

[総 説]

ブドウ樹に対する水分ストレス処理が樹の生理と果実成熟に及ぼす影響

岡本 五郎

岡山大学農学部 〒700-8530 岡山市津島中 1-1-1

Effect of Water Deficit Stress on Vine Physiology and Berry Ripening in Grapes

Goro OKAMOTO

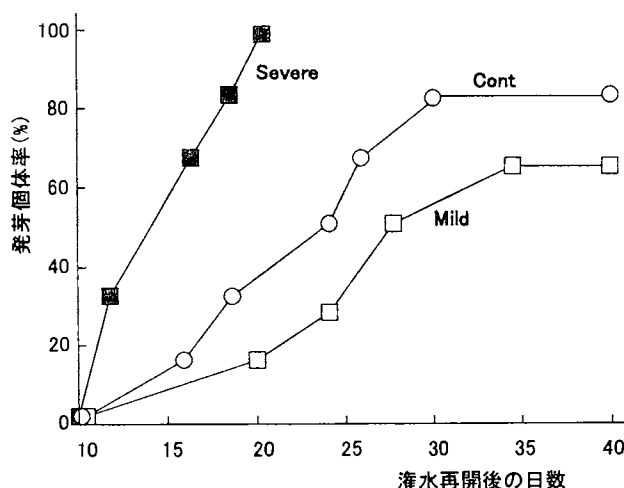
Faculty of Agriculture, Okayama University, 1-1-1 Tsushima-naka Okayama, 700-8530, Japan

ブドウ樹の休眠打破や果実の成熟促進のために、土壌を乾燥させて樹体に水分ストレスを与えることが有効であることは、古くから経験的に知られている。われわれの研究室では、この現象を科学的に明らかにし、実用技術としてさらに応用技術を広げるための基礎的知見を得る目的で、いくつかの実験を行ってきた。この総説は、それらの研究結果を報告した下記の原著4篇をまとめたものである。

1. Ndung'u, C. K., G. Okamoto, and K. Hirano. 1996. Use of Water Stress in Forcing Kyoho Grapevines to Produce Two Crops per Year. *Am. J. Enol. Vitic.* 47: 157-162.
2. Ndung'u, C. K., M., Shimizu, G. Okamoto, and K. Hirano. 1997. Abscisic Acid, Carbohydrates, and Nitrogen Contents of Kyoho Grapevines in Relation to Budbreak Induction by Water Stress. *Am. J. Enol. Vitic.* 48: 115-120.
3. Okamoto, G., T. Kuwamura, and K. Hirano. 2004. Effects of Water Deficit Stress on Leaf and Berry ABA and Berry Ripening in Chardonnay Grapevines (*Vitis vinifera*). *Vitis* 43: 15-17.
4. EL-Ansary, D. O., S. Nakayama, K. Hirano, and G. Okamoto. 2005. Response of Muscat of Alexandria Table Grapes to Post-veraison Regulated Deficit Irrigation in Japan. *Vitis* 44: 5-9.

1. 巨峰樹の休眠打破のための水分ストレス処理とその樹体生理に及ぼす影響

冬季の低温が十分でない熱帯、亜熱帯のブドウ生産地では、新梢の発芽や花穂の発達を良好にするために、土壌を乾燥させて樹に水分ストレスを与える方法が実施されている。日本では通常はその必要はないが、2期作栽培を行う場合には、2番枝の生長を促すために夏季剪定と休眠打破が必要である。休眠打破には、青酸化合物の散布や塗布が有効であるが、作業を行う人にとって健康上の悪影響が心配される。Ndung'u氏は、巨峰の2期作栽培のための夏季の休眠打破処理として、水分ストレス処理の有効性とその生理を追及した(原著論文-1)。8月に果実を収穫した3年生の巨峰樹(自根)30個体の熟枝を5節で剪定し、収穫5週後から10日間の灌水中断(Mild-stress; MS)、16日間



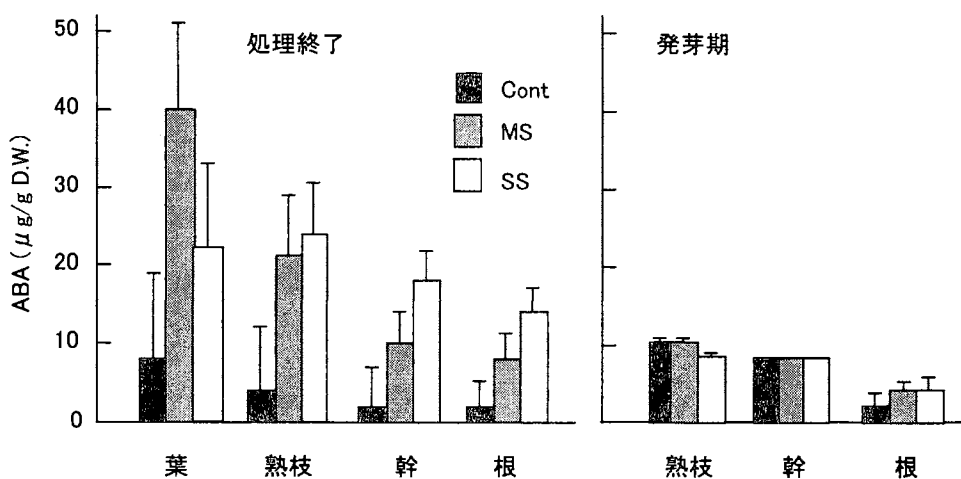
第1図 巨峰樹に対する収穫後の水分ストレス処理が、灌水再開後の発芽に及ぼす影響 (Ndung'u, et al. 1996)

