

カボチャモザイクウイルスのアブラムシによる伝搬

佐古 宣道・奥村 利憲・野中 福次

(植物病理学教室)

昭和51年9月30日 受理

Aphid Transmission of Watermelon Mosaic Virus

Nobumichi SAKO, Toshinori OKUMURA and Fukuji NONAKA

(Laboratory of Plant Pathology)

Received September 30, 1976

Summary

Out of eleven aphid species tested on transmissibility of watermelon mosaic virus (WMV), four species, *Myzus persicae*, *Aphis gossypii*, *Lipaphis erysimi* and *Aphis craccivora* transmitted WMV from infected pumpkin leaves after short feeding period. The first two species showed the most efficient transmissibility. *Acyrtosiphon solani*, *Dactynotus gobonis*, *Neotoxoptera formosana*, *Macrosiphoniella sanborni* and *Macrosiphum akebiae* failed to transmit WMV. *M. persicae* and *A. gossypii* could completely transmit WMV after they acquired it for 30 seconds, but their transmissibility decreased as the feeding period increased. After the acquisition of WMV from infected leaves, the aphids which were allowed to starve in vials preserved their ability of transmission for about five to six hours. When they were reared on healthy leaves after acquisition of WMV, *M. persicae* lost the ability within 10 to 20 minutes and *A. gossypii* did within 20 to 30 minutes. *M. persicae* efficiently transmitted WMV after acquisition through a parafilm membrane from sap extracts made in 0.3 M K_2HPO_4 solution containing EDTA and Na-DIECA, but rarely did when the extracting solution was substituted for distilled water. It showed the complete transmission after acquisition of WMV through the membrane for 1 minute, but its ability to transmit WMV remarkably decreased after longer feeding period.

結 言

野菜の周年供給を実現した施設園芸の発達は、同時に、多岐にわたる栽培様式と作型の多様化をもたらした。このような栽培体系下では、病害の発生も複雑となるが、ウリ科作物では最近カボチャモザイクウイルス (WMV) が多発する傾向にあるという。

WMVはこのように日本においても大きな被害をもたらしているが、欧米や南アフリカなどにも広く分布し、甚大な被害の発生が伝えられている。本ウイルスは口針伝搬型ウイルスの1種であり、その被害は軽視できないにもかかわらず、そのアブラムシによる伝搬様式の詳細についてふれている報告はきわめて少ない。Anderson¹⁾は WMV の2系統を用いてモモアカアブラムシ (*Myzus persicae*) とワタアブラムシ (*Aphis gossypii*) が本ウイルスの媒介昆虫であることを最初

に報告した。Molnár らは¹⁰⁾ モモアカアブラムシのみならず *Aphis fabae* も媒介昆虫になりうることを指摘したが、同時に、供試した WMV の4系統のうち1系統は両アブラムシでは媒介されないことも明らかにした。さらに、Coudriet²⁾ は7種のアブラムシを用いて WMV の伝搬試験を行い、新な5種のアブラムシが本ウイルスを伝搬したと報告した。また、我国では小室⁴⁾ は WMV がモモアカアブラムシとワタアブラムシで伝搬されることを明らかにし、前島ら^{6,7)} は本ウイルスとキュウリモザイクウイルスを用いて、両ウイルスのアブラムシによる伝搬能力に差が認められることを報告している。しかし、媒介アブラムシの種類や伝搬様式についての検討は決して十分とはいえない。

本研究は佐賀県下で分離された WMV の1系統を用いて、各種アブラムシによる伝搬、接種吸汁期間、獲得吸汁期間、保有期間ならびに罹病葉の汁液を人工膜を通してアブラムシに吸汁させた場合の WMV 獲得について実験を行ったものである。

実験材料および実験方法

供試した WMV は1973年に罹病カボチャから分離して本教室で保存中の分離株2である¹³⁾。本ウイルスはカボチャ (*Cucurbita maxima* DUCH. 品種青皮芳香) 上で継代保存し、接種源として用いる場合にはモザイク症状が明りょうな病葉(接種後2~3週間目)を供試した。検定植物としては、同上カボチャ品種を素焼鉢に播種して育成し、子葉期(発芽後3~4日目)の苗を用いた。

