ジャガイモヒゲナガアブラムシのダイズにおける発生消長

～品種間差異とダイズ矮化病との関連～

兼平 修*

Seasonal Prevalence of Foxglove Aphid *Acyrthosiphon solani* (KALTENBACH) in Soybean Varieties
－Differences in resistance to the soybean dwarf disease

Osamu KANEHIRA

1974年から1977年におけるジャガイモヒゲナガアブラムシの発生消長は，年次により発生量及び発生型が多少異なったが，概して低密度で推移し，吸汁加害による直接の被害は見られなかった。一方，ジャガイモヒゲナガアブラムシが媒介するダイズ矮化病の被害は，その発生が低密度でも容易に引き起こされ，ジャガイモヒゲナガアブラムシの発生量（x）と発病率（y）の間には

$$y=\frac{L\cdot X}{D_m+X} \quad \text{もしくは} \quad y=100-10^{b-ax}$$

で示される関係があった。矮化病に比較的抵抗性とされる「黄宝珠」，「Adams」は，感受性の「コガネジロ」，「白鶴の子」に比べて，ほ場での発病率は低かったが，これはジャガイモヒゲナガアブラムシの発生量が少なく，かつ矮化病にも感染しにくいことによる。

緒 言

ジャガイモヒゲナガアブラムシ（*Acyrthosiphon solani* (KALTEBACH)，以下，ヒゲナガアブラと略称する）はダイズ矮化病の媒介昆虫として本道のダイズの重要害虫とされている。ダイズ上のヒゲナガアブラの発生量とダイズ矮化病の発病率の関係についてはすでに玉田[6]の報告があるが，筆者はヒゲナガアブラの発生量とダイズ矮化病の発病率との関係について数量的検討を加えた。谷村・玉田[7]はほ場調査及び室内試験からダイズ矮化病の発病率に品種間差異があることを明らかにしたが，筆者はこの品種間差異におよぼすヒゲナガアブラの役割を解明するため，品種別にヒゲナガアブラの発生量とダイズ矮化病の発病率との量的関係を検討した。

なお，本文に先立ち，終始，有益な助言をいただいた北海道立中央農業試験場発生予察科梶野洋一氏，同場病理科玉田哲男博士，同場害虫科各位，ダイズ矮化病特性検定試験ほ場での調査を快く許可していただいた同場畑作第1科の大豆育種担当の各位，御校閲をいただいた害虫科富岡暢科長に厚く御礼申しあげる。

試験方法

試験1

この試験はヒゲナガアブラの発生量とダイズ矮

1978年2月14日受理

* 北海道立中央農業試験場，夕張郡長沼町

化病との関係を明らかにするため，従来から矮化病に関連する試験でしばしば使用されている「コガネジロ」を供試品種として，1974 年，1976 年及び 1977 年の 3 ヵ年，中央農試内ほ場で行った。耕種概要は次の通りである。供試面積約 1 a，畦巾 60 cm，株間 20～23 cm，1 株 1 ～ 3 本立，播種期 5 月 24 日～30 日，発芽期 6 月 8 ～14 日，肥培管理は当場慣行法による。なお，1977 年は a，b 2 つのほ場を設定し，それらは約 60 m 離れていた。

ヒゲナガアブラは 6 月中旬より 9 月中旬まで（1974 年は 8 月 13 日まで），約 7 日の間隔で時期により増減があったが，1974 年は任意 240 株（6 株，40 か所），1976 年は任意 60 株（5 株，12 か所），1977 年の a ほ場では特定の 160 株（5 株，32 か所），b ほ場では特定の 75 株（5 株，15 か所）について各株毎に全茎葉に寄生するヒゲナガアブラの頭数を調査した。

1974 年及び 1976 年には 7 月以降，発生消長の調査と同時に矮化病の発病の有無を調査した。ダイズは 1 株に 1 ～ 3 本立とバラツキがあるため，発病はダイズの個体毎に判定し各株の発病率を求めた上でその平均を求め全体の発病率とした。

以上の結果と 1974 年に同一の栽培条件で行った防除試験における発生量と発病率の調査結果を加えて，ヒゲナガアブラの時期別発生量と矮化病の各時期の発病率の関係を検討した。

なお，防除試験としては土壌施用剤（5 区 3 反復，1 区 10.8 m²）と茎葉散布剤（6 区 3 反復，1 区 16.2 m²）の 2 試験を行い，ヒゲナガアブラは 6 月 18 日～ 8 月 2 日の間約 7 日毎に，矮化病は 8 月 24 日と 9 月 17 日に調査した。

