

# 新植園におけるブドウ葉の萎縮性生育異常症状多発原因の究明

山根崇嘉・新田浩通・金本健志

キーワード：ブドウ，ホウ素過剰，土壤水分，葉の萎縮，節間の短縮

1999年12月に定植された広島県内の新植ブドウ園1.2 haで、ブドウ樹に葉の萎縮，小型化および節間の短縮などの生育異常症状が多発した。2000年8月の農業改良普及センターの調査によると，本症状の発生園の特徴は，山林造成園の原土に水田土壌を1樹当たり約1 m<sup>3</sup>客土し，半径約1 mの半球状の盛り土上に苗木が定植されており，霧状に噴出するノズルによる灌水が行われていた。症状の発生は購入1年苗の定植1年目にみられ，初発は発芽期から新梢伸長期であった。その後盛夏期まで症状は進展した。盛り土部における土壌の化学性(pH, EC および有効態りん酸，交換性石灰，交換性苦土および交換性加里)は適量濃度範囲にあった。

一方，本症状に類似の症状は，亜鉛欠乏(古屋ら，1996, Gärtel W., 1988)やホウ素過剰(深井，1984, Gärtel W., 1988)による微量要素の過不足，ブドウ萎縮病(畑本，1989)の病原ウイルス(grapevine stunt virus)，およびグリホサートによる葉害(Pearson R. C. etc., 1988)などにより生じることが報告されている。このうち，現地ブドウ園では定植後にグリホサートを含む除草剤の使用実績はなく，葉害の可能性はなかった。また，ホウ素過剰については定植時にホウ素入りの化成肥料(商品名：N社製ニトロ燐加v40，可溶性ホウ素0.5%含有)を1樹当たり400 g施用した実績があり，本症状はホウ素入り肥料の過剰施用が直接の原因となった可能性がある。一方，ブドウ萎縮病については，購入苗木の生産流通ルートおよび定植後の接ぎ木の有無を調査したが，実態を明らかにできなかった。そこで，これらの要因の単一又は複数要因の関与を想定し，園内の発生実態調査を行うとともに，現地土壌を用いて本症状の原因究明のために，ホウ素過剰，土壌の乾湿および接ぎ木伝染病に起因するか否かを検討した。

## 材料及び方法

### 1. 現地における生育異常樹の発生実態調査

現地(高田郡八千代町勝田)における生育異常症状の発生実態は2001年9月11日に，2作型(無加温ハウス栽培，簡易被覆栽培)，11品種(‘ピオーネ’，‘ロザリオビアンコ’，‘藤稔’，‘ゴルビー’，‘安芸クイーン’，‘リザマート’，‘ピッテロビアンコ’，‘多摩ゆたか’，‘高妻’，‘101-14’，‘テレキ’)について，発生程度を「重症」，「中症」，「軽症」，「健全」に4区分して程度別の個体数を調査した。なお，本症状の区分は，幼葉が小型化し，波打ち，節間が短縮している樹を「重症」，新梢の基部葉が黄変し，葉縁が褐変している樹を「中症」，新梢の基部葉が黄変している樹を「軽症」，前記の症状が見られない樹を「健全」とした。

また，盛り土土壌(樹幹から30cm，10cm深)およびブドウ葉の無機元素の定量分析は，「重症」および「軽症」樹をそれぞれ3樹用い，同日に生土および生葉を一定量採取し，定法により乾燥粉碎後，以下の方法で行った。まず，土壌中のホウ素濃度は，熱水で抽出し，葉のホウ素濃度は0.5M HClで抽出し，原子吸光法(フレームレス法)を用いて分光光度法により定量した。次いで，ホウ素以外の元素は，織田(2001)の方法に準じて分析定量した。一方，土壌水分状態の推移は，本症状を著しく発生している簡易被覆栽培樹を1樹選定し，樹幹から30cmの位置(盛り土部分)の土壌深15cmに与圧式テンシオメータ(竹村電機製作所製，型式DM-8)のポーラスカップ部を埋設し，2001年6月2日から同年6月18日まで2～3日間隔で灌水直前の土壌水分状態を記録した。