各種アブラムシによる伝搬実験には、モモアカアブラムシ (*Myzus persicae* (SULZER)), ワタアブラムシ (*Aphis gossypii* GLOVER), ダイコンアブラムシ (*Brevicoryne brassicae* (LINNÉ)), ニセダイコンアブラムシ (*Lipaphis erysimi* (KALTENBACH)), コボウヒゲナガアブラムシ (*Dactynotus gobonis* (MATSUMURA)), マメアブラムシ (*Aphis craccivona* KOCH), ネギアブラムシ (*Neotoxoptera formosana*) TAKAHASHI), トウモロコシアブラムシ (*Rhopalosiphum maidis* (FITCH)), キクヒメヒゲナガアブラムシ (*Macrosiphoniella sanborni* (GILLETTE)), ムギヒゲナガアブラムシ (*Macrosiphum akebiae* SHINJI), ジャガイモヒゲナガアブラムシ (*Acyrtosiphom solani* (KALTENBACH)) の無翅成虫を用いた。これらのアブラムシはガラス容器内で2時間の絶食処理を行った後に、接種源の罹病カボチャ葉上で30秒から1分間吸汁させて健全カボチャに移した。

ウイルス獲得吸汁期間についての実験では、供試アブラムシは2時間の絶食後に、罹病カボチャ葉上で30秒から15分まで正確な吸汁を行い、その他の30分から24時間の区ではそれぞれ所定時間の罹病葉上で放飼を行った後に健全カボチャに移した。

罹病カボチャ葉の汁液を人工膜を通してアブラムシに吸汁させた場合のウイルス獲得実験では、ガラス管(直径2cm, 長さ1cm)の上端に薄く引き伸ばしたパラフィルム M を張りつけ、この膜面上に罹病葉の汁液とこれと等量の40%しょ糖との混合液をのせた後、2時間絶食させたアブラムシをガラス管内に入れて膜面下から混合液を吸汁させた。供試した罹病カボチャ葉の汁液は生重1gの葉に抽出液1mlの割合で加えてホモゲナイザーで磨砕し、2重にしたガーゼでろ過したろ液を8,000g, 15分間遠心分離して得られた上清液である。

保毒アブラムシは検定用の健全カボチャ苗の1本当たり5頭ずつ小筆で移しかえ、一定の接種吸汁時間あるいは一夜放飼後に DDVP の1,000倍液を散布して殺虫した。1回の試験には10本の検定植物を用い、それぞれ、3回の反復実験を行った。接種したカボチャの発病は接種後2~3週間目に病徴発現の有無によって判定して表示した。なお、伝搬実験はすべて25°Cで行った。

実験結果

1. 各種アブラムシによる伝搬

本実験では11種のアブラムシを供試して、本ウイルスの伝搬の有無を明らかにする目的で行った。得られた結果は Table 1 に示す通りで、本ウイルスはモモアカアブラムシ、ワタアブラムシ、

Table 1. Transmission of watermelon mosaic virus by various aphids.

Aphid	Experiment ^{a)}		
	1	2	3
<i>Myzus persicae</i> (SULZER)	10/10 ^{b)}	10/10	10/10
<i>Aphis gossypii</i> GLOVER	10/10	10/10	10/10
<i>Brevicoryne brassicae</i> (LINNÉ)	1/10	0/10	0/10
<i>Lipaphis erysimi</i> (KALTENBACH)	4/10	4/10	3/10
<i>Dactynotus gobonis</i> (MATSUMURA)	0/10	0/10	0/10
<i>Aphis craccivora</i> KOCH	6/10	7/10	2/10
<i>Neotoxoptera formosana</i> (TAKAHASHI)	0/10	0/10	0/10
<i>Rhopalosiphum maidis</i> (FITCH)	0/10	0/10	1/10
<i>Macrosiphoniella sanborni</i> (GILLETTE)	0/10	0/10	0/10
<i>Macrosiphum akebiae</i> SHINJI	0/10	0/10	0/10
<i>Acyrtosiphom solani</i> (KALTENBACH)	0/10	0/10	0/10

a; After two-hour starving, the aphids were allowed to probe each infected leaf for from thirty seconds to one minute and were then transferred to test plants, on which they were allowed to feed overnight. Five aphids were used for each test plant.

b; Numerator is number of infected pumpkin plants and denominator is number of test plants.

