

ソルガムのヒエノアブラムシ抵抗性 葉面ワックスと栄養成分

積木久明・兼久勝夫・MOHARRAMIPOUR Saeid

Sorghum Resistance to the Sugarcane Aphid,
Melanaphis sacchari (Zehntner)
Amounts of Leaf Surface Wax and Nutritional Components

Hisaaki TSUMUKI, Katsuo KANEHISA and Saeid MOHARRAMIPOUR

The differences in the amounts of leaf surface wax and nutritional components such as sugar and free amino acids were compared among resistant (PE 954177), moderately resistant (IS 84) and susceptible (Redlan B) sorghum varieties to the sugarcane aphid, *Melanaphis sacchari* (Zehntner).

(1) The kind of aphid appearing on the leaves of the sorghum varieties was only the sugarcane aphid, *Melanaphis sacchari* in the field. The number of aphids infesting a leaf was ca 0, 30 and 3,500 in the resistant, moderately resistant and susceptible varieties at the middle of August, respectively.

(2) The amount of leaf surface wax was approximately constant among these three varieties.

(3) The total sugar content was slightly higher in the two resistant varieties than in the susceptible variety.

(4) The total free amino acid concentration was higher in the two resistant varieties than in the susceptible variety.

(5) These findings suggest that neither leaf surface wax nor nutritional components seem to affect the aphid populations on the leaves of the three sorghum varieties, showing that biogenic substances such as dhurrin, benzylalcohol, *p*-hydroxybenzaldehyde, aconitic acid, etc. may affect the aphid populations.

Key words: Sorghum, Sugarcane aphid, *Melanaphis sacchari*,
Leaf surface wax, Amino acid

緒 言

イネ科植物のアブラムシ抵抗性要因に関してはこれまで多くの研究がある (Dreyer and Campbell 1987, Montollor 1991, Corcuera, 1993). ソルガムではデューリン (Saunders *et al.* 1977, Dreyer *et al.* 1981), ベンジルアルコール (Juneja *et al.* 1975), パラヒドロキシベンズアルデヒド, プロシアニジン (Dreyer *et al.* 1981), フェノール物質 (Stafford 1969), アコニット酸 (Rustamani *et al.* 1992a, b) が, コムギ, ヒエ, トウモロコシではヒドロキサム酸 (Argandona *et al.* 1987, Leszczynski and Dixon 1990) やアコニット酸 (Rustamani *et al.* 1992b) が, オオムギではグラミン (Corcuera 1993) が, アブラムシ抵抗性物質として知られている. 著者らはオオムギのアブラムシ抵抗性に関する一連の研究で, グラミン (Kanehisa *et al.* 1990), アコニット酸 (Rustamani *et al.* 1992a, b) 以外に, 葉面ワックス (Tsumuki *et al.* 1989) もアブラムシ抵抗性要因として作用していることを明らかにした. さらに, オオムギ葉に含まれる糖はアブラムシの寄生密度に影響しないものの, アミノ酸は影響を及ぼすことを示唆した (積木ら 1987a, b).

本実験では, ヒエノアブラムシの寄生に及ぼすソルガムの葉面ワックス, 栄養成分である糖と遊離アミノ酸の影響を明らかにするために, 抵抗性, 中間, 感受性の3系統のソルガムを用いてこれらの物質の含量を比較した.

実験材料であるソルガムは農林水産省中国農業試験場から分与戴いた. ソルガムの栽培には白神孝技官に御協力戴いた. ここに感謝します. 本研究の経費の一部は大原奨農会の奨学寄付金によった.

材料および方法

抵抗性系統としては PE 954177 を, 感受性系統として Redlan B を, その中間系統として IS 84 を用いた. これら3系統の種子を5月下旬に圃場に播種した. ソルガム葉2~3枚を7月13日よりほぼ10日おきに圃場より採集し, 実験に供した. 実験は2回反復し, その平均値で示した.

葉面ワックス 葉に付着しているアブラムシや塵を小筆で取り除き, 葉重を秤量した. 5~6 cm に切断した葉を, 200ml のクロロホルムに20秒間浸漬し, 葉面ワックスを溶出させた. 東洋濾紙 No 2 で濾過した後, クロロホルムを揮発させ, その乾物重を秤量し, 葉面ワックス量とした (Tsumuki *et al.* 1989).

