

第 11 表, 第 28 図はノビエ或いはコナギとの混植における平均草丈, 1 株当りの分けつ, ガラス面に現われた根数, 全根長, 根群の深さ, 巾の調査成績で, 水稻と主要雑草との競争結果が示されている. それによれば, 各混植区の地上部, 地下部とも最初から苗代ヒエが最も大きく, ついで水稻, 田植ヒエ, コナギの順であり, 混植区での水稻の生育は, 基数において苗代ヒエ区が極端に小さい, その他は区間差はきわめて小さくてそのちがいははっきりしないが, 雑草の基数の大きいものが小さくなる傾向がある. 草丈は差が少なく, 苗代ヒエ, 田植ヒエ, コナギ, ノビエのない区の順となり, 雑草とせり合う区の方が伸長する傾向がある. また, 同表および図版 6~9 のようにガラス面に現われた根の調査結果は, 苗代ヒエが早くから根数, 根長, 根群とも大きく後までも大きく生長をつづけ, そし

第 11 表 a. 水稻, ノビエ, コナギの混植と草丈, 分けつ (1953)

調査月日		7月16日		7月30日		8月15日		8月30日		9月15日	
		草丈	分けつ	草丈	分けつ	草丈	分けつ	草丈	分けつ	草丈	分けつ
水 稻	I 水稻のみ	37.9	9 ^{cm}	57.6	25 ^本	76.3	35 ^{cm}	102	33 ^本	126	33 ^{cm}
	II コナギ	38.0	8	62.1	28	80.4	37	102	34	127	33
	III 水稻+コナギ	39.1	9	60.3	29	79.5	36	101	33	125	31
	IV 田植ヒエ	39.8	9	60.3	28	81.4	35	106	33	130	32
	V 苗代ヒエ	36.6	9	62.7	18	84.1	20	103	19	129	19
雑草	II コナギ	6.0	4	16.6	9	26.7	24	32	34	31	43
	III コナギ+	6.0	4	17.4	9	28.6	24	36	29	32	36
	ヒエ	18.0	1	39.3	3	66.0	10	72	17	79	23
	IV 田植ヒエ	18.0	1	38.2	3	69.5	9	87	15	98	18
	V 苗代ヒエ	40.4	10	64.0	30	82.9	45	96	68	103	80

12 株 平均

第 11 表 b. 水稻, ノビエ, コナギの地下部の生育状況 (ガラス面の展開)

調査月日		7月15日				7月30日				8月15日			
		根数	全根長	根群の深さ	根群の巾	根数	全根長	根群の深さ	根群の巾	根数	全根長	根群の深さ	根群の巾
水 稻	I 水稻のみ	20.7 ^本	42.8 ^{cm}	18.0 ^{cm}	16.3 ^{cm}	90.7 ^本	330 ^{cm}	23.7 ^{cm}	27.7 ^{cm}	170 ^本	773 ^{cm}	36.7 ^{cm}	31.7 ^{cm}
	II コナギ	10.7	20.2	13.0	13.3	96.3	366	23.3	23.0	197	941	39.7	24.7
	IV 田植ヒエ	14.3	33.0	16.7	15.7	82.7	287	22.3	26.7	160	816	41.3	29.7
	V 苗代ヒエ	8.7	16.7	11.7	11.3	36.7	165	23.3	17.7	111	445	39.3	21.0
雑草	II コナギ	—	—	—	—	8.7	13	12.0	6.0	39	173	31.7	11.3
	IV 田植ヒエ	—	—	—	—	0.7	2	4.3	2.7	14	65	25.3	15.0
	V 苗代ヒエ	14.0	53.0	16.7	17.0	56.7	291	28.7	25.7	122	889	46.7	31.7

調査月日		8月30日				9月15日				*11月15日		
		根数	全根長	根群の深さ	根群の巾	根数	全根長	根群の深さ	根群の巾	根重	根数	根群の深さ
水 稻	I 水稻のみ	330 ^本	1278 ^{cm}	43.3 ^{cm}	30.7 ^{cm}	372 ^本	1347 ^{cm}	41.7 ^{cm}	32.0 ^{cm}	7.8 ^g	865 ^本	42.2 ^{cm}
	II コナギ	380	1485	46.7	27.0	408	1536	46.7	28.0	8.3	822	43.2
	IV 田植ヒエ	253	1280	45.0	29.7	302	1356	46.3	30.0	8.2	822	48.3
	V 苗代ヒエ	134	499	39.3	21.0	162	429	40.0	21.0	6.5	626	42.8
雑草	II コナギ	67	226	33.7	14.7	75	242	34.0	15.3	2.3	113	31.6
	IV 田植ヒエ	74	297	29.3	19.0	82	361	30.0	25.7	5.0	212	45.5
	V 苗代ヒエ	222	1569	47.0	32.0	245	1702	47.0	33.3	12.8	492	52.2

3 株 平均 *11月15日は掘り取り全根調査.

て7月下旬頃から水稲*の根とのこみ合いがはじまり、一方の水稲は8月15日以後は全根長、根数、根群の伸長、拡りが停止している。すなわち、苗代ヒエは、1株の全根長が8月15日889cm、8月30日1569cm、9月15日1702cm、水稲は、それぞれ445、499、429cmである、苗代ヒエに比べて他の田植ヒエおよびコナギは、ガラス面に現われることが遅い、すなわち8月15日において、田植ヒエは65cm、コナギは173cm、8月30日では、逆に前者が297cm、後者が226cmとなっている。なお11月15日の掘取り全区調査では、対照区水稲の全根数は865本、根重7.8g、9月15日のガラス面のそれは372本なので、9月中旬以後根数の増加がないものとすれば、対照区の水稲の第1次根の全長は31.3mと算出できる。同混植区では、苗代ヒエは根数492本、根重12.8g、相手水稲は626本、6.5g、田植ノビエは212本、5g、相手水稲は822本、8.2g、コナギは113本、2.3g、相手水稲は822本、8.2gである。このように苗代で水稲と同時に発生した水稲苗と同長のノビエの混植は水稲の生育を強く圧迫するが、それより遅く発生したノビエ、コナギとの混植での水稲の根の生育低下は、ほとんど認められない。

附表14および第29図は、各区の1框当りの地上部の生産量であるが、雑草量の大きさの順位が苗代ヒエ>田植ヒエ=田植ヒエ+コナギ>コナギの関係があり、一方の水稲は、苗代ヒエ区では45~55%と大きく低下し、もちろんそれは有意性があつたが、田植ヒエ区では8~12%の低下、コナギ区では逆に5~7%多くなった。つぎに群落量の比較は、対照(水稲のみ総重)が量も小さく、他はそれよりも8~22%大きく、そして苗代ヒエ区の群落は有意の増加となっている。それは対照区が水稲株数のみで(平均面積730cm²)あるのに混植区はノビエ、コナギ株数が加わり(平均面積365cm²)そのため群落量が大きくなっている。もし、水稲区の密度を混植区なみに2倍に増せば、その生産量は増加する筈で、それと比較すれば混植区の群落量が上昇するかどうかは疑問である。

d. ポットにおける試験成績(1956)

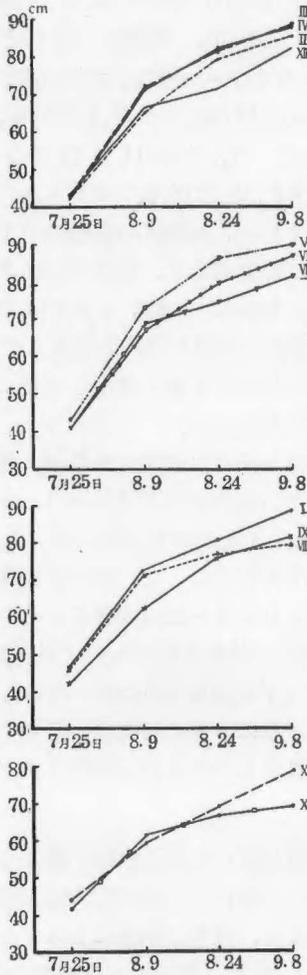
附表15および第30図によって、まず、草丈を見るにそれは水稲が最長で、ノビエはやや短かく、コナギは水稲の約1/3長で最も短かい。種子ヒエは7月下旬以後は苗ヒエ**よりも長くなった。つぎに混植密度と草丈との関係は、雑草の種類によつてちがひ、コナギでは密度の大きい2:6、2:4区が2:2区よりも長く、種子ヒエは密度の小さい2:2区が2:4、2:6区よりも長い。一方の水稲の草丈は、それら雑草の草丈の順位と同じである。よつて、これらの草丈も前述のコンクリート框のノビエで見られたと同様に、混植である程度まで密度が高い方が長くなる傾向が見られる。しかし、ポット当りの茎数は、各雑草とも密度が大きいほど多くなり、一方の水稲は、雑草の茎数の多いものほど少く。この点は極めてはっきり現われている。

つぎにポット当りの生産量をその順位と区間差で示せば、雑草ではXI(混株ヒエ2:4) ≧ X(同4:2) = XII(無除草) = IX(苗ヒエ2:4) = VIII(苗ヒエ2:2), VIII = VII(種子ヒエ2:6) = VI(種子ヒエ2:4) = V(種子ヒエ2:2), IV(コナギ2:6) > III(コナギ2:4) = II(コナギ2:2), VII > Vの関係が見られ、一方の水稲の茎葉重は、I(除草) =

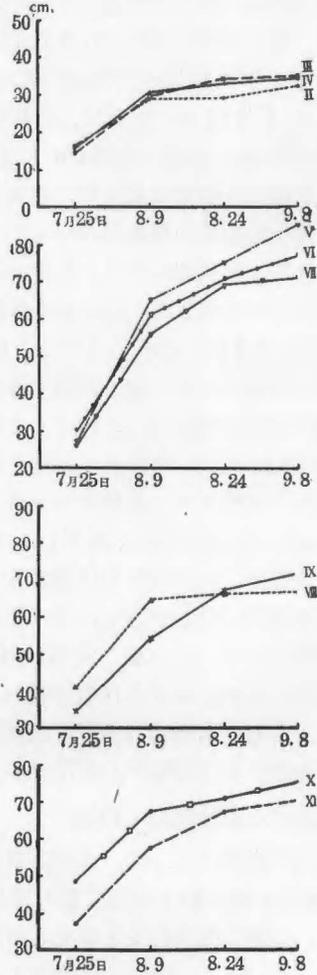
* ただ、7月30日、8月15日苗代ヒエ区の水稲の根群の深さがノビエと競合うて長い、また図版6~8の個々の根群は、生育後期で被圧迫の水稲、田植ヒエ、コナギとも圧迫の苗代ヒエ、水稲にはさまれた内側のものは両端のそれよりも小さく、圧迫種はそれがないのは注目される。

** 苗ヒエは7月中下旬ゾイ虫の害が大きく、草丈は短かい、

水稻の草丈



雑草の草丈



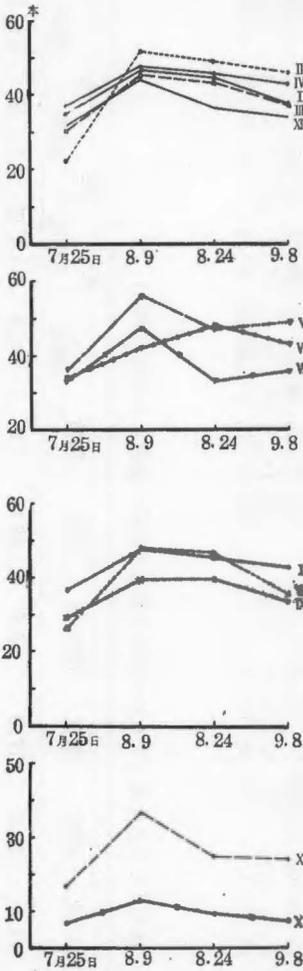
- I. 除 草
- II. イネ：コナギ (2:2)
- III. " (2:4)
- IV. " (2:6)
- V. イネ：種子ヒエ (2:2)
- VI. " (2:4)

第30図 水稻、ノビエ、コナギの

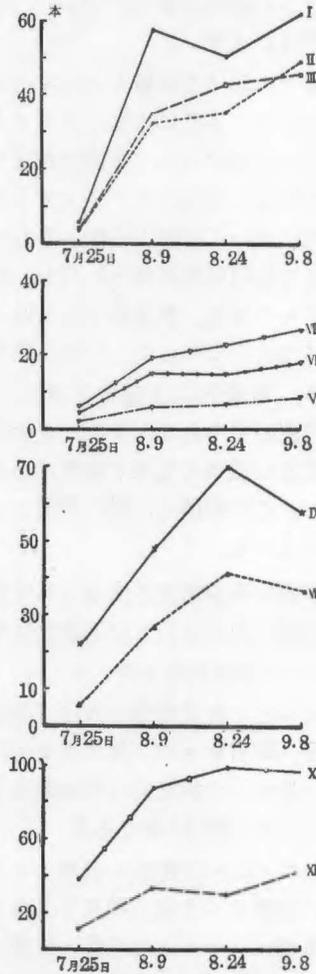
V = II = III, III = IV, V > VI = VII > VIII = IX, IX = X > XI < XII, I > IV, 穀重は茎葉重とはほとんど同じである。水稻の穀重の低下率はコナギ区は6~13%, 種子ヒエ区は6~32%, 苗ヒエ区が40~51%, そして水稻の株内に苗ヒエを混じた区が53~79%で最も大きく低下した。そしてまた雑草と水稻を合した群落量では, V = IV = I = III = II = VI, VI = VII, V > VII, VII = VIII = IX = X = XI = XII, I > VIIの関係が示された。

それらは1ポット当りの生産量の関係であるが, 各種類の密度(株数)が異なるポット

水稲の茎数



雑草の茎数



- VII. イネ：種子ヒエ (2:6)
- VIII. イネ：苗ヒエ (2:2)
- IX. " (2:4)
- X. " (混) (2:4)
- XI. " (〃) (4:2)
- XII. 無 除 草

混植における草丈分けつ (1956)

間では種類別の1株当りの生育量を見る必要がある。しかしこのノビエ、コナギの試験は、雑草のみの区を設けていないため、はっきりしたことは言えないが、コナギ区は、密度が2, 4, 6株とその増加とともに平均1株茎葉重は34~38%, 同根重は22%低下した, 種子ヒエの茎葉重は5~30%の低下, しかし根重は、ほとんど低下していない。また苗ヒエは2株から4株に増加することによって一株当りの平均地上重, 根重とも約50%低下した。それらの地上部と根重の低下は、大体同傾向が見られる。T/Rは水稲が大きく、

つぎがノビエでコナギが一番小さい。そして混植の相手種類および密度との関係は明らかでない。水稲は除草区よりも無除草区が大きい。

以上の框、ポットにおける水稲とノビエ、コナギの生育競争試験において、さきに小麦とスズメノテッポウの茎数や地上重の生育について等値分布図で見たように、ある密度の小麦と混植のスズメノテッポウは、生育の初期、中期において単植1株植よりも生育がよく、一時ははっきり協同現象が見られたが、水稲とコナギ、水稲とノビエの茎数、茎葉重ではこのような明らかな協同現象はつかめなかった。ただ、草丈では競合いによって伸び、現象的には協同と同じと考えられ、根長もその傾向が見られた。また、コナギはノビエに比べて水稲生育の低下に及ぼす影響が小さいことがわかった。なお、この関係は、後に相関および回帰の項において述べている。

c. ノビエと水稲の混植密度と水稲1株植付本数のちがいが両種の生育におよぼす相互関係

第27図Aのように混植密度を同じにしてノビエに囲れた水稲はノビエとの配置株数と方向(距離)によって、2方ヒエ⊙、片方ヒエ▽、斜片方ヒエ□、ノビエ区にわけられ、それらの相互間の平均個体重及びその区間差を計算したのが第12表である。

第12表によればノビエの個体は水稲より大きく、総重で3~4倍、穂数5~7倍、稈長1.3倍となっている。そのため水稲はノビエとの株数、位置によって生育量に大小ができ、ノビエから受ける圧迫の強弱の判断となる。たとえば、I. 2方ヒエの水稲の平均総重*は、47.8g、II. 片方ヒエでは63.7g、III. 斜片方ヒエでは64.2gであり、2方からノビエに囲まれる水稲総重は、片方からの場合に比べて25%小さい。そしてII、III区間には差がないが、IとII、III区には有意差がある。このように30cm隔てた両側のノビエから水稲の受ける圧迫は大きい。しかしノビエが片側のみならば30cmと48cmとの隔りのちがいが水稲生育に及ぼす影響は、小さくて有意差はない。

第2回圃場試験成績

第27図Bのように配置、混植した、そして囲んでいるノビエは1株1本植、囲まれた水稲は1株を1本

第12表 水稲を囲むノビエの位置とそれらの平均1株重と稈長、穂数との関係(1952)

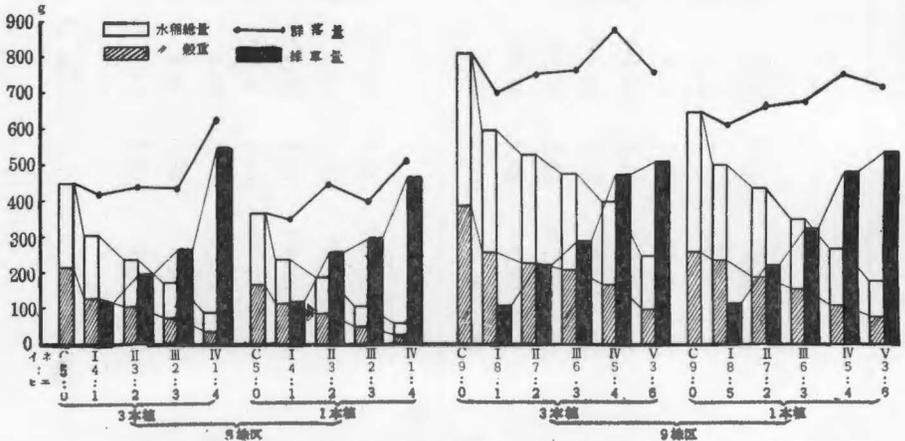
符号	如理方法	総重	100分比	葉重	穀重	100分比	稈長	穂数	区			差
									総重	穀重	葉重	
I ●	イネ(2方ヒエ)	47.8 ^g	74.5 [*]	28.1 ^f	17.0 ^g	68.5 [*]	89.0 ^{cm}	9 [*]	I < III	I < III	I < III	I < III
II ▼	ク(片方ヒエ)	63.7	99.2	35.5	24.6	99.2	90.3	13	I < II	I < II	I < II	I < II
III □	ク(斜片方ヒエ)	64.2	100.0	35.8	24.8	100.0	86.5	13	II = III	II = III	II = III	II = III
IV	タイヌビエ	239.0	372.3	—	—	—	108.8	71	III < IV	—	—	—

備考 3.3 m² 41株 ノビエは9月30日手取り、水稲は11月1日刈取調査。

植と3本植の2区を設け、それぞれの密度で混植した。また、ノビエは結実種子の脱落前に水稲より1ヶ月早く刈ったが、それが残っている水稲に及ぼす影響を知るためノビエと同じ位置の水稲を同時に早刈りする区を設けた。そして囲んだノビエの株数とその位置、方向によって区別された水稲の平均生育量* は第13表のように示された。

同表によればノビエの生育量は、同時に刈取った早刈り水稲に対して1本植の総重が164% (3本植では120%)、稈長118% (113%)、分けつ423% (228%)で、総重1.2~1.6倍、分けつ2.3~4.2倍であった。このノビエの配置において片方ノビエが他の配置のノビエより小さいが、これはズイ虫**の被害によるものである。つぎに1本植と3本植区の水稲の生育は、後者が前者よりも大きくなっている。したがって対照区に比べてノビエに囲まれ生育量の低下率は1本植の水稲が3本植よりも大きい。たとえば、水稲の総重において対照に比べ、●4方ヒエでは1本植が69.4% (3本植が82.5%)、▲3方ヒエ85.3% (87.3%)、▼片3方ヒエ73.1% (81.5%)、◎2方ヒエ74.0% (81.1%)になった。このようにノビエから受ける圧迫は、1本植が3本植よりも大きく示されている。そしてそれらは、対照区と比べて有意の低下が認められる。しかし1本植区での▽片方1ヒエの水稲は83.6%、□斜片方2ヒエは89%となっていて、それらは有意性がなかった。また、それらのノビエの株数、位置と水稲生育の低下関係は、1本植区では多株に囲れたものが大きく、かなりはっきりしているが、3本植区では、粒重は1本植区と同傾向だが、総重はその関係がはっきりつかめない。されど、いずれも対照区より有意の低下を示した。また、1ヶ月早く刈る早刈イネの平均個体総重は、成熟後に刈取る水稲のそれと殆んど変わりがなく、したがってその早刈稲に囲まれた水稲が、ノビエに囲まれた水稲のような、低下もまた反対に対照の水稲よりも大きくなるというようなことは認められなかった。