ニセダイコンアブラムシおよびマメアブラムシにより短時間の吸汁で伝搬されたが、なかでも前二者のアブラムシによる伝搬が高率であった。一方、ダイコンアブラムシおよびトウモロコシアブラムシでは30本の検定植物のうち1本の発病がみられたにすぎず、ジャガイモヒゲナガアブラムシ、ゴボウヒゲナガアブラムシ、ネギアブラムシ、キクヒメヒゲナガアブラムシおよびムギヒゲナガアブラムシでは本ウイルスは全く伝搬されなかった。

2. ウイルス獲得吸汁期間

Table 2. Transmission of watermelon mosaic virus by the aphids, *Myzus persicae* and *Aphis gossypii*, after different feeding periods.

Feeding period ^{a)}	<i>Myzus persicae</i>		<i>Aphis gossypii</i>	
	1	2	1	2
30 sec.	10/10 ^{b)}	10/10	10/10	10/10
1 min.	7/10	6/10	10/10	9/10
15 min.	6/10	6/10	7/10	6/10
30 min.	6/10	6/10	4/10	4/10
60 min.	7/10	5/10	4/10	4/10
24 hr.	4/10	5/10	2/10	2/10

a; After two-hour starving, the aphids were fed on each infected leaf for different periods and then transferred to test plants, on which they were allowed to feed overnight. Five aphids were used for each plants.

b; Numerator is number of infected pumpkin plants and denominator is number of test plants.

本実験では前項の実験結果において高い伝搬率を示したモモアカアブラムシおよびワタアブラムシの2種を供試して、本ウイルスの獲得吸汁期間を明らかにする目的で行った。

Table 2 に示した結果から明らかなように、両アブラムシとも30秒間の獲得吸汁で最も高い伝搬率を示し、吸汁期間が長くなるにともなって伝搬率は低下する傾向が認められた。しかしながら、24時間の放飼でも本ウイルスは両アブラムシにより伝搬された。

3. ウイルス保有期間

本実験では前項の実験と同じくモモアカアブラムシおよびワタアブラムシを供試して、両アブラムシの体内における本ウイルス保有期間を明らかにする目的で行った。これらの結果は Table 3 に示す通りであり、本ウイルスの保有期間はモモアカアブラムシでは5~6時間、ワタアブラムシでは約5時間であると思われた。しかし、本ウイルスの伝搬率は獲得吸汁直後に接種吸汁させた場合に最も高く、絶食時間の経過とともに低下していく傾向が明らかに認められた。

Table 3. Retention of watermelon mosaic virus by the aphids, *Myzus persicae* and *Aphis gossypii*, in glass vials after feeding on infected pumpkin leaves.

Starving period ^{a)}	<i>Myzus persicae</i>		<i>Aphis gossypii</i>	
0	10/10	10/10 ^{b)}	10/10	10/10
1 hr.	7/10	7/10	7/10	8/10
2 hr.	4/10	5/10	3/10	4/10
3 hr.	3/10	3/10	4/10	2/10
4 hr.	2/10	0/10	1/10	1/10
5 hr.	1/10	1/10	1/10	0/10
6 hr.	0/10	0/10	0/10	0/10
7 hr.	0/10	0/10	0/10	0/10
8 hr.	0/10	0/10	0/10	0/10
24 hr.	0/10	0/10	0/10	0/10

a; After feeding on infected pumpkin leaves, the aphids were starved in glass vials for different periods and then transferred to test plants, on which they were allowed to feed overnight. Five aphids were used for each test plant.

b; Numerator is number of infected pumpkin plants and denominator is number of test plants.

Table 4. Retention of watermelon mosaic virus by the aphids, *Myzus persicae* and *Aphis gossypii*, on healthy pumpkin leaves after feeding on infected pumpkin leaves.

Rearing period ^{a)}	<i>Myzus persicae</i>		<i>Aphis gossypii</i>	
0 min.	10/10 ^{b)}	10/10	10/10	10/10
5 min.	5/10	5/10	4/10	4/10
10 min.	2/10	1/10	1/10	1/10
20 min.	0/10	0/10	0/10	2/10
30 min.	0/10	0/10	0/10	0/10
60 min.	0/10	0/10	0/10	0/10
24 hr.	0/10	0/10	0/10	0/10

a; After feeding on infected pumpkin leaves, the aphids were reared on healthy pumpkin leaves for different periods and then transferred to test plants, on which they were allowed to feed overnight. Five aphids were used for each test plant.

b; Numerator is number of infected pumpkin plants and denominator is number of test plants.

