

オオムギの耐アブラムシ性要因

第3報 人工飼育法による耐性物質の検索

兼久勝夫・積木久明・白神 孝・河田和雄

前2報^{10,16)}で述べたように、オオムギには4種のアブラムシ、即ちムギミドリアブラムシ *Schizaphis graminum*、ムギクビレアブラムシ *Rhopalosiphum padi*、トウモロコシアブラムシ *R. maidis*とムギヒゲナガアブラムシ *Sitobion akebie*が寄生し、その寄生程度は品種間差があり、耐性品種の選抜を始め多くの研究がある^{3,7,9)}。その要因として耐虫性物質の存在も示唆され、フェノール性物質とフラボノイド類¹⁵⁾、ベンジルアルコール⁹⁾、ベンゾヘキサジノン類³⁾、グラミン¹⁸⁾、インドールアルカロイド^{2,5,17)}、ベンズアルデヒドやヅウリン (アルカロイド)⁵⁾等があげられている。更にワックス成分¹²⁾も一要因とされている。

著者らは岡大農業生物研究所大麦系統保存施設の有する5千余種の品種について耐アブラムシ程度を比較すると共に、要因の解析を行っている。要因の複雑さが予想されるが、オオムギの耐性程度をいかに比較するか、とオオムギの成分を抽出分画分離した物質をいかに簡便で確実に検出するかが重要である。前者についてはアブラムシ指数 Aphid Indexとして1茎当りの寄生数で比較し、後者については既報の人工飼育法^{4,11)}を利用し、市販の合成試薬品の影響を比較した。人工飼育液の組成については一部不完全な部分もあるが、検出法としてはほぼ確立できたので、それについて述べる。

本研究を行うに当り大麦系統保存施設の施設長安田正三教授、小西猛郎助教授から種子の分譲、栽培麦の圃場観察その他に多大の援助を得た。また作物遺伝学部門の各位と植物病理学部門の部田英雄氏からも多大の助言と援助を得た。諸氏に深甚の謝意を表す。

材 料 と 方 法

オオムギ：第1報で報じた品種中1984年、1985年の圃場観察から寄生程度の高い、中間、低い3段階の品種を選び、水田跡の圃場に1985年11月17日に、8cm間隔で2条千鳥植えし、慣行法に従って肥培管理し、1986年6月上中旬に採種した。耐虫性成分の検出には4月中旬のアブラムシ発生初期から5月下旬にかけて適宜刈取り、供試した。芽出し苗における繁殖を調べるには、直径8cm、深さ6.5cmのカップに10粒ずつ播種し、20℃、16L8Dで育てた。約10日後の7~8cm苗に無翅雌虫を1茎に1匹ずつ寄生させた。品種名については本報では簡略化した名前で示したが、Catalogue of Barley Germplasm, Reserved in

Okayama University¹⁴⁾に各種の品種特性を含めて記載されている。

アブラムシ指数：アブラムシの寄生が見られた4月17日から、ほぼ1週間おきに、刈取り前の5月27日まで、4種アブラムシの総数を概数であるが数えた。全期間の総数を1茎当りに換算し、アブラムシ指数, Aphid Index として比較した。

人工飼育：合成試薬品のみによる飼育には、Cress 等⁴⁾のムギミドリアブラムシに適した処方 (Table 1) を多用したが、アミノ酸含量と糖含量を約半量とし、niacinamide 等の微量成分を約10種添加するムギクビレアブラムシとトウモロコシアブラムシに適するとされる Kieckhefer 等¹¹⁾の処方も使用した。アブラムシ類はキカイハダカの幼苗(約10cm)で、15℃、全明又は20℃、16L 8 Dで集団として継代飼育中の2令虫を多用した。内径8mm、長さ3cmのガラス管瓶の一端に、両面をパラフィルムで包埋した人工飼育液の約30 μ lを入れ、その上面に2令虫の3~4匹を筆で移し、ゴース布で覆って、20℃、16L 8 D室で飼育し、毎日生存虫数を調べた。

試験物質：耐虫性物質と報ぜられている物質とその類縁物で入手できた合成試薬品を10%エタノール溶液として人工飼育液に加え、順次飼育液で稀釈し、50%致死濃度を求め

Table 1. Constituents of artificial diets used to *S. graminum* (after Cress et al, 1971)

<i>L-Amino acids and amides (in mg)</i>			
Alanine	100	Isoleucine	200
Arginine	400	Leucine	200
Asparagine	300	Lysine mono-HCl	200
Aspartic acid	100	Methionine	100
Cysteine HCl	50	Phenylalanine	100
Cystine	5	Proline	100
Gamma amino butyric acid	20	Serine	100
Glutamic acid	200	Threonine	200
Glutamine	600	Tryptophan	100
Glycine	20	Tyrosine	20
Histidine	200	Valine	200
DL-Homoserine	800		
<i>Vitamins (in mg)</i>			
Ascorbic acid	1.00	Nicotinic acid	1.00
Biotin	0.01	p-Aminobenzoic acid	1.00
Calcium pantothenate	.50	Pyridoxine HCl	0.25
Choline chloride	5.00	Riboflavin	.50
Folic acid	.10	Thiamine HCl	.25
i-Inositol (meso)	5.00		
<i>Minor elements (in mg)</i>			
Zinc (EDTA)	2.84	Manganese (EDTA)	2.40
Iron (EDTA)	3.25		
<i>Others</i>			
Cholesterol benzoate	2.5mg	Salt mixture no. 2	5mg
K ₃ PO ₄	500mg	Sucrose	35 g
MgCl ₂ ·6H ₂ O	200mg	Water to make	100ml

た。10%で不溶の物は1%液，エタノール不溶物はエチルエーテル溶液とし，エタノール
 ついで飼育液で稀釈した。同一濃度は2半復以上，50%致死濃度附近では4半復以上試験
 した。

結 果

アブラムシ指数：1986年度における指数を Table 2 に示す。1984年，1985年に耐性品種
 として選別した。N-673，J-539，T-674，-697，M-287，-288，L-6，-11，
 -908や野性種 *Spontaneum* W-603，-604，-671等は指数が10以下であり，感受性品種
 として選別したC-652，-653，E-886，-887，L-32，-118，-127等は指数が50以
 上であった。その他の品種の指数も，前年までの寄生程度から推察されるものとはほぼ同じ
 であった。

Table 2. Aphid Index (total aphid/ stem) in 1986.

Variety	Stem	April/17	A/ 23	A/ 30	May/ 7	M/13	M/ 21	M/ 27	Total	Index
A-303	160	0	0	70	850	3550	300	20	4790	29.94
-607	200	100	150	450	450	400	700	300	2550	12.75
-608	180	0	0	25	300	360	1680	380	2745	15.25
C-604	150	0	0	140	750	950	1800	250	3890	25.93
-606	180	0	0	125	200	460	1100	160	2045	11.36
-610	150	100	200	425	300	900	400	160	2485	16.57
-621	100	0	0	5	180	550	800	150	1685	16.85
-625	150	0	0	0	300	2000	2700	150	5150	34.43
-629	100	0	0	360	150	1100	800	200	2610	26.16
-652(m)	70	0	1	120	480	4000	1000	350	5950	85.01
-653(m)	160	0	1	130	550	6000	4000	350	11030	68.37
N-601	150	0	0	0	250	4700	800	20	5770	38.47
-673	150	0	0	100	60	60	60	4	284	1.89
W-602	225	30	20	50	50	1000	1300	20	2420	10.76
-603	250	0	0	0	50	15	60	10	135	0.68
-604	250	0	0	100	50	15	50	10	225	0.9
-671	200	0	0	50	50	15	10	10	135	0.68
E-863	80	0	0	1	450	1200	1000	300	2951	36.89
-886(m)	80	1	0	90	650	4000	1200	450	6391	79.89
-887(m)	110	0	0	225	650	4200	1000	200	6275	57.05
K-717	180	0	0	110	330	2200	1100	150	3890	21.61
-720	100	0	0	60	550	1350	1000	150	3110	31.10
-722	200	50	50	300	550	950	200	20	2120	10.6
-723	200	0	0	10	900	2100	200	150	3360	15.27
-746(m)	200	0	0	60	250	1500	1000	70	2880	14.40
-754(m)	200	0	0	50	170	1700	1000	150	3070	15.35
-764(m)	170	0	0	5	1600	4400	4000	30	10035	59.03
J-628	160	3	1	280	1800	7000	1300	400	10780	67.38
-630	220	1	23	140	350	5700	1000	400	7614	34.61

-659	150	0	0	70	80	2800	800	60	3810	25.40
-539	200	0	0	0	300	390	1000	50	1740	8.70
(R)-6	275	0	0	30	150	2500	2700	240	5620	20.43
T-674	200	0	0	70	300	300	300	30	1000	5.0
-697	170	3	0	20	160	600	50	4	837	4.92
-698	140	0	1	0	700	1600	20	4	2325	16.61
M-12	90	0	2	160	2200	3800	1300	150	7612	84.57
-221	9	0	2	100	60	80	400	1	643	71.44
-287	200	0	0	40	100	500	80	5	725	3.63
-288	200	0	0	0	350	400	250	45	1045	5.22
-293	180	0	0	120	1400	5000	480	130	7130	39.61
-294	180	0	1	110	1500	4800	230	20	6661	37.00
-342	180	0	1	100	700	2000	250	20	3071	17.06
-343	90	0	9	500	1200	2200	200	20	4129	45.88
-344	180	0	20	105	1350	4500	250	20	6245	34.69
-358	30	1	4	50	100	500	120	5	780	26.0
L-6	100	0	0	150	300	150	350	40	990	9.90
-10	200	0	0	30	600	6000	2500	80	9210	46.05
-11	200	0	0	120	600	1000	50	2	1772	8.86
-12	170	1	0	20	280	1100	1200	50	2651	15.60
-32 (m)	120	0	5	50	900	2000	3900	0	6855	57.13
-55 (m)	250	0	0	500	1000	5000	5200	1300	13000	52.00
-43	200	0	0	200	150	6000	1100	300	7750	38.75
-56 (m)	150	0	0	400	100	4600	1600	750	7450	49.67
-57	120	0	0	17	600	4200	120	20	4957	41.31
-117(m)	230	13	0	150	100	6000	3100	670	10033	43.62
-118(m)	150	15	0	200	100	4000	5000	1500	10815	72.10
-127(m)	50	3	30	200	200	1700	800	150	3083	61.66
-128	180	0	0	180	650	1800	500	200	3380	18.78
-125	6	0	0	70	100	190	100	12	472	78.67
-908	200	0	50	100	250	340	500	0	1240	6.20
-909	250	0	0	100	80	3100	1100	200	4580	18.32
-914	170	0	0	5	200	2100	1900	250	4425	26.21

m: many aphids in 1984, 1985

もし幼苗における耐性の程度が指数算出時のそれと比例的なら、反復実験の容易さや物質の抽出調整に便利さがある。ムギミドリアブラムシを7~8 cmの幼苗(播種後約10日)に1茎当り1匹を寄生させ、10日と20日後の寄生数を調べた。Table 3にその結果を示す。W系統、K-722、-723やL-11等は10日目より20日目に耐性の性質を示すものもあったが、成植物で耐性の顕著なN-673では耐性は未発現であった。幼苗で耐性を示したE-881、-885等は圃場では未実験である。オオムギの生育に伴う耐性物質の生合成と蓄積を示唆しているようである。

人工飼育: 数種類の人工飼育液を使用した。ムギミドリアブラムシに対するTable 1の處方が長期間飼育に適し、Table 4の結果を得た。10日後で50%の生存率であった。液は始めに与えたのみであるが、次世代の産仔と有翅虫の出現も見られた。水のみでは2日

Table 3. Aphid *S. graminum* population on the seedlings (7–8cm), an adult/stem starting.

Variety	Stem	10 days	20 days	Variety	Stem	10 days	20 days
A-601	9	140	400	K-717	9	55	140
-607	9	110	400	-720	10	80	200
-608	10	140	180	-722	6	39	50
-612	10	140	400	-723	10	50	60
-613	10	50	300	-746(m)	9	18	150
-614	10	75	140	-754(m)	10	50	180
-628	9	70	140	-764(m)	9	62	160
C-604	10	120	200	(R)-6	9	70	90
-606	10	90	300	Shiroto	9	50	180
-610	6	80	150	Hadaka	10	40	150
-621	10	70	400	T-56	9	90	300
-625	8	50	300	-193	10	70	100
-629	10	50	150	-674	12	50	300
-625(m)	9	80	150	-693	10	60	300
-626(m)	10	80	400	-697	8	45	150
N-601	11	40	100	-698	9	60	120
-673	3	50	100	-752	10	100	300
W-602	9	60	100	-760	16	25	100
-603	10	50	90	L-6	6	60	200
-604	5	30	50	-10	10	27	100
-671	12	60	80	-11	10	46	80
E-863	10	100	300	-12	10	40	120
-870	3	30	200	-32(m)	8	16	125
-880	5	80	200	-43	8	25	70
-881	2	15	40	-55(m)	9	70	120
-883	6	70	100	-56(m)	7	36	130
-885	4	15	90	-57	7	42	100
-886(m)	5	70	200	-117(m)	10	32	110
-887(m)	9	150	400	-118(m)	8	35	190
-889	9	80	400	-127(m)	10	19	110
-890	6	80	120	-900(AI)	6	12	90
				-914(AI)	10	30	60

m: many aphids at mature stage in 1984, 1985, AI: Albino leaf.

以内に100%近く死亡した。オオムギ抽出分画物には有機溶剤にのみ可溶物も多く、クロロフォルムと酢酸エチルの各10%液を供試した。10%以下では有機溶剤の影響は無視し得る結果であった。但しクロロフォルムの10%液ではパラフィルムから飼育液の外面への少量の浸出が見られ、約10分間の室温風乾後にカバー用のパラフィルムをかぶせた。

オオムギ圃場にはトウモロコシアブラムシとムギクビレアブラムシが多く、これらの人工飼育に、アミノ酸と糖の含量を $\frac{1}{2}$, $\frac{2}{3}$, 微量成分の添加物の増などで試験したが、抽出物の影響を判別できるための長期間の安定した生存率を得ることができなかった。アブラムシも1令から成虫まで使用したが、10日以上生存する個体もあったが、2~4日にかけ

Table 4. Survival of *Schizaphis graminum* (2nd instar) on the artificial diets.

Diet	Number (aphids×trial)	Days									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Art.diet	249 (3×35) + (4×36)	233	212	197	190	183	106	167	148	132	121
	%	94	85	79	76	73	73	67	59	53	50
+10%CHCl ₃	24 (4×6)	22	21	20	18	17	16	16	16	15	14
	%	92	88	83	75	71	67	67	67	63	58
+10%EtOAc	24 (4×6)	21	21	19	18	16	16	16	15	15	13
	%	88	88	79	75	67	67	67	63	63	54
H ₂ O	88 (4×22)	83	39	6	0						
	%	94	44	7	0						

て死亡する個体が多かった。

合成試薬品の影響：オオムギの茎葉を Harbone⁸⁾の植物成分分析法に準じて分画し、ガスクロマトグラフィと高速液体クロマトグラフィーによって、成分の消長を調べた。また分画物とクロマトグラフィー捕集物を人工飼育液に添加して耐性物質の検索を行っているが、複数成分が示唆され、特定するに至っていない。可能性のありそうな物質を既報の耐性物質とその類縁物について、人工飼育液に添加して調べた。その結果を Table 5 に示す。既報されている物の中ではベンジルアルコールとベンズアルデヒドは作用力弱く、グラミン、ベンゾキサゾリノンには作用力の強い方であった。供試した類縁物は強弱はあってもかなりの作用力を示した。従って植物中にどの物質が多く含まれているかが重要である。供試物中では抗生物質として知られるヘキシルイミドが最も作用力が強かった。

考 察

植物の虫害耐性を調べるとき、圃場生育時の寄生程度を数値化して比較判定することが重要である¹³⁾。1日に2,000品種以上を調査する時は第1報¹⁰⁾のように寄生程度を4段階に評価する方法をとった。耐性物質を調べるには代表的品種を選び、より詳しく比較したい。本報ではアブラムシ出現時の全期間に1週間おきの総数を1茎当りに換算したアブラムシ指数で評価した。発生の最盛期の3～4週の寄生数で比較すると、その指数はもっと大きな違いとして比較できる。耐性品種の選抜にはどちらでも同じである。後述するように耐性物質の生産と作用力発現からアブラムシの寄生密度として観察する間には時間差があると推定され、その時間差と物質濃度の調査も今後の問題点の一つである。それがわかるとある時期の指数がその後の耐性程度、寄生程度を予測可能となるであろう。

オオムギ抽出物の分画を人工飼育液に添加して、耐性物質を検出するには、まず各アブラムシの次世代繁殖可能な調合が完成されていることが必要である。現在ではムギミドリアブラムシにおいてのみ可能であった。本実験では抽出物の添加の影響を見るため、当初一度与えた液のみで調べたが、新鮮な液と交換することにより、より生存率の高い飼育が

Table 5. Effect of synthetic compounds on *S. graminum* (2nd instar) on an artificial diet. Lethal concentration 50 on given days

Compound	LC50 (%)		Compound	LC50 (%)	
	4	7		4	7
Benzyl alcohol	0.5	0.3	Benzoic acid	0.5	0.1
Salicyl alcohol	0.05	0.05	Salicylic acid	0.3	0.3
Piperonyl alcohol	0.2	0.2	2, 3-diOH Benzoic acid	0.3	0.1
Benzaldehyde	0.1	0.1	2, 5-diOH Benzoic acid	0.2	0.1
<i>m</i> -OH Benzaldehyde	0.1	0.1	3, 5-Cinnamic acid	0.01	0.01
<i>p</i> -OH Benzaldehyde	0.1	0.05	Protocatechuic acid	0.1	0.1
Salicyl aldehyde	1	0.5	Gallic acid	0.3	0.3
Protocatechu aldehyde	0.05	0.05	Catechol	0.03	0.02
<i>p</i> -Anis aldehyde	0.7	0.5	Resolinol	0.05	0.02
Piperonal	0.03	0.03	Hydroquinone	0.02	0.02
2-Undecanone	0.5	0.5	<i>p</i> -Quinone	0.02	0.02
2-Tridecanone	0.5	0.5	Toluquinone	0.03	0.02
Chlorogenic acid	0.05	0.05	Naphtoquinone	0.003	0.002
<i>p</i> -Anisic acid	0.01	0.01	Isatin	0.05	0.05
Ferulic acid	0.03	0.02	Isatoic anhydride	0.01	0.005
Syringic acid	0.05	0.03	2-Benzoxazolinone	0.05	0.05
Vanillic acid	0.05	0.03	Gramine	0.01	0.005
Homogentistic acid	0.05	0.05	8-Quinolinol	0.3	0.1
(<i>d</i>) Quinic acid	0.03	0.03	Quercitrin	0.005	0.005
Lutidinic acid	0.05	0.05	Quercetin Dihydrate	0.003	0.003
Quinaldinic acid	0.05	0.05	Cycloheximide	3×10^{-4}	1×10^{-5}

できることが推察されている。

オオムギ圃場で高密度寄生種であるムギクビレアブラムシとトウモロコシアブラムシについては、満足すべき飼育液の組成が未完成である。ムギクビレアブラムシは甘露排出が非常に多量であること、トウモロコシアブラムシはオオムギの生育後期に多数となることを考え合わせて、特有の必要栄養組成が想定され、完成がまたれる。

幼苗における耐性の発現は10日目より20日目で、またN-673のように幼苗では発現せず成熟期に高度の耐性を示すものがあつた。他の耐性品種でもこの傾向があり、生育に伴って耐性の原因物質の生産と蓄積が推察される。

ベンジルアルコール⁹⁾、ベンゾキサゾリノン類³⁾、グラミン¹⁷⁾は共に配糖体として大麦中に存在し、アブラムシ等の吸汁刺激によって遊離されることが知られ、またベンゾキサゾリノンはトウモロコシ中で soft rotting, *Erwinia* sp.¹¹⁾により、また小麦中で stem rust disease⁶⁾で遊離されることが知られている。本実験では遊離物に相当する物のみを供試したが、配糖体或いは類似した結合物として存在し得る物に限られると考えられる。今までの抽出分画物を飼育液への添加した試験では複数の分画が耐性物質として関与するようである。

摘 要

1. オオムギの品種間にはアブラムシの寄生に大差が見られ、その要因の1つとして耐虫性物質の存在を推定し、その物質の検索法を検討した。

2. 圃場における寄生程度はアブラムシの出現期に1週間おきに概数を数え、その総数を茎数で割った数をアブラムシ指数として比較判定した。

3. 播種後10日目の幼苗(7~8cm)に1茎当り1匹の無翅成虫を寄生させ、10日目、20日目の繁殖数を調べ、圃場でのアブラムシ指数と対比し、耐性物質発現の時的考察の参考とした。幼苗よりも成熟植物の方に多いようであった。

4. オオムギの耐性物質の検索は抽出分画物の人工飼育液への添加により検出できることを示した。ムギミドリアブラムシ用の飼育液はほぼ完成されていたが、トウモロコシアブラムシとムギクビレアブラムシ用の組成は未完成である。

5. 既報の影響物質と類縁物質等の42種の合成試薬品を飼育液に添加して、アブラムシの生育への影響を調べた。作用力に差はあったが、全ての物が生育へ悪影響を及ぼした。グラミンとベンゾキサゾリノンには強い作用力を有し、フェノール性酸類はフェノール性アルコールやフェノール性アルデヒドより強い作用力を示した。

文 献

1. Corcuera, L. J., Woodward, M. D., Helgeson, J. P., Kelman, A. and Upper, C. D. 1978. 2, 4-Dihydroxy-7-methoxy-2H-1,4-benzoxazin-3-(4H)-one, an inhibitor from zea mays with differential activity against soft-rotting *Erwinia* species. *Plant Physiol.* 61 : 791-795.
2. Corcuera, L. J. 1984. Effect of indole alkaloids from Graminae on aphid. *Phytochemistry* 23 : 539-541.
3. Corcuera, L. J., Argandona, V. H., Pena, G. F., Perez, F. J. and Niemeyer, H. M. 1982. Effect of a benzoxazinone from wheat on aphids. *Roc. 5th Int. Symp. Insect-Plant Relationships*, pp. 33-39. Center for Agr. Publ. Doc. Wabeningen.
4. Cress, D. C. and Chada, H. L. 1971. Development of a synthetic diet for the greenbug, *Schizaphis graminum*. 2. Greenbug development as affected by Zinc, Manganese, and Copper. *Ann. Ent. Soc. Amer.* 64 : 1240-1244.
5. Dryer, D. L., Reese, J. C. and Jones, K. C. 1981. Aphid feeding deterrent in sorghum, Bioassay, Isolation, and Characterization. *J. Chem. Ecol.* 7 : 273-284.
6. Elnaghy, M. A. and Linko, P. 1962. The role of 2-O-glucosyl-2, 4-dihydroxy-7-methoxy-1, 4-benzoxazin-3-one in resistance of wheat to stem rust. *Physiologia Plantarum* 15 : 764-771.
7. Gallun, R. L., Starks, K. J. and Guthrie, W. D. 1975. Plant resistance to insect attacking cereals. *Ann. Rev. Ent.* 20 : 337-357.
8. Harborn, J. B. 1984. *Phytochemical methods* 2nd ed. p 6. Chapman and Hall. London.
9. Juneja, P. S., Percy, S. C. and Gholson, R. K. 1975. Chemical basis for green bug resistance in small grains II. Identification of the major neutral metabolite of benzyl alcohol. *Plant Physiol.* 56 : 385-389.
10. 河田和雄, 兼久勝夫, 積木久明, 福岡まり子, 白神孝. 1987 オオムギの耐アブラムシ性要

- 因 第1報. オオムギ圃場における4種アブラムシの発消長, 農学研究 61:139-147.
11. Kieckhefer, R. W. and Derr, R. F. 1967. Rearing three species of cereal aphids on artificial diets. J. Econ Ent. 60:663-665.
 12. Lowe, H. J. B., Murphy, G. J. P. and Parker, M. L. 1985. Non-glaucousness, a probable aphid-resistance character of wheat. Ann. Appl. Biol. 106:555-560.
 13. Niraz, S., Leszczynski, B., Ciepiela, A., Urbanska, A. and Warchon, J. 1985. Biochemical aspects of winter wheat resistance to aphids. Insect Sci. Applic. 6:253-257.
 14. Takahashi R., Yasuda, S., Hayashi, J., Fukuyama, T., Moriya, I., and Konishi, T. 1983. Catalogue of barley germplasm, preserved in Okayama University. Inst. Agr. Biol. Sci. Okayama Univ. Kurashiki, Japan.
 15. Todd, G. W., Getahun, A and Cress, D. C. 1971. Resistance in barley to the greenbug, *Schizaphis graminum*. 1. Toxicity of phenolic and flavonoid compounds and related substance. Ann. Ent. Soc. Amer. 64:718-722.
 16. 積木久明, 兼久勝夫, 白神孝, 河田和雄. 1987 オオムギの耐アブラムシ性要因第2報. 品種間での栄養成分の差異, 農学研究 61:149-159.
 17. Zuniga, G. E., Salgado, M. S. and Corcuera, L. J. 1985. Role of indole alkaloid in the resistance of barley seedlings to aphids. Phytochemistry 29:945-945.
 18. Zuniga, G. E., Corcuera, L. J. 1986 Effect of gramine in the resistance of barley seedlings to the aphid *Rhopalosiphum padi*. Entomol. Exp. Appl. 40:259-262.

Characters of Barley Resistance to Cereal Aphids

(3) A surveying method for substances responsible for the resistance to aphids by artificial rearing

Summary

Barley were varietal resistances to four aphid species in western Japan. They were *Rhopalosiphum padi*, *R. maidis*, *Schizaphis graminum* and *Sitobion akevie*, the former two were preceding species. Specific substances in the barley plant may be responsible for the varietal resistance.

Degree of varietal resistance was judged by the aphid index, i. e., aphid number per stem, number of aphids were counted once a week every week from appearance, mid-April to harvest time, end of May. Total aphids were calculated per stem. Increase in the number of aphids on various barley seedlings was also observed, and was used as reference for the appearance time of resistant substances. Some varieties seemed to show resistance from three weeks after sowing, but some varieties later.

Extracted and fractionated components were examined by their addition to the

artificial aphid rearing solutions. The artificial solution for *Schizaphis graminum* was good for the assay, but the rearing solution for two *Rhopalosiphum* species was still incomplete, and required further investigation.

Among the authentic compounds, suspected to be resistant substances, more than forty compounds decreased aphid survival, even though they had various degrees of effectiveness. Gramine and benzoxazolinone were highly active, and phenolic acids had higher activity than phenolic alcohols and phenolic aldehydes.