

トマトの白すじ腐れ病果の発生要因と対策

長 修・大和田常晴・青木一郎・高橋栄一・大橋 敢[※]

I 緒 言

トマトのすじ腐れ病果には、維管束及びその周辺部の組織がかつ変するかつ変型と果皮や果壁が硬化し、果皮に不規則なおうとつを生じ、果壁に白～黄かつ色のす入り症状を呈する白変型の2種類がある。前者は黒すじと称し日照不足、多窒素、過繁茂及び多湿などが発生要因と考えられているのに対し、白変型、いわゆる白すじ腐れ病果の発生についてはTobacco mosaic virus^{1, 4, 9, 12)} (以下TMVと略記) やカリ欠乏^{7, 8, 11, 13)} が誘発要因とする報告が数多く^{3-6, 14)} みられる。また、草勢、栽培環境条件^{3, 4)} 及び品種間差異との関係についての報告もあるが、実用的な分野での防止対策^{4, 6)} についてはあまり明らかにされていないのが現状である。なお、本病の発生防止対策にTMV弱毒系統の接種が有効である^{2, 4, 10)} とされているが、接種及び無接種にかかわらず外観的にまったくウィルス症状が認められない場合にも発生し、TMV抵抗性品種でも一部に発生がみられるなど、発生の現状を考え合せると弱毒ウィルスの利用のみでは防止対策として十分とはいえない。

本県でも1970年ごろからハウス栽培で白すじ腐れ病果の発生が認められ、被害程度も年々増加の傾向にあったため、筆者らは1972年から品種、TMV、草勢及び施肥、土壤水分、地温、夜温、日照条件などの栽培環境要因と発生の関係について検討を行ってきた。しかし、近年はTMV抵抗性品種を利用した栽培が多くなったことで本病の発生は軽減されつつあるが、なお抵抗性をもたない品種を中心に発生が多く認められている現状から、発生要因の解明と防止対

※現栃木県塩谷農政事務所

※※現栃木県園芸特産課

策が強く要望されている。そこで、発生に関与する2～3の要因と実用的な防止対策をほぼ明らかにすることができたので、ここに報告する。

II 試験方法

1. 品種及び弱毒ウィルス接種と白すじ腐れ病果の発生 (1975~1977, 1979)

白すじ腐れ病果発生の品種間差異を明らかにするため1975年に強力旭光ほか3品種を供試し、1区5株、1区制、11月11日は種で検討した。また、弱毒ウィルス接種と発生の関係を明らかにするため千葉農試より譲り受けたL11Aを用い、100倍液を本葉1.5葉期の東光Kに噴霧処理し、1976年には場内及び現地(宇都宮)で、1977年は現地(宇都宮)でそれぞれ9月下旬は種で検討した。弱毒の接種濃度については1979年にL11Aの50及び100倍液につき1区10株、1区制で発生との関係を調査した。

2. ウィルス接種時期と白すじ腐れ病果の発生 (1978)

TMVと発生の関係を明らかにするため、東光Kを用い、才2花房開花期、幼果期、肥大期及び成熟期にTMV感染茎葉の乾燥粉末1,000倍液2ccを才1花房下の茎になすりつけ接種した。規模は1区10株、2区制とし、9月20日は種、12月12日定植の接ぎ木栽培(台木:KNVF)で検討した。なお、才2花房開花期接種は1月6日、成熟期は4月2日に接種した。

3. 施肥条件と白すじ腐れ病果の発生 (1972)

東光Kを用い、多カリ、微量要素、深耕及び標準の4処理を設け、a当たり窒素1.5kg、リ

ン酸 2.5kg, カリ 1.5kgを標準とした。多カリ区はa 当たりカリ 5.0kgとし, 微量元素及び深耕区は標準施肥量に加え, 微量元素にFTEをa 当たり 0.5kgを, 深耕区は堆肥をa 当たり 400kg 施用し, 40cm深耕した。規模は1区13㎡で, 試験は現地(足利)で行った。