### 2. ホウ素過剰および土壌の乾湿がブドウ葉の萎縮性生育異常症発生に及ぼす影響

本試験は現地ブドウ園で生育異常症状を示した樹の盛り土部の土壌を用い，広島県立農業技術センター果樹研

究所（豊田郡安芸津町三津）で実施した。この土壤は定植前年まで水田土壤として使用されていた細粒質の灰色土壤（以下、現地土壤と記す）である。

2001年3月28日に採取した現地土壤約2m<sup>3</sup>を、均一に攪拌したのち、培養土として防根シートの上に組み立てたプラスチックダンボールの枠（縦50cm×横50cm×深さ30cm、容量60L）に入れ、翌日からコンテナ栽培を行った。供試品種は1年生‘ピオーネ’（自根）で、コンテナ当たり1樹を定植した。

土壤水分処理は、pF1.8（土壤水分ポテンシャル：-6kPa）で灌水する区（以下、湿潤区と記す）、pF2.7（土壤水分ポテンシャル：-49kPa）で灌水する区（以下、乾燥区と記す）、葉の萎れが観察された時点で灌水する区（以下、強乾燥区と記す）の3区を設け、3樹反復で実施した。なお、湿潤区および乾燥区は灌水指令装置（竹村電気製作所製、DM-103型）を用い、強乾燥区は手動によって、それぞれ一回当たり5L（20mm相当）灌水した。

また、ハウ砂を植え付け時に2.5g施用した後、2001年6月18日に10gを追加施用する区（以下、ハウ砂10g追加施用区と記す）、50gを追加施用する区（以下、ハウ砂50g追加施用区と記す）、および100gを追加施用する区（以下、ハウ砂100g追加施用区と記す）の3区を設けた。

さらに、現地土壤とバーク堆肥を容積比で2：1の割合に混和した培養土を用いた区（以下、土壤改良区と記す）および花崗岩の風化した中粗粒質のマサ土を培養土として用いた区（以下、対照区と記す）をそれぞれ3樹3反復で設けた。なお、ハウ砂追肥および土壤試験の灌水は土壤水分処理の湿潤区と同条件で行った。

なお、各処理区における葉中およびコンテナ内土壤中のホウ素濃度は、2001年9月17日に主枝先端部の本葉第5～10葉および樹幹から50cmの位置で地表面から深さ5～10cmの土壤を採取し、試験1と同様に分析した。

### 3. 接ぎ木によるブドウ葉の萎縮性生育異常症発生の可能性

現地ブドウ園で葉の萎縮、葉の小型化、節間の短縮が激しい樹の1年生枝を2000年9月19日に採取し、翌日に接ぎ木伝染性検定を行った。接ぎ木は、所内圃場で育成中の外観の健全な‘ピオーネ’と‘安芸クイーン’の2年生樹（自根）を1区6～7樹用い、1年枝を割り接ぎする方法で行った。一方、無処理区として接ぎ木しない区を設定した。接ぎ木伝染性の有無は、生育異常症状の発生程度を2001年9月21日と2002年9月23日に観察により調査した。



図1 現地に発生したブドウ新梢の生育異常葉  
（広島県高田郡八千代町勝田，2001年9月11日）

## 結果および考察

### 1. 現地における生育異常樹の発生実態調査

重症樹の新梢先端部の本葉や副梢葉では、葉の小型化と節間の短縮、葉縁部の不完全展葉と葉の巻き込みおよび萎縮症状を呈した（図1）。また、中症樹では葉脈間が退色黄化し、葉縁が褐変していた。軽症樹では基部葉の葉縁で枯死や黄化などの症状が観察された。幼葉の萎縮を伴う激しい症状は、全調査樹のうち13%の樹に発現した（表1）。また、症状は無加温ハウスと簡易被覆の両作型に発生しており、品種や台木の違いにかかわらず発生していた。さらに、同一圃場においても発生場所に一定の傾向が認められなかった。これらのことから、本症状は、特定の作型や品種に発生するものではないと推察された。