附表16および第31図は、水稲とノビエの混植を5株または9株毎に囲んだ面積当りの



第31図 圃場で水稲とノビエの混植における水稲、ノビエ及び群落量との相互関係——2種混合群の収量図 (1953)

* これらの平均値は棄却検定にかけて同一母集団と認められない大株または小株を捨てた。

** 一般にタイヌビエのズイ虫の被害は水稲よりも多い、また水稲と交互に植えたときよりも、この区のように連続して植える方が被害が大きいことが認められた。

両者の生産量と2つを合せた群落量を算出した、その図は2種混合群の収量図である。それによれば、ノビエの総重は株数の増加が1~4株までは1~4倍以上、6株では5倍となって、株数の増加毎に区間有意差がある。また混植区水稲は対照（水稲のみの区）に比べて水稲株の位置にノビエを植えているのでその株数だけ少ない。したがって、水稲重はいずれの区も22~85%と大きく低下し、1, 2の例外を除いて各区間には有意差があった。群落量は水稲4~8株に対してノビエ1株の混植ではつねに若干の低下が見られ、水稲1株に対しノビエ2株以上の混植では逆に上昇し、その上昇は大部分が有意性があった。

5. 水稲と各種雑草の生産量との相互関係

A. 試験および調査方法

1949年と1957年において、圃場および圃場設置の1/500 aの無底框で2.4-D, MCPを用いて水稲間の雑草を殺草処理し、薬害のない区の水稲収量と雑草量とのデータと、1/2000 aポットで水稲と2, 3の雑草を混植して、その雑草量の多少と水稲量および群落量の相互関係ならびに水稲と雑草との相関および回帰について検討した。

(1) 正条植水稲田における試験

1947年7月2日に水稲苗を1株3本植で、3.3 m²当り41株植（平均面積810 cm²）とし、1区は約20 m²に区画して10月下旬に調査した残草量を最少から多い順に5区ずつとって、その平均量とそれに対する水稲の生産量とをくらべた。肥料は7月10日に10 a当り硫安15, 過石22.5, 塩加6.8 kgを与えた。

(2) 圃場設置の1/500 a無底框における試験

1957年6月28日に直径48 cm, 高さ45 cmの無底円筒形の焼物框に水稲苗を23 cm 正方に4株（平均面積529 cm²）1株3本植とした。計50框について前回同様に調査した。肥料は10 a当り硫安50, 過石20, 塩加20 kgを施した。

(3) 1/2000 aポットにおける試験

1957年6月28日に直径24 cmポットに10 kgの田土を入れ、水稲苗を1ポット当り2株、1株3本植（平均面積226 cm²）とし、2日後にノビエ、コナギ、キカシグサ、ヒデリコ、コゴメガヤツリ、タマガヤツリなどの種子を播種し、無除草のまま放置したので雑草密度は被度90%以上であった。11月5日にその残草量と水稲の総重、籾重を秤かった。肥料は6月26日、8月12日にポット当り硫安1.2 g（10 a当り24 kg）、過石0.6 g, 塩加0.4 gを施した。

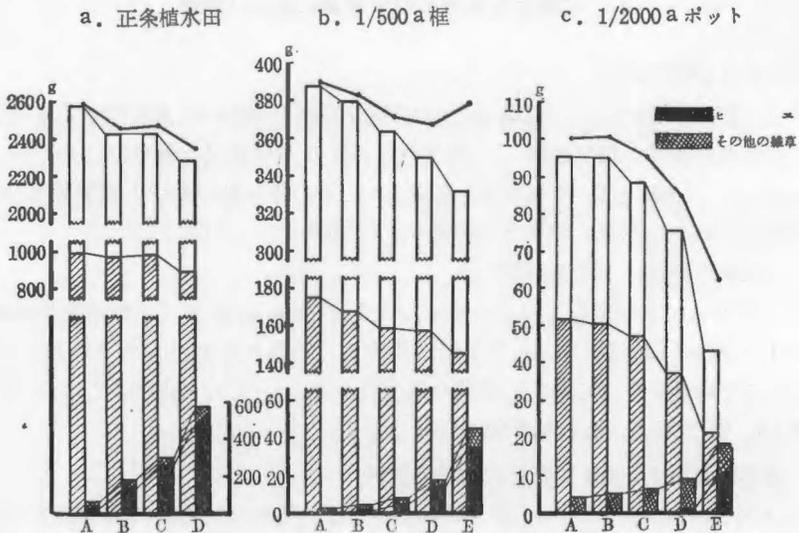
B. 雑草量の多少と水稲の収量および群落量との関係

(1) 正条植水田における試験成績

附表17 a, 32図 aは、その株間雑草量の平均重を最小62 gから最大575 gまでの4段階にわけ、平均雑草量と水稲の生産量との関係をしらべたものである。それによれば、雑草量が増加するにしたがって水稲総重、全体の群落量が少しずつ低下した。水稲の総重の低下率は5~11%, 群落量では5~9%であった。雑草量には、各区間とも有意差があるが、それに対する水稲、群落量は、AB, BC間には有意差がなくCD, AD間のみ認められる。すなわち、雑草比、群落比は約1.2%のちがいにおいて有意差があった。

(2) 1/500 a 框における試験成績

附表 17 b および 32 図 b は雑草量を最少から 10 框ずつ A~E の 5 段階にわけて平均雑草量と水稻量ならびに 2 つを合した群落量との関係をしらべた。各区間の雑草量はそれぞれ有意差があるが、一方の水稻では穀重は 4~18% の低下率であり、AC 間には有意差があり、AB, BC, CD 間には有意差がない。群落量では 1.4~5.6% の低下で、AD 区のみ有意差があった。この調査では雑草比が約 1.7% の差のとき穀重に区間差が見られ、また群落比の差が 4% のとき群落量には有意差が認められた。



第 32 図 圃場、ポットにおけると水稻、雑草及び群落量との相互関係 (1949, '56)

(3) 1/2000 a ポットにおける試験成績

附表 17 c および 32 図 c に示したように、雑草量は各区間に全部有意差がある。それらの雑草は、5 種類の雑草種子を別々に蒔いたが、E 区のノビエの他は、いずれもキカングサが大部分を占め、つぎにタマガヤツリが多く、コナギその他は少なくて種類別に区別することができなかつた (附表 17 d 参照)。それらの雑草量に対する水稻の低下率は、穀重 2~58%、群落量では 4~49% であり、そして水稻量は $A \geq D$ 、群落量は $A > D$ のようになって有意差があった。そしてこの場合水稻収量は、雑草比のちがいが約 3%、また群落量は、群落比の差が 6% 以上でそれぞれ区間有意差が示された。

C. 水稻と雑草の相関および回帰

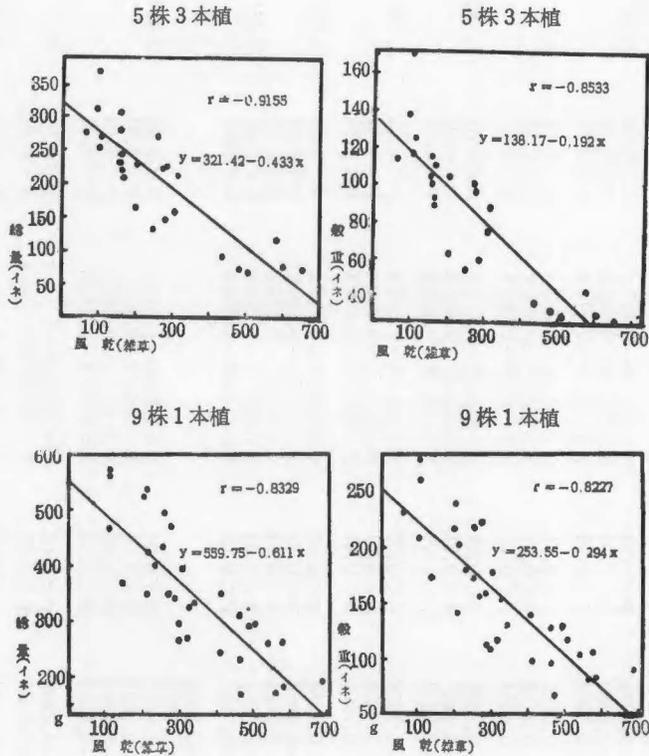
前項で述べたように、ノビエ、コナギその他の雑草量の増加に伴って一方の水稻の生産量はほぼ反比例的に低下する函数関係があり、また 2 つを合せた群落量は、低下するのが通常であるが、それが有意差のない範囲では、釣合ったコンスタントと考えられ、また逆に大株のノビエとの混植では群落量の増加を見た例もあった。

第 14 表および 33, 34 図では、ノビエ、コナギ、その他の雑草量に対する水稻量との両

第14表 水稻と雑草の各生育量と相関及び回帰

雑草	生産量	調査数	相関係数	雑草		X上のYの回帰		雑率	作物比		群落比	
				n	r	P	方程式		P	水稻/雑草		雑草/群落
正条植水田(水稲・ヒエ)	5株	雑草	乾	1本植	雑	重	y = 281.79 - 0.477x	P < 0.01	0.56	64.0	P < 0.01	
												分
		雑草	乾	3本植	雑	重	重	y = 51.09 - 0.177x	P < 0.01	0.76	56.8	P < 0.01
		雑草	乾	1本植	雑	重	重	y = 138.17 - 0.192x	P < 0.01	1.06	48.6	P < 0.01
	雑草	乾	3本植	雑	重	重	y = 559.75 - 0.611x	P < 0.01	1.59	38.6	P < 0.01	
												分
	1/100 a コン ト ク リ	雑草	乾	1本植	雑	重	y = 99.86 - 0.220x	P < 0.01	3.28	23.4	P < 0.01	
												分
		雑草	乾	3本植	雑	重	重	y = 270.15 - 0.240x	P < 0.01	2.45	29.0	P < 0.01
雑草		乾	水ヒコソ ナ の ナ の ヒ エ 他	雑	重	重	y = 1887.5 - 0.746x	P < 0.01	3.49	22.3	P < 0.01	
												分
雑草	乾	水ヒコソ ナ の ナ の ヒ エ 他	雑	重	重	y = 330.4 - 0.176x	P < 0.01	86.3	1.2	P < 0.01		
											分	重
雑草	乾	水ヒコソ ナ の ナ の ヒ エ 他	雑	重	重	y = 16.23 - 0.621x	P < 0.01	24.8	3.9	P < 0.01		
											分	重
雑草	乾	水ヒコソ ナ の ナ の ヒ エ 他	雑	重	重	y = 1234.8 - 1.283x	P < 0.01	11.0	8.3	P < 0.01		
											分	重
正条植水田(水稲)	雑草	乾	雑	重	重	y = 10125.5 - 1.799x	P < 0.01	3.49	22.3	P < 0.01		
											分	重
1/500 a 框 稲草	雑草	乾	雑	重	重	y = 56.97 - 0.619x	P < 0.01	3.49	22.3	P < 0.01		
											分	重
1/2000 a ポット	雑草	乾	雑	重	重	y = 1234.8 - 1.283x	P < 0.01	86.3	1.2	P < 0.01		
											分	重
1/500 a 框 稲草	雑草	乾	雑	重	重	y = 379.33 - 1.139x	P < 0.01	24.8	3.9	P < 0.01		
											分	重
1/2000 a ポット	雑草	乾	雑	重	重	y = 112.84 - 3.708x	P < 0.01	11.0	8.3	P < 0.01		
											分	重

者間の相関、回帰を求めた図表である。それらによれば、1/2000 a のポット試験の水稲とコナギ (n = 9) との関係を除いて、他は全部が作物と雑草の両者間にそれぞれ有意の負の相関および回帰があった。その負の回帰係数 b からして雑草量の増加による水稲の生育

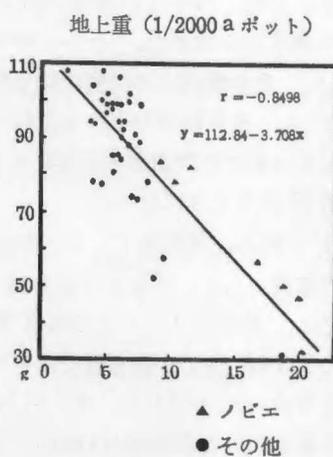
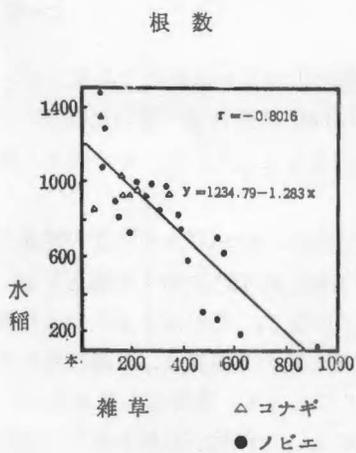
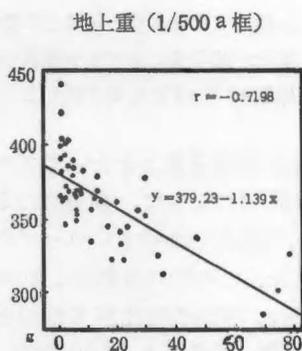
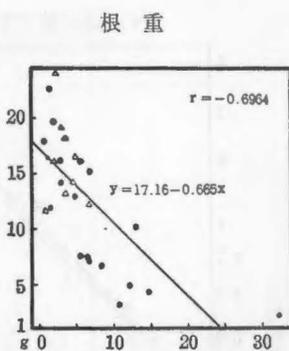
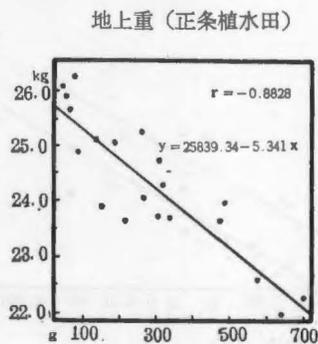
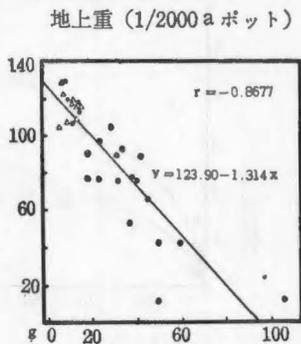


第 33 図 水稲とノビエとの相関及び回帰図

量の低下割合がわかる。たとえば、ノビエと水稲の1株1本植で4:1, 3:2, 2:3, 1:4の組合せの混植区では、ノビエが1gの増加によって水稲の総重0.48g, 穀重0.23g, 同じ5株の組合せで水稲1株3本植では、総重0.43g, 穀重0.19gの割合で低下する。また1/100 a コンクリート框での水稲と混生雑草とでは、雑草1gの増加は総重0.75g, 穀重0.35g, 正条植水稲田ではそれぞれ5.34g, 1.80gずつが低下する。

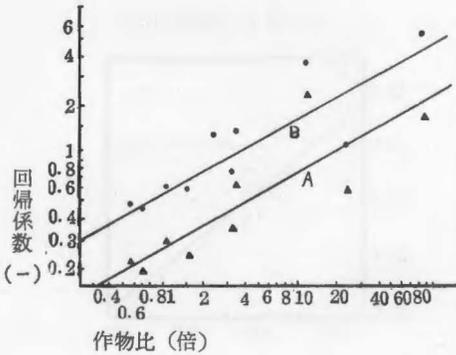
D. 作物比と回帰係数との関係および水稲の減収のはじまる雑草量とその除草率

雑草 (x) に対する水稲 (y) の回帰係数は $b = r \cdot s_y / s_x$ とおくことができる。すなわち回帰係数 b は水稲と雑草との相関関係 (r) と両者の標準偏差比 (s_y / s_x) との積であり、試みに、この試験における各試験グループ毎の水稲の総重と雑草量、または穀重と雑草重との標準偏差比を両対数グラフの X 軸に、それに相当する回帰係数 b を Y 軸にとってプロットすれば、各区の相関係数のちがいが大きくないので、第 35 図 c のように各点は、接近した 2 直線上にならんで、はずれは極めて小さく示された。また第 3 項の小麦と雑草のように、作物比と b との関係を示す両対数、普通グラフで X 軸に作物比を、Y 軸に総重

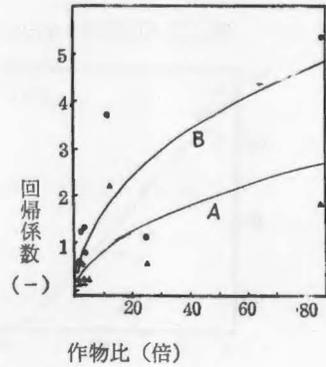


第 34 図 水稲とノビエ, コナギ, その他雑草量との
 相関及び回帰図

a. 両対数グラフ



b. 普通グラフ



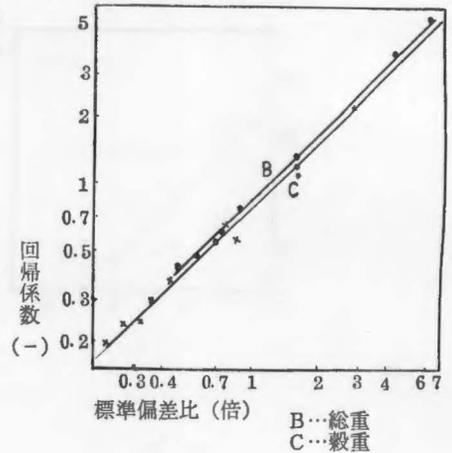
A…穀重 B…総重

第35図 作物比または水稲と雑草との標準偏差比と雑草量に対する水稲量の回帰係数 b (いずれも負の値)との関係

および穀重の負の回帰係数 b をとってプロットすれば、第35図のように、前者では2つの平行直線で、後者ではゆるいカーブの双曲線で示された。この図の作物比と回帰係数 b との関係は、平均作物比が5倍のときの b は穀重0.52、総重1.2、同10倍では穀重0.75、総重1.7、同20倍で穀重1.0、総重2.2である。また小麦のときと同様に、

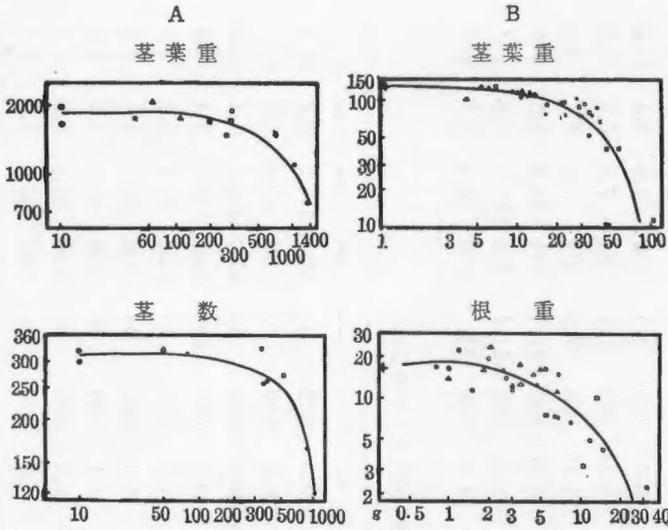
両対数グラフで水稲と雑草との競争のはじまる彎曲点の雑草量を求めた、その一例は第36図であり、その彎曲点の位置は除草区水稲の生育量の切線による接点をとった。なお、第15表には、各試験毎のそれとそれらを 3.3m^2 の換算量で纏めた同表によれば、平均群落比が大きいものが彎曲点の群落比もまた大きくなっていて、その関係を両対数グラフで示せば第37図のようになる。

c. 両対数グラフ



B…総重 C…穀重

第37図aによれば、各試験グループの重量群落比が10~60%のときの彎曲点の群落比は2~6%の範囲であり、それらの点を結べばX軸に約 15° に傾く直線となる。同図bの株数群落比では、大株のノビエとではX軸に平行線で、その他は 45° の上昇直線で示され、同図cの 3.3m^2 当りの換算量で示した実重と比の2直線は、X軸に対して約 10° の傾きのかさなり合いで示される。また第37図cによって、水稲における 3.3m^2 当りの雑草量に対する雑草の許容限界量がわかり、それによって作物が減収を免れるための除草量を知ることができる。たとえば、 3.3m^2 当りの雑草量が300g (群落比7.5%)のときは許容量は110gなので、除去量は190g (除草率63%)、同じく500g (群落比15%)では、それぞれ130g, 370g, (74%), 1kg (25%)では、150g, 850g (85%)である。

