

# 環境を有効利用するためのヴィンヤード管理

J. Hunter<sup>(1)</sup>, E. Archer<sup>(2)</sup>, C.G. Volschenk<sup>(3)</sup>

<sup>(1), (3)</sup> ARC Infruitec-Nietvoorbij, Private Bag X5026, Stellenbosch, South Africa

<sup>(2)</sup> Lusan Premium Wines, PO Box 104, Stellenbosch, South Africa

## 概要

このレポートはブドウ木が栽培される環境の有効利用について、いくつかの栽培管理