次に、現地調査樹の発生程度別に葉中無機元素を分析した結果、ホウ素以外の要素では、重症樹は軽症樹に比べてカルシウム、マンガンおよび銅の濃度が低く（表2）、とくにカルシウムは適正範囲（古屋ら，1996）より低い値を示した。カルシウム欠乏は新梢先端の枯死を引き起こすことが報告されているが（古屋ら，1996）、現地では新梢先端の枯死が見られず、カルシウム欠乏ではないと考えられた。また、亜鉛欠乏は葉の小型化を引き起こすことが報告されているが（古屋ら，1996）、亜鉛濃度は適正範囲よりも高く、また、重症樹では軽症樹よりも高かったことから、亜鉛欠乏ではないと推察した。

一方、コンテナ内土壤は、重症区が軽症区よりもマグネシウム濃度が高く、カリウム濃度が低かった（表3）。これらの元素については、表2の葉と表3の土壤の濃度に一定の傾向がなく、生育異常発生の主要因ではないと

表1 現地圃場における生育異常症状の発生実態

作型	品種	生育異常症状 <sup>b)</sup> の程度別個体数 (樹)			
		重症	中症	軽症	健全
無加温ハウス	‘ピオーネ’	1( 8) <sup>c)</sup>	11( 92)	0( 0)	0( 0)
	‘高妻’	7( 64)	4( 36)	0( 0)	0( 0)
簡易被覆	‘ピオーネ’	3( 2)	58( 39)	78( 53)	8( 6)
	‘ロザリオピアンコ’	8( 24)	12( 38)	12( 38)	0( 0)
	‘藤稔’	0( 0)	19( 61)	12( 39)	0( 0)
	‘ゴルビー’	5( 56)	3( 33)	1( 11)	0( 0)
	‘安芸クイーン’	0( 0)	0( 0)	3(100)	0( 0)
	‘リザマート’	1( 25)	1( 25)	2( 50)	0( 0)
	‘ピッテロピアンコ’	2( 50)	2( 50)	0( 0)	0( 0)
	‘多摩ゆたか’	3( 75)	0( 0)	1( 25)	0( 0)
	‘高妻’	2( 50)	2( 50)	0( 0)	0( 0)
	‘101-14’ <sup>a)</sup>	4( 50)	0( 0)	4( 50)	0( 0)
	‘テレキ’ <sup>a)</sup>	1(100)	0( 0)	0( 0)	0( 0)
合計		37( 13)	112( 42)	113( 42)	8( 3)

注) 調査日：2001年9月11日

<sup>a)</sup> 台木用品種

<sup>b)</sup> 症状の程度区分

重症；幼葉が小型化し波打ち，節間が短縮する。元葉が黄変し，葉縁が褐変する。

中症；新梢基部葉が黄変し，葉縁が褐変する。

軽症；新梢基部葉が黄変する。

健全；上記の症状が見られない。

表2 現地生育異常葉の各元素濃度

(乾物当たり)

	N(%)	Ca(%)	Mg(%)	K(%)	Mn	Fe	Zn	Cu	B
					(mg/kg)				
症状甚	2.09	0.54	0.19	1.74	43	75	102	65	191
症状軽	1.51	1.00	0.20	1.45	108	85	62	228	35
適正範囲 <sup>a)</sup>	2.00>	0.80>	0.15>	0.80>	20>	—	20>	4>	15>

注) 症状の程度区分は表1に同じ。分析用試料は2001年9月11日に採取した。‘ピオーネ’2年生樹を供試した。

<sup>a)</sup> 古屋ら(‘巨峰’, 1996)の値を引用した。

表3 ブドウの生育異常症状が発生した現地圃場の土壌の化学性

	pH (H <sub>2</sub> O)	EC(1:5) mS/cm	CEC (meq)	交換性塩基(mg/100g)			可給態 <sup>b)</sup> の 酸 (mg/100g)	塩基飽和度 (%)	(当量比)		B (mg/kg)
				CaO	MgO	K <sub>2</sub> O			Ca/Mg	Mg/K	
症状甚	6.6	0.11	12.8	261.1	77.6	12.0	51.2	105	2.4	15.5	3.5
症状軽	6.4	0.25	13.1	298.7	66.8	19.2	56.4	110	3.2	8.8	2.1