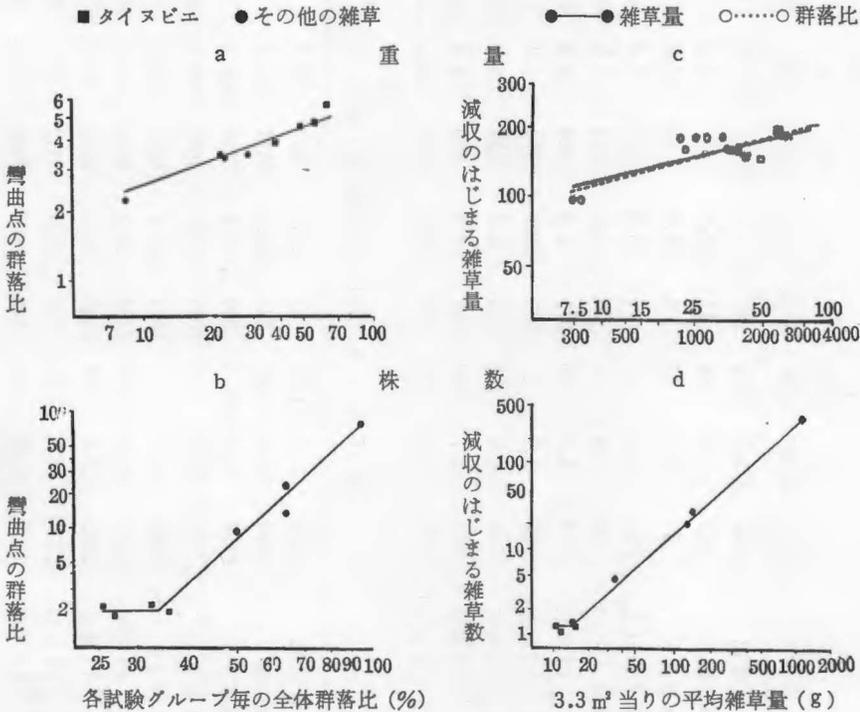


● 除草区 ○ 種子ヒエ ● 苗ヒエ △ コナギ □ コナギ+ヒエ
 × 無除草区 (各種雑草の混生)
 A. 1/1000a コンクリート框 (1953) B. 1/2000a ポット (1956)
 第 36 図 水稻とノビエとの相関図 (両対数グラフ)

また同図 d の 3.3 m^2 当りの水稻株数 45 株においては、ノビエ 1 株が水稻に代って発生すれば減収となるが、小株雑草では 45 株内に 300 ~ 500 株が発生しても許容量以下である。

6. 作物、雑草の種内、種間競争の文献例

最初に作物の種内競争の実験を始めた人は SACHS (1860) であり、その後 MAYER (1879)、WOLLNY (1881)、その



■ タイヌビエ ● その他の雑草 ●—● 雑草量 ○……○ 群落比
 a 重 量 c
 彎曲点の群落比 減収のはじまる雑草量
 b 株 d
 彎曲点の群落比 減収のはじまる雑草数
 各試験グループ毎の全体群落比 (%) 3.3 m^2 当りの平均雑草量 (g)

第 37 図 水稻における全体の群落比と減収のはじまる雑草量 (彎曲点) の群落比ならびに 3.3 m^2 当りの雑草量に対する減収のはじまる雑草量との関係

第 15 表 a. 各試験グループ毎の平均群落比と水稻の競争のはじまる雑草量（彎曲点）の群落比

試験区	平均										彎曲点 (平均)														
	總重					群落					雜草					總重					群落				
	重量	本数	重量	本数	重量	重量	本数	重量	本数	重量	重量	本数	重量	本数	重量	重量	本数	重量	本数	重量	重量	本数	重量	本数	
正条植水稻田	2433 ⁵	282.0 ⁵	9618 ⁵	282 ⁵	175.0 ⁵	24615 ⁵	452.0 ⁵	1.7 ⁵	39 ⁵	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
1/500 a 框	363	4.0	161	15	49.0	377	53.0	3.9	93	3.0	10.0	398	4.0	401	14.0	0.8	71.4	—	—	—	—	—	—	—	
1/2000 a ポット	84	2.0	45	8	28.0	92	30.0	8.4	93	2.4	8.0	105	2.0	1074	10.0	2.2	80.0	—	—	—	—	—	—	—	
1/2000 a ポット (ヒエ)	90	2.0	—	26	3.6	116	5.6	22.0	64	4.5	0.7	130	2.2	135	2.9	3.4	24.0	—	—	—	—	—	—	—	
1/2000 a ポット ヒエ	80	2.0	—	33	3.5	113	5.5	29.0	64	4.5	0.5	130	3.3	135	3.8	3.4	13.2	—	—	—	—	—	—	—	
正水稻 5 株 { 1 本植	153	3.2	70	271	1.8	424	5.0	64.0	36	21.0	0.14	360	7.5	381	7.6	5.5	1.8	—	—	—	—	—	—	—	
条田 { 3 本植	205	3.2	87	269	1.7	474	5.1	57.0	33	22.0	0.16	450	7.0	472	7.2	4.7	2.2	—	—	—	—	—	—	—	
ヒエ { 1 本植	355	6.6	155	335	2.4	690	9.0	49.0	27	30.0	0.21	640	11.8	672	12.0	4.5	1.7	—	—	—	—	—	—	—	
エ { 3 本植	471	6.7	199	295	2.3	766	9.0	39.0	26	32.0	0.25	800	11.4	832	11.7	3.8	2.1	—	—	—	—	—	—	—	
1/100 a 框 (ヒエ)	1555	12.0	599	475	12.0	2029	24.0	23.0	50	55.0	1.40	1700	13.0	1750	14.4	3.3	9.7	—	—	—	—	—	—	—	

第 15 表 b. 3.3 m² 当り雑草量と水稻と競争のはじまる雑草量（彎曲点）とその群落比

正条植水稻田	3907	47.0	1603	47	29.2	3954	76.2	1.7	39	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1/500 a 框	3990	44.0	1767	161	539.0	4151	583.0	3.9	93	33	110.0	4378	44	4411	154.0	0.8	71.4	—	—	—	—	—	—	—
1/2000 a ポット	3376	80.0	1788	308	1120.0	3684	1200.0	8.4	93	96	320.0	4200	80	4296	400.0	2.2	80.0	—	—	—	—	—	—	—
1/2000 a ポット (ヒエ)	3600	80.0	—	1032	144.0	4632	224.0	22.0	64	180	28.0	5200	88	5380	116.0	3.4	24.0	—	—	—	—	—	—	—
1/2000 a ポット ヒエ	3200	80.0	—	1304	140.0	4504	220.0	29.0	64	180	20.0	5200	132	5380	152.0	3.4	13.2	—	—	—	—	—	—	—
正水稻 5 株 { 1 本植	1373	28.8	627	2439	16.2	3812	45.0	64.0	36	189	1.3	3240	68	3429	68.8	5.5	1.8	—	—	—	—	—	—	—
条田 { 3 本植	1843	28.8	779	2425	15.3	4268	44.1	57.0	33	198	1.4	4050	63	4248	64.4	4.7	2.2	—	—	—	—	—	—	—
ヒエ { 1 本植	1776	33.0	775	1676	12.0	3452	45.0	49.0	27	150	1.1	3200	59	3350	60.1	4.5	1.7	—	—	—	—	—	—	—
エ { 3 本植	2353	33.5	997	1477	11.5	3830	45.0	39.0	26	160	1.3	4000	57	4160	58.3	3.8	2.1	—	—	—	—	—	—	—
1/100 a 框 (ヒエ)	4664	36.0	1796	1424	36.0	6088	72.0	23.0	50	165	4.2	5100	39	5265	43.2	3.3	9.7	—	—	—	—	—	—	—

他多数の人によって報告されている。されど、群落生態的な競争研究は CLEMENTS らによって 1903 年から森林、原野の植物および作物、雑草を供試してはじめられ、それを纏めたのが 1929 年に出版された CLEMENTS, WEAVER and HANSON らの共著 “plant competition an analysis of community function” である。それによれば競争は全くの物理的な過程である。きわめて接近して生育する塊根植物のこみ合うような少数の例外を除いては植物間には真の闘争 (struggle) は決しておこらない。競争は、ある植物の、その周囲の環境への働きかけ (reaction) と、そのように修正された要因 (modified factors) の競争者へおよぼす影響とから生まれる。すなわち、2 植物がいかに接近しても水分、養分、温度、光が双方の要求以上にあるかぎりはお互の競争はおこらない。ある一つの不可欠の要因に対する供給が双方の要求の合計以下のときにはじめて起きる。そして自然の群落で競争の最も大きな要因は、第 1 が水、第 2 が光、第 3 が養分である。また競争に勝つ重要な生活形 (life-form) の特徴は、地上茎葉の広がり、根系の密度や深さ、それぞれの種類の種子の発芽速度や量などの季節間、年間、または 1 年以上の期間にわたる生長率と同化、異化作用の強さであって、これらは環境の物理的因子に関係し、また環境形成作用をひきおこして競争の過程、強さ、および結果* を決定する。また耕地作物の競争は、2 つの重要な点で自然群落とはちがう、たとえば、作物は個体形態が一様で、1 種類 (1 品種) の栽培なのでその群落型が単純であり、また耕地は、耕起され作物の生育を助け、水分、養分その他が人工で高度に管理される。しかしそれにも拘らず雑草が耕地に侵入し、作物との間に競争が起きる。そして耕地での競争要因は水、養分、光とその順位が原野とはちがってくる。また耕地で上記の諸要因の他に作物の品種、変種の特徴、管理条件が関係する。

PAVLYCHENKO および HARRINGTON (1934, '37, '40) らは、穀作物と雑草との競争力を大麦、ライ麦、小麦、オート、亜麻の 5 作物とノハラガラシ、野生オート、その他の混生雑草について競争をしらべ、とくに根について詳しい量的な調査を行っている。競争の指標は同化葉面積の発展、気孔数の多少、発芽の速度、均一性、根系の貫通や振り方で表現できるとした。水分の不足する乾燥状態では、発芽が容易で均一なものが競争力が強く、また初期の幼植物時代には同化作用を営む葉面積が大きく、多数の気孔をもつこと、表土層近くに根群が張ることなどが競争力に関係する。以上の作物では、混植におけるその滅収率から見て雑草に対する競争力の順位は、大麦、ライ麦、小麦、オート、亜麻である。カナダの乾燥地帯で大麦が他の作物より雑草に対して強い競争者となるのは、種子根 (seminal roots) の数が多く、さらに、ライ麦***、小麦、オートの根は傾斜しながら入るが大麦の根は地表下を水平に多数拡った後に地中に入る。大麦のその性質は雑草が発芽侵入するに必要とする土壌表層の水分吸収を妨げるとしている。

BLACKMAN および TEMPLEMAN (1938) らは穀作物と 1 年生雑草種類との競争および

* 競争は 2 個体以上が空間的あるいは時間的に共通の要求を持って生ずる動的過程で、その結果、平衡、抑圧、従属あるいは枯死を生ずる。したがって生活空間 (room or space) の競争も action と reaction の本質がわかれば理解できるとしている。

** それよりも以前に Brenchley (1920) は、作物と雑草との競争は地上部は光、地下部は養分、水分の争奪であって、2 つは同等の重要性であるといっている。

*** しかし、ライ麦の根の振り方は大麦に一番よく似ているので大麦について競争が強いという。

その生産量の相関、回帰をしらべた結果、春播大麦において、ノハラガラシは大麦の茎数を低下、野生大根は茎数及び穂の大きさを減じた、ヒナゲシの影響は小さい。また普通の降雨の年では、作物と雑草との競争は窒素成分と光に対する争奪が主である。そして光の競争影響は、草丈が高く、密度の高い雑草とのときにのみ現われ、その他では窒素養分がもっぱら競争要因であった。また、窒素肥料が少ないときの草丈は、下葉が陰になることを避けるように伸長する。なお雑草地では、雑草を除去するよりも窒素の増施で穀作物の収量をあげる方が経済的であるといい、施用窒素量と作物および雑草との吸収関係のモデルからその競争について一仮説を記述している。

VARMA (1938) は、DARWIN が同種個体間の競争は彼らの要求が同じであるから異種または変種の個体間よりもはげしいというが、しかし、異種間で生態的に似たもの同志* (同じ生活形)の方が同種個体間競争よりもはげしい例から見て DARWIN の仮説は確実性が少ないと述べ、*Brassica alba*, *B. oleracea* や *Silene* 種を供試して、それらの根から生ずる分泌液の抑制または促進的な働きを実験的に明らかにした。その毒成分の性質は、不明だが自種の出す毒成分には免疫性があるとしている。

RADEMACHER (1940) は、作物の種類が異なることによって雑草の発生がちがってくるのは、まず作物の陰(遮蔽)の大小とその期間の長短およびその高さが原因である。陰は埋土雑草種子の腐敗を早めるだけでなく、陰下の雑草を衰弱せしめる。たとえば、ライ麦が雑草を大きく抑制するのは、小麦より早くからその光を遮って大きな陰を作るためであり、大麦は両者の中間である。またオートとソラマメ、エンドウとザートウィツケンなどの混作では、それらの各単作よりも長期間大きな陰を作って、根によって繁殖する雑草をも抑制する。この関係は品種間にも見られ、密播あるいは多肥によっても抑制を大きくする。陰は地面ばかりでなく高さが関係する。

SALISBURY (1942) の書には、植物の競争現象は数式化による単なる量の問題ではなく、あくまで質的に生活との関係であり、種子の大きさと数が植物にとって生存闘争のための武器であるといい、多数の小種子を撒布する種類は広く撒布して子孫があらゆる好適なすみ場所へ入りこもうとするときに有利となる。この場合には種内競争が減少する。一方、大型種子を少数作る性質は、個体にとって胚子が独立するまでの十分な栄養を保証するので、多種類が群生している密な群落では大型種子が他種との競争において有利だという。このような場所では芽生えは、まず、なによりも周囲の植生をこえて成長し、光を得なければならぬが、それには種子中に含まれた栄養にたよらねばならない。実際に野外で多数の種類でその生育地とこの種子の種子数、平均重との調査結果は、この関係が原則として成立しているという。

MANN および BARNES (1945~'52) らは、大麦と1年生雑草のオオツメクサ、イヌカミツレ、ハコベその他2,3の多年生雑草を供試し、それらの単植および大麦と雑草との混植で密度をかえ、肥料、水分は不足しないように与えて、その生産量から生育競争を検討した。まず大麦、オオツメクサ、イヌカミツレをそれぞれ1~8株を単植としたポット当りの生産量(種内競争)*は、イヌカミツレは8株まではあがるが、大麦は4株、オオツメクサは6株まではあがり、それ以上は低下する。また混植での生産量(種間競争)*で

* () 内の語は著者において説明のためつける。

は、雑草1~8株と大麦4株の場合は、雑草が大麦株数よりも多いときのみ大麦に対して影響が大きく、一般には大麦の方がオオツメクサ、イヌカミツレの生育に対して強く働いてそれらを大きく抑制した。この場合雑草量は、大麦の株数増加に伴い規則正しく減少し、大麦と雑草の2つを合せた重量(群落量)*は雑草株数の多少にも拘らず、ほとんどコンスタントであった。また、混植では大麦が窒素の大部分を吸収する。たとえば、大麦とオオツメクサとでは78~96%、イヌカミツレとでは76~93%を大麦が吸収した。単植および混植とも過剰に窒素が与えられたときは、大麦、雑草の体内の窒素成分を増したが、生産量の増加とはならなかった。しかし、このとき大麦の若干の減収は、窒素利用に対する競争ではなく、根が地積の生活空間(root space)に対する競争と考え、イヌカミツレの根がオオツメクサよりも利用する地積に対しては強い競争者である、この地積の競争は、窒素量を多く与えるほど小さくなる。大麦に対しては、ハコベは最も強い競争者であり、たとえば、大麦の2~4株とハコベの8株との混植では、大麦の収量の低下は91%、同じく6:6では82%と大きく、同密度のイヌカミツレとでは22%、オオツメクサとでは5%の低下である。一方、大麦のための低下は、ハコベはわずかに4%だが、イヌカミツレは85%、オオツメクサは94%と大きかった。また単植では窒素の吸収は、大麦がハコベよりも大きいのが、混植では反対にハコベの方が大きくなる。これはハコベが地上重に対する根重の割合およびハコベの根の窒素吸収量と地上部のそれに対する割合とが他種よりも大きく、そしてハコベの根は密集し、早く窒素を吸収し、生長を早め、早く地積を占めるためという。なお、大麦とクローバーとの混植試験での結果、クローバーが固定する窒素を大麦が直接利用することは否定している。

LYSENKO (1945) は、自然には過剰繁殖はなく、自然淘汰**の理論の発展のためには、実践と密接なつながりが必要とし、栽培植物の敵が雑草であって、農業技術上の方策は作物を雑草からの圧迫から守ることにむけられ、この場合、種間競争がつねに考慮に入れられ、種内競争は問題にならない。つまり動植物の個体数が減少するのは、気候、土壤のような無機的要因、それにまして他種との間の競争のためであるという。

VENGRIS (1953) らは、体内可溶性窒素含量は、玉葱の2%に比べて、ハコベ3.4%、スベリヒユ4.2%と大きく、またリン酸は多くの雑草が玉葱の2倍、加里は8~12倍、マグネシウムは3~5倍多く含有している。ただ石灰のみは玉葱より少ない。その後(1955) トーモロコシ、ジャガイモ畑での雑草についても大体同傾向が見られ、リン酸肥料の少ないときにアラビユ、シロザの生育は弱められ枯死株が多くなる。なお3要素を多施したときでも雑草が養分を多く奪って作物は減収する。それでトーモロコシ畑で多肥して作物を茂らせ雑草を抑えるのがよいという説は疑問であるという。

KNAPP (1954) は、発芽の生態的競争実験例として、栽培植物と雑草種子をベトリ皿で混播のとき、ニガヨモギの果実は、タマネギの種子を除いて他の種子の発芽率を抑制する。ネズミムギは、ニガヨモギ、タバコの発芽を明らかに抑制し、一方、草地植物のシロクローバー、オーチャドグラスは促進する、オオウシノケグサには促進または無関係である。この関係は、自然の群落の構成種のオオウシノケグサ、シロクローバー、オーチャド

* () の語は著者が説明の便宜上つけた。

** Darwin の自然淘汰の意味を変異性、遺伝性、それから生存可能性(過剰性にかわり)として理解できるという。

グラスとは、お互に促進し合い、抑制することはない。なお、シロクローバーの芽生の状態が同時に発芽する他の植物によって影響を受け、オーチャードグラスとの組合せでは、胚、軸、根ともまっすぐに伸び、ニガヨモギとしては、芽生の各部分が肥厚し短くなるという。

HAMILTON and BUCHHOLTZ (1955) は、ヒメカモヂグサの畑でその地下茎の存在と陰(人工陰、自然陰)が雑草の発芽に及ぼす影響をしらべ、人工陰でイヌノフグリ、ハルタデ、カタバミ類の幼植物類の発生が多くなる。しかし、オオバコはその反対であり、またヒメカモヂグサの生きた地下茎がおかれた区では、イヌノフグリ、ハルタデ、カタバミ、エノコログサ、シロツメクサなどの幼植物の発生が少なく、タンポポ、オオバコは逆に多く発生した。