4. 草勢と白すじ腐れ病果の発生 (1975, 1977, 1978)

育苗及び定植後における草勢の強弱と発生の関係を明らかにするため, 1975年は定植後の草勢を土壤水分(pF 2.5及び2.0)と地温(10℃及び14℃)によって生育差をつけた4処理, 1977年には育苗期に草勢処理(夜温13~10℃及び8℃)を行った2処理と育苗日数を45, 60及び75日とした3処理を設けた。また, 1978年には草勢及び光条件との関係を明らかにするため, 定植後の草勢と摘葉の有無を組合せた4処理を設け, ビニルハウスとガラス室で比較した。草勢の強弱は地温(15~16℃及び無処理)で操作し, 摘葉は各花房が肥大期に達した時期に, 下位葉を1/2摘除した。なお, 各試験とも品種は東光Kを用い, 9月下旬~10月上旬には種した。

5. 土壤水分, 地温及び夜温管理と白すじ腐れ病果の発生 (1978)

栽培期間中の土壤水分及び地温の急変と発生の関係を明らかにするため, 定植時から高地温(17~18℃), 無かん水で管理した株を用い, 才2花房肥大期に低地温(10~11℃), 多かん水(1日3時間かん水, pF 0~1.7), 低地温+多かん水及び断根の4処理を設け, 標準栽培と比較した。処理は1月24日~26日の3日間行い, 断根は1月24日に実施した。品種は東光Kを用い, 1区10株, 2区制で, 9月19日には種した。また, 夜温との関係を明らかにするため東光K及び大型瑞光の2品種を用い, 夜温を5及び10℃と, 10℃で管理し才2花房肥大期に2日間(3月22~23日)3℃まで低下させた3処理を設けた。は種は11月20日で, 規模は1区

10株, 2区制とした。

6. 諸要因の組合せと白すじ腐れ病果の発生 (1979)

1978年までの試験で明らかにした白すじ腐れ病果発生に關与する諸要因の組合せと発生の関係を明らかにし, 実用的な面からの発生防止対策を確立するため, 才7表のとおり育苗時における草勢の強弱, 多灌水及び摘葉の有無を組合せた6処理を設け, 標準栽培で検討した。多かん水は才1及び才2花房肥大期にそれぞれ3日間行い(試験5に準ずる), 摘葉処理は試験4(1978)に準じた。は種は9月27日で, 規模は1区10株, 2区制とした。

III 試験結果

1. 品種及び弱毒ウィルス接種と白すじ腐れ病果の発生

品種間における白すじ腐れ病果の発生は才1表のとおり, TMV抵抗性因子を付与された強力旭光, 大型瑞光では発生が皆無であったのに対し, 抵抗性因子をもたない栄寿及び東光Kでは4花房平均で, それぞれ8.7, 5.2%の発生が認められ, とくに才1~2花房で多発した。また, 弱毒ウィルス利用による効果を東光Kを用いて検討した結果, 100倍液接種では2か年にわたる場内及び現地試験とも無接種のみに発生が認められ, 接種区では発生しないことが明らかとなった(才2表)。しかし, 接種濃度で効果が異なり, 才3表のとおり100倍液接種では4花房平均2.3%と極めて発生が少なかった

才1表白すじ腐れ病果発生の品種間差異(1975)

品 種	花房別発生果率%				
	I	II	III	IV	平均
強力旭光	0	0	0	0	0
大型瑞光	0	0	0	0	0
栄 寿	12.1	14.8	4.4	1.6	8.7
東 光 K	10.2	4.4	4.3	0	5.2

トマトの白すじ腐れ病果の発生要因と対策

オ2 表弱毒ウィルス接種と白すじ腐れ病果の発生率

処 理	場 内		現地(宇都宮)	
	1976	1977	1976	1977
接 種	0	0	0	0
無 接 種	1.6	23.9	7.2	

注. 1976年現地は2花房までの発生率, そのほかは4花房まで.