注) 症状の程度区分は表1に同じ。分析用試料は2001年9月11日に採取した。

推察した。

ホウ素濃度は重症樹で葉の濃度が191mgkg<sup>-1</sup>であった。ブドウの葉のホウ素濃度が、200mgkg<sup>-1</sup>を超えるとホウ素過剰症状が発生することが報告されている(大野

1975, 深井1984)。今回の値は200mgkg<sup>-1</sup>に近い大きな値であり，ブドウ葉のホウ素過剰の可能性が高いと推察された。また，ホウ素過剰症状は作物に関係なく土壤中に3～5mgkg<sup>-1</sup>存在すると発生しやすく，1～2mgkg<sup>-1</sup>



図2 ホウ砂施用によるブドウ新梢のホウ素過剰症症状  
(広島県立農業技術センター果樹研究所内, 2001年7月13日)

でも発生する危険性が報告されている(山内1973)。今回、現地重症区の土壌はホウ素濃度が $3 \text{ mg/kg}^{-1}$ を超えていた。これらのことからホウ素過剰が葉の萎縮および節間短縮の発生原因である可能性が高いと考えられた。

ブドウでは pF 値が2.4以上で新梢径の収縮などの乾燥ストレスを受ける(今井ら, 1991)。現地ブドウ園の主根群域土壌における灌水前の土壌水分吸引圧 (pF 値) は

頻繁に2.4~2.5に達していた(表4)。現地ブドウ樹は山林造成畑に土壌容量の少ない水田土壌を盛り土して植え付けられている。したがって、ノズルから霧状に噴霧する灌水方法では、土中への水の浸透が不十分で、土壌が乾燥しやすい状態にあったことが推察された。

## 2. ホウ素過剰および土壌の乾湿がブドウ葉の萎縮性生育異常症発生に及ぼす影響

本症状の発生原因はホウ素過剰の可能性が高いことが推察されたため、ホウ砂の過剰施用区を設定した。ホウ砂施用区では施用量の多少に関係なく、葉が小型化し、節間が短縮し、葉縁部が完全に展葉せずに巻き込み萎縮症状を呈し、現地と同じ症状が発生した(図2)。しかし、ホウ砂施用区以外では、このような症状は発生しなかった(表5)。

土壌中のホウ素濃度は対照区に比べていずれの区でも高い値を示し、ホウ砂施用区で特に高くなった。葉のホウ素濃度に関しても同様の傾向を示し、対照区に比べていずれの処理区でも高い値を示し、ホウ砂施用区で特に高い値を示した。乾燥区では湿潤区に比べて葉中ホウ素濃度が高く、乾燥程度が強いほど値は高くなり、強乾燥

表4 現地圃場における灌水直前の土壌水分状態の推移

調査日	6/2	6/4	6/6	6/8	6/10	6/13	6/18
土壌水分吸引圧(pF 値)	2.5	2.4	2.4	2.4	2.2	2.0	2.4
土壌水分ポテンシャル(kPa)	-31	-24	-24	-24	-15	-9	-24

注) 調査年: 2002年

表5 各処理が土壌および葉のホウ素濃度並びに生育異常症状の発生に及ぼす影響

処理区	供試樹数(樹)	葉中 B (mg/kg)	土壌中 B (mg/kg)	葉の萎縮	葉の小型化	節間短縮	新梢伸長量 <sup>c)</sup> (cm)
湿潤区	3	96±12c	1.7±2bc <sup>a)</sup>	- <sup>b)</sup>	-	-	460±42a
乾燥区	3	153±21b	4.2±1a	-	-	-	382±35b
強乾燥区	3	200±5a	2.7±0ab	-	-	-	259±8c
土壌改良区	3	73±10c	1.7±1bc	-	-	-	416±44a
ホウ砂10g 追加施用区	1	446	12.9	+	+	+	339
ホウ砂50g 追加施用区	1	476	14.3	+	+	+	355
ホウ砂100g 追加施用区	1		14.5	+	+	+	333
対照区	3	17±6d	0.1±0c	-	-	-	426±24ab