糖とアミノ酸 葉面ワックスを除いた後の葉に200 ml の80%エタノールを加え, ミキサーで3分間磨砕した. 磨砕液を3,000rpm で5分間遠心し, その上清を集めた. 沈澱物に50ml の80%エタノールを加え, よく懸濁した後, 再び遠心した. 得られた上清を先の上清に加え, ロータリーエバポレーターを用いて減圧下でエタノールと水を蒸発させた. この残渣に水10 ml とクロロホルム-メタノール混合液 (2 : 1 v/v) 10ml を加え, 分画した. 上清の水層部分を集めた後, さらに下層の有機溶媒層に水10ml を加え, 再度分画した. 水層部分を集

め、減圧下で蒸発乾固させた。これに10mlの80%エタノールを加え、抽出した後、 $0.45\mu\text{m}$ のフィルターで濾過して得られた濾液を、糖とアミノ酸の分析用試料とした。

全糖はアントロン-硫酸法で比色定量した (Tsumuki and Kanehisa 1978)。アミノ酸はアミノ酸分析機 (JLC-6AUH, 日本電子製) によった。

結 果

1. アブラムシの寄生密度

実験期間中、圃場に植えたソルガムにはヒエノアブラムシのみが寄生し、他のアブラムシは見られなかった。しかし、抵抗性ソルガムにはヒエノアブラムシの寄生もみられなかった (Table 1)。一方、8月中旬の観察時点で、感受性系統は一枚の葉に平均約3,500頭、中間系統には約30頭寄生していた。

Table 1. Aphid populations infested the leaves of three sorghum varieties

Resistance	No. of aphids / leaf	
	Moderate resistance	Susceptible
0	31.5	3571.6

Number of aphids was counted on August 14th.

2. 葉面ワックス

クロロホルムに溶出された葉面ワックス量は、抵抗性、中間、感受性の3系統とも大きな差がなく、10g当り7-11mgであった (Table 2)。ただし、抵抗性系統の葉面ワックス量は感受性系統に比べ、少ない傾向にあった。

Table 2. Amount of leaf surface wax on three sorghum varieties

Variety	Amount of leaf surface wax (mg / 10g w.w.)				
	Jul. 13	Jul. 23	Aug. 3	Aug. 13	Aug. 24
Resistance	7.3	7.9	7.1	8.3	8.5
Moderate resistance	7.4	8.3	10.4	9.5	10.7
Susceptible	7.5	8.0	10.4	9.5	11.0

3. 全糖

抵抗性、中間、感受性の3系統とも生育に伴って糖含量は増加する傾向にあった (Table 3)。しかし、さらに生育が進み、老熟すると減少した。3系統間で比較すると、抵抗性系統で全糖含量は生体重当り高い傾向にあった。

Table 3. Total sugar content in the leaves of three sorghum varieties

Variety	Total sugar content ($\mu\text{g} / \text{g w.w.}$)				
	Jul. 13	Jul. 23	Aug. 3	Aug. 13	Aug. 24
Resistance	9.2	13.6	12.2	15.4	11.8
Moderate resistance	8.0	9.6	14.3	11.9	10.5
Susceptible	8.9	10.0	13.7	9.2	11.6

4. アミノ酸

遊離アミノ酸含量は中間系統で最も高く、感受性系統で低かった (Tables 4, 5, 6). これらの全アミノ酸含量は生育に伴って一時的に減少したが、さらに生育が進み、老熟すると増加した. 3系統とも定量した遊離アミノ酸の中で、アラニンが極端に多く、メチオニンが少なかった.