WELBANK (1958) が、ポットでの競争試験結果は、シロザのためにビートの生育はハコベ、ナズナの3~4倍も大きく抑制され、キャベツは、ビートよりもシロザ、ハコベに対する抵抗性が強い。ビートの葉(面積)の生長は、窒素の少施よりも多施のときに、シロザ、ハコベによって一層強く抑制される。これは窒素吸収に対する競争以外の要因が暗示されるが、また、混植で窒素を多施したときは、作物、雑草量ともそれぞれの単植よりも増加を見たので窒素に対していくらかの直接の競争が示される。なおヒメカモヂグサの根および地下茎の濾液(毒成分)の抑制力を水耕液または土壌に加えて試験したが、はっきりした結果は得られなかった。

次に我が国においては、水稻の栽植密度、1坪株数、1株苗数および植え方と収量に関する試験成績は、吉川(1901)、安藤(1913)から近藤(1944)その他多数の人によって発表されている。また、最近の種内個体間または品種間の競争の研究は次の諸論文が見られる。

吉良(1953, '56, '57, '60)らは、個体密度をめぐる同種植物群落について実験的研究を行い、理論的な法則に関する幾多の数式を発表している。まず、ダイズ、ニンジンなどの種内個体競争において、ある区の平均個体重を無競争の平均個体重で除したC価*の逆数は、競争の強さをあらわすとし、このC価を株間と生育日数との両軸の上に記入して等値分布図(isogram)を作って競争の時間的、空間的な起りかたを理解し易くした。ニンジンでは、その生育初期には栽植密度の高い方がかえって各個体の生育がよくて、協同的相互作用があり、この作用が時間的に消失して競争になる。また、個体重(w)、または単位面積当りの重量(y)と密度(d)をとともに対数日盛で両軸にとると回帰直線であらわされる。それを競争密度効果** (C-D効果)、収量密度効果*** (Y-D効果)とし、最終

$$* C = \frac{\text{ある区の平均個体重}(w)}{\text{無競争区の平均個体重}(w)} \times 100 \dots (1) \quad ** wd^a = K \dots (2)$$

*** $yd^{a-1} = K \dots (3)$ この(2)の a で示される回帰直線の傾きは、種子のときは $a=0$ 、以後次第に傾きが急となり、十分の日数を経た後 45° ($a=1$)に達して安定する。この a の値の増加は日数(T)の対数に対してほぼ直線的で $a = m \log T + n$ 、 a は空間利用度を示す。単位面積当りの重量を y とする、 $y = wd$ なので(2)より(3)式が導かれ、種子のとき($a=0$)には生産量 y は d に正比例し、 $0 < a < 1$ の時期には密度 d の大きいものが、収量 y も大きいのが最後に $a=1$ に達するとき収量は密度に無関係に一定となる。その後(1956, '58)ウキグサの生産量の時間的増大でロジスチック曲線にあてはまり、しかも収量密度効果が成りたつとして(2)式を山乗式となづけ、それを改めて $1/w = A\rho + B \dots (4)$ 、同じく(3)式を $1/y = A + B/\rho \dots (5)$ とし、($\rho = d$ 個体密度、 A, B は播種後の生長期 t の函数としてきまる係数)それを逆数式とした。この(4)(5)式が(2)(3)式よりも理論的で無競争密度も推定し得、応用的にもすぐれているという。

収量一定の法則が成り立つとした。その指数 a を C-D 指数と呼んでいる。30 例あまりの実験例* では例外なく成立したという。以上は 個体群段階での競争で、個体のレベルでどんな現象がおきているかは、それではわからないので、次に隣あう個体間の相互作用について、その変異係数から見るに、大豆では、同じ密度において生育期の経過につれて大きくなるが、同時期における変異係数は、密度と関係がなくほぼ一定で、3 寸エンジンでは全く傾向がなかった。また、それを個体の量的性質の度数分布で間接的な相互作用の程度を見るに、トモロコシの草丈は、日数が経過するにしたがって、株間の狭いほどモードの中心から右にはずれてかたよりが著しい。これは草丈の高い方へと揃う傾向を現わし、一方個体重の分布は、逆に密度の高いほど左へひずみ、L 字型の分布に移行する。この L 字型分布は弱肉強食のせり合が原因ではないが、せり合が L 字型化を促進することは確かである。また、その後、篠崎、穂積 (1960) らは 2 種の作物の混植で、それが 1 種だけを同じ個体密度で植えたときにくらべ面積当りの収量の増減調査で、両種の合計個体密度を一定に保ち、混合比をいろいろ変えて実験した結果を 2 種 D, S の混合群の収量図 (yield diagram) で現わし、一方の D 種のみ収量 (y_d) で現わすと D 曲線が凸であれば、D が S 種より優位であり、逆に凹曲線ならば D が S より劣位であると考え、また他方の S 種の単収量 (y_s) をあらわす S 曲線でも、まったく同様なことがいえる。実際の実験データでは 2 種のうち、一方が優位型なら他方が劣位型であることが多い。しかし、原則的には D 曲線の行動と S 曲線の行動とは完全に独立し、両方とも優位型ないし劣位型となることもあり得る。また、D, S 両曲線は、相互に独立に変化するから合計収量をあらわす Y 曲線は、あらゆる型をとり類型化は困難であるという。

山田 (1953, '55, '57) は、1949 年以来、小麦、大麦、大豆、クローバーなどで品種間競争を混植で調べ、各ブロックの草丈、茎数などの形質の平均値を単植区と比較した増減 100 分率を競争値とし、また競合の影響力の形質間の強弱を競争値の各型間分散値で比較した。各作物とも密植が地上重の変異係数を大きくし、草丈、稈長、穂長などの伸長的形質の競合値の異型間標準偏差は 5% 以下、葉、穂、茎数などの増数的形質は 10% 以上であった。集団で、各個体間の接触がはじまると地上部は、主に光、地下部は養分、水分の争奪が起きる。その 3 者が競争の基本的要素であって、密度** はこの要素に対する争奪を時間的に規定する外的条件である。3 者はどれも代謝に必須で、本質的にはその強度に軽重がある筈はない。条件や植物のいかんによって最も制限的に働くものが大きく表面化する。競争の主体は、どの種類、品種でもその光や養水分のとり入れる力のちがいから生ずる相対的な摂取力、すなわち競争能力とそれに関係する形質によって示され、これを競争能力

* 高田 (1959) は大麦で、山田 (1961) は水稻の穀収でこの法則の成立例について記述した。

GOODALL (1960) はテンサイで、実験植物体を一定の間隔で囲んだ種内個体間の競争において、その距離と根重の対数とは 6 植物を越えない範囲内では増加直線で示され、テンサイの根重 (W) に対する競争植物個体数 (間隔距離 x) の競争効果は、次の Mitscherlich 型方程式 $\log(A - W) = \log A + Bx$ 、すなわち吉良らの巾乗式 $\log W = A + B \log x$ とは、一致度がよいが、理論的にすぐれている対数生長曲線を基礎とした逆数式とは、一致度がよくなかった。

** 山田は単に密度のみが条件となる植物集団の反応は競争と解すべきでなく、むしろ共存適応と解し、密度は単に競争の遅速に関係するもので強度を左右する一条件と考えている。また吉良の密度効果の法則はホモ集団での共倒れ現象にもそのままあてはまるから a の値は必ずしも競争の強さを示すとはいえないとしている。

支配形質と呼び、そして形質の反応を競争の結果と見ている。その形質には、各種共通的なものと種に特有なものがある。競争によって量的ひずみを受け易いのは、増数的形質であり、受けにくいのは、伸長的形質である。それらを前提として正規集団の競争による分布の変化を数理的に追究している。

酒井 (1956) は、水稻、小麦などの混植試験の結果、集団内で1本植された個体重はそれを囲む他品種の個体によって影響され、競争力が草丈などの2、3の形質*の副産物であるというような考え方よりも競争力自体を競争遺伝子型によってきまる1つの遺伝型**と考える方がよいという。その根拠はオオムギの F_1 の非常に雑種強勢を示す個体が、その草丈は両親より高いにも拘らず競争力は両親より弱いので雑種強勢による植物の旺盛な生育力とその植物の競争力との間には関係がないとした。また競争効果と個体間の間隔との関係において、競争による効果(増加分量)は距離が小さくなると著しい、その増し方の回帰は、距離の対数をさらに対数変換したとき直線になるといい、なお競争による混型集団の分散の増大などについて数理的考察を加えている。

神田、柿崎 (1956) らは、水稻の植付密度と生育の関係をしらべ、草丈は密植で伸長し、個体間の協同***が認められ、株当たり茎数は密度とともに減少する。坪当たり風乾株重は、密植で増加し、双曲線的であり、吉良らの収量密度効果の法則によく似ているが、穂重では、吉良の法則があまりよくあてはまらない。

小川、小山 (1957) らは、時無大根と大豆で1巢の粒数と収量との関係は、巢は1つの生活単位であたかも1個体のような同化系を形づくって生長し、巢内の個体数が多いほど早くから減少するという。生育末期には、初期個体密度が同じであれば巢の大きさは無関係に、ほぼ同じ個体密度に収斂する。面積当たり収量は、収量密度効果の法則に従って個体密度のみによって決まり、巢播してもしなくても、巢の大小には無関係である。

また我が国において、作物と雑草との生存競争に関する報告は、近時、次の数篇が見られるようになった。

寺沢 (1943) は、水稻5本の単植での、穂数は、228本となるが、水稻にノビエを混ぜて1株として植付けて1株内の本数がイネ対ノビエ3:2植付けた場合の穂数は3:131本、2:3では1:154本と圧倒的にノビエが強いという。

笠原 (1948) は、水田裏作に9種の作物を慣行密度栽培し、無除草での雑草量を調べた結果は、蚕豆>玉葱>エンバク>ナタネ>小麦>馬鈴薯>大麦の順であった。ソラ豆は不作で、馬鈴薯の植付期は他より遅いが、その2つを除けば、雑草量は作物の草丈、株巾、茎葉重の小さいものほど大きかった。

山田 (1953) は、北海道のエンバク畑の主雑草の窒素、磷酸、加里の3成分において窒素の吸収は、エンバクに比べてイヌタデ、サナエタデ、ソバカズラが僅かに大きく、他の13種の雑草はかえって小さい。加里もノビエ、エノコログサ、アオビユが高いのみである。

* 稈長、熟期、種子の大小、草性、春播性、生産力の大小のいずれも競争力の強弱の関係が認められない。 **しかし山田 (1957) はこれに対して競争力を2、3の形質とか総合的形質でないとかは考えていない。種々実験の結果は競争の主体が遺伝的異型であっても後天的な異型であっても競争の機構、経過、結果は本質的に同じことを示す。結局、集団内の表型のちがいが——養分、水や光の摂取に関係——が問題であって特定の遺伝子を考える必要がないと反論している。

*** もっともこれを直ちに協同現象と見做すことが妥当かどうか、なお議論の余地が残されるという。

磷酸は多くの雑草において高く、とくにツユクサが大きい。よって雑草と作物との養分競争は磷酸において大きいと考えた。

沼田および新山(1953)らは、陸稲畑で除草期と雑草の成長量、組成と水稲個体重との関係をしらべ、雑草量は播種後2から4週間に急増するが、この雑草量の増加期間が陸稲生育に対して危険期なので、それ以前に除草する適期除草が必要なことを述べた。

荒井、川島(1956)らは、水稲栽培で雑草量の程度をA, B, Cと3区別し、水稲と雑草の生育関係をしらべ、その結果、水稲地上部の窒素量は初期には雑草間の区間差は小さいが、最高分けつ期にはちがいが大きくなり、一方、耕土中のアンモニア態窒素量は、雑草の多いC区でとくに大きく減少し、最終の群落量は、雑草の少ないA区を100としたときC区は92%, B区は94%であった。そして水稲の乾物重が群落内で占める割合は、A区に対してコナギ、キサシダサの多いB区では87%, ノビエ、タマガヤツリの多い区は64%に低下した。

また荒井、片岡(1960)らは、水田裏作と雑草発生密度および群落量との関係を、異種混合群落における密度効果法則から解析すれば、雑草量は直線に近い凸曲線*で増加し、麦量は直線的に減少、この場合、雑草量の増加よりも麦量の減少が大きく、群落量は両者の生育相、生育量のちがいに基因して雑草密度の小から大へと彎曲した曲線で減少した。また雑草密度を最終の重量群落比に置き換えて、条件のちがいを捨象すれば前者よりも高い相関関係が得られる。麦の実際減収率と群落比からの麦の推定減収率とはよく一致する。しかしこれは皮麦と主体がスズメノテッポウの群落との結果であり、種類関係がちがえば両者は一致しない。この場合、重量群落比と麦減収率とはそれぞれちがう回帰式の成立が示唆される。

川延、北野、向沢(1958)らは、ジャガイモ畑で生育の前、後期、収穫時の残草量とジャガイモ重との相関から競争をしらべた。ジャガイモの萌芽時に雑草がなければ収穫時の残存雑草が相当あっても収量には影響がないが、その量には限界があり、限界以上の雑草量になると作物との相関ができる。その限界量は、生雑草では6.6 m² 当り5~6 kgとした。また、川延、加藤(1959)らは陸稲収量に及ぼす雑草害は生育初期に影響が大きく、とくにアカザ、タデ、ヒユなどの開張性生育の早い雑草に対しては抵抗性が弱く、そうでないメヒシパには強い。陸稲に対する雑草の許容限界量は1 m² 当り(乾重)初期11.2 g, 中期12.7 g, 後期35 gであるという。

以上、引用諸論文のうち本研究着手の1951年当時に参考とすることのできたのは、CLEMENTS, PAVLYCHEUKO, RADEMACHERら数篇であった。しかし1953年にMANNから送られた論文と、同年発表の吉良らの密度問題の論文とは、著者が第2項の小麦とスズメノテッポウとの生育競争を試験中であったため、その遂行上に参考となるが多かった。その他の多くは実験終了後に発表されたもので、次項の考察欄でそれぞれ引用している。

7. 考 察

本研究の第2項の小麦とスズメノテッポウの単植および混植試験で4月以降に競争が見

* ただし、吉良らの2種混合群の収量図(yield diagram)は面積当りの実重であり、荒井らは除草区に対する低下率で表現している。

られた。それは水、光、養分、または生活空間などの競争要因の要求が供給を上回ったためと解されるが、2～3月の候において、草丈、分けつの調査および吉良らの等値分布図の適用で密植区が1株植区よりも大きく生育して協同現象が見られた。この協同は3回の試験を通じ2～3月の頃スズメノテッポウが自種のみ3～10株の単植のとき、或いは相手の小麦が1～3株で自種は1～10株の混植したときに起きる。ただし、小麦では根長が伸びる以外はこの協同的現象は見られない。この小麦とスズメノテッポウとの混植、また後者の単植ではその協同の起る時期は、競争が問題とならないような極めて初期には現われず、前述のように競争がおきる直前に現われている(附表1～6, 第3～11図参照)。寒さが次第に和らぎ、生育が活発になり初めた頃にある程度の密度の高いことが、土壤表面の接地微気象を変化せしめ、密植区の生長を助長したものか、或いは肥料の少ない土地での小麦は養分摂取のために根を長く伸ばすといわれているが、この試験でも茎葉部、根部とも競争の開始当初において、互いに有利な条件を得るがため、競争の初期にかぎり生長が促進され、それが現象的には協同と見られるのではなかろうかとも考えられる。そこで1957年において密植と生育および微気象との関係を小麦とスズメノテッポウの単、混植のポットで調査した。それは、単植は1, 5, 10株、混植は小麦対スズメノテッポウを1:1, 1:5, 1:10, 5:5, 10:1株区を設け、T-5型サーミスター温度計(感度0.2°C)を協同がはじまる時期とそれが競争に変わる時期において、地面より1cmの茎上と地表下3cmの細い穴での温度を測定した。また、3月下旬には東芝照度計でポット中央の地上面の照度をしらべた(附表18a, b参照)。この気象測定日の3月31日におけるスズメノテッポウの単植区1ポット当り茎数は、1本植区12本、5本植区104本、10本植区145本、草丈は14～25cm、また、小麦の茎数は、1本植区22本、5本植80本、10本区109本、草丈は41～50cmであった。この測定の結果は、その調査回数が少なく、測定日の天候、時刻などが適当でなかったためか、両種の生育密度と微気象の気温および浅い土中温度ともは、はっきりした関係が得られなかった。ただ、小麦対スズメノテッポウ0:5, 1:5, 1:10区において3月4日、3月31日の10～11時の地上温が他より高い傾向があり、また地上面の照度は、密植と疎植とのちがいでその被度や茎数の大きいものが小さく、ほぼ逆比例であらわれ、その区間差は小麦で大きく、スズメノテッポウでは比較的小さかった。このように栽植密度による両植物の生育と照度ではかなりはっきりしている。しかし微気象の気温では、はっきりした関係がつかめないが、スズメノテッポウの協同現象が比較的強い区の気温がやや高い傾向が見られる。この様に両植物の単植における密度や被度のちがいが環境接地微気象への働きかけ、および逆にそれが植物の生育に影響すると想像できる。今後さらにこの微気象的な環境測定の必要を感じた。

一般に密度が高まれば変異係数が大きくなるといわれるが、この研究における小麦とスズメノテッポウの単、混植における密度の大小とその生育量の変異係数の関係は、草丈ではほとんど差がなく、茎数および重量では、両種ともやや密植が大きく、山田のいう増数的形質が伸長的形質よりも量的ひずみをうけ易い傾向が現われている。また、巢播でのスズメノテッポウの草丈、地上重の変異係数は、3月上旬には栽植の疎密との関係は認められないが、4月中旬には高い密度とのものが低い密度より小さく、4月下旬にはそれが逆転して高密度が大きくなった。したがって4月中旬には本数の多い巢内のスズメノテッポ

ウの草丈の背揃がよくて協同が見られ、それ以後は競争がはげしくなり優劣が生じ、変異係数が大きくなったと考えられる(第4表, 附表7参照)。水稲田の水稲とノビエにおいても、8月の生長期に苗代ヒエなど雑草の生長の旺盛な区では、水稲、ノビエ両種の草丈がともに競合してどちらも長く揃って協同が現われている(第11表, 第28, 30図参照)。

つぎに小麦, スズメノテッポウの地上部と地下部との関係を見たところ、両種とも両者間にそれぞれ有意の相関および回帰がある。よって、茎葉重、茎数から根重、根数がある程度推定できる(附表8, 第12図参照)。地上部と根部の相関、回帰および地上部の生育については小麦、水稲の項で詳しく述べているので、ここには省略して根の生育について見るに、その生育末期における小麦では、1株の平均根数160~190本、最根長84cm、根重4.1~6.9g、スズメノテッポウは332~518本、73cm、1.6~4.4g、水稲(対照区)では865本、42cm、7.8g、第1次根の全長31.3m、苗代期に発生したノビエは492本、52cm、12.8g、田植期のノビエは212本、46cm、5g、コナギは113~115本、32~40cm、2.3g(大株6.5g?)、一方の水稲は苗代ヒエ区では626本、43cm、6.5g、田植ヒエ区では822本、48cm、8.2gと測定された。なお小麦とスズメノテッポウのT/Rの比較では、一般に小麦の方がスズメノテッポウよりやや大きい、また両種の生育密度とT/Rの関係は、単植区では小麦の各生育期の1株植が大きい他は一定の関係がない。一方、スズメノテッポウでは、生育中期に密度が高いほどT/Rが大きい。すなわち、相対的に根よりも茎葉重の割合が大きくなることを意味し、この期は協同現象の見られる時期である。されど生育後期にはちがいがなくなる。混植区では小麦、スズメノテッポウとも両種の組合せにより、どちらもまちまちで一定の傾向がつかめなかった。また、水稲とノビエ、コナギの種類のT/Rの比較では、水稲が大きく、ついでノビエで、コナギが最小である。しかしT/Rと各種類の混植密度との関係は、一定の傾向を見ることができなかった(第10, 11表, 附表1~6, 15, 第28図, 図版1~3, 5~9参照)。

また、小麦と水稲について雑草量を小から大に区別し、それに対する作物および群落量の相互関係を知るため、まず、それらの区間における有意差の有無を検討した、それらは多数の図表で示されている。その結果は雑草に対する群落量、ここでいう重量群落比が、小麦では4%、水稲では1.2%* 以上の場合に初めて作物量および群落量有意の低下が認められた。そして群落量は、一般には雑草量の増加によって低下する。しかしその低下は初めの段階では有意性がなく、雑草量がそれ以上なれば有意の低下が見られ、さらに雑草量の増加は、群落量が下降から上昇に変る。その有意の上昇例は、小麦では、雑草種子を蒔いてとくに量を多くした場合のみであり、水稲では、大株のノビエとの混植** の場合である。いま、それを篠崎らの2種混合群の収量図で検討すれば、雑草と作物との相対的な生育量の大小によって型がちがひ、たとえば、水稲とノビエとの混植では、2種の株数を一定とした場合で、ノビエ(D)が水稲(S)より優位で、そのD曲線が凸、S曲線は凹であり、合計のY曲線は一旦下ってから上昇する彎曲型となる(第31図参照)。1/500a 框で