注) ホウ砂100g 追加施用区は葉の萎縮が激しく、葉中ホウ素含量の測定をしなかった。

<sup>a)</sup> 平均値±標準偏差、Tukey-Kramer 法 ( $p < 0.05$ ) により異符号間で有意差あり。ホウ砂追加施用区は3区とも反復がないため、検定外とした。

<sup>b)</sup> + : 発生が認められる。- : 発生が認められない。

<sup>c)</sup> 新梢長は7月26日測定。

区では200mgkg<sup>-1</sup>に達した。このことから、生育異常は土壤の乾燥により助長され発生したものと考えられる。

現地土壤を用いた症状再現試験では葉および土壤のホウ素濃度が高いにも関わらず過剰症状が再現されなかった。このことから、生育異常症状を引き起こす他の要因が存在する可能性が残された。

一方、新梢伸長量は乾燥程度の強い区ほど少なくなり、乾燥区および強乾燥区では副梢の発生数が極めて少なかった。同時に、ホウ砂施用区でも新梢伸長量が減少し、特に葉中ホウ素濃度の高い区で新梢伸長量が少なかった。

以上のとおり、再現実験においても、ホウ砂追加施用区では、新梢の先端付近に発生した本葉や副梢に顕著な症状が発生していた。

ブドウのホウ素過剰症状は本葉よりも幼葉で甚だしい症状を呈することが報告されている(Gärtel W., 1988)。乾燥処理した2区の葉中ホウ素濃度が高いにも関わらず、症状再現に至らなかった原因は、葉中へのホウ素の吸収が高まった時期に副梢が発生せず、発症しやすい幼葉が存在しなかったことによるものと考えられる。なお、バーク堆肥を混和した土壤改良区では湿潤区と比べ、土壤中および葉中のホウ素濃度、新梢長は同等であり、有機物の施用による生育異常症状の改善効果は認められなかった。

### 3. 接ぎ木によるブドウ葉の萎縮性生育異常症状発生の可能性

本症状の原因として接木伝染性病害による可能性について検討した。本症状と類似の症状を示す病害としては、ブドウ萎縮病があげられる。本病は、‘キャンベル・アーリー’、‘スーパー・ハンブルグ’、‘タルッド’、‘レッドポート’および‘マスカット・ベリーA’で発生が認められ、1～4年生の幼木での被害が激しく、葉の小型化、節間短縮の他、葉が裏面に向かってカップ状になる萎縮症状を呈することが報告されている(畑本, 1989)。今回発生した異常症状は、定植して1年目の幼木に発生し、葉が小型化し、節間が短縮するなどブドウ萎縮病の症状と一致している。一方、現地に栽植されている11品種については本病の発病に関する報告例が無く、感受性については明らかではなかった。また、葉の萎縮が裏面ではなく表面に向けて巻き上がる船底型になる症状が多かったことから、本病と完全に一致していなかったが、本病の病原体とされる grapevine stunt virus に類似の病原が関与する疑いも残るため、‘ピオーネ’と‘安芸クイーン’を用いて2年間にわたり接木伝染性を確認した。

その結果、接木2年以内に葉の小型化、節間の短縮および葉の萎縮症状はみられなかった。このことから、本症状の発現にはウイルス等の接木伝染性の病原体は関与していないと推定した。

以上の結果から、本症状は根圏土壤中に施肥によるホウ素が過剰に含まれていたことが主因となり、乾燥を助長する土壤管理が誘因となって、伸長中のブドウの新梢中にホウ素が高濃度に吸収蓄積したことによる生育障害であると推論した。

## 摘 要

2000年に広島県内の新植ブドウ園1.2haにおいて葉の萎縮、小型化および節間の短縮といった生育異常症状が多発した。そこで、本症状の原因を解明するため、発生実態調査を行うと同時に、最も疑わしい要因であるホウ素の過剰施用および接ぎ木により同様の症状が起りうるか否かを検討し、下記の結果を得た。