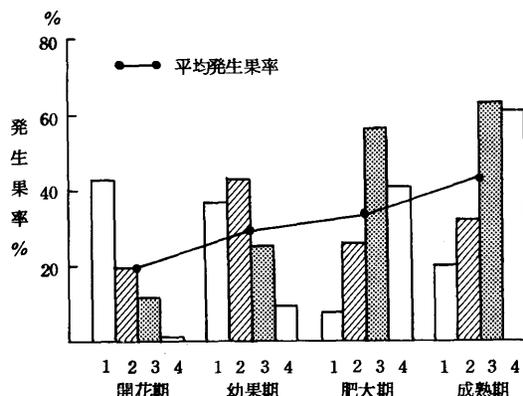
オ3 表弱毒ウィルス接種濃度と白すじ腐れ病果の発生 (1979)

処 理	花房別発生果率%				
	I	II	III	IV	平均
L11A 50倍	28.1	31.5	9.7	0	18.0
〃 100倍	0	3.1	2.9	3.3	2.3
無 処 理	42.9	22.6	8.0	0	17.6

のに対し, 50倍では18%と無処理と同程度の発生を示し, 高濃度の接種では白すじ腐れ病果防止の効果は認められなかった.

2. TMV接種時期と白すじ腐れ病果の発生

TMV接種時期と花房別の発生状況をオ1図に示した. 白すじ腐れ病果はオ2花房開花期処理ではオ1花房, 幼果期処理では1~2花房, 肥大期処理は3花房, 成熟期処理では3~4花房でそれぞれ多発し, 接種時期が遅れるにした

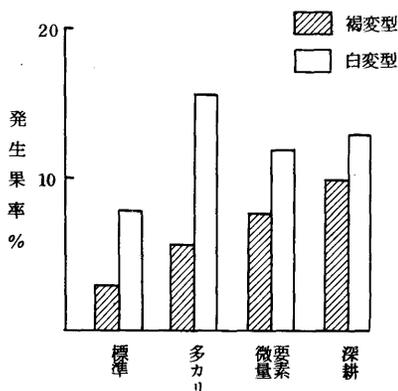


第1図 第2花房ステージ別のウィルス接種と花房別白すじ腐れ病果の発生 (1978)

がい多発花房は上段に移行し, 4花房までの平均発生果率も増加する傾向を示した. なお, 生育は接種時期の最も早かった開花期処理でモザイク症状が激しく認められ, 草丈も抑制されたほかは差がなかった.

3. 施肥条件と白すじ腐れ病果の発生

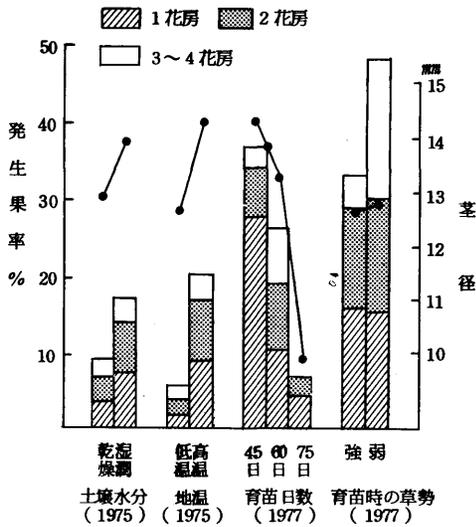
白すじ腐れ病果の発生は多カリ区が15.6%と最も多く, 次いで深耕, 微量要素施用区で, 標準区ではかつ変型も含め最も発生が少なかった(オ2図). 生育は標準区を除く3処理ともおう盛な生育を示したことから, 処理条件よりも草勢の強弱が発生の多少を左右したものと思われる. なお, 1973年に窒素形態(NH₄, NO₃), カリ施用の有無及びカリウム濃度(養液栽培)と発生との関係を検討したが, 処理間に発生が認められず, 窒素及びカリとの関係を明らかにすることはできなかった.