* この群落比1.2%差は群落量に有意性があつたが、それは両対数グラフの相関図での競争のはじまる彎曲点不明瞭なので、それらを除けば水稲の場合2%以上で、有意性が見られるとみた方がよい。

** この混植は、両種の各組合せを同密度に保った場合か、または水稲株のみよりは水稲とノビエの混植のときの密度を高くし、かつ地積が十分に与えられた場合であつた。

の小麦と雑草の合計株数は一定でないが小麦に対してとくに、雑草種子を蒔いて雑草量を多くした区で、雑草量を小から大に7段階別にして、それに対する小麦生長量と群落量との関係を示している。その型では作物Sが雑草Dより優位で、Dはゆるい凹、Sは凸で、ほぼ直線的であり、そして群落Yはゆるい凹上昇型である(第16図参照)。その他は作物がほぼ一定密度で雑草は生産量または密度を小から大に段階的に区分して、それに対する作物量、群落量との関係をあらわしているが、雑草は作物よりもかなり量が少なく、多くはDはゆるい凹、Sはゆるい凸曲線、Yは彎曲下降型である(第14、29図の右、32図参照)。

以上のように小麦圃および水稲田*での群落量の型は種々の場合が示され、多くは下降例であるが、有意差のない範囲では群落量はコンスタントと見なければならぬ。MANNらが十分な養分、水分、肥料を与えた大麦と雑草との混植試験において認めているように、その両者を合せた生産量は一般に雑草量の増加と小麦量の低下とが相殺**して大体コンスタントであった。要するに、多くの場合、雑草の混生が作物に与える減収量は、その増加雑草量に相当する量だけが減収となると考えられる。しかし、この雑草の増加量よりもなお、作物量の低下が大きい場合には、2つを合せた群落量は当然低下し、逆の場合には上昇する。それはPAVLYCHENKO, MANNらのいうように地積に対する根の競争、または植物種類による養分吸収の大小遅速のためか、或いはVENGRIS, 山田らのいうように、一定風乾重に対して作物よりも雑草において養分、吸収が大きいためではないかと考えられる。なおCLEMENTSらは競争は光、水分、養分に対する反応よりおきる物理的過程で、地積というような生活空間に対する競争を否定しているが、MANN, WELBANKらは地積に対する競争も考えている。この研究においても、水稲、ノビエ、コナギの根群がお互いにいりまじっていて、とくに苗代ノビエとの混植でそれがいちじるしい(図版5~9参照)。つぎに作物に及ぼす雑草の加害は種類によって強弱のあることは、すでにPAVLYCHENKO, BLACKMAN, MANN, RADEMAHER, WELBANK, 荒井, 川延らの多くの報告によっても知られているが、本研究の小麦、水稲と主要雑草との競争試験の成績においてもそれが示されている。すなわち、雑草の混生が小麦の生育に及ぼす影響は、ヤエムグラ、ズメノテッポウがノミノフスマよりも大きい、これはヤエムグラの草丈が大きくて小麦にからみついため、しばしば小麦を倒伏させるような機械的作用があり、また、ズメノテッポウはヤエムグラについて草丈が長く、性状が小麦とよく似ているなどのために強く働くが、一方、ノミノフスマは低位、繊細な雑草なので小麦に及ぼす影響***が小さい、また水稲に対してノビエが強く、コナギが弱いのも同様にと考えられる。しかし、これら種類のちがいを捨てて重量におきかえ纏めた雑草量と作物との間には、有意の相関、回帰が得られた(第7、14表、附表12、14、15、第17、20、30、34図、図版4参照)。

つぎに作物と雑草との混植における密度による面積当りの最終的な生育量は、両者の相対株数によって地上部、地下部ともいちじるしくちがっている。たとえば、この試験での小麦とズメノテッポウの混植範囲では、小麦対ズメノテッポウが1:10の場合のみ、

* 前報「耕地雑草群落における実験的研究」においてもコンスタントの例が見られた(同報第25図参照)。

** しかし、雑草との混植区は、作物のみの単植区に生産量には及ばなかったという。

*** VARMA, HAMILTON, KNAPPらの認めたように或る種が他の発芽生育を抑制、または促進する物質の存在はこれらの種類には、考えないでよいようである。

小麦よりもスズメノテッポウの茎葉重が大きく、その他はつねに小麦が大きい。ここにポットあたり茎葉重を1株植区と比較してその低下率で示せば、1:1, 3:3区では、小麦が9~29%, 3:6, 3:9, 3:12, 1:5区では、10~35%, 1:10区では、40~63%のようにスズメノテッポウの割合の大きいものにおいて低下が大きく、そして5:5, 10:10, 5:1, 10:1区では、ほとんど低下がない。一方小麦の存在のためのスズメノテッポウの重量は、1:10が1株植より20~30%増加^{*}、その他は全部低下して、その率はきわめて大きく、たとえば、10:10, 5:5, 10:1, 5:1区では、78~99%, 1:1, 3:3区では、61~83%, 3:6, 3:9, 3:12区では、14~47%, 1:5では20%のようである。つぎに1株当りの茎葉重は、両種とも疎植区が大きく、1:1では小麦は70~92%, スズメノテッポウは17~29%, 5:5, 10:10では、小麦12~24%, スズメノテッポウ2~5%, 5:1, 10:1区では、小麦11~21%, スズメノテッポウ1~8%のように密植区が小さい。またスズメノテッポウの中途自然枯死は全体で5.3%あった。水稻と水田雑草との競争において、苗代で水稻と同時に発生したノビエは、1:1の混植割合でも、水稻よりノビエの生育が強くて、水稻の生育が大きく低下したが、田植時に発生したノビエとでは、その関係が逆となって、ノビエの生育よりも水稻の生育が強くなり、ノビエのための影響は小さい。また水稻とコナギの混植では、ノビエのように強い影響は現われなかった(第10, 11表, 附表1~6, 13~15, 第3~6, 10, 11, 28, 30図, 図版1~9参照)。それらの種類、作物の密度との相互生育関係はMANNらが報告している大麦とオオツメクサ、イヌカミツレ、ハコベ、クローバーの混植試験での1株およびポット当り生産量の関係とかなりよく一致している。また小麦、水稻の各雑草において密度条件のちがいを捨象して重量でおきかえれば、第1~3回試験とも生育後期において有意の相関、回帰があった(第5表, 第18図参照)。なお吉良らの最終収量一定の法則は、小麦では成立がよいが、スズメノテッポウではこの密度ではあまり成立がよくない。おそらくこの種類は、このポットでは密度が少なくとも5株以上でなければ十分の生産量とならないためと考えられる。また圃場でノビエと水稻の混植において密度を同一に保ち、その配置位置と水稻1株を1本、3本植にかえて、水稻がノビエから受ける圧迫、逆に水稻がノビエに及ぼす相互の影響を調べた結果、一般にノビエが水稻よりも大株となり、水稻を圧迫するので、ノビエに囲まれた水稻が片方よりも、2方、3方、4方と多株、多方面のもの、またノビエが正面にあって斜位置より距離が近いものは、その生育の抑制が大きい。いずれの配置位置も、水稻1株を1本植したものは3本植よりも受ける圧迫が強くなり低下が大きい。たとえば、水稻の総重において対照との比較では、4方をノビエに囲まれた水稻の1本植は69.4%, 3本植は82.5%, また3方をノビエが囲む場合、1本植は85.3%, 3本植は87.3%のようになっている。このように同密度において、その水稻の1株植付本数を多くすることが雑草に対する抵抗性を増すことがはっきりした。

以上、水稻、裏作麦対雑草が1:1以下では、作物の方がノビエを除いて雑草よりも生育が強い。それにもかかわらず雑草を放任すれば作物は大きく減収する。それは、雑草が

^{*} この1:10区でスズメノテッポウの1株当り茎葉重は12%の小株になったにも拘らずポット当りのそれらは20~30%と増えて増加したのは、集団密生による抵抗力の増大としてきわめて注目すべきである。

多数の小粒種子を結実，落下して集団発生し，スズメノテッポウで見られるように，ある程度の高密度でかえって生育のよい時期があるという面もあり，このように集団して作物に抵抗し，いわば数の力で個体ならびに種属を維持している姿がはっきりつかめた。この雑草に対して作物の密度を高くすることが生態的に有効な防除対策であることもまた明らかである。従来からの作物の密植，密播，輪作などの諸工夫もその有力な対策の現われである。しかしそれらの方法のみでは圃場の被覆が被度* 100%にもなる雑草群はとうてい抑えきれないので，耕地をして雑草からフリー状態になるまでに，あたかも完全除草が目標かのように，多くの資材，労力を費して防除作業を行っているのが現状である。作物収量の点からのみ見れば，必要なのは完全除草でなくて，どの程度の雑草までは放任しても減収とならないか，雑草の許容限界量と，そのときの除去量の程度を知ることである。

それらについて統一的な見解を得るために，まず本研究に供試した全データについて，作物量と混生雑草量との相関，回帰式を計算した結果，生育初中期では有意の相関，回帰を認められないが，生育後期では大多数の試験例が有意の負の相関，回帰が得られた。各試験のそれらの回帰係数 b からして雑草の茎葉，根の 1g，分けつ，根数の 1 本ずつの増加に伴って，一方の作物はいくらずつの割合の低下となるかを知ることができた（第 5, 6, 14 表，第 18~20, 33, 34 図参照）。されど，それは試験グループ毎にちがった回帰式なので当然低下の割合もちがっている。第 3, 5 項に雑草のために小麦，水稻別に共通的な低下割合の算出を試みている。雑草 (x) に対する作物 (y) の回帰係数 (b) は雑草の標準偏差 (s_x) に対する作物の標準偏差 (s_y) 比と相関係数 (r) の積， $b = r \cdot s_y / s_x$ とおくことができ，それを水稻量と混生乾雑草との各データを両対数グラフにとって各点を結べば一直線上にずれがなく並んでいる。これは各相関係数の値** が有意でそのちがいが小さいためである（第 35 図 c 参照）。この場合，もし標準偏差比の代りに作物比をとっても普通グラフでは双曲線，両対数グラフでは直線となった。その曲線は $y = ax^b$ で示され，この式の両辺の対数を取れば $\log y = \log a + b \log x$ となる。いま，第 38 図のように，乾雑草に対する作物重の作物比または群落重に対する乾雑草の群落比を $\log x$ ，それに相当する回帰係数 b を $\log y$ としてグラフを描けば b は，作物比では正，群落比では負となる回帰直線が得られる，その計算値** は次のように両作物において近似している。

小麦における総重の作物比と回帰方程式 $\log y = -0.2828 + 0.6067 \log x$

同 穀重の作物比と回帰方程式 $\log y = -0.5412 + 0.5059 \log x$

水稻における総重の作物比と回帰方程式 $\log y = -0.2295 + 0.4589 \log x$

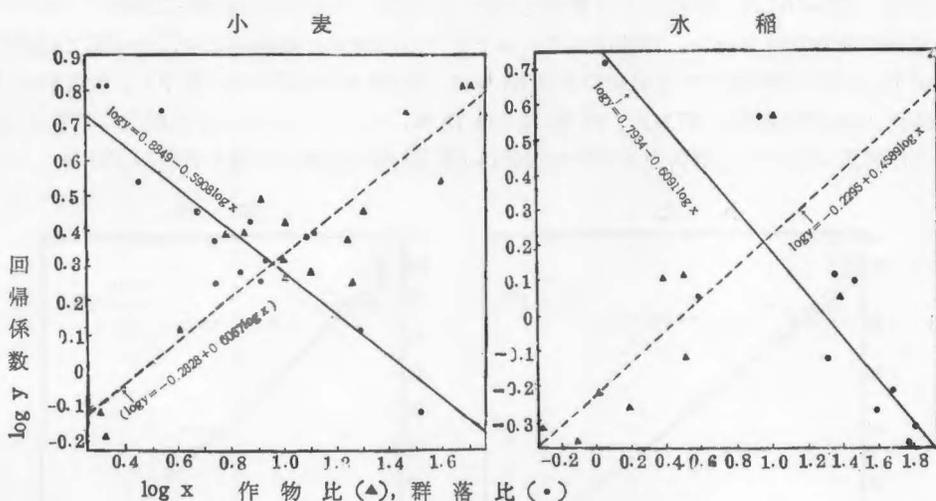
同 穀重の作物比と回帰方程式 $\log y = -0.5598 + 0.4571 \log x$

* この耕地雑草群落の構造生産量の季節的消長は前報「耕地雑草群落の実験的研究」で詳しい成績を報告した，（農学研 48 (1) 1—32, 48 (3) 129—178, 1960. '61)。たとえば前掲報告で纏めた雑草密度は，900 cm² 当り裸地 2 月中旬～6 月下旬 53—98 本，生重 43—66 g, 10 月上旬～7 月中旬 169 本，20 g, 10 月上旬～10 月上旬の年間で 159 本，46 g, 7 月上旬～9 月下旬，264 本，63 g, 同じ丈 900 cm² 当りの小麦畑は 66 本，3 g, 陸稲畑 230 本，56 g, 水稻田 98—148 本，30—62 g, 甘藷畑 17 g, 24 g, トーモロコン畑は 103 本，32 g と算定された（第 11, 12 表参照）。本試験での作物対雑草密度は小麦 1 株に対して雑草 2—25 株，水稻 1 株に対して 5—20 株位であった。

** 小麦では r は -0.485—-0.942, 水稻では r は -0.634—-0.916 である。この範囲をはずれるとその推定値と計算値の近似はよくない。

小麦における総重の群落比と回帰方程式 $\log y = 0.8849 - 0.5908 \log x$
 同 穀重の群落比と回帰方程式 $\log y = 0.4558 - 0.5139 \log x$
 水稻における総重の群落比と回帰方程式 $\log y = 0.7934 - 0.6091 \log x$
 同 穀重の群落比と回帰方程式 $\log y = 0.4529 - 0.5996 \log x$

それらの図式によってX軸上の作物比または群落比からY軸上の回帰係数bが推定できる。それによれば雑草の増加によって作物量の低下の割合は作物比が大きいほど大きく、群落比では逆に大きいほど小さくなっている。しかし実際にはあまり作物比が大きいときは雑草が小さく作物が減収とならない、その場合の低下割合は無意義で、限界点以上においてのみ利用できる。

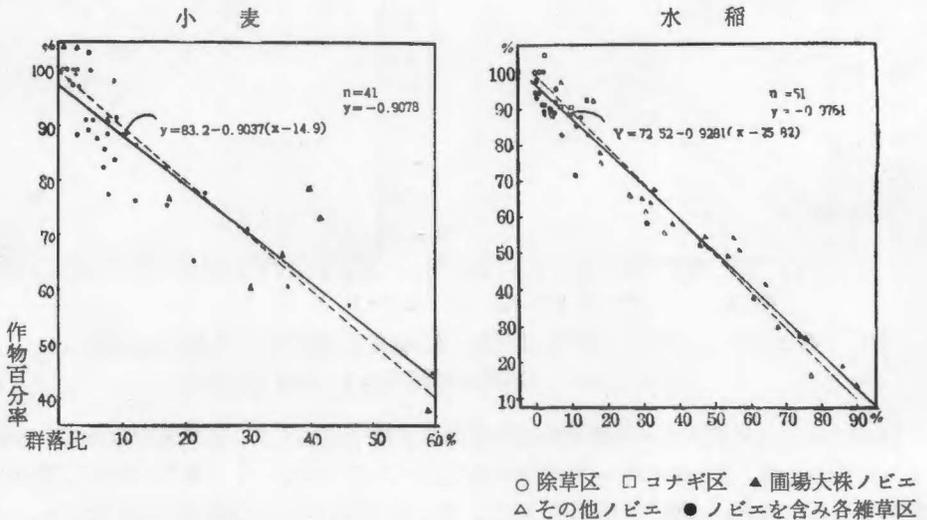


第 38 図 作物比（作物量/雑草量）及び群落比（雑草量/群落量）と雑草量に対する小麦または水稻の回帰係数 b との関係（対数値）

BLEASDALEは対数グラフ相関曲線図の彎曲点で競争のはじまる雑草量を求めているが、それにならば、各試験のデータの平均群落比が大きいものがその競争の始まる彎曲点の群落比もまた大きい（第9, 15表a, 第23, 24, 36図参照）。この関係を両対数グラフで検討すれば、小麦では各試験区の群落比が12%までは45°で上昇し、それ以上はX軸に平行でほぼコンスタントとなる曲線で示され、また水稻では群落比が8~60%まではX軸にはほぼ15°の傾きの直線となった。さらにその関係を3.3m²当りの換算雑草量で示せば小麦、水稻別に現存雑草量からそのときの雑草の許容限界量を知ることができた（第25, 37図参照）。それによれば、小麦と水稻について3.3m²当りの現存雑草量に対する雑草の許容限界量は水稻が小麦より低い点にある。たとえば3.3m²当りの雑草が300gのとき、小麦では170g、水稻では110gとなっている。しかしそれを群落比から見れば両種とも7.5%では110g、10%では120gまで同量であり、それ以上はわずかのちがいとなっている。最後

*訂正 第22図のA……総重, B……穀重をA……穀重, B……総重に, また同図a両対数グラフのB線の角度42°を37°に, A線41°を34°に訂正する。したがって作物比からの回帰係数bの推定は, 作物比が5倍では小麦総重1.4(穀重0.65), 10倍では2.12(0.91), 20倍では3.1(1.3), 30倍では4.1(1.6), 40倍では4.8(1.85)となる。

に第39図において雑草の重量群落比に対して除草区に対する作物総重*100分率との関係を相関、回帰によって検討した。第39図における、小麦圃の雑草群落比は0.2~60%、水稲田のそれは、0.2~90%の範囲であるが、両作物圃における雑草群落比と除草区に対する作物重の100分率との相関、回帰値はきわめてよく一致している。すなわち、小麦では相関 $r = -0.908$ 、回帰係数 $b = -0.904$ 、水稲では $r = -0.976$ 、 $b = -0.928$ 、全体的に見て群落比1%の増加に伴い、小麦は0.90%、水稲は0.93%ずつ低下を意味している。されど普通、両作物での雑草群落比は10%以下の場合が多い、群落比0.2~10%における相関、回帰係数は小麦では $r = -0.657$ 、 $b = -1.825$ 、水稲田では $r = -0.582$ 、 $b = -1.335$ である、また同図によれば小麦では群落比3% (3.3 m² 当り平均乾雑草量 80g) までは小麦量は97~104%、水稲田では群落比2% (同90g) では水稲量94~104%で、それらの場合には有意性がない。群落比がそれ以上となると有意の減収となり、小麦圃では群落比が10%では作物重の回帰直線の点は88%に、同20%では79%に低下し、水稲田では群落比10%で水稲率は87%に、同20%では78%、のようにどちらも直線的に減収する、また作物重100分率と群落比との2つの計は(第39図の点線は両者の合計が100%となる



第39図 雑草群落比と除草区に対する作物総重の100分率との相関及び回帰図

線である)、小麦圃の群落比25%、水稲田45%までは両者の計が97~100%、それ以上(小麦圃では大株ズメノテッポウ、水稲では大株ノビエとの混植)では100~102%となる。すなわち群落比がその点までは群落比と除草区に対する作物重100分率を合せた量が、両者を合せて100%線となる線よりは小さく、その点以上では前者が後者より大きい。

以上の結果から見て当研究所の小麦圃、水稲田においては3.3 m² 当りの乾雑草量が前者では80g、後者では90g以下であれば、いつの場合も作物量は有意の減収とならないので、その雑草量は放任しても差しつかえないといえる。また両作物圃とも、当圃場の無除草区の群落比は7.5~15%なので、その群落比に対する許容雑草量は大体100~120gと考

* 同穀重100分率とでは、小麦 $r = -0.8077$ 、 $y = 97.86 - 0.963x$ 、水稲 $r = -0.9517$ 、 $y = 94.88 - 0.937x$ である。