1. 葉の萎縮および節間の短縮症状は、作型や品種の違いにかかわらず発生した。
2. 現地の生育異常症状発生樹では、葉および根圏土壤中のホウ素濃度が高かった。
3. 現地ブドウ樹における灌水直前の土壤水分吸引圧はpF2.5に達し、乾燥条件下にあった。
4. ホウ素を多量に施用すると、現地と同一の症状が発生した。
5. 葉のホウ素濃度は土壤水分状態が湿潤よりも乾燥状態で高くなる傾向があった。
6. 接木による検定ではブドウ萎縮病類似症状の発生は認められず、本症状はウイルス等の接ぎ木伝染性病害ではないと判断した。
7. 以上の結果から、本症状は根圏土壤中に施肥によるホウ素が過剰に含まれていたことが主因となり、乾燥を助長する土壤管理が誘因となって、伸長中のブドウの新梢中にホウ素が高濃度に吸収蓄積したことによる生育障害であると推論した。

## 引用文献

- 深井尚也. 1984. 作物栄養診断カード. 全国農村教育協会. pp.45(8)-45(9).
- 古屋栄・窪川茂・上野俊人. 1996. 水耕法によるブドウ‘巨峰’の要素欠乏症の再現と診断基準の検討. 山梨県研報. 9:43-53.
- Gärtel W. 1988. Nutritional disorders. P 64-66 In: Pearson.

- R. C. and Goheen A. C. (eds.), Compendium of Grape Diseases. The American Phytopathological Society. 93 pp.
- 畑本求. 1989. ブドウの4新病害; 萎縮病, 輪紋病, 環紋葉枯病およびフォモプシス腐敗病に関する研究. 岡山農試臨報. 79:1-81.
- 今井俊治・岩尾健三・藤原多見夫. 1991. ブドウの生体情報の測定と解析による土壌水分管理法の指標化(第3報). 生物環境調節. 29(1):19-26.
- 織田久男. 2001. 土壌機能モニタリング調査のための土壌, 水質及び植物体分析法. 日本土壌協会. pp. 121-124, 261-262.
- 大野俊雄. 1975. ブドウのホウ素欠乏に関する研究. 山梨県特別研報. 1:120-121.
- Pearson R. C., Pool R. M. and Jubb. Jr. G. L. 1988. Pesticide Toxicity. P 69-71 *In*; Pearson. R. C. and Goheen A. C. (eds.), Compendium of Grape Diseases. The American Phytopathological Society. 93 pp.
- 山内益夫. 1973. ホウ素適応性の作物種間差. 土肥. 47:281-286.

## Occurrence and Cause of Symptoms of Disordered Grapevine Shoots in Developed Orchards

Takayoshi YAMANE, Hiromichi NITTA and Kenshi KANEMOTO

### Summary

In 2000, the symptoms of disordered grapevine shoots, which have small shrunken leaves and shortened inter-nodes, occurred in 1.2 ha of established orchards in Hiroshima Prefecture. During 2000–2002, field investigations and experiments were conducted to determine the cause of these symptoms. The results are summarized as follows: -

1. The symptoms appeared on all grapevine cultivars grown both under glasshouse or P. V. C. covered conditions, and the leaves and soil in affected orchards had high boron concentrations.
2. The soil water potential just before starting irrigation in affected orchards was high (−9 to −31 kPa).
3. Boron supply (2.5 g/m<sup>2</sup>) in our experiments induced the same boron excess symptoms of the field.
4. Boron concentrations in grapevine leaves were higher at low soil water potential (−6 kPa) than at high soil water potential (−49 kPa).
5. The disordered symptoms did not appear within 2 years of grafting. Grafted grapevines which were grown in the field for two years alongside ungrafted grapevines did not show the same symptoms of excess boron.
6. As mentioned above, it is considered that the disordered symptoms on current shoot growths on grapevines were caused by a high boron concentration, which was induced by high soil boron levels and additionally by a high soil water potential (−25 to −31 kPa).

**Key word**: grapevine, excess boron, soil water potential, shrunken leaf, shortened inter-node