次に、前項と同様にして獲得吸汁させた保毒アブラムシを健全カボチャ葉上で放飼し、所定時間の経過後に検定植物に接種吸汁させた場合の本ウイルスの保有期間について検討した。その結果、Table 4 に示すように、本ウイルス保有期間はモモアカアブラムシでは10~20分間、ワタアブラムシでは20~30分間であると思われた。

4. 人工膜によるウイルス獲得吸汁

本実験では人工膜としてパラフィルムを用い、アブラムシがこの膜を通して罹病葉から調製した汁液中の WMV を獲得吸汁できるかどうかについて検討を行った。

汁液の抽出液としては蒸留水、0.3 M リン酸 2 カリウム溶液、0.01 M Na-DIECA を添加した同リン酸 2 カリウム溶液ならびに 0.01 M Na-DIECA, 0.01 M EDTA を添加した同リン酸 2 カリウム溶液の 4 種類を用いた。アブラムシはモモアカアブラムシを用い、汁液として得られた上清液をパラフィルムを通して 1 分間吸汁させた。吸汁後の保毒アブラムシは検定植物に移し一夜後に殺虫した。この結果は Table 5 に示したが、本表から明らかなように、抽出液に蒸留水を用いた場合では低率ながら伝搬が可能であり、リン酸 2 カリウム溶液ならびに Na-DIECA を添加し

Table 5. Transmission of watermelon mosaic virus by *Myzus persicae* acquired through a parafilm membrane from extracts of infected pumpkin leaves in various solutions.

Extracting solution ^{a)}	Experiment ^{b)}		
	1	2	3
Distilled water	1/10 ^{c)}	0/10	1/10
0.3 M K ₂ HPO ₄	2/10	5/10	6/10
0.3 M K ₂ HPO ₄ +0.01 M Na-DIECA	5/10	7/10	3/10
0.3 M K ₂ HPO ₄ +0.01 M Na-DIECA, EDTA	9/10	8/10	10/10

a; Extracts from infected leaves were prepared by grinding with an equal volume of extracting solutions in a motor and squeezing through two layers of garze and centrifuging for 10 min. at 8,000 g, and the supernatants were used as inocula.

b; After two-hour starving, *M. persicae* was acquired for 1 minute through a parafilm membrane WMV in extracts of infected pumpkin leaves and then transferred to test plants, on which the aphid was allowed to feed overnight. Five aphids were used each plant.

c; See foot note to Table 1.

Table 6. Transmission of watermelon mosaic virus by *Myzus persicae* acquired at different feeding periods through a parafilm membrane from extracts of infected pumpkin leaves.

Feeding period ^{a)}	Experiment		
	1	2	3
1 min.	10/10 ^{b)}	10/10	10/10
15 min.	1/10	3/10	1/10
30 min.	1/10	1/10	1/10
60 min.	0/10	1/10	0/10

a; After two-hour starving, *M. persicae* was acquired through a parafilm membrane WMV in extracts of pumpkin leaves made in 0.3 M K₂HPO₄ solution containing 0.01 M EDTA and 0.01 M Na-DIECA and then transferred to test plants, on which the aphid was allowed to feed overnight. Five aphids were used for each plant.

b; See foot note to Table 1.

た同溶液を用いた場合にはより高率な伝搬が認められ、さらに3種類の試薬を添加した抽出液を用いた場合に最も高率の伝搬を示した。

次に、前記の実験で最も高率に本ウイルスが伝搬された汁液を用い、パラフィルムを通しての本ウイルス獲得吸汁期間について検討を行った。前記と同様にモモアカアブラムシを用い、所定の獲得吸汁期間経過後に保毒アブラムシは検定植物に移した。この結果は Table 6 に示した。この表から明らかなように、1分間の吸汁期間の場合にアブラムシは最も高率に本ウイルスを獲得し、15分以上の吸汁期間では伝搬率は急激に低下する傾向が認められた。なお、60分の吸汁期間では本ウイルスはほとんど伝搬されなかった。