えられる。その量は川延らが陸稲田で生育後期において1 m²当り35 gというのと、ここの小麦圃、水稲田とほとんど差がない。なお、すでに述べたように、株数からの許容雑草量の推定はむずかしいが、小麦圃でスズメノテッポウが主体の場合は、およそ3.3 m²当りで20~170株、水稲田では大株ノビエは1~2株、小株ノビエは10~50株、コナギは50~200株、キカンダサ、アゼナなどの小形雑草は200~500株程度ではないかと考えられる。ただし以上は、かなり後期まで生長をつづけた雑草についてであり、おくれて発生した小株雑草はそれ以上が混在しても減収にはならない。

8. 摘 要

(1) 1951年から5カ年間にわたり、圃場、框、ポットで小麦と裏作雑草、水稲と水田雑草を栽植密度を変えての単混植し、種内、種間の生育競争、とくに後者において作物量を低下にみちびく雑草量についてしらべた。競争または協同は、1株植の生育量(茎葉重、穀重、莖数、草丈、根重、根数)を対照とし、その100分比、等値分布図、変異係数、または除草区に対する生育量で比較した。さらに混植区の雑草量を小から大の段階にわけ、それに対する作物量、群落量の相互関係、地上部と根との生育相関、雑草と作物の各生育量の相関、回帰を算出し、雑草量増加と作物の減収との関係、作物と雑草の競争のはじまる雑草量、雑草の許容限界量、その場合の除草率などについて検討した。

(2) スズメノテッポウの1ポット当り5、10株の単植、また小麦との混植で小麦対スズメノテッポウ1:5、1:10区でのスズメノテッポウは、2~3月に草丈、分けつ調査および莖数、茎葉重の等値分布図で協同的現象が見られ、この協同は、いつも短期間で競争のはじまる直前に現われる。変異係数は、両種とも莖数、茎葉重において密度の大きいものがやや大きい、また巢播、撒播における変異係数は、生育初、中期には密度の大きいものが、かえって小さくて協同的であり、後にはそれが大きくなって競争的になった。

(3) 小麦とスズメノテッポウとの混植密度と両種のポット当りの生育量では1:10のように、スズメノテッポウの茎葉重が小麦より大きいときのみ小麦の茎葉重は、40~63%と低下率が大きく、3:6、3:9、3:12、1:5では10~35%、1:1、3:3では9~29%と漸減し、5:5、10:10、5:1、10:1ではほとんど低下がない。一方スズメノテッポウは、小麦によって大きく圧迫され、10:10、5:5、10:1、5:1では78~99%、1:1、3:3では61~83%、3:6、3:9、3:12では、14~47%、1:5では20%の低下率である。注目すべきは、1:10では逆に20~30%増加した。このように雑草は1個体は小さくとも、それが密生すればポット当りの生産量を大きく、集団して作物に抵抗していることがはっきりした。しかし、平均1株当りの生育量は、生育後期において単植5、10、混植5:5、10:10では、小麦が20%以下、スズメノテッポウは5%以下にも低下し、密度の大きいものがきわめて小さくなる。また、スズメノテッポウの自然拓死率は、全体で5.3%、小麦はその1/10である。なお、スズメノテッポウらは疎植区では横臥性となった。

(4) 水稲に同長のノビエを混植したとき、ノビエから受ける圧迫は水稲の位置がノビエの片方、2方、3方、4方の場合は、多株、多方面から囲まれたものが大きく、そしてノビエが近くの正面にある水稲が斜に遠くにあるものよりも抑制が大きい。またいずれの配置も水稲1株1本植は、3本植よりも低下率が大きい。このように同じ混植密度におい

ても、水稲1株の植付本数を多くすることが雑草に対する抵抗性を増大する。

(5) 生育各期において地上部の生長、根の伸長をガラス面での展開また掘取水洗でしらべた結果、生育後期において小麦1株当りの根数は160~190本、根重は4.1~6.9g、スズメノテッポウは332~518本、1.6~4.4gである。また両種の地上部重と根重との相関係数は小麦0.9175~0.9475、スズメノテッポウ0.8933~0.9645と著しい有意性があり、地上部の生育から根の生育程度がわかる。水稲の1株当り根数は865本、第1次根全長31.3m、根重7.8g、混植区の苗代ヒエは492本、12.8g、田植ヒエは212本、5g、コナギは113本、2.3gである。また水稲と同時に発生した苗代ヒエは初期からの根数、根長、根群の巾ともきわめて大きくなり、また混植の水稲を強く圧迫するが、遅く発生した田植ヒエはそれが小さく、コナギは一般にさらに小さい。また単植でのT/Rは小麦がスズメノテッポウよりもやや大きく、水稲>ノビエ>コナギのようである。そして小麦のT/Rは生育各期で1株植が大きい他は密度との関係は明らかでない。スズメノテッポウのそれは生育中期には密植区で大きい、しかし後期にはちがいがなくなる。混植でのそれらの関係はいずれも明らかでなかった。

(6) 雑草の種類と作物との生育の競争関係において、小麦に及ぼす雑草の影響は、ミノフスマが小さく、ヤエムグラ、スズメノテッポウが大きい。また、水稲に対してはノビエが、とくに苗代期発生のものが田植期以後の発生のものより大きく、コナギはそれらより小さい。しかし生育後期において雑草種類、密度などの条件のちがいをすてて重量におきかえた雑草量と両作物量との間には、いづれも有意の負の相関、回帰が認められる。

(7) 作物量、雑草量、群落量の相互関係を多くの図表によって示したが、混植において、雑草量の増加が区間有意差があっても、絶対量のちがいが小さいときは相手の作物は有意の生育低下とならない。一般にその区間差は、群落比のちがいが小麦圃では4%、水稲田では2%以上になって有意となる。また群落量は雑草の増加とともに低下する例が多く見られ、さらに雑草量の増加によって群落量は上昇する。一般には下降例が多く見られる。しかし有意差のない場合は作物と雑草量とが相補償してコンスタントと考えられる。それらを2種混合群の収量図の型にあてはめて見れば、両者の相対的な競争力の差によって各種の型が示される。

(8) 生育後期には小麦および水稲と雑草との生産量には、有意の負の相関回帰が示され、その回帰係数から雑草の増加に伴う作物量の低下の割合がわかる。しかしその値は別々の回帰式から得られたものでちがっている。それで小麦と水稲別に、その統一的な低下割合を知るためX軸に標準偏差比、作物比、群落比を、Y軸に回帰係数bをとり作図すれば普通グラフでは双曲線の $y=ax^b$ 、対数グラフでは直線 $\log y=\log a+b \log x$ で示される。この図式からそれぞれ作物比、群落比における作物量の低下割合がわかる。

(9) それらの図による両者の関係は、作物比が大きいほど負の回帰係数bは大きく、群落比では逆となる。そのため実際には、作物比があまり大きいときは作物は減収とならない。よって両対数グラフの彎曲点から雑草の許容限界量を求めた。それを3.3m²当りの換算量で示せば、小麦では150gの雑草量のときは、110gから減収がはじまり、40g(除草率27%)を除去すればよい。同300gのときは、それぞれ170g、130g(43%)、水稲では、300gのときは110g、190g(63%)、500gのときは130g、370g(74%)

以上を除去すれば、両作物とも減収はない。

(10) 水稻, 小麦圃別に全試験データを纏めた群落比と除草区に対する作物総重 100 分率との相関, 回帰は小麦では $r = -0.908$, $b = -0.904$, 水稻ではそれぞれ -0.969 , -0.928 となり, それらは著しい有意性がある。よって群落比 1% ずつの増加は小麦では大株スズメノテポウとの混植を含めたときに 0.904%, それを除けば 1.83%, 水稻では大株ノビエを含んだ場合は 0.93%, それを除いた場合は 1.34% ずつ低下する。しかし小麦田では群落比 3% までは (3.3 m² 当り 80 g) 小麦重は 96~104%, 水稻田では群落比 2% までは (3.3 m² 当り 90 g) 水稻重は 94~104% でそれらは有意の低下がない。また当圃場では両作物とも無除草区の群落比は 7.5~15% で, それに相当する雑草の許容限界量は 3.3 m² 当り 100~120 g なので, それ以下の雑草は放任してもよい。

謝 辞

本報告は“本邦耕地雑草に関する研究”の第 V 章の縮小である。主題研究は 1932 年より大原農業研究所長故近藤万太郎博士の御指示, 御指導のもとに開始した。直接あるいは間接に終始変らない御援助を賜わった東京大学農学部名誉教授野口弥吉博士, 同教授戸刈義次博士, 松尾孝嶺博士, 川田信一郎博士, 岡山大学農業生物研究所前所長西門義一博士, 同教授高橋隆平博士らに対して謹んで深甚の謝意を表す。また本文を草するに当り実験の初期においては木下収氏, つづいて平田勝, 竹久二郎の両氏の御助力で遂行した。また定金章, 武田満子, 薬師和範, 天野正子の諸氏には資料の整理について御協力を得たので併せて感謝の意を表す。

なお, 本研究の一部経費は, 財団法人大原奨農会助成金, 文部省試験研究費, 農林省応用研究費, その他を充当して行われた, 御援助を与えられた各当局に深謝する。

附記 本研究の一部成績は 1954 年 9 月。日本作物学会中国支部会, 1957 年 5 月。日本植物学会中国四国支部大会, 1958 年 4 月。第 119 回日本作物学会講演会において発表した。

文 献

- 安藤広太郎. 1913. 水稻の分けつと栽植の疎密との関係試験成績. 農事試験場報告. 40: 1—49.
- 荒井正雄, 川島良一. 1956. 水稻栽培における雑草害の生態的研究 I, II. 水稻と雑草の競争機構について. 日作紀事. 25 (2): 115—118.
- 荒井正雄, 片岡孝義. 1960. 水田裏裏作における麦と雑草の競争機構ならびに雑草害診断方法. 日作紀事. 29 (1): 133—136.
- Bleasdale, J. K. A. 1956. Interspecific competition in higher plants. *Nature*. 178: 150—151.
- Brenchley, W. E. 1919. Some factors in plant competition. *Ann. Appl. Biol.* 6: 142—170.
- Brenchley, W. E. 1920. *Weeds of farm land*. London.
- Blackman, G. E. and Templeman, W. G. 1938. The nature of the competition between cereal crops and annual weeds. *Jour. Agr. Sci.* 28: 247—271.
- Clements, F. E., Weaver J. E. and Hanson, H. C. 1929. Plant competition an analysis of community functions. *Carnegie Inst.* 1—340, Washington.
- Goodall D. W. 1960. Quantitative effects of intraspecific competition: an experiment with mangolds. *Hull. Res. Counc. Israel*. 8D (3—4): 181—194.

- Hamilton, K. C. and Buchholtz, K. P. 1955. Effect of rhizomes quackgrass (*Agropyron repens*) and shading on the seeding development of weedy species. *Ecology*. 36 (2): 304—308.
- Hozumi' K., T. Asahira and T. Kira 1956. Intraspecific competition among higher plants. VI. Effect of some growth factors on the process of competition. *Jour. Inst. Polytechnics Osaka City Univ. D* 7: 15—34.
- 伊藤嘉昭. 1959. 比較生態学. 東京.
- 神田己季男, 柿崎洋生. 1956. 水稻の栽培密度に関する研究. 第1報. 収量—密度関係の法則性について. *東北大学農研彙報*. 8 (2): 73—90.
- 笠原安夫. 1949. 雑草駆除と輪作. *農学* 2 (7): 15—21.
- 笠原安夫. 1958. 作物と雑草との競争についての実験的研究. *日作紀*. 27 (1): 133—134.
- 笠原安夫. 1960, '61. 耕地雑草群落に関する実験的研究. *農学研究*. 48 (1): 1—32, 48 (3): 129—178.
- 川延謹造, 北野茂夫, 白沢義信. 1958. 畑作除草作業体系の確立に関する研究. 第1報. 平畦作りの馬鈴薯の収量に及ぼす雑草の影響. *日作紀事*. 27 (2): 252—254.
- 川延謹造, 加藤春正. 1959. 同題. 第II報. 陸稻の生育収量に及ぼす雑草の影響. *日作紀事*. 28 (1): 68—72.
- 吉川祐輝. 1901. 稻の特性と栽植の疎密. *農業試験場報告*. 17: 62—84.
- Kira, T., Ogawa, H. and Sakazaki, N. 1953. Intraspecific competition among higher plants, 1. Competition-yield-density interrelationship in regularly dispersed population. *Jour. Inst. Polytechnics, Osaka City, Univ. D* 4: 1—16.
- Kira, T. and others 1956. Intraspecific competition among higher plants. V. Supplementary Notes on the C-D effect. *Ibid. D* 7: 1—14.
- 吉良竜夫, 穂積和夫, 小川房人, 上野善和. 1953. 栽植密度問題の生態学的考察. *園芸学研究集録*. 6: 69—81.
- 吉良竜夫, その他. 1956. 同種植物個体間の競争現象. *生物科学*. 8 (1): 2—10.
- 吉良竜夫, その他. 1957. 密度, 競争, 生産. *大阪営林局*. 1—31.
- 近藤頼巳. 1944. 水稻における栽植密度の増加について. *農及園*. 19 (7): 667—674.
- Koyama, H. and T. Kira. 1956. Intraspecific competition among Higher Plants. VIII. Frequency distribution of individual plants Weight as affected by the interaction between plants. *Jour. Inst. Polytechnics Osaka City Univ. D* 7: 73—94.
- Knapp, R. 1954. *Experimentelle Soziologie der höheren Pflanzen*. 1—202, Stuttgart.
- Mann, H. H. and Barnes, T. W. 1945. The competition between barley and certain under controlled conditions. *Ann. Appl. Biol.* 32 (1): 15—22.
- Mann, H. H. and Barnes, T. W. 1947. *Ibid.* II. Competition with *Bolcus mollis*. *Ibid.* 34 (2): 252—266.
- Mann, H. H. and Barnes, T. W. 1949. *Ibid.* III. Competition with *Agrostis gigantea*. *Ibid.* 36 (2): 275—281.
- Mann, H. H. and Barnes, T. W. 1950. *Ibid.* IV. Competition with *Stellaria media*. *Ibid.* 37 (2): 139—148.
- Mann, H. H. and Barnes, T. W. 1952. *Ibid.* V. Competition with clover considered as a weed. *Ibid.* 39 (1): 111—119.
- Mayer, A. 1879. Ein Vegetationshaus ohne directes Sonnenlicht. *Landw. Versuchs*. 23:

249—257. (Clements より引用)

- 沼田真, 新山恒雄. 1953. 作物と雑草との競争. 第1報. 特にオカボの除草期について. 植生学会報. 6(1): 8—13.
- 小川房夫, 小山博史. 1957. 果播は収量を高めうるか. 日生態会報. 6(4): 133—137.
- 大竹博吉. 1953. ルイセンコ選集. 農業生物学(2) (Lysenko 1945 論文を引用)
- Pavlychenko, T. K. and Harrington, J. B. 1934. Competitive efficiency of weeds and cereal crops. *Canad. Jour. Res.* 10: 77—94.
- Pavlychenko, T. K. 1937. The soil-block washing method in quantitative root study. *Ibid.* 15: 33—57.
- Pavlychenko, T. K. 1940. Investigation relating to weed control in western Canada. *Herb. publi. Ser. The Control of weeds.* 27: 9—26. (Edited by Whyte), Aberystwyth.
- Rademacher, B. 1940. The control of weeds in Germany (*Ibid.* 68—112).
- Salisbury, E. J. 1942. The reproductive capacity of plants studies in *Quantitative Biology*, London. (伊藤より引用)
- Sachs, J. 1860. Bericht über physiologische Thätigkeit an der Versuchstation in Tharandt. II. Wurzelstudien. *Landw. Versuchs.* 2: 1—31. (Clements より引用)
- Shinozaki, K. and T. Kira, 1956. Intraspecific competition among higher plants VII. Logistic of the C—D effect *Jour. Inst. Polytechnics Osaka City Univ.* D 7: 35—77.
- 篠崎吉郎, 穂積和夫. 1960. 生長法則性と生長解析. *植物生態学(2)*: 316—322. *生態学大系II*の上巻. 東京.
- 酒井寛一. 1956. 植物集団における競争の研究. *集団遺伝学.* 184—211. 東京
- 高田和男. 1959. 果まきオオムギの生長におよぼす果内個体密度の影響. *日作紀事* 28(1): 153—154.
- 寺沢保房. 1943. 水田除草に関する試験並びに考察. 第2報. *農及園.* 18(2): 179—180.
- Varma, S. C. 1938. On the nature of competition between plants in the early phases of their development. *Ann. Bot. New Series* 2: 203—225.
- Vengris, J., Colby, W. G. and Dranke, M. 1955. Plant nutriment Competition between weed and corn. *Agron. Jour.* 47(5): 213—216.
- Vengris, J., Drake, M., Colby, W. G. and Bart, J. 1953. Chemical composition of weeds and accompanying crops plants, *Agron. Jour.* 45(5): 213—218.
- Welbank, P. J. 1958 '59. Competition between crop and weeds. *Rep. Rothamsted exp. sta.*, 1958 83—86. 1959 86—89.
- Wollny, E. 1881. Untersuchungen über den Einfluss des Standraumes auf die Entwicklung und die Erträge der Kulturpflanzen. *Jour. Landw.* 29: 25—62, 217—255. (Clements より引用)
- 山田岩男. 1953. 雑草肥料吸収性について. *北海道農業試験場彙報.* 64: 67—68.
- 山田豊一, 堀内慎一. 1953. 競合による非遺伝的変異の生起機構に関する研究. 第1報. *育種学雑誌.* 2: 159—172.
- 山田豊一. 1955. 競合による形質の量的偏倚と集団分布の変化に関する実験的並びに数理的研究. *農業技術研究.* G 11. 249—329.
- 山田豊一. 1957. 農業面からみた植物競争についての最近の研究動向と問題点. *生物科学.* 9(2): 53—61.
- 山田登. 1961. 水稻の栽植密度と収量について(I), (II). *農及園* 36(1, 2): 13—18, 311—315.