Table 4. Free amino acid concentration in the leaves of resistant sorghum variety

Amino acid	Free amino acid concentration (n mole / g w.w.)				
	Jul. 13	Jul. 23	Aug. 3	Aug. 13	Aug. 24
Aspartic acid	35.6	46.8	21.9	7.0	11.6
Threonine	107.5	137.2	72.1	46.8	71.0
Serine	144.2	206.8	66.9	36.1	81.8
Asparagine + Glutamic acid	284.1	437.9	167.3	133.9	211.4
Glutamine	94.2	111.6	40.1	27.6	57.5
Proline	41.8	51.3	32.0	18.6	10.7
Glycine	32.3	36.2	11.7	10.1	7.6
Alanine	1432.7	1816.6	856.0	491.0	875.6
Valine	100.5	73.0	65.5	33.9	46.2
Methionine	2.9	0.1	4.6	0.5	0.7
Isoleucine	30.3	21.4	17.8	13.9	26.4
Leucine	28.7	19.0	18.9	14.4	29.5
Tyrosine	48.3	32.0	30.4	20.9	47.1
Phenylalanine	25.9	13.0	19.1	18.0	28.6
GABA	21.2	9.6	11.2	1.7	16.4
Ethanol amine	15.8	10.6	11.6	8.5	17.1
Lysine	6.1	8.1	9.7	11.9	7.6
Histidine	5.8	7.5	2.2	3.6	2.4
Arginine	12.7	10.2	4.8	1.8	2.8
Total	2470.6	3048.8	1463.8	900.2	1552.0

Table 5. Free amino acid concentration in the leaves of moderately resistant sorghum variety

Amino acid	Free amino acid concentration (n mole / g w.w.)				
	Jul. 13	Jul. 23	Aug. 3	Aug. 13	Aug. 24
Aspartic acid	25.8	26.0	64.6	26.4	18.8
Threonine	112.1	156.0	138.8	107.0	105.9
Serine	195.1	278.0	155.5	143.6	233.3
Asparagine + Glutamic acid	294.9	398.4	231.5	227.2	266.6
Glutamine	114.6	152.8	92.8	82.3	93.0
Proline	30.5	40.7	27.9	33.3	43.4
Glycine	25.5	47.9	19.9	15.2	15.5
Alanine	1545.1	1702.9	1269.4	1126.3	1004.5
Valine	83.4	98.6	81.4	77.5	66.9
Methionine	0.1	0.3	0.1>	0.1	0.1>
Isoleucine	25.4	25.9	19.0	25.5	24.0
Leucine	17.4	21.1	16.7	24.8	29.2
Tyrosine	32.0	35.1	37.8	37.5	48.7
Phenylalanine	19.1	17.2	18.5	20.6	30.4
GABA	20.7	16.1	29.8	33.3	38.4
Ethanol amine	18.7	13.6	17.3	13.5	11.4
Lysine	6.1	11.5	8.5	11.9	5.8
Histidine	7.8	8.0	7.2	3.8	1.6
Arginine	11.3	14.9	8.2	8.3	0.7
Total	2585.5	3065.0	2244.8	2018.0	2038.1

考 察

オオムギでは、葉面ワックス量とアブラムシの寄生密度との間には負の相関関係がみられた (Tsumuki *et al.* 1989). しかし、ソルガムの葉面ワックス量は抵抗性、中間、感受性系統ともほぼ同じか、むしろ抵抗性系統で少なかった。この結果、ソルガムではオオムギと異なって、アブラムシの抵抗性に葉面ワックスはほとんど関与しないと思われる。

He *et al.* (1991) は、アブラムシ感受性ソルガム系統の方が抵抗性系統に比べ全糖含量は高いことを報告している。しかし、本実験では、抵抗性系統の全糖含量は感受性系統に比べ、実験期間中同じかむしろ高かった。糖はアブラムシの吸汁を促進する物質として知られている (Aucleir 1963) が、本実験に用いたソルガムの3系統においては、見かけ上糖はアブラムシの寄生に影響を及ぼさなように見えた。オオムギでもアブラムシの寄生と全糖含量の間には明瞭な相関関係は見られない (積木ら 1987b)。He *et al.* (1991) の結果と本実験で得られた結果の違いは、実験に用いたソルガムの系統の違いによるものと考えられる。