第1表 巨峰樹に対する収穫後の水分ストレス処理が、灌水再開後の新梢の結実性に及ぼす影響 (Ndung'u, et al. 1996)

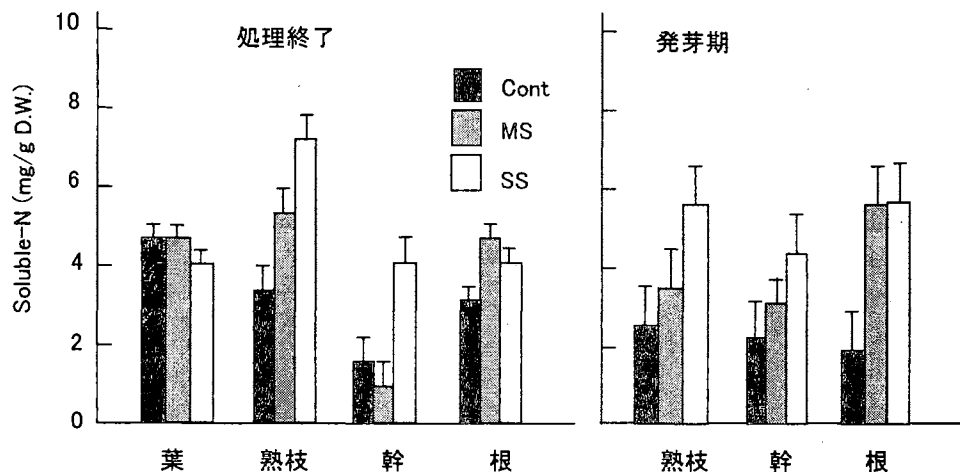
| | 花穂数 /新梢 | 開花期間 (週) ¹ | 小花数 /花穂 | 果粒数 /果房 | 着粒率 (%) | 果粒重 (g) |
|------------|----------------------|--------------------------|------------|------------|------------|------------|
| Cont-1番枝 | 1.9±0.5 ² | 1 | 141±93 | 49±15 | 34.8±1.3 | 11.4±0.8 |
| Cont-2番枝 | 1.6±0.5 | 3 | 194±95 | 27±20 | 13.9±2.2 | 4.5±1.8 |
| Mild-2番枝 | 1.5±0.7 | 4 | 292±103 | 34±11 | 11.6±0.6 | 6.6±1.1 |
| Severe-2番枝 | 2.1±0.3 | 2 | 314±81 | 46±15 | 14.6±0.2 | 7.8±1.3 |

¹ 開花開始から80-100%開花に至るまでの週数.

² 平均値±SE.



第2図 収穫期後の水分ストレスが巨峰樹各部のABA含量に及ぼす影響 (Ndung'u et al. 1997). バーは標準偏差.



第3図 収穫期後の水分ストレスが巨峰樹各部の可溶性窒素含量に及ぼす影響 (Ndung'u et al. 1997). バーは標準偏差.

の灌水中断 (Severe-stress; SS)、および無中断 (毎日灌水; Cont) 区に分けた。灌水再開後の新梢 (2 番枝) の発芽状況は第 1 図のとおりで、Severe stress の SS 区で発芽が明らかに促進された。その後の新梢生育、結実、果粒の肥大のいずれも SS 区で最も優れた (第 1 表)。収穫された果実の品質は、糖度は 19.2°、pH は 3.50、全酸は 5.07 g/L で、1 期果よりも果粒は小さいが着色が著しく濃く、糖度が高くて酸含量が多いことが特徴であった。