考 察

本実験はカボチャモザイクウイルス (WMV) の1系統 (分離株2) について、アブラムシによる伝搬様式を種々検討したものである。まず、供試した11種のアブラムシのうち、モモアカアブラムシならびにワタアブラムシにより本ウイルスは常に100%の伝搬率を示して、最も効率のよい結果が得られた。しかし、この他にニセダイコンアブラムシならびにマメアブラムシによっても本ウイルスは伝搬されることが明らかになった (Table 1)。モモアカアブラムシならびにワタアブラムシが本ウイルスを伝搬することは Anderson¹⁾ による報告以来、我国では小室⁴⁾ や前島ら^{6,7)} により明らかにされているが、また、Coudriet²⁾ によるとモモアカアブラムシは83~95%、ワタアブラムシは30~39%の伝搬率を示し、ニセダイコンアブラムシとマメアブラムシも本ウイルスを伝搬することが確認されている。前二者のアブラムシによる伝搬率が本実験の結果と異なる原因は、供試 WMV の系統や吸汁時間の相違に由来するものと思われる。

一方、宮崎県総合農業試験場の予察圃場における黄色水盤への有翅アブラムシの誘殺調査結果によると、飛込総数のうちワタアブラムシが17%、モモアカアブラムシが5%、ニセダイコンアブラムシが2%であり、さらにワタアブラムシのキュウリでの寄生消長を調査した結果、昭和50年6月から7月までの寄生株率は98~100%であり、1株当りの寄生虫数は42~128頭にのぼったと報告されている¹¹⁾。この調査結果と本実験結果とを照合して考えると、一般圃場における WMV の伝搬はワタアブラムシを中心として、前記のアブラムシ類により広く行われていることが十分に想定される。

ダイコンアブラムシら2種により本ウイルスはごくまれに伝搬されたが、この程度の伝搬率では、絶食処理による人為的な影響も考慮すれば、このアブラムシが WMV の媒介昆虫であるという一般的な結論は引出しがたいと思われる。ジャガイモヒゲナガアブラムシなど5種のアブラムシでは本ウイルスは全く伝搬されなかった (Table 1)。前述の誘殺調査結果¹¹⁾では、飛込有翅アブラムシ総数のうちジャガイモヒゲナガアブラムシは3%であり、他のアブラムシよりこの比率は高いが、本実験結果から、一般圃場においてこのアブラムシによる WMV の伝搬は起りえないと考えられる。

次に、モモアカアブラムシとワタアブラムシによる獲得吸汁期間についての実験結果から、伝搬率が最も高いのは30秒~1分間吸汁させた場合であり、期間が長いほど伝搬率は低下する傾向にあることが示され (Table 2)、このことは WMV が口針伝搬型ウイルスに属することを示唆するものである。

WMV 獲得吸汁後に保毒アブラムシを絶食させた場合の伝搬実験結果では、モモアカアブラムシとワタアブラムシの WMV 保有期間は5~6時間と思われた (Table 3)。また、保毒両アブラムシを健全カボチャ葉上に放飼させた場合の保有期間はモモアカアブラムシでは10~20分間、ワ

タアブラムシでは20～30分間であり、両アブラムシ間で分単位の相違が認められた (Table 4)。カボチャ葉上に放飼させた場合の保有期間が単に絶食状態に置いた場合より短いことは、すでに他の口針伝搬型ウイルスで認められており、その理由についてはアブラムシの唾液によるウイルス不活化という説に基づく説明が試みられている⁹⁾。WMVの場合もこれに類似する現象であると考えられる。

パラフィルムを通してアブラムシがウイルスを獲得吸汁できることはいくつかのウイルスについて証明されている^{3,8,12)}。本実験結果でも、罹病葉から調製した汁液中の WMV はパラフィルムを通してモモアカアブラムシにより獲得吸汁された。しかも罹病葉の磨砕の際に抽出液として、リン酸2カリウム溶液あるいは同液にキレート剤を添加した溶液を用いた場合には、蒸留水を用いた場合より、その伝搬率は顕著に増加した (Table 5)。この原因については次の3つのことが推定される。すなわち、その1つは前記の抽出液の使用により WMV 粒子と寄主成分との凝集現象が防止された結果、汁液中の感染性のある粒子数を増加させたためか、その2はカリフラワーモザイクウイルスでの acquisition factor⁵⁾ あるいはジャガイモウイルス Y で helper component³⁾ と称されている因子に類似の物質が WMV 罹病葉内に生成され、この類似物質の安定性がこれらの抽出液により保護されたためか、その3は1, 2の相互作用によるためかであると思われる。この現象については実験材料に純化ウイルスを用いて、さらに詳細に解明する必要があると考えられる。