第2図 施肥条件とすじ腐れ病果の発生 (1972)

4. 草勢と白すじ腐れ病果の発生

育苗及び定植後における草勢の強弱と発生との関係をオ3図に示したが, 育苗時の草勢処理では白すじ腐れ病果の発生はオ2花房まではほとんど差を認めなかったが, 3~4花房では明らかに強草勢で多発した. 一方, 定植後の草勢と発生との関係についてみると, 強草勢とした土壌水分湿潤区及び高地温区での発生が多く, とくに, 育苗日数で草勢を変えた場合には定植後の



第3図 草勢の強弱と白すじ腐れ病果の発生

生育が最もおう盛となった45日育苗で発生が著しく、生育の劣った75日育苗では1~2花房にわずかに発生したのみであった。このように、強草勢の場合ほど白すじ腐れ病果の発生を助長することが明らかとなったが、その発生要因が草勢の強弱のみによるのか、または過繁茂による日照不足などの外的要因が関係するのかを明らかにするため、1978年に草勢と光条件を組合せて検討した結果が才4表である。

白すじ腐れ病果は弱草勢より強草勢で、ガラス室よりビニルハウスで多発したが、同一草勢条件下では無摘葉に比較し摘葉処理を行うことで発生率が明らかに低下した。この発生率の処理間差は花房上への光線透過率の差とほぼ一致し、光線透過率のすぐれた区ほど発生は少なかった。なお、ビニルハウスでは定植後の草勢処理間に差が認められないほど生育が極めておう盛となったため、強草勢でも摘葉処理の効果が明

才4表 草勢の強弱及び摘葉の有無と白すじ腐れ病果の発生 (1978)

環境条件	定植後の草勢	摘葉の有無	花房別発生果率%					黒すじ発生果率%	才1花房上の照度比%
			I	II	III	IV	平均		
ビニルハウス	弱	有	26.3	6.6	1.4	1.4	7.9	0	24.6
		無	30.6	13.3	2.8	1.4	11.6	1.1	16.7
	強	有	23.8	10.5	4.3	0	9.6	0.7	19.6
		無	21.3	11.1	4.5	1.6	9.6	1.2	19.6
ガラス室	弱	有	1.7	0	0	0	0.5	0	100
		無	6.7	1.7	0	0	2.3	0	96.4
	強	有	4.7	1.6	0	0	1.6	0	89.1
		無	13.4	10.0	0	4.8	7.1	0	29.7

才5表 土壤水分及び地温の急変と白すじ腐れ病果の発生 (1978)

処 理	最低地温℃	花房別発生果率%					黒すじ発生果率%
		I	II	III	IV	平均	
低地温	10.5	9.2	4.5	3.5	0	4.3	0
多かん水	16.8	5.3	5.4	0	0	3.0	0.6
多かん水・低地温	10.1	23.7	4.2	0	1.1	6.7	0
断根	17.1	9.3	2.1	3.4	0	3.5	0.6
標準	17.1	2.8	1.2	1.2	0	1.2	0.3

トマトの白すじ腐れ病果の発生要因と対策

らかでなく、また、弱草勢・無摘葉で発生率が高かったのは花房が葉の陰に入り光線透過率を低下させた結果と考えられる。かっ変型のすじ腐れ病果はビニルハウスでのみ発生が認められた。

5. 土壌水分、地温及び夜温管理と白すじ腐れ病果の発生

生育期間中（才2花房肥大期）における土壌水分及び地温の急変と発生の関係を才5表に示したが、低地温、多かん水及び断根の各処理は才1～2花房の発生率が高く、とくに多かん水と低地温を組合せることで才1花房の発生は23.7%と最も高い発生率を示した。なお、処理時における果実の肥大程度と発生の関係を調査したが、一定の傾向は認められなかった。