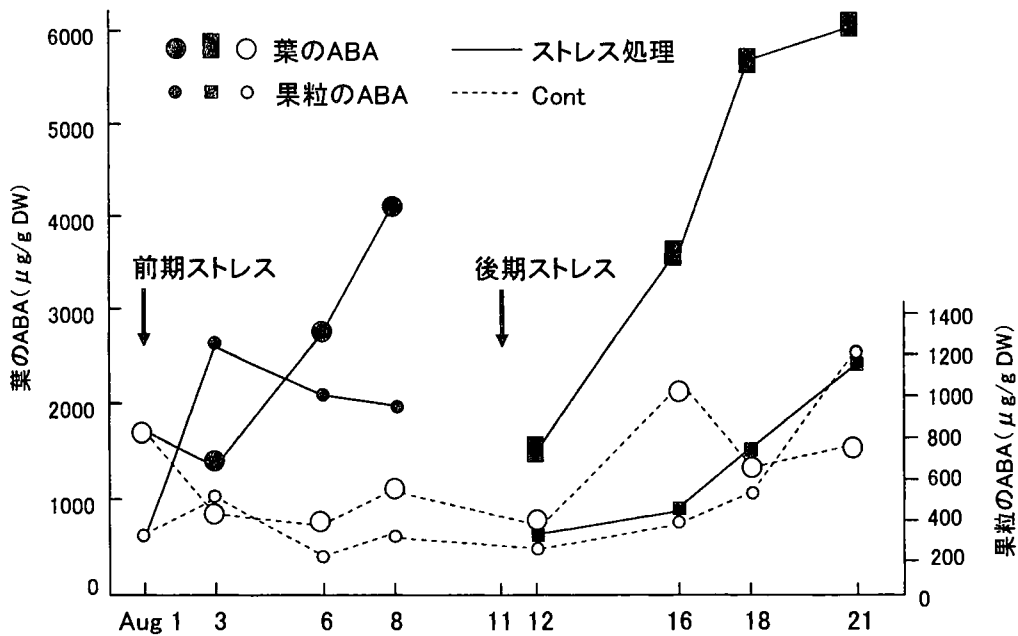
同氏らはさらに、巨峰樹に水分ストレスを与えることによって発芽が早まり、2 番枝の生長や果実生産が優れることの理由を明らかにするために、水分ストレス処理後の樹体各部の ABA 含量、糖及び窒素栄養の変化を調査した (原著論文-2)。同じく自根の 3 年生巨峰樹を用い、SS と MS のストレス処理を行い、無ストレスの Cont 区と比較した。処理直後には、樹体各部のアブシジン酸 (ABA) 含量は両ストレス区の方が Cont 区より有意に高かった。また、葉の ABA は MS 区の方が SS 区よりも高かったが、母枝 (1 番枝)、幹、根では SS 区の方が高かった (第 2 図)。しかし、発芽が始まる段階になると、根以外では両処理区とも Cont 区と差がなかった。全糖とデンプン含量は、母枝、幹では一定の差がなかったが、根中では SS 区で最も高

く、MS 区でも全糖含量は Cont 区よりも高かった。最も興味ある現象は、ストレス処理によって全窒素および可溶性窒素が著しく高まることで、この影響は発芽期でも持続されていた (第 3 図)。

以上の結果から、ブドウ樹が強い水分ストレスを受けることによって樹全体の ABA が一時的に大増加するが、やがて正常値に戻る。この過程で芽の休眠が打破されると考えられる。一方、葉が萎れ、やがて枯死する過程で、葉内の窒素化合物 (タンパクやアミノ酸など) が分解して枝、幹、根に移行し、再成長のための重要な栄養源として蓄えられる。そのため、発芽した新梢 (2 番枝) の生長や花穂の発達が良好となると考えられる。

2. 水分ストレス処理による果粒の成熟促進と品質向上

成熟期に入ってからからの土壌の乾燥が、ブドウ果実の成熟を良好にしたとする報告は多い。しかし、土壌の乾燥による水分ストレスは、葉の気孔閉鎖を引き起こすので光合成速度が著しく低下し、果実の成熟、特に糖分の蓄積にはマイナスになる、という考え方もできる。桑村氏らは、シャルドネ品種を用いて、ベレゾン 2 週間後 (8 月 1 日) から収穫期までの 30 日間を前半と後半に分け、それぞれの期間中の灌水中断を行っ



第4図 シャルドネ樹に対する成熟期の水分ストレス処理が葉および果粒のABA含量に及ぼす影響 (Okamoto, et al. 2004).