試験 2

ダイズ矮化病発病の品種間差異とヒゲナガアブラの発生量との関係を明らかにするために，1974～1976 年の 3 年間，中央農試畑作部のダイズ矮化病特性検定試験ほ場に栽培されている品種，系統の中から，感受性とされる「コガネジロ」と「白鶴の子」，比較的抵抗性と判定されている「黄宝株」と「Adams」[7]の 4 品種を供試した。耕種概要は次の通りである。畦巾 60 cm，株間 10 cm，1 株 1 ～ 3 本立（1974 年は 1 本立），播種期 5 月 16 日～19 日，1 区 1 畦 2.7 m² 7 反復，肥培管理は当場ダイズ標準耕種法による。

ヒゲナガアブラは 6 月上旬（1974 年は 6 月中旬）から 8 月上旬（1975 年は 9 月下旬）まで 1974 年は 7 反復，1975 年は 5 反復，1976 年は 4 反復について，1 反復 10～30 株を選び，全茎葉に寄生する頭数を調査した。矮化病は 7 月以降 9 月 10 日～16 日まで適宜，発病の有無を調べ，試験 1 に準じ発病率を求めた。この結果から各品種別のヒゲナガアブラの発生量と矮化病の関係を検討した。

結　果

試験 1

単一品種「コガネジロ」上でのジャガイモヒゲナガアブラムシの発生消長とダイズ矮化病の発病経過

「コガネジロ」単播ほ場におけるジャガイモヒゲナガアブラムシの発生消長及びダイズ矮化病の発病経過は図 1 に示す通りである。有翅及び無翅胎生雌虫は各年とも 6 月 3 半旬に確認した。但し 1977 年 b ほ場ではこれより遅く 6 月 5 半旬に確認した。以後，各調査時期に少数の有翅胎生雌虫を散見したが，大部分の個体は無翅胎生雌虫であった。矮化病の主要な感染期間とされる 6 ～ 7 月には[6]ヒゲナガアブラ個体群は増減をくり返しながら 1，2 の目立ったピークを形成したが，そのピークの時期やピーク時の発生量は年次により異った。7 月の終りから 8 月にかけて本種個体群は著しく減少したが，8 ～ 9 月には年により時期の違いはあるが再び増加しピークを形成した。ダイズにはヒゲナガアブラのほかにダイズアブラムシも寄生し，1 株平均で 70 頭，最大で数百頭にも達し吸汁による被害が発生したことがあるが（筆者，未発表），ヒゲナガアブラでは直接の吸汁加害による被害はみられなかった。しかし，6 ～ 7 月にはわずか 1 株平均 5 頭以下の寄生頭数で推移したにもかかわらず，矮化病の発病率は 88～99%に達し，その被害は大きかった。

上記の試験のほか，1974 年に行った薬剤防除試験の結果を用いて，ヒゲナガアブラの発生量と矮化病の発病率との数量的関係を検討した。矮化病の発病率は 8 月下旬及び 9 月中旬の数値を用いた。ヒゲナガアブラの発生量としては，（1）6 月中旬及び下旬の 2 回調査の合計値，（2）6 月中旬から 7 月上旬の 3 回調査の合計値，（3）6 月中旬から 7 月下旬の 5 回調査の合計値を用いた。なお，1 旬中に 2 回以上調査した場合にはその平均値を