アブラムシの繁殖は飼料中のアミノ酸に影響されることが知られている (Aucleir 1963)。オオムギの葉全体から抽出された遊離アミノ酸の含量は抵抗性系統で低く、感受性系統で高い (積木ら 1987a)。オオムギ葉全体を磨砕して抽出したアミノ酸とアブラムシが吸汁する篩管液のアミノ酸組成とはよく似ている (Weibull *et al.* 1986) ことから、アミノ酸含量の高い感受性系統でアブラムシの発育がよく、その結果としてアブラムシの寄生密度が高まる

ソルガムのヒエノアブラムシ抵抗性

Table 6. Free amino acid concentration in the leaves of susceptible sorghum variety

Amino acid	Free amino acid concentration (n mole / g w.w.)				
	Jul. 13	Jul. 23	Aug. 3	Aug. 13	Aug. 24
Aspartic acid	10.1	50.5	27.2	5.7	18.0
Threonine	125.7	126.6	80.4	36.9	68.1
Serine	125.3	176.0	79.0	30.0	131.5
Asparagine + Glutamic acid	248.9	305.3	178.5	99.4	194.3
Glutamine	88.6	42.8	39.1	15.0	93.0
Proline	43.1	23.9	22.4	14.2	26.5
Glycine	65.4	15.2	14.6	6.6	24.3
Alanine	1072.5	1034.2	793.5	436.1	750.3
Valine	47.5	38.6	57.5	29.5	95.4
Methionine	0.3	0.1>	0.8	0.1	0.>
Isoleucine	15.6	14.6	18.7	12.8	51.7
Leucine	11.6	11.0	17.3	11.1	18.5
Tyrosine	22.9	29.0	42.3	17.5	47.3
Phenylalanine	11.1	18.5	19.3	13.0	43.1
GABA	7.4	5.0	10.4	4.4	21.3
Ethanol amine	15.9	10.5	13.5	9.3	3.9
Lysine	5.1	10.1	8.0	6.5	21.9
Histidine	2.0	7.6	2.7	2.4	9.2
Arginine	9.2	7.9	0.6	0.4	19.3
Total	1928.2	1927.3	1425.8	750.9	1637.6

ものと考えられている (積木ら 1987a, b). He *et al.* (1991) はアブラムシ感受性ソルガム系統は抵抗性系統に比べ、遊離アミノ酸含量が高いことを報告している。しかし、本実験では、抵抗性と中間系統の遊離アミノ酸含量は感受性系統に比べて高く、抵抗性の程度とは無関係であった (Weibull 1988)。

本実験に用いた3系統のソルガムでは、葉面ワックスや糖、アミノ酸といった栄養成分よりも、すでに一部報告したように (Rustamani *et al.* 1992a, b), デューリン、ベンジルアルコール、パラヒドロキシベンズアルデヒド、アコニット酸といった抗生作用物質がアブラムシの寄生密度を制御しているものと考えられる。

摘 要

ヒエノアブラムシの寄生密度にソルガム葉の葉面ワックス、栄養成分である糖と遊離アミノ酸がどのように影響するかを明らかにするために、抵抗性、中間、感受性の3系統のソルガムを用いて、これらの物質の含量を比較した。

(1)ソルガムに寄生するアブラムシとしては、ヒエノアブラムシのみであった。8月中旬のアブラムシ寄生数は抵抗性系統で0、感受性系統で約3,500頭、その中間系統で約30頭であった。

(2)葉面ワックス量は3系統ともほぼ同じであった。

- (3)全糖含量は抵抗性，中間系統の方が感受性系統に比べわずかに高い傾向であった。
(4)全遊離アミノ酸含量は抵抗性，中間系統の方が，感受性系統よりも高かった。
(5)これらの結果，葉面ワックス，糖，遊離アミノ酸はソルガムのアブラムシの寄生に影響を及ぼさないようにみえた。二次代謝産物であるデューリン，ベンジルアルコール，パラヒドロキシベンズアルデヒド，アコニット酸等が，ソルガムでのアブラムシの寄生密度を制御していると思われる。