附表 13 a 水稲, ノビエの混植と灌水の深さによる1株当り生育量 (1952)

処	理	方	法	調査(生存)株数	総重	100分比	葉重	粗重	100分比	稈長	分けつ	穂長	
水稲	}	}	}	灌水 20 cm	16 ^株	142.5 ^g	102.2 [%]	82.5 ^g	56.5 ^g	108.0 [%]	100 ^{cm}	20.2 [%]	21.2 ^{cm}
				" 15	"	140.8	101.0	79.5	56.1	107.3	101	20.3	21.9
				" 5	"	103.9**	74.5	62.4**	36.9**	16.3**	96	16.3**	22.0
				" 5 (ヒエ無)	"	139.4	100.0	83.9	52.3	22.1	101	100.0	21.7
				" 20	0	0				0	0		
ノビエ	}	}	}	" 15	1	1.2				47	6		
				" 15	29	8.3				80	7		
				" 5									

附表 13 b 水稲とノビエの地下部の生育状況 (ガラス面の展開)

処	理	方	法	調査株数	7月10日			7月17日			7月24日			7月31日			8月7日			8月14日		
					根群の深さの市	根長	根群の深さの市	根群の深さの市	根群の深さの市	根群の深さの市	根群の深さの市	根群の深さの市	根群の深さの市	根群の深さの市	根群の深さの市							
水稲	}	}	}	3本	7.9 ^{cm}	46.5 ^{cm}	18.0 ^{cm}	18.6 ^{cm}	25.9 ^{cm}	22.6 ^{cm}	33.5 ^{cm}	26.4 ^{cm}	37.4 ^{cm}	27.0 ^{cm}	200 ^{cm}	668 ^{cm}	38.8 ^{cm}	27.8 ^{cm}				
				"	12.9 ^{cm}	51.0 ^{cm}	18.8 ^{cm}	21.5 ^{cm}	29.6 ^{cm}	23.1 ^{cm}	35.4 ^{cm}	25.1 ^{cm}	36.1 ^{cm}	25.8 ^{cm}	205 ^{cm}	671 ^{cm}	38.5 ^{cm}	26.0 ^{cm}				
				"	15.1 ^{cm}	66.7 ^{cm}	23.3 ^{cm}	22.3 ^{cm}	30.3 ^{cm}	24.3 ^{cm}	33.0 ^{cm}	25.5 ^{cm}	36.8 ^{cm}	26.8 ^{cm}	241 ^{cm}	775 ^{cm}	37.6 ^{cm}	27.5 ^{cm}				
				"																		
				"																		
ノビエ	}	}	}	20																		
				15																		
				5																		
				20																		
				15																		
5																						

処	理	方	法	調査株数	8月21日			9月4日			9月11日			9月18日			* 9月30日		
					根群の深さの市	根群の深さの市	根群の深さの市	根群の深さの市	根群の深さの市	根群の深さの市	根群の深さの市	根群の深さの市	根群の深さの市	根群の深さの市	根群の深さの市	根群の深さの市	根群の深さの市	根群の深さの市	根群の深さの市
水稲	}	}	}	3本	39.5 ^{cm}	28.8 ^{cm}	41.4 ^{cm}	30.0 ^{cm}	41.5 ^{cm}	30.1 ^{cm}	298 ^{cm}	986 ^{cm}	41.8 ^{cm}	29.9 ^{cm}	749 ^{cm}	4.6 ^{cm}	45.5 ^{cm}		
				"	38.6 ^{cm}	27.9 ^{cm}	40.5 ^{cm}	29.9 ^{cm}	39.3 ^{cm}	30.8 ^{cm}	288 ^{cm}	1038 ^{cm}	39.6 ^{cm}	32.5 ^{cm}	830 ^{cm}	5.6 ^{cm}	42.5 ^{cm}		
				"	37.6 ^{cm}	27.6 ^{cm}	37.8 ^{cm}	29.4 ^{cm}	38.8 ^{cm}	30.0 ^{cm}	308 ^{cm}	973 ^{cm}	38.5 ^{cm}	30.7 ^{cm}	876 ^{cm}	6.3 ^{cm}	34.0 ^{cm}		
				"															
				"															
ノビエ	}	}	}	5	9.5 ^{cm}	5.0 ^{cm}	29.0 ^{cm}	29.5 ^{cm}	28.0 ^{cm}	28.5 ^{cm}	10 ^{cm}	51 ^{cm}	27.5 ^{cm}	28.5 ^{cm}	—	—			
				15	32.5 ^{cm}	22.0 ^{cm}	34.5 ^{cm}	29.0 ^{cm}	34.0 ^{cm}	26.0 ^{cm}	62 ^{cm}	360 ^{cm}	34.0 ^{cm}	26.5 ^{cm}	—	—			
				5															

備考 7月30日芽出しをしたノビエを植付, 7月7日より20日間5, 15, 20 cmの灌水を行い, 以後は各区とも5 cmの灌水とした。ノビエの根は8月14日までガラス面に現われなかった。灌水5 cm (ヒエ無) 区は他の雑草が多い。* 掘り取り調査。

附表 14 a 水稲、ノビエ、コナギの混植と框当りの地上部の生育量 (1953)

処理方法	水					箱					区間差		
	総重	100分比	数	重	100分比	100分比	重	100分比	穂数	100分比	穂数	総重	穀重
I 水稲のみ (対照)	1803±148.5 ^f	100.0 ^g	707±78.5 ^e	78.5 ^e	100.0 ^g	100.0 ^g	1009 ^f	106.9 ^g	303 ^h	100.0 ^g	303 ^h	I = II	I = II
II コナギ	1906±168.5	105.7	754±159.0	49.3	106.6	1079	106.9	318		106.9	318	II = III	II = III
III エコナギ	1667±231.7	92.5	696±49.3	98.5	98.5	916	90.7	272		90.7	272	III = IV	III = IV
IV 田植	1669±218.8	92.6	623±79.0	88.1	88.1	966	95.6	294		95.6	294	IV > V	IV > V
V 苗代	976±210.8	54.1	322±86.3	45.5	45.5	603	59.7	142		59.7	142		

処理方法	雑草					水稲/雑草 雑草/群落					区間差		
	総重	100分比	茎数	100分比	群落	100分比	100分比	雑草	100分比	雑草	100分比	雑草	群落
I 水稲のみ (対照)	90±23.6	7.4	66.0	6.9	1803±148.5 ^f	100.0 ^g	100.0 ^g	1803±148.5 ^f	100.0 ^g	100.0 ^g	100.0 ^g	I < V	I < V
II コナギ	278±52.6	22.7	455.5	47.7	1996±144.9	110.7	110.7	1996±144.9	110.7	110.7	110.7	I = II	I = II
III エコナギ	307±26.0	25.1	362.5	38.0	1945±86.1	107.9	107.9	1945±86.1	107.9	107.9	107.9	II < III	II = III
IV 田植	1223±156.2	100.0	955.0	100.0	1976±244.8	109.6	109.6	1976±244.8	109.6	109.6	109.6	III = IV	III = IV
V 苗代					2200±54.6	122.0	122.0	2200±54.6	122.0	122.0	122.0	IV < V	IV = V

備考 雑草は9月30日、水稲は11月15日刈取った。

附表 14 b 水稲、ノビエ、コナギの混植と1株当り地上部の生産量

処理方法	株数	水稲					雑草					穂数	穂長	総長
		総重	100分比	100分比	重	100分比	100分比	重	100分比	100分比	100分比			
I 水稲のみ (対照)	24	150.3 ^g	100.0 ^h	84.1 ^f	58.9 ^e	111.1 ^{mm}	100.0 ^g	100.0 ^g	90.3 ^{mm}	25.3 ^h	20.8 ^{mm}	25.3 ^h	20.8 ^{mm}	20.8 ^{mm}
II コナギ	"	158.8	105.7	89.9	62.8	111.1	106.6	106.6	93.0	26.5	20.3	26.5	20.3	20.3
III エコナギ	"	138.9	92.4	76.3	58.0	111.1	98.5	98.5	89.9	22.6	21.0	22.6	21.0	21.0
IV 田植	"	139.1	92.5	80.5	51.9	111.1	88.1	88.1	94.1	24.5	21.4	24.5	21.4	21.4
V 苗代	"	81.4 ^{**}	54.2	50.2 ^{**}	26.8 ^{**}	111.1	45.5	45.5	87.3	11.8	20.4	11.8	20.4	20.4
雑草	"	7.5												
II コナギ	"	17+6.1							45.1		7.0			7.0
III エコナギ	"	25.6							52.1		6.5			6.5
IV 田植	"	106.4							96.8		14.4			14.4
V 苗代	"								96.7					96.7

群 落

群 落	茎 葉 重	100分比	總 重*	群 落 比	雜 草 比	作 物 比	区 間 差		
							雜 草	莖 葉 重	穀 重
I 除 草	125.3±	100.0	141.9	—	—	—	I > IV I = V I > VII	I > IV I = V I > VII	I = IV I = V I > VII
II { コナギ	122.6±	97.8	139.4	5.5	5.8	17.3	I = II I << V I << VII	I = II	I = II
III { 2:4	122.9±	98.1	143.6	7.2	7.7	13.0	II = III	II = III	II = III
IV { 2:6	126.0±	100.5	147.2	9.9	11.0	9.1	III < IV	III = IV	III = IV
V { 2:2	131.7±	105.1	148.9	7.5	8.1	12.4	IV = V V = VI V < VII	IV < V V > VI VI = VII	IV = V V = VI V > VII
VI { 種 子 比	123.1±	98.2	145.6	15.4	18.1	5.5	VI = VII	VI = VII	VI = VII
VII { エ	114.9±	91.7	131.7	18.0	22.0	4.6	VII = VIII	VII > VIII	VII = VIII
VIII { 2:2	111.8±	89.2	128.2	26.2	35.5	2.8	VIII = IX	VIII = IX	VIII = IX
IX { 2:4	111.6±	89.1	128.7	30.7	44.4	2.3	IX = X IX < XI	IX = X X > XI	IX = X IX > XI
X { 苗 比	108.1±	86.3	124.9	35.6	55.3	1.8	X < XI	X > XI	X = XI
XI { 混	92.8±	74.1	116.5	76.8	331.6	0.3	XI > XII	XI < XII	X = XI
XII 無 除 草	—	—	—	—	—	—	XI > XII	XI < XII	XI = XII

備 考 1/2000 aポット試験

* 總重は群落量（作物と雑草の莖葉重）に両者の根重を加えたもの。

附表 16 水稻とノビエの混植割合のちがいと5, 9株当りの生産量と群落量 (1953)

(5株3本植)

区 水稲:ヒエ 数	水		稲		100 分 比	群 落	100 分 比	雑草/群落 ノビエ	区 間 差		群 落	
	総 重	100分比	穀 重	100分比					水 重	稲 重		
C 5:0	8	449.6±18.42	100.0	212.5±8.57	100.0	449.6±18.42	100.0	—	C>	C>	C=	
I 4:1	6	303.5±16.32	67.5	127.8±9.48	60.1	416.0±23.44	92.5	I<	I>	I=	I=	
II 3:2	5	198.3±22.22	52.9	102.8±4.33	48.4	436.2±21.47	97.0	II<	II>	II=	II=	
III 2:3	5	260.4±17.34	37.9	71.2±8.20	33.5	430.6±23.57	95.8	III<	III>	III=	III=	
IV 1:4	6	540.3±33.16	19.0	33.5±2.49	15.8	625.5±33.84	139.1	IV<	IV>	IV<	IV<	
(5株1本植)												
C 5:0	8	363.8±14.48	100.0	165.4±14.51	100.0	363.8±14.48	100.0	—	C>	C>	C=	
I 4:1	7	234.1±12.50	64.3	111.0±5.57	67.1	346.2±11.88	95.2	I<	I>	I<	I<	
II 3:2	8	188.3±8.88	51.8	83.9±4.46	50.7	442.7±20.08	121.7	II<	II>	II<	II<	
III 2:3	5	292.0±4.64	27.8	47.2±4.63	28.5	393.2±12.40	108.1	III<	III>	III<	III<	
IV 1:4	6	460.9±35.13	14.4	21.5±2.94	13.0	513.2±34.62	141.1	IV<	IV>	IV<	IV<	
(9株3本植)												
C 9:0	8	809.3±33.16	100.0	382.5±15.43	100.0	809.3±33.16	100.0	—	C>	C>	C>	
I 8:1	5	594.7±15.21	73.5	252.3±11.47	66.0	696.7±27.46	86.1	I<	I>	I=	I=	
II 7:2	10	219.5±19.95	65.2	222.6±7.18	58.2	747.4±24.42	92.4	II<	II>	II=	II=	
III 6:3	7	286.4±25.99	58.2	206.6±10.01	54.0	757.6±35.67	93.6	III<	III>	III<	III<	
IV 5:4	7	474.1±23.00	49.1	165.4±4.64	43.2	871.6±28.94	107.7	IV<	IV>	IV<	IV<	
V 3:6	3	507.3±23.95	30.0	96.4±1.84	25.2	750.0±19.71	92.7	V<	V>	V<	V<	
(9株1本植)												
C 9:0	8	642.4±27.29	100.0	257.2±21.32	100.0	642.4±27.30	100.0	—	C>	C>	C=	
I 8:1	5	498.1±36.87	77.5	231.6±19.32	90.0	609.1±32.50	94.8	I<	I>	I=	I=	
II 7:2	8	220.0±13.98	68.5	188.9±15.51	73.4	656.8±27.53	102.2	II<	II>	II=	II=	
III 6:3	8	321.6±27.45	54.5	153.4±10.04	59.6	671.4±23.34	104.5	III<	III>	III<	III<	
IV 5:4	9	481.1±40.04	41.5	109.4±4.83	42.5	747.9±34.24	116.4	IV<	IV>	IV=	IV=	
V 3:6	3	539.7±35.36	27.6	77.5±5.27	30.1	717.0±32.57	111.6	V<	V>	V<	V<	

附表 17 a 正条植水稻田における雑草量と水稻の生産量及び群落量 (1949)

区	雑草	雑草比	作物比	雑草比	総重	100分比	数	重	100分比	群落	100分比	区 間 差	
												雑草	群落
A	61.6 ± 7.36	41.8	0.23	25.8 ± 0.239	100.0	9.90 ± 0.574	100.0	25.82 ± 0.256	100.0	A > D	A > D	A > D	
B	188.2 ± 24.1	12.9	0.77	24.3 ± 0.295	94.4	9.95 ± 0.203	100.5	24.52 ± 0.286	95.0	A = B	A = B	A = B	
C	303.6 ± 12.2	8.0	1.25	24.4 ± 0.299	94.5	9.98 ± 0.167	100.8	24.65 ± 0.289	95.5	B < C	B = C	B = C	
D	574.8 ± 46.9	4.0	2.51	22.9 ± 0.396	88.9	8.94 ± 0.226	90.3	23.47 ± 0.356	91.0	C < D	C > D	C > D	

b 1/500 a 框 (圃場設置) における雑草量と水稻の生産量及び群落量 (1957)

A	0.73 ± 0.15(22.3)	531.0	0.19	387.8 ± 9.42	100.0	175.5 ± 3.17	100.0	388.5 ± 9.34	100.0	A > C	A > C	A = C
B	3.27 ± 0.43(41.5)	116.0	0.86	379.8 ± 5.34	97.9	167.8 ± 4.91	95.6	383.1 ± 4.84	98.6	A = B	A = B	A = B
C	7.21 ± 0.60(53.9)	50.5	1.98	364.1 ± 4.90	93.9	158.5 ± 1.96	90.4	371.3 ± 4.57	95.6	B < C	B > C	B = C
D	16.99 ± 1.18(25.3)	20.6	4.86	349.7 ± 6.19	90.2	156.9 ± 3.75	89.4	366.7 ± 5.36	94.4	C < D	C = D	C = D
E	44.90 ± 4.00(111.8)	7.4	13.50	331.9 ± 8.69	85.6	144.6 ± 4.92	82.4	378.8 ± 6.34	97.5	D < E	D > E	D = E

c 1/2000 a ポットにおける雑草量と水稻の生産量及び群落量 (1957)

A	4.10 ± 0.29	23.2	4.31	95.2 ± 3.23	100.0	52.0 ± 2.51	100.0	99.3 ± 3.15	100.0	A > C	A > C	A = C
B	5.89 ± 0.07	16.1	6.16	95.6 ± 2.69	100.4	50.8 ± 2.02	97.7	100.7 ± 2.70	101.4	A = B	A = B	A = B
C	6.69 ± 0.17	13.3	7.54	88.7 ± 3.03	93.2	47.2 ± 2.20	90.8	95.3 ± 2.90	96.1	B < C	B = C	B = C
D	9.29 ± 0.51	8.2	12.27	75.9 ± 6.07	79.5	37.5 ± 2.77	72.1	85.0 ± 6.00	85.6	C < D	C < D	C > D
E	18.80 ± 0.44	2.3	43.32	43.4 ± 5.08	45.0	21.6 ± 3.32	41.5	50.7 ± 13.30	51.0	D < E	A > D	A > D

d 1/2000 a ポットにおける雑草種類の生育量 (1957)

区	ノ	ビ	ニ	キ	カ	シ	グ	サ	コ	ナ	ギ	ヒ	デ	リ	コ	タ	マ	ガ	ヤ	ツ	リ	ア	ゼ	ナ	ア	ブ	ノ	メ	非	禾	本	科	計		
A			0.025	3.140								0.055				0.800							0.055										4.065	4.110	
B				4.527								0.027				1.068							0.064											5.689	5.689
C				5.440												1.160							0.093											6.693	6.693
D	1.571			5.164					0.414			0.050				1.479						0.057												7.164	9.286
E	7.600			4.880				1.020								1.560																		7.460	18.800

附表 18 a 小麦及びスズメノテッポウの単植、混植の密度と気温、地中温

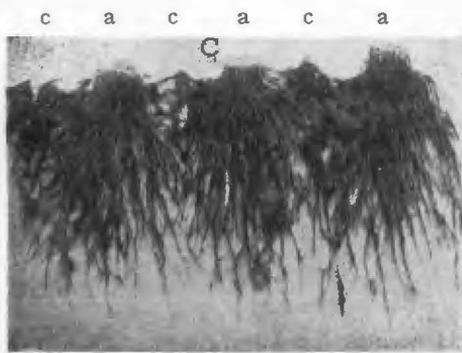
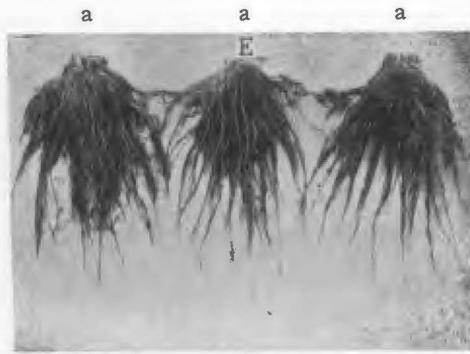
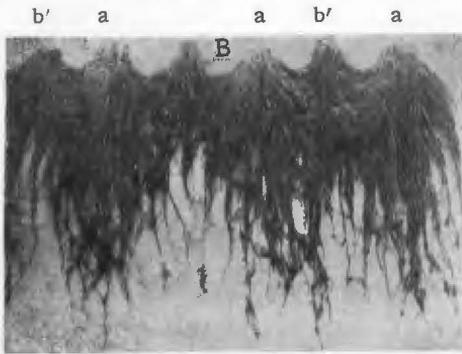
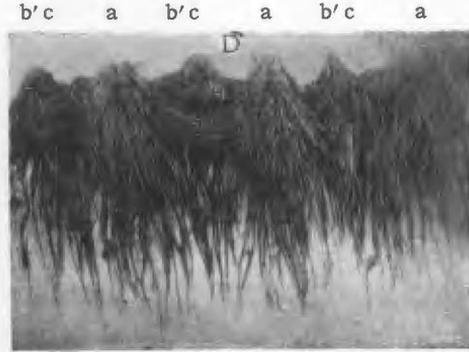
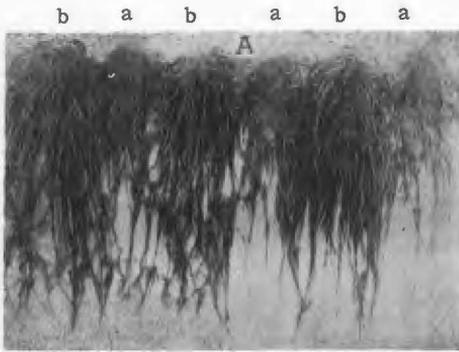
小 ス テ ス メ ノ テ ッ ポ ウ	地上						地中							
	3月1日		3月2日(晴)		3月4日(晴)		3月31日(快晴)		3月4日		3月5日		3月11日	
	15時 ~16時	5時 50分	6時 20分	6時 50分	10時 5分	11時 40分	9時 25分	10時 4分	10時 45分	11時 40分	10時 5分	11時 40分	10時 25分	10時 45分
1:0	8.1	4.0	4.3	9.4	9.4	10.4	11.9	2.5	8.2	1.5	6.9	1.5	6.9	13.5
5:0	9.5	4.0	4.4	10.1	8.3	9.6	13.3	3.0	8.9	2.1	5.4	2.1	5.4	8.2
10:0	9.1	4.0	4.3	10.4	8.0	8.6	14.7	4.2	7.8	2.9	4.9	2.9	4.9	9.0
0:1	8.2	4.0	4.1	11.9	12.0	14.5	11.6	3.8	8.6	0.5	7.9	0.5	7.9	11.3
0:5	8.6	4.0	4.1	11.1	11.4	16.4	17.9	3.8	8.5	2.2	7.8	2.2	7.8	12.0
0:10	8.5	4.0	4.1	10.4	13.7	11.1	17.2	6.9	8.1	4.7	8.7	4.7	8.7	15.0
1:1	8.1	4.2	4.3	9.2	9.5	10.1	11.0	5.0	—	0.9	6.8	0.9	6.8	6.9
1:5	8.2	4.2	4.1	10.6	11.3	13.0	16.2	3.1	—	1.2	4.6	1.2	4.6	11.8
1:10	8.3	4.0	4.4	9.8	12.2	14.5	15.8	5.2	—	2.7	6.7	2.7	6.7	9.6
5:1	8.2	4.2	4.6	9.8	7.0	9.7	11.2	2.2	—	3.6	5.2	3.6	5.2	7.3
5:5	8.8	4.1	4.3	10.8	8.4	12.4	14.3	3.0	7.5	3.1	7.3	3.1	7.3	8.5
10:1	7.9	4.4	4.5	8.8	11.1	11.4	11.0	3.3	7.3	3.0	7.2	3.0	7.2	6.3