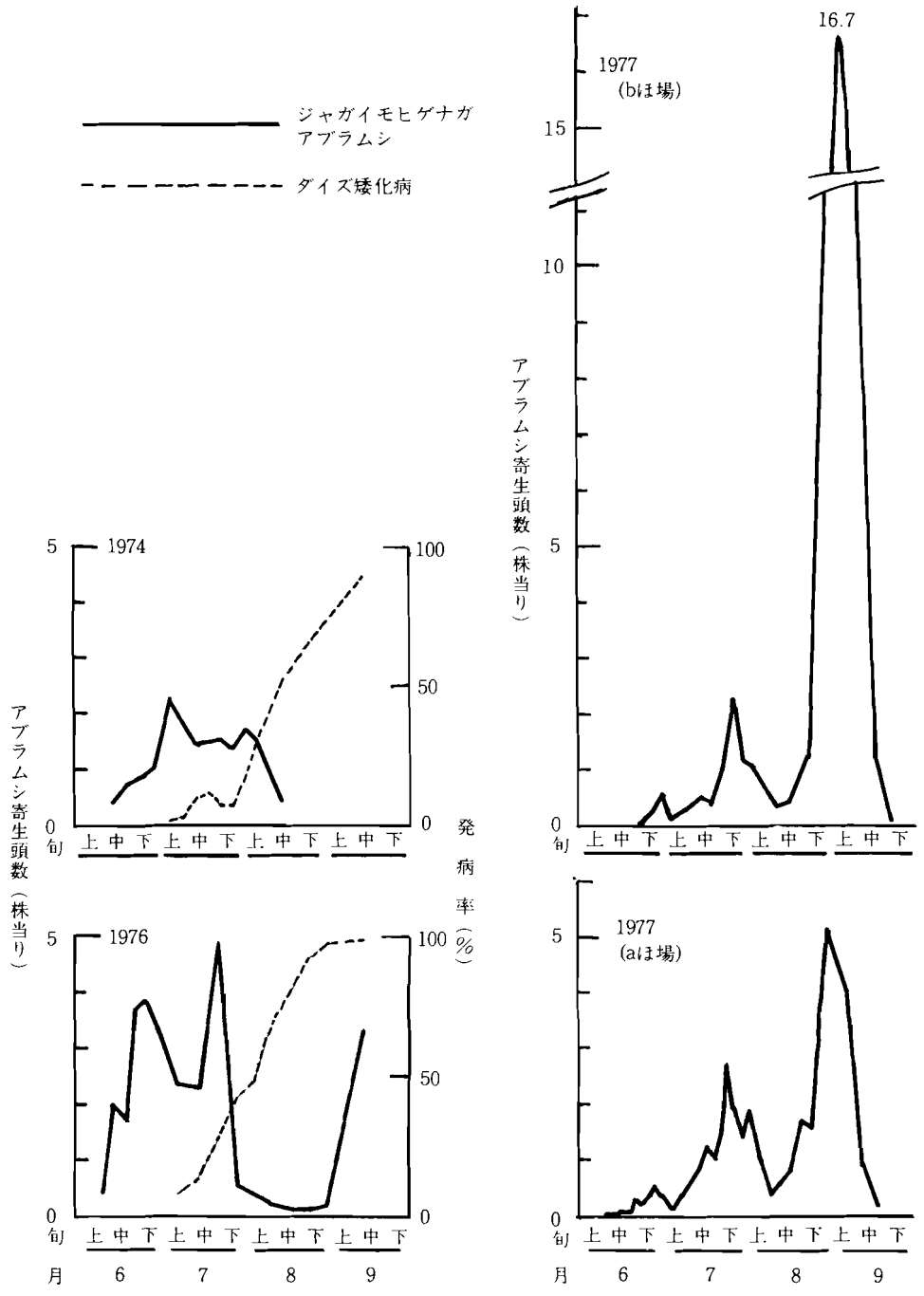

図1　ダイズ品種「コガネジロ」上でのジャガイモヒゲナガアブラムシの発生消長とダイズ矮化病の発病経過

その旬の発生量として算出した。このようにして矮化病発病率とヒゲナガアブラの発生量を組み合せた6通りの場合についてその関係を示すと図2の通りである。ここでヒゲナガアブラの発生量をx，矮化病の発病率をyとすると，

$$y = \frac{L \cdot x}{D_m + x} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (I)$$

（但し，L：上限の発病率，通常 100%
D_m：y＝L/2 の時の x の値）

及び

$$y = 100 - 10^{b - ax} \cdots\cdots\cdots\cdots (II)$$

（但し，$a \geqq 0$，$b \fallingdotseq 2$。）

の二式がいづれの場合にもよく適合した。散布図及び式（I），（II）の適合度（r^2）からみて，もっともよくヒゲナガアブラの発生量と矮化病の発病の関係を表していたのは，6月中旬～7月下旬の5旬の合計値で示したヒゲナガアブラの発生量と9月中旬の矮化病との組合せ，即ち主要な感染期間である6～7月の全期間の発生量と最終的な発病率との組合せであった。図2の同組合せより明らかなように，ヒゲナガアブラの発生量が1株当り1頭でも発病率は40%に達した例もあり，株当り4頭では発病率が60～90%に達し，ヒゲナガアブラの発生量がきわめて少なくても発病率は高かった。

試験 2

各品種におけるジャガイモヒゲナガアブラムシの発生消長とダイズ矮化病の発病経過

各品種におけるヒゲナガアブラの発生消長と矮化病の発病経過を図3に示した。また，表1には矮化病の主要な感染期間である6～7月のヒゲナガアブラの発生量を品種別，年次別に示した。なお，ヒゲナガアブラの発生量は試験1の場合と同様に，6～7月に行った6回の調査の合計値を発生量とした。但し，1974 年は6月上旬の調査を行っておらず，6月中旬～7月下旬の5回の発生量の合計で示した。