第2表 シャルドネ樹に対する成熟期の水分ストレス処理が収穫期の果汁成分に及ぼす影響 (Okamoto, et al. 2004)

| 処理区と 収穫期 ^a | 糖度 (Brix) | 滴定酸 ^b | | | | | 全アミノ酸 (mmol/L) |
|--------------------------|--------------|------------------|-------|--------|--------|------------|-------------------|
| | | フラクトース | グルコース | リンゴ酸 | 酒石酸 | (g/100 mL) | |
| 早期ストレス 8月11日 | 18.5b | 0.36 | 7.66b | 9.31b | 0.29a | 0.17b | 19.7ab |
| 後期ストレス 8月21日 | 20.7a | 0.32 | 9.77a | 10.56b | 0.14b | 0.34a | 22.7a |
| Cont 8月21日 | 20.0a | 0.35 | 9.93a | 10.73b | 0.20ab | 0.28a | 18.0b |

^a 8月1日(早期ストレス)または8月11日(後期ストレス)から灌水を中断、Contは-10kPaで灌水を続けた。

^b 酒石酸換算値。

第3表 ベレゾーン後の灌水制限が収穫期のマスカットの果汁成分に及ぼす影響 (EL-Ansary, et al. 2005)

| 処理区 ^a | TSS (%) | 酸度 (%) | pH | 香気成分 (ng/100g FW) | | | |
|------------------|--------------------|-----------|-----|-------------------|-------------|-------|----------|
| | | | | Linalool | Citronellol | Nerol | Geraniol |
| Cont | 19.1b ^b | 0.19 | 3.9 | 1.40 | 0.14b | 0.11 | 0.12 |
| MDI | 19.4ab | 0.18 | 4.0 | 2.47 | 0.14b | 0.13 | 0.17 |
| SDI | 19.8a | 0.17 | 3.9 | 2.88 | 0.32a | 0.22 | 0.21 |

^a Control: -15 kPaで灌水、MDI: Moderate deficit irrigation (-15 kPaから2日後に灌水、SDI: Severe deficit irrigation (-15 kPaから4日後に灌水)。

^b $P < 0.05$.

て、葉および果粒の ABA 含量の変化と果実の成熟に及ぼす影響を調査した (原著論文-3)。供試した個体は、幅 50 cm、高さ 30 cm のベッドに植えてあり、対照区は-10 kPa の土壌水分張力 (pF 値で約 2.0) を維持するために、毎日あるいは1日おきに灌水した。その結果、前半のストレス処理によって、葉は3、4日後から枯れはじめ、7日後には結果枝 (全長 1.2~1.7 m) の下半分の本葉はほとんどすべてが枯死した。また、果粒も1週間後には萎凋しはじめたので、処理8日目に全果房を収穫した。一方、後半のストレス処理では葉の枯れ上がりはわずかで、果粒の萎凋も見られなかった。果房は処理10日目に収穫した。葉の ABA 含量は、

いずれの時期のストレス処理によっても5日目には著しく高くなり、その後も上昇を続けた (第4図)。興味ある現象として、前半のストレス処理によって果粒内 ABA は、葉内 ABA が上昇するよりも早い処理開始2日目に急上昇した。一般には葉で合成された ABA が果実に移行して成熟を促進すると考えられているが、少なくとも本実験のような急激な水分ストレスを受けた場合には、葉からの供給に先立って果粒内の ABA が増加することが示唆された。ただし、この ABA が果粒内で合成されたのか、茎や穂軸、あるいは幹や根などから供給されたのかは明らかでない。一方、後半処理では果粒内 ABA の急な上昇は起こらず、果粒の

完熟に伴って徐々に上昇した。収穫時の果粒の品質は第2表のとおりで、前半処理区では糖分、特にフラクトース含量がやや低く、リンゴ酸含量が高かった。後半処理区では糖度が最も高く、リンゴ酸は少なかったが、アミノ酸含量は最も高かった。この実験では、真夏に灌水を中断するという、極端な乾燥処理を行ったため、樹に対するダメージが心配される。栽培的にはもう少し緩やかな水分ストレス処理の方が有益であると考察された。

そこで、エル・アンサリー氏は、成熟の生食用マスカット樹に対する灌水間隔を3段階に設定して、果実品質に及ぼす影響を調査した(原著論文-4)。処理はベレゾーン10日後から開始し、マスカット樹の根域土壌が -15 kPa (約 $pF2.2$)を越えた日に灌水する Cont 区、 $pF2.2$ を越えてから2日後に灌水する Moderate Deficit Irrigation (MDI)区、 $pF2.2$ から4日後に灌水する Severe Deficit Irrigation (SDI)区の3区とした。このような比較的緩やかな水分ストレス処理によって、葉の水ポテンシャルは処理5週目の灌水前以外ではあまり大きな影響を受けなかったが、果粒の硬度はSDI区、MDI区ともCont区より低下し、5週目では灌水後でも有意な差が認められた。収穫期(処理開始後6週目)の果粒の品質を示したのが第3表である。比較的強いストレス処理(SDI区)によって糖度は高まり、酸には差がなかったが、マスカットの重要な香り成分であるリナロール、ゲラニオールが高まる傾向を示した。このように、適切な水分ストレスをブドウ樹に与えることによって、果実品質を高めることが可能である。ただし、ストレスを与える時期と期間、その程度についてはまだ十分に調査しなければならない。