一方、夜温管理と発生の関係につき東光K及び大型瑞光を用い検討した結果が、才6表であ

る。白すじ腐れ病果はTMV抵抗性因子をもたない東光Kで多発し、その発病程度も激しかったが、抵抗性因子をもつ大型瑞光でも発生を認めた。夜温管理条件と発生との関係は極めて高く、5℃では才1～4花房平均で11.8%と多発したのに対し、10℃では1.4%と低い発生率を示した。しかし、10℃でも一時的に急激な低温（3℃）に遭遇させると発生率は高まり9.6%と増加した。東光Kにおけるこのような処理間の傾向は、発生率の低かった大型瑞光でもほぼ同様であった。また、かっ変型のすじ腐れ病果は、白すじ腐れ病果の発生とは逆に大型瑞光で多発し、処理間では両品種とも10℃区が最も多く、5℃で少なかったが、このような処理間の発生差は草勢の強弱が影響した結果と思われる。

才6表 夜温管理と白すじ腐れ病果の発生（1978）

品 種	夜温 ℃	花房別発生果率%					発病 指数	黒すじ発 生果率%
		I	II	III	IV	平均		
東 光 K	5	13.7	8.6	17.5	6.8	11.8	1.6	1.3
	10*	13.0	6.7	9.5	9.3	9.6	2.0	2.4
	10	0	0	4.1	1.4	1.4	1.3	4.1
大型瑞光	5	1.2	1.4	1.4	1.6	1.4	1.0	2.1
	10*	0	0	4.3	0	1.1	1.0	10.3
	10	0	3.0	0	0	0.7	1.0	12.9

注1. *の10℃区は2花房肥大期に2日間夜温を3℃まで低下。

2. 発病指数1～5：微～甚

才7表 草勢の強弱、多灌水及び摘葉の有無と白すじ腐れ病果の発生（1979）

育苗時 の草勢	多かん水 の有無	摘葉の 有 無	花房別発生果率%					黒すじ果 発生率%	収 量 kg/10株
			I	II	III	IV	平均		
強	有	有	6.3	17.9	12.2	6.6	11.0	10.1	32.6
	〃	無	16.0	12.5	18.8	17.5	16.0	11.1	35.4
	無	有	11.5	13.5	5.8	2.2	8.2	5.1	33.9
	〃	無	12.9	8.6	7.9	3.2	8.1	2.7	34.7
弱	有	無	10.1	20.4	9.6	9.7	12.8	5.0	36.1
	無	〃	5.8	11.8	6.0	4.7	7.3	3.5	32.9

注. 品種は東光K

6. 諸要因の組合せと白すじ腐れ病果の発生

育苗時における草勢の強弱と生育期間中(才1及び2花房肥大期)の一時的な多かん水及び摘葉の有無を組合せ、6℃の夜温管理条件下で発生との関係を検討したのが才7表である。白すじ腐れ病果は弱草勢に比較し強草勢で明らかに多発したが、草勢の強弱に関係なく一時的な多かん水処理を行うことで発生は5~6%増加することが認められ、摘葉処理では無摘葉の発生が多い傾向を示した。したがって、草勢、かん水及び摘葉を組合せた6処理中では強草勢、多かん水及び無摘葉を組合せた区が最も発生多く、4花房平均で16%の発生率を示した。なお、花房上の照度(才1~3花房平均)は強草勢+摘葉区を100%とした場合、弱草勢が40%、強草勢27%であった。

かっ変型すじ腐れ病果の発生は、白すじ腐れ病果とほぼ同様の傾向を示したが、摘葉処理との関係は明らかでなかった。

IV 考 察

白すじ腐れ病果の発生に関与する要因解明に関する研究は数多く報告されているが、その中でもTMV及びカリ欠乏を主要因とする考え方が極めて多い。TMVと発生との関係については、Internal Browning症状は果実へのウィルス侵入とトマトの過敏性によって生ずるショック反応¹⁾、あるいは生育後期にTMVのある系統が感染すると発生が認められる⁹⁾などの報告がある。また、トマトが比較的若苗のとき¹²⁾や幼果期⁴⁾の感染で発生しやすいことが明らかにされているが、筆者らも才2花房の生育ステージ別にTMVを接種し、接種時期と白すじ腐れ病果発生との間に高い相関を認め、TMVの感染が発生の一要因であることを確認した。このことはTMVり病性品種で多発するのに対し、大型瑞光のようなTMV抵抗性品種(Tm2a/+では