6～7月の発生消長は同一年次では各品種とも同様な傾向を示した。発生の量や型は品種間の差よりも年次による差が大きかった。1974 年及び

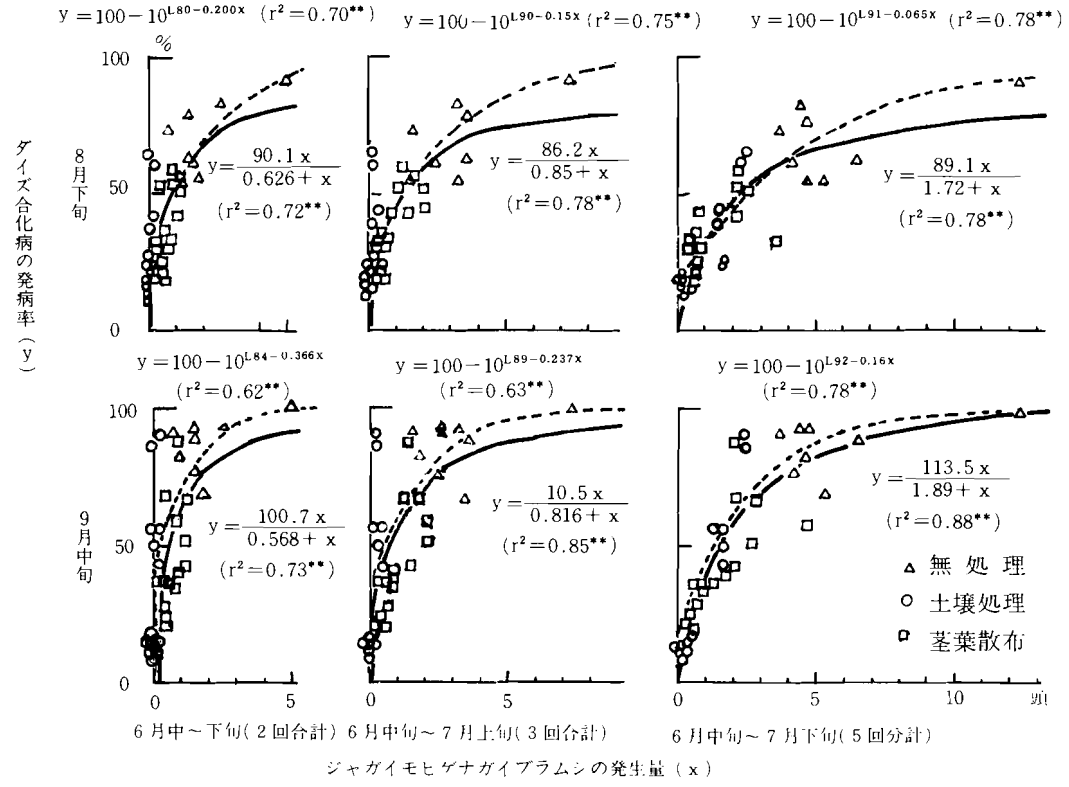

図2　ダイズ（「ソカネジロ」）ほ場でのジャガイモヒゲナガアブラムシの発生量とダイズ矮化病の発病率との関係

1976年には明瞭なピークがあったが，その時期や量は異なっていた。1975年は少発生に推移し目立ったピークはなかったが，8～9月にも調査をつづけたところ「黄宝珠」，「Adams」でピークを確認した。1974年及び1976年は8～9月に調査しなかったが，上記及び試験1の結果からみて8～9月に再びピークを形成する可能性が強い。品種別にヒゲナガアブラの発生量をみると各年次とも「コガネジロ」が最も多く，次いで「白鶴の子」，「黄宝珠」，「Adams」の順で品種間に明らかな差が認められた。