(備考) 地上温の測定は地面上1cmの(植物最下部の分けつ葉にのせた)ところ、地中温は地面より3cm下の土温を測定した。

附表 18 b 小麦及びスズメノテッポウの地上1cmの照度

小 ス テ ス メ ノ テ ッ ポ ウ	照度						平均	ルックス	同100分比	被 度 %
	I	II	III	(11時 5分)	4	5分				
1:0	18	38	37	31.0	31000	46.3	30			
5:0	5	12	18	11.7	11700	17.5	95			
10:0	5	3	5	4.3	4300	6.4	95			
0:1	44	52	48	48.0	48000	71.6	5			
0:5	38	50	40	42.7	42700	63.7	70			
0:10	35	44	38	39.0	39000	58.2	80			
1:1	48	43	48	46.3	46300	69.1	35			
1:5	38	20	48	35.3	35300	52.2	65			
1:10	27	10	12	16.3	16300	24.3	95			
5:1	30	30	25	28.3	28300	42.2	80			
5:5	13	8	10	10.3	10300	15.4	95			
10:1	12	14	7	11.0	11000	16.4	95			
日光(土面.葉上)	67	67	67	67.0	67000	100.0				

図版 5 水稲とノビエ、コナギの単植および混植おける根群



- A 水稲と苗代ヒエとの混植
- B // 田植ヒエ //
- C // 田植コナギ //
- D // ヒエ+コナギ //
- E 水稲の単植
- a 水稲 (植付当時の草丈 30~32 cm)
- b 苗代ヒエ (//)
- b' 田植ヒエ (// 7~11 cm)
- c コナギ (// 6~8 cm)

(1953)

図版6～8の説明, 各根群の根数と第1次根の全長の調査

図版6 苗代ヒエと水稲の根群

		苗代ヒエ		水稲		苗代ヒエ		水稲	
7月15日	根数 (本)	16	8	10	4	16	14		
	根長 (cm)	62	13	38	5	59	32		
7月25日	根数 (本)	63	48	42	34	65	58		
	根長 (cm)	327	152	233	136	313	207		
7月31日	根数 (本)	245	136	205	143	286	208		
	根長 (cm)	1672	337	1424	376	2011	725		

図版7 コナギと水稲の根群

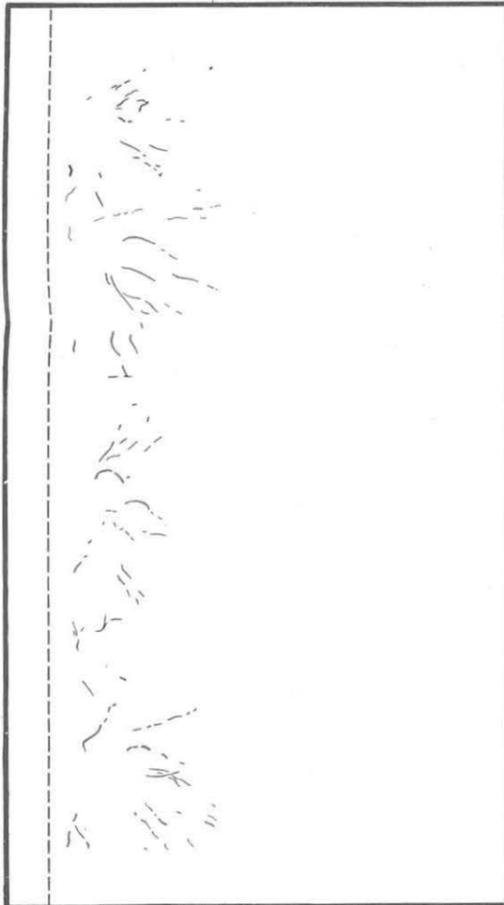
		コナギ		水稲		コナギ		水稲	
7月15日	根数 (本)	0	14	0	7	0	11		
	根長 (cm)	0	24	0	15.5	0	21		
7月25日	根数 (本)	2	92	11	92	13	105		
	根長 (cm)	2	301	11	421	26	375		
7月31日	根数 (本)	98	435	51	382	77	406		
	根長 (cm)	381	1595	127	1624	216	1390		

図版8 田植ヒエと水稲の根群

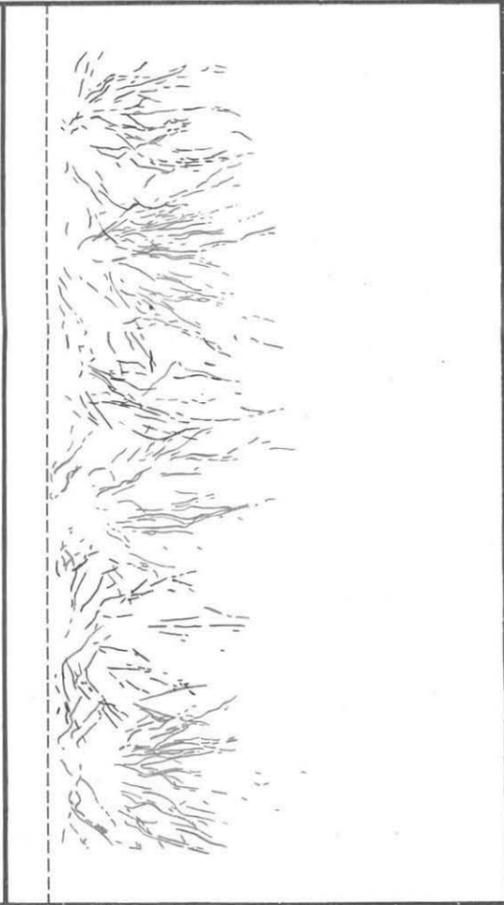
		田植ヒエ		水稲		田植ヒエ		水稲	
7月15日	根数 (本)	0	15	0	11	0	17		
	根長 (cm)	0	24	0	35	0	40		
7月25日	根数 (本)	1	78	0	83	1	87		
	根長 (cm)	3	244	0	315	2	302		
7月31日	根数 (本)	139	322	34	258	74	325		
	根長 (cm)	366	1335	190	1353	327	1380		

図版9 水稲の根群

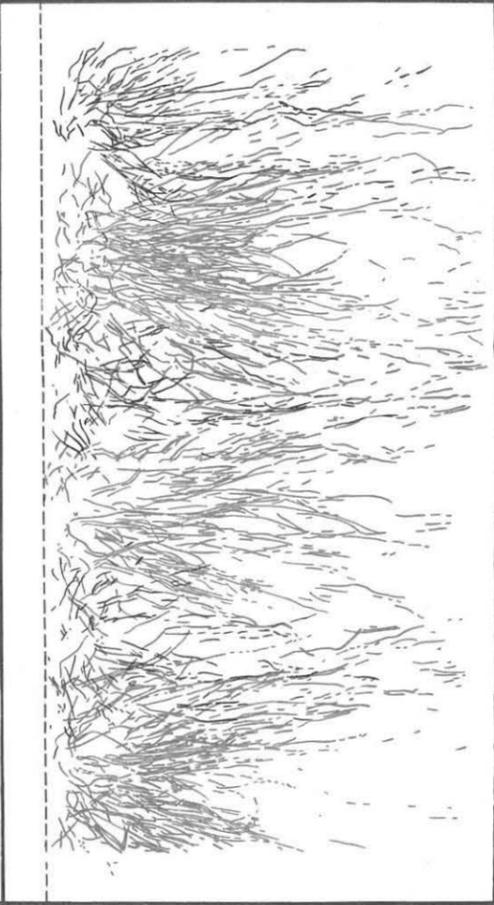
		水稲		水稲		水稲	
7月15日	根数 (本)	20	24	18			
	根長 (cm)	46	55	28			
7月25日	根数 (本)	99	96	77			
	根長 (cm)	344	327	329			
7月31日	根数 (本)	454	335	328			
	根長 (cm)	1790	1182	1080			



七月十五日



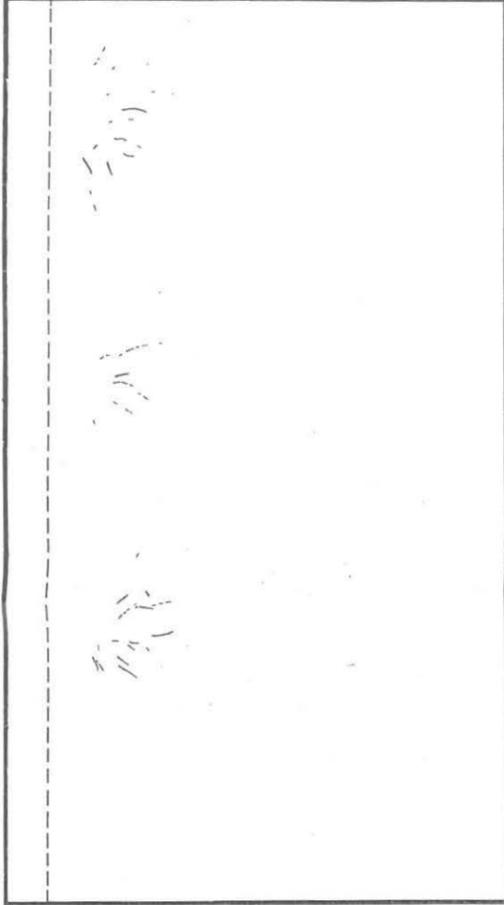
七月三十日



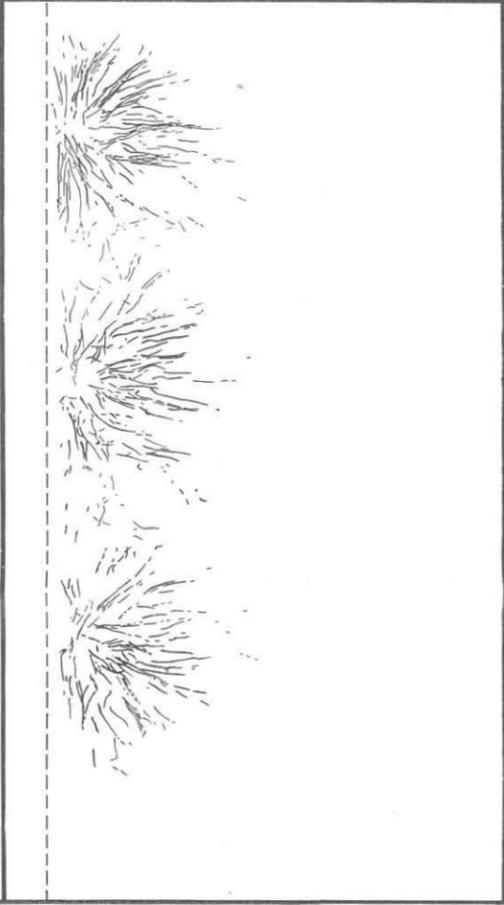
九月十五日

図版 6 苗代ヒユと水稲の根群 (1953) 赤……苗代ヒユ 黒……水稲

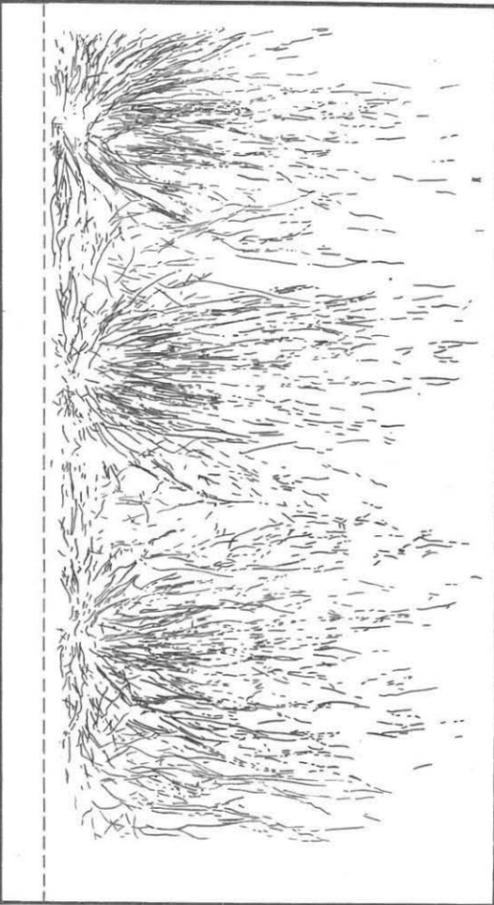
(木下取氏描写)



七月十五日

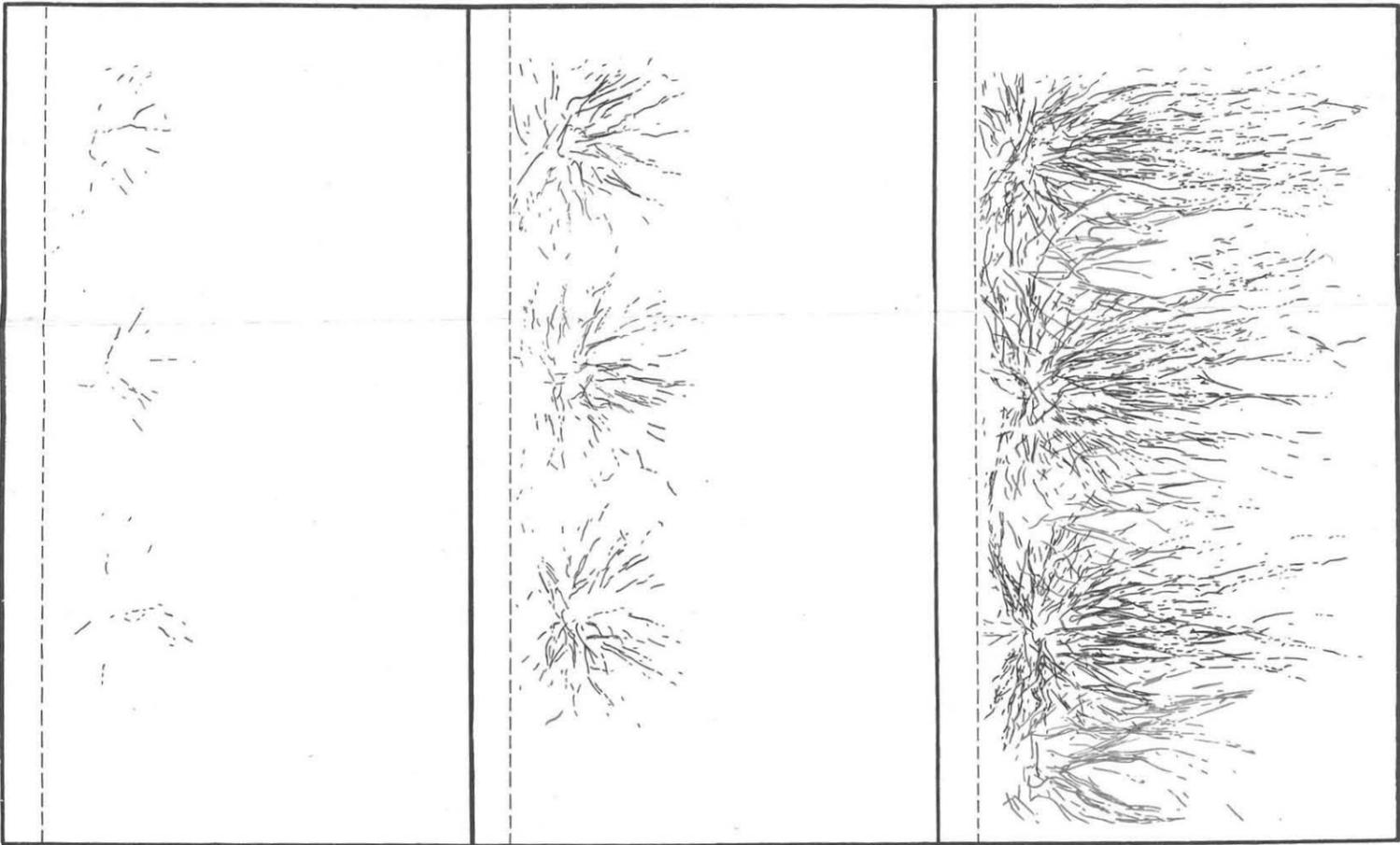


七月三十日



九月十五日

図版 7 コナギと水稲の根群 (1953) 青……コナギ 黒……水稲

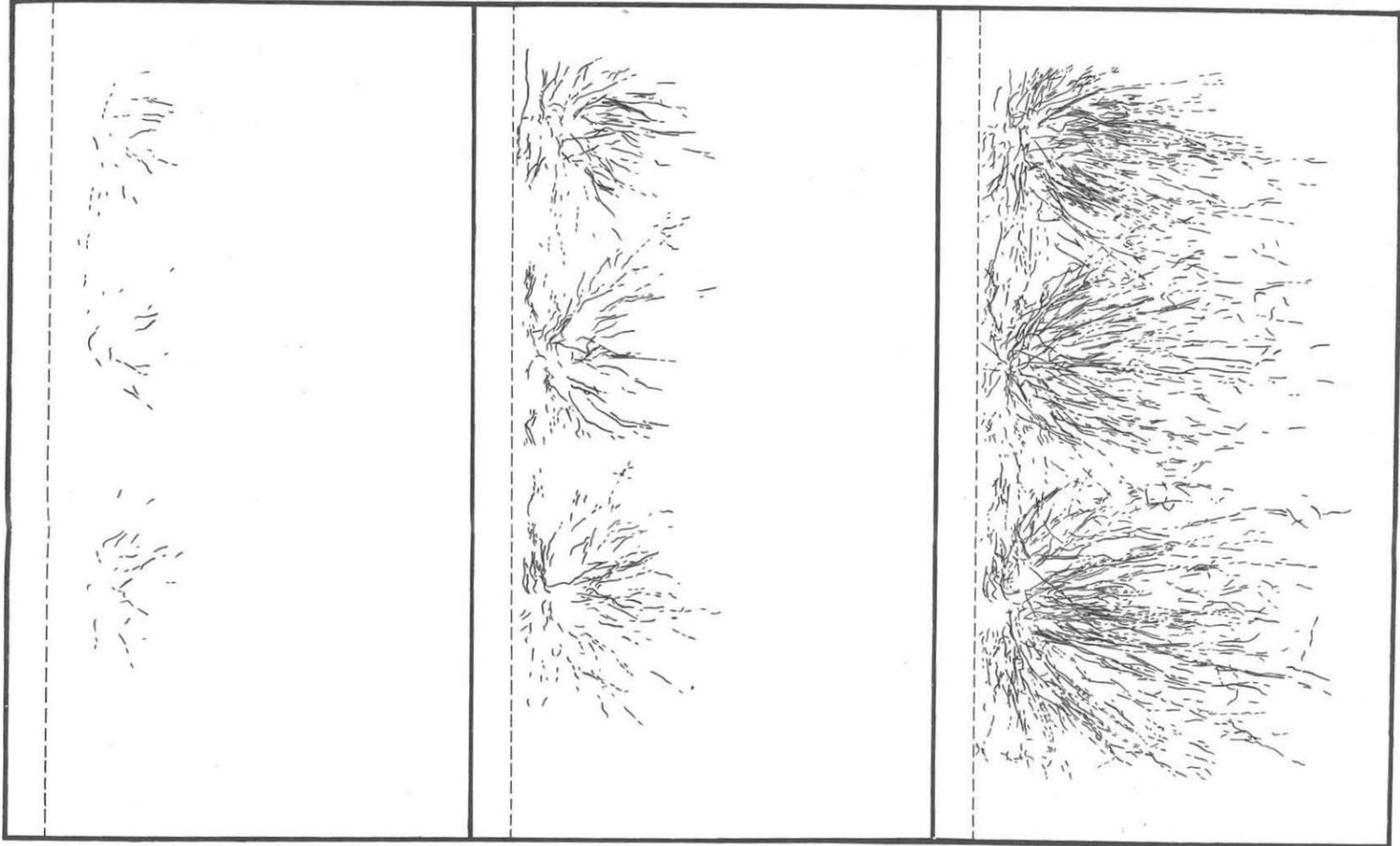


七月十五日

七月三十日

九月十五日

図版 8 田植とエと水稲の根群 (1953) 赤……田植とエ 黒……水稲



七月十五日

七月三十日

九月十五日

図版 9 水稲の根群 (1953) 黒……水稲

(木下収氏描写)