発生が認められなかったこと^{3,4)}や、TMV防除のため本県でも実用化されている弱毒ウィルスの利用で本病の発生が著しく軽減した^{2,4,10)}ことから明らかである。ただし、弱毒ウィルスは100倍液接種で顕著な効果が認められたのに対し、50倍では防止効果がまったく認められず、50倍接種で効果を確認している小暮ら⁴⁾の報告とは一致しなかった。

一方、カリとの関係について1972年に行ったほ場試験ではカリ増与区が最も多発し、1973年のカリ濃度試験では無カリ区でも発生は認められなかったことから、カリ栄養の欠乏^{7,8,11,13)}が発生を誘発し、増与による発生防止の効果⁷⁾は認められなかった。このことは実際の栽培条件下ではカリ成分の不足は考えられず、カリ以外に本病の発生を支配する諸要因が存在することを意味し、カリが発生に及ぼす影響は少ないものと推察された。また、NH₄-Nでかっ変型が、NO₃-Nで白変型が誘発されるという森ら⁷⁾の報告も、カリと同様の原因によるものと考えられるが筆者らの試験では確認できなかった。

本病の発生は草勢によっても大きく左右され、強草勢ほど多発する傾向がみられ、とくに草勢が強くなりやすい接ぎ木栽培では発生の増加が認められる⁴⁾。前述したカリ増与区での多発も強草勢となったことが原因と考えられ、土壌水分の多少^{3,14)}や施肥量¹⁴⁾が発生に影響を与えるのも草勢の強弱が関与したものと思われる。しかし、草勢のみならず過繁茂などによる日照不足⁵⁾が発生をより助長していることも明らかで、ビニルハウスより光線透過率のすぐれるガラス室で、また、強草勢でも摘葉で花房上への光線透過をよくすれば発生を減少させることができた。このように、白すじ腐れ病果が草勢や日照不足などで誘発されることはかっ変型の発生要因と共通しているものと考えられる。

地下部環境と発生との関係を明らかにした報告はほとんどないが、筆者らが土壌水分及び地温

トマトの白すじ腐れ病果の発生要因と対策

の急変と発生の関係を検討した結果、土壌水分の一時的な過多や急激な地温低下は本病の発生を著しく増加させることを明らかにした。このことは同時に行った断根処理のみでも多発することと考え合せると、根が一時的に障害をうけ何らかの生理的变化を生じて多発するものと思われる。また、夜温管理が低いほど、高夜温管理でも一時的な低温遭遇で発生が増加したことは、低温により光合成物質の転流が阻害されたことによるものと考えられる。^{4,5)}なお、TMV抵抗性品種 (Tm2a/+) でも低夜温管理で発生の増加する傾向が認められたことは注目すべきことで、この結果は本県の現地で栽培されている大型瑞光の白すじ腐れ病果発生の原因を示唆しているものと推察される。

白すじ腐れ病果の発生はTMV、強草勢、日照不足、土壌水分や地温の急変及び低夜温などが誘発要因として関与することを明らかにしたが、土壌水分及び地温の急変の組合せや、強草勢、土壌水分の急変及び日照不足の組合せなどでみられるように、単独要因よりも2~3の要因が組合さることで、より著しく発生を助長する⁴⁾ことを明らかにした。すなわち、実用的な栽培管理下でも白すじ腐れ病果の発生は単独要因によるものではなく、数種の要因が組合されて発生に関与する場合が多い。しかし、本病の発生を軽減するには、その一要因を回避することだけでも防止効果が期待できるものと考えられ、最も効果的事例としてTMV抵抗性品種 (Tm2a/+) の導入及びり病性品種に対する弱毒ウィルスの利用がある。一方、栽培管理面では草勢を抑え、日照不足とならないような対策が必要で、そのためには窒素過多を避け、かん水をひかえ目にし、栽植密度や方法などに注意するとともに、被覆フィルムを洗浄し光線透過率の上昇を図ることが大切で、とくに草勢が強くなりやすい接ぎ木栽培では注意を要する。過繁茂となった場合には収量的にやや問題はあ