ダイズ矮化病の発病経過をみると図3に示す通

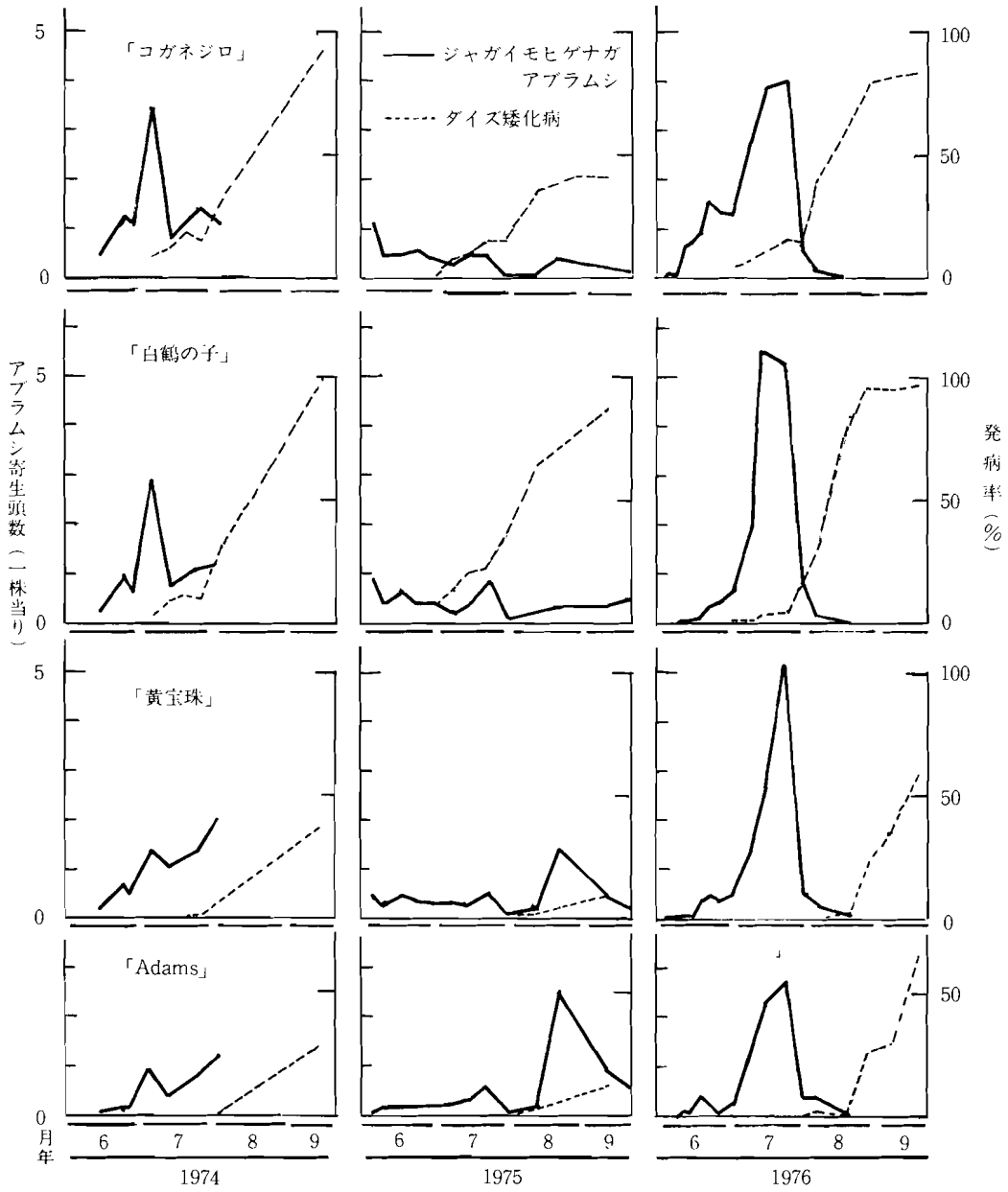

図3　ダイズ品種別にみたジャガイモヒゲナガアブラムシの発生消長とダイズ矮化病の発病経過

表1　ダイズ各品種におけるジャガイモヒゲナガアブラムシの発生量
（6～7月合計）

年次＼品種	コガネジロ	白鶴の子	黄宝珠	Adams
1974	7.07頭	5.99頭	3.81頭	2.35頭
1975	2.88	2.58	1.97	1.48
1976	10.48	10.21	7.07	4.86