キーワード：ソルガム，ヒエノアブラムシ，葉面ワックス，遊離アミノ酸

引用文献

- Argandona, V.H., Zuniga, G.E. and Corcuera, L.J. 1987. Distribution of gramine and hydroxamic acids in barley and wheat leaves. *Phytochemistry* 26: 1917-1918.
- Auclair, J.L. 1963. Aphid feeding and nutrition. *Annu. Rev. Entomol.* 8: 439-490.
- Corcuera, L.J. 1993. Biochemical basis for the resistance of barley to aphids. *Phytochemistry* 33: 741-747.
- Dreyer, D.L. and Campbell, B.C. 1987. Chemical basis of host-plant resistance to aphids. *Plant Cell Environ.* 10: 353-361.
- Dreyer, D.L., Reese, J.C. and Jones, K.C. 1981. Aphid feeding deterrents in sorghum. Bioassay, isolation and characterization. *J. Chem. Ecol.* 7: 273-284.
- He, F., Liu, J., Zhang, G., Qu, G. and Yan, F. 1991. Studies on the biochemical basis of resistance in sorghum to sorghum aphid *Melanaphis sacchari* (Zehntner). *Acta Entomol. Sin.* 34: 38-42.
- Juneja, P.S., Percy, S.C., Gholson, R.K., Burton, R.L. and Starks, K.J. 1975. Chemical basis for greenbug resistance in small grains II. Identification of the major neutral metabolite of benzyl alcohol in barley. *Plant Physiol.* 56: 385-389.
- Kanehisa, K., Tsumuki, H., Kawada, K. and Rustamani, M.A. 1990. Relations of gramine contents and aphid populations on barley lines. *Appl. Entomol. Zool.* 25: 251-259.
- Leszczynski, B. and Dixon, A.F.G. 1990. Resistance of cereals to aphids: Interaction between hydroxamic acids and the aphid *Sitobion avenae* (Homoptera: Aphididae). *Annu. Appl. Biol.* 117: 21-30.
- Montllor, C.B. 1991. The influence of plant chemistry on aphid feeding behavior. In "Insect-Plant Interaction, Vol. III" (Bernays E. ed.), 125-173 CRC Press, Florida.
- Rustamani, M.A., Kanehisa, K. and Tsumuki, H. 1992a. Aconitic acid content of some cereals and its effect on aphids. *Appl. Entomol. Zool.* 27: 79-87.
- Rustamani, M.A., Kanehisa, K., Tsumuki, H. and Shiraga, T. 1992b. Further observations on the relationship between aconitic acid contents and aphid densities on some cereal plants. *Bull. Res. Inst. Bioresour. Okayama Univ.* 1: 9-20.
- Saunders, J.A., Conn, E.E., Lin, C.H. and Stocking, C.R. 1977. Subcellular localization of the cyanogenic glucoside of sorghum by autoradiography. *Plant Physiol.* 59: 647-652.
- Stafford, H.A. 1969. Changes in phenolic compounds and related enzymes in young plants of sorghum. *Phytochemistry* 8: 743-752.
- Tsumuki, H. and Kanehisa, K. 1978. Carbohydrate content and oxygen uptake in larvae of the rice stem

- borer, *Chilo suppressalis* Walker. Ber. Ohara Inst. land. Biol. Okayama Univ. 17:95-110.
- Tsumuki, H., Kanehisa, K. and Kawada, K. 1989. Leaf surface wax as a possible resistance factor of barley to cereal aphids. Appl. Entomol. Zool. 24:295-301.
- 積木久明・兼久勝夫・河田和雄・白神 孝, 1987a. オオムギの耐アブラムシ性要因 IV. 系統間での遊離アミノ酸含量の差異. 応動昆 31:411-414.
- 積木久明・兼久勝夫・白神 孝・河田和雄, 1987b. オオムギの耐アブラムシ性要因 第2報. 系統間の栄養成分の差異. 農学研究 61:149-159.
- Weibull, J. (1988) Free amino acids in the phloem sap from oats and barley resistant to *Rhopalosiphum padi*. Phytochemistry 27:2069-2072.
- Weibull, J., Brishammar, S. and Pettersson, J. 1986. Amino acid analysis of phloem sap from oats and barley: Performance liquid chromatography. Entomol. Exp. Appl. 42:27-30.