が、摘葉処理も有効な手段と思われる。また、低温下では一時的な多かん水は土壌水分の急変と地温低下を招くため、一回のかん水量をひかえるとともに、最低夜温を6~7℃に維持し極端な低温管理をさけるなど、草勢のコントロールと合せ適切な水分及び夜温管理を図ることが重要である。

V 摘 要

トマトの白すじ腐れ病果の発生要因と防止対策を明らかにするため、品種、TMV、草勢及び施肥、土壌水分、地温、夜温、日照条件などの栽培環境要因と発生の関係につき1972~1979年に検討した。

1. TMV抵抗性因子が付与された品種 (Tm2a/+) ではほとんど発生を認めなかったのに対し、抵抗性をもたない品種では多発した。しかし、り病性品種でも弱毒ウィルス (L11A) 100倍液接種により発生を著しく減少させることができた。

2. TMV接種時期と発生花房との間には高い相関が認められ、TMVの感染が発生の一要因であることを確認した。

3. カリの施用量及び窒素形態 ($\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$) の差異と発生の間には一定の傾向が認められなかった。

4. 草勢の強弱が発生に大きく関与し、強草勢ほど多発することを明らかにし、草勢の強弱のみならず、過繁茂などによる花房上への光線透過率の低下も発生を左右する要因と考えられた。

5. 果実肥大期における急激な土壌水分の変化、地温低下及び断根により発生は著しく増加した。また、低夜温管理ほど発生は増加し、5℃ではTMV抵抗性因子をもつ品種でも発生が認められた。

6. 以上のように、白すじ腐れ病果の発生にはTMV、強草勢、日照不足、土壌水分や地

温の急変及び低夜温などが関与していることを確認したが、これら要因が組合されることで発生は著しく増加した。

本試験の実施にあたり弱毒ウィルスを提供いただいた千葉県農業試験場及び現地試験担当農家各位の御協力を得たことに厚く謝意を表する。

引用文献

1. Boyle, J. S. and D. C. Warton (1957) *Phytopath.* 47 : 199-207
2. ———— and E. L. Bergman (1968) *Sci. in Agric.* 16 (1) : 5
3. 古田勝己・東隆夫・清田武夫 (1974) 野菜試験成績概要 (西日本) : 90-91
4. 小暮恭一・松丸好次・渡辺庄一・稻山光男 (1980) 埼玉園試研報 9 : 1-14
5. 近藤雄次・室園正敏 (1973) 昭48秋園学研発要 : 226-227
6. ———— ・ ———— ・ 中島靖之 (1974) 野菜試験成績概要 (西日本) : 89
7. 森俊人・久保雄之介・柴田進・藤村良 (1973) 兵庫農試研報21 : 15-22
8. ———— ・ ———— ・ ———— (1973) ———— : 23-30
9. Murakishi, H. A. (1960) *Phytopath.* 50 : 408-412
10. 荻原佐太郎・青木宏史 (1976) 野菜試験成績概要 (関東・東山) : 147
11. Ozbun, J. L., C. E. Boutonnet, Sidki Sadik, and P. A. Mingos (1967) *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 91 : 566-571
12. 千葉県農業試験場 (1976) 野菜試験成績書 : 152-153
13. Winsor, G. W. and M. I. E. Long (1967) *J. Hort. Sci.* 42 : 391-402
14. 山崎健・塩沢耕二・高橋総夫 (1973) 野菜試験成績概要 (北海道・東北・中部高冷地) : 233