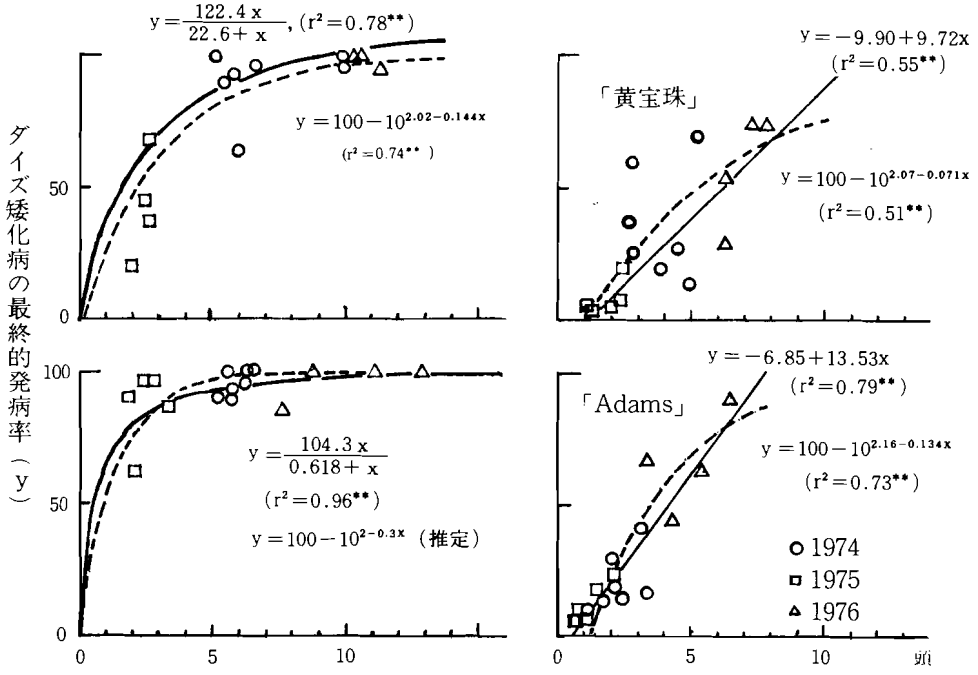

図4　各品種におけるジャガイモヒゲナガアブラムシの発生量とダイズ矮化病の関係

り感受性の「コガネジロ」と「白鶴の子」に比べて「黄宝珠」と「Adams」は各年とも発病時期は遅れていた。9月10日～16日の最終発病率でみると「白鶴の子」ではヒゲナガアブラの発生の多少にかかわらず3年とも高い発病率を示した。「コガネジロ」は「白鶴の子」に次いで発病率が高かったが，1975年にはヒゲナガアブラの発生量が少なく発病率も低下した。「黄宝珠」及び「Adams」ではヒゲナガアブラの発生量と矮化病の発病率はほぼ比例しており，前二者に比べ発病率自体も低かった。

試験1と同様な方法で各品種において6～7月の発生量と9月10～16日の最終的な発病率との関係を示すと図4の通りである。ヒゲナガアブラの発生量をx，矮化病の発病率をyとして，前出の式（I），（II）へのあてはめを試みたところ，「コガネジロ」の場合はほぼ試験1と同様の傾向を示し，両式とも適合した。「白鶴の子」の場合にはヒゲナガアブラの発生量が少なくても高い発病率を示し，式（I）のみが適合した。一方，比較的抵抗性とされる「黄宝珠」及び「Adams」の場合にはヒゲナガアブラの発生量に比例して発病率が直線的に増加する傾向を有し，式（I）は適合せず，直線式（II）が適合した。比較的抵抗性品種の場合は感受性の「コガネジロ」，「白鶴の子」と比較するとヒゲナガアブラの発生量が同一程度

でも発病率は低かった。ほ場では表1に示したように「黄宝珠」及び「Adams」はヒゲナガアブラの発生量が「白鶴の子」及び「コガネジロ」より少ないためさらに発病率は低くなった。

考　察

梶野はジャガイモヒゲナガアブラムシを飼育して産仔数を調査し，1頭の無翅胎生雌虫が30頭以上産仔することを示したが[4]，有翅胎生雌虫では無翅胎生雌虫の⅔程度の産仔にとどまる。(筆者，未発表)。もし，1974年の6月15日にほ場のダイズ上で確認されたヒゲナガアブラがすべて生育し以後増殖をくりかえしたと仮定すると，同年の7月末にはダイズ1株平均で200頭を越えるヒゲナガアブラが寄生していなければいけないことになる。しかし，実際のダイズほ場では6～7月の各調査時点でのヒゲナガアブラの寄生頭数は1株平均5頭に達せず，この低い個体群レベルで増減をくり返していた。このようにヒゲナガアブラが非常に低い個体群密度を維持していたことは，天敵，気象要因等の環境抵抗が十分威力を発揮し，その力がおおむねヒゲナガアブラの増殖力と拮抗していたことを示している。ジャガイモほ場ではヒゲナガアブラに対する寄生蜂及び寄生菌の寄生率は時期により大きく変化するが，二者合計の寄生率が90%を越える場合もあることが梶野[5]により明らかにされている。

van Emden and Wearingはアブラムシの増殖率をやや低く抑えるような相対的な抵抗性品種はそれ自体では感受性品種に比較すると被害許容水準に到達する時期を遅らせる効果しかないが，補食者等の天敵の作用が加わることによりアブラムシの密度を被害許容水準以下に抑えることが期待できると考えた[8]。ヒゲナガアブラのダイズにおける発生量はきわめて少なく，吸汁により著しく被害を引き起すほどのものではないが，van Emden et alの考えと同様にヒゲナガアブラの増殖率のわずかな品種間差異が天敵等の環境抵抗の介在により増幅されて，ほ場でみられるヒゲナガアブラの発生量の品種間差異になったものと考えられる。

試験1，2の各々の場合でヒゲナガアブラの発生量xとダイズ矮化病の発病率yとの関係に

$$y = \frac{L \cdot x}{D_m + x} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (I)$$