罹病葉から得た汁液中の WMV 獲得吸汁期間についての実験結果では、罹病葉から直接にアブラムシにより吸汁させた場合に比べると、10分以上の吸汁期間ではその伝搬率が急激に低下した (Table 2, 6)。この理由は判然としないが、パラフィルムを人工膜として用いる実験ではこの吸汁期間について十分に注意をはらうべきであると考えられる。

摘 要

カボチャモザイクウイルス (WMV) のアブラムシによる伝搬試験を行った結果、供試した11種のアブラムシのうち、モモアカアブラムシ、ワタアブラムシ、ニセダイコンアブラムシおよびマメアブラムシは短時間の吸汁により WMV を伝搬し、その伝搬率は前二者の場合が高かった。ジャガイモヒゲナガアブラムシなど7種は WMV を伝搬しなかった。モモアカアブラムシとワタアブラムシは30秒～1分間の吸汁により100%の伝搬率を示したが、吸汁期間が長くなるにともない伝搬率は低下した。両アブラムシは獲得吸汁後に絶食させると5～6時間で、一方、健全カボチャ葉上に放飼させるとモモアカアブラムシは10～20分、ワタアブラムシは20～30分でそれぞれ伝搬力を消失した。罹病葉の汁液をパラフィルム膜を通して吸汁させたモモアカアブラムシは WMV の伝搬力を有しているが、抽出液にリン酸2カリウム、EDTA および Na-DIECA を用いると、その伝搬率は顕著に増加した。また、パラフィルム膜を通して汁液をアブラムシに吸汁させた場合の伝搬率は、1分間の吸汁時間では100%であったが、その後急激に低下した。

謝 辞

本研究に用いたアブラムシの学名などについては、山口大学農学部浜崎詔三郎氏にご教示を頂いた。記して謝意を表す。

引用文献

- 1) Anderson, C. W. (1954): Two watermelon mosaic virus strains from central Florida. *Phytopathology* **44**: 198-202.
- 2) Coudriet, D. L. (1962): Efficiency of various insects as vectors of cucumber mosaic and watermelon mosaic viruses in cantaloups. *Journal of Economic Entomology* **55**: 519-520.
- 3) Govier, D. A. and B. Kassanis (1974): A virus-induced component of plant sap needed when aphids acquire potato virus Y from purified preparations. *Virology* **61**: 420-426.
- 4) 小室康雄 (1956): 日本におけるカボチャモザイク病に関する研究 (1) 病徴, 寄生範囲及び伝染方法 *日植病報* **21**: 162-166.
- 5) Lung, M. C. Y. and T. P. Pirone (1974): Acquisition factor required for aphid transmission of purified cauliflower mosaic virus. *Virology* **60**: 260-264.
- 6) 前島 勇・西 泰道 (1974): アブラムシによる WMV と CMV の伝搬 *日植病報* **40**: 215 (講要)
- 7) 前島 勇 (1976): アブラムシによる CMV と WMV の伝搬 (第2報) *日植病報* **42**: 101 (講要)
- 8) Megahed, E. and T. P. Pirone (1966): Comparative transmission of cucumber mosaic virus acquired by aphids from plants or through a membrane. *Phytopathology* **56**: 1420-1421.
- 9) 西 泰道 (1963): 植物ウイルスのアブラムシによる伝染に関する研究 *九州農業試験場彙報* **8**: 351-408.
- 10) Molnár, A. and K. Schmelzer (1964): Beiträge zur Kenntnis des Wassermelonenmosaik-virus. *Phytopath. Z.* **51**: 361-384.
- 11) 宮崎県総合農業試験場 (1976): 野菜病害虫発生予察実験事業成績書 50年度: 1-63.
- 12) Pirone, T. P. and E. Megahed (1966): Aphid transmissibility of some purified viruses and viral RNA's. *Virology* **30**: 631-637.
- 13) 佐古宣道・野村光幸・野中福次 (1975): カボチャ葉から分離されたカボチャモザイクウイルスの2分離株. *佐賀大農彙* **39**: 1-10.