及び

$$y = 100 - 10^{b-ax} \cdots\cdots\cdots\cdots (II)$$

の両式が適合した。

式（I）は発生量xの増加に従い発病率yは最初は直線的に増加するが，しだいに頭打ちとなり最終的にはLに収束する状態を表した経験式である[1]。しかし，抵抗性品種，「黄宝珠」及び「Adams」の場合には発生量xは少なく発病率yの頭打ちも認められなく，上記（I）式へのあてはめは不適となり[3]，その代り直線式が適合した。

一方，式（II）は，室内におけるウイルス保毒接種頭数と発病率との関係について得られた理論式をほ場にも適用させるため，以下に示すようにして導びかれた式である。

一般に，保毒した媒介昆虫が吸汁した場合，ウイルスが植物体内に入っても，必ずしも感染するとは限らない。室内で保毒虫を一頭単位で接種した場合の感染する確率をp，植物1個体に保毒虫をn頭接種した場合に感染する確率をPnとすると両者への間に，式（III）

$$Pn = 1 - (1 - p)^n \cdots\cdots\cdots\cdots (III)$$

が成り立つ[2]。ダイズ矮化病について室内で試験した結果によるとpは約0.5であった[6]。いま仮にダイズ上のヒゲナガアブラは一定の割合でウイルスを保毒しているとすると，発生量xと保毒虫頭数nとの間に次式

$$n = kx \cdots\cdots\cdots\cdots (IV)$$

（k；保毒率，$0 \leqq k$）

が成り立つ。式（IV）と次式

$$Pn = \frac{y}{100}$$ （y；ほ場における発病率）

とを式（III）に代入し，変形して

$$1 - \frac{y}{100} = (1 - p)^{kx}$$

とした後，両辺に常用対数をとると

$$\log\left(1 - \frac{y}{100}\right) = x \cdot k \cdot \log(1 - p) \cdots (V)$$

となる。ここで，k，pを定数とし

$$k \cdot \log(1 - p) = -a \quad (a \geqq 0)$$

$$\log\left(1 - \frac{y}{100}\right) = \log\left(\frac{100 - y}{100}\right) = \log(100 - y) - 2 = Y - 2$$

とおくと，式（V）は

$$Y = 2 - ax$$

となり，x－Yの直線回帰を求めることができた。

その回帰式をｘ－ｙの関係になおすと前出の式（II）

$$y=100-10^{b-ax}$$

が得られる。（なお，ｘ＝０の時のＹの値ｂは本来２であり，この時式（II）は原点を通る。しかし，実際は種々の誤差があるためｂは２を若干前後する値となった。）

式（II）は，本試験の各々の場合に適合し，ほ場の調査結果に適用が可能であった。しかし，「白鶴の子」の場合は発生量ｘの値の大小にかかわらず発病率ｙは総じて大きな値をとり 100%に達した例も少なくなかったため，上記のあてはめの方法では式（II）に適合しなかった。そこで，「白鶴の子」の場合の経験式（Ｉ）

$$y=\frac{104.3\,x}{0.618+x}\quad,\qquad (r^2=0.96^{**})$$

に近似した式（II）を推定すると

$$y=100-10^{2-0.3x}$$

となり，ａの値は他の品種より大きくなった。

矮化病感受性品種の「白鶴の子」では発生量の増加により発病率は急激に増加し，きわめて少ない発生量で発病率は頭打ちとなった。「コガネジロ」でも同様な傾向を示したが，発病率が頭打ちになるにはより多くの発生量を要した。抵抗性品種である「黄宝珠」及び「Adams」ではヒゲナガアブラの発生量が感受性品種より少なく，発生量の増加にともなう発病率の増加もゆるやかであり，発病率の頭打ちもみられなかった。

このようなヒゲナガアブラの発生量ｘと矮化病発病率ｙの関係の品種間差異は式（II）ではｂ＝２の値，即ち

$$a=-k\log(1-p)\quad\cdots\cdots\cdots\cdots\ (VI)$$

の違いで示される。ｂ＝２の時のａの推定値は表２に示した通り前記の方法で求めた場合と同様の傾向を示し，「白鶴の子」が最も大きく，次いで「コガネジロ」，「Adams」，「黄宝珠」の順であった。式（VI）に示したように，ｋが一定であればｐが高いほどａも大きくなる。谷村・玉田[7]によると表２に示したように品種によりｐは異なり，「白鶴の子」は 0.80 と最も高く，次いで「コガネジロ」であり，「黄宝珠」及び「Adams」では 0.40～0.56 と前二者に比べ低かった。このことからヒゲナガアブラの発生量ｘとダイズ矮化病の発病率ｙの関係の品種間差異は主としてｐの差であると推測される。

このように比較的抵抗性品種とされる「黄宝珠」及び「Adams」は感受性品種である「コガネジロ」及び「白鶴の子」よりも実際のほ場ではヒゲナガアブラの発生量が少なく，その結果，植物体内にウイルスが侵入するチャンスが少なく，その上ウイルスが入っても感染しにくいため，抵抗性品種の発病率が低くなったと推察された。

しかしながら，もし１株平均でヒゲナガアブラが十数頭寄生するならば，ほぼ 100%発病し，現在ほ場でみられる発病率の品種間差異は見かけ上消失してしまうと予想される。したがって，ほ場で比較的抵抗性品種を成立させている要因の一つであるヒゲナガアブラを低密度に維持する機構，即ち環境抵抗を解明することが今後の課題である。

引用文献

1) コーン，E. E.，スタンプ，P. K.“コーン・スタンプ生化学”，第２版．東京化学同人．1968，p. 115－117.

2) Gibbs, A. J., Gower, J. K. "The use of a multiple-transfer method in plant virus transmission studies－some statistical points arising in the

表２　ジャガイモヒゲナガアブラムシ発生量に対する矮化病発病率の品種間差異

品種名	ａの値		ｐの値 注２	
	回帰係数	修正値 注１	矮化系統	黄化系統
白鶴の子	－	0.30	84.9%	78.0%
コガネジロ	0,144	0.18	66.3	51.6
黄宝珠	0.071	0.05～0.06	56.3	41.7
Adams	0.134	0.09～0.10	41.7	41.7

注１　ｂ＝２として式 I）及び直線式に近似した式II）を推定した場合のａの値。
注２　谷村，玉田[7]の表４より抜粋，改変して示した。

analysis of results". Ann. Appl. Biol. **48**, 75－83 (1960).
3) 今堀和友，山崎誠．"酵素化学"．東京化学同人．1973, p. 3－10.
4) 梶野洋一．"ジャガイモヒゲナガアブラムシの生態に関する研究，第1報，発育，繁殖および活動"．道立農試集報．**23**, 98－104 (1971).
5) ――――．"――――，第3報，ジャガイモにおける寄生消長および寄生部位"．道立農試集報．**27**, 7－14 (1973).
6) 玉田哲男．"ダイズ矮化病に関する研究"．1975. 144 p．(北海道立農業試験場報告，第25号).
7) 谷村吉光，玉田哲男．"ダイズ矮化病抵抗性の育種学的研究，1，抵抗性の品種間差異"．道立農試集報．**35**, 8－17 (1976).
8) van Emden, H. F., Wearing, C. H. "The role of the aphid host plant in delaying economic damage levels in crops". Ann. Appl. Boil., **56**, 323－324 (1965).

Seasonal Prevalence of Foxglove Aphid *Acyrthosiphon solani* (KALTENBACH) in Soybean Varieties

——Differences in resistance to the soybean dwarf disease

Osamu KANEHIRA*

This survey deals with the soybean variety "Kogane-jiro" in the study of a relation between the occurrence of foxglove aphid and the incidence of the soybean dawarf disease transmitted by it and further with four varieties to make clear the role of the aphid in bringing about differences in resistance to the disease among them, of which "Shiro-tsurunoko" and "Kogane-jiro" are considered relatively susceptive to it, whereas "Ohoju" and "Adams" are considered relatively high in resistance to it.

The aphid population level was markedly low throughout the communicable period June and July in each year from 1974 to 1977. But even when the aphid population was small, the occurrence of the aphid caused easily severe damage due to a high incidence of the disease. From the foregoing study and the results of field tests using aphidicide, the following two types of equations hold for a relation between aphid abundance and incidence rate denoted by x and y respectively :

$$y = \frac{L \cdot x}{D + x} \quad \cdots\cdots 1) \quad ; \quad y = 100 - 10^{b-ax} \cdots\cdots 2)$$

The results of studies of each variety from 1974 to 1976 show that the varieties which have high resistance to the disease had not only the less abundance but also the lower incidence rate, even when the abundance was the same, than the varieties which are susceptive to it. The differeces among varieties in the response of y to x are likely to depend mainly on the differences among varieties in p, i. e. the probability of infection by a single viruliferous aphid, because the value of p of the former varieties was lower than that of the latter varieties and the response of y to x given by Equation 2) was derived from the following equation :

$$y = 100 - 100\,(1 - p)^{kx} \cdots\cdots 3)$$

where k is constant.

*Hokkaido Central Agricultural Experiment Station, Naganuma, Hokkaido, 069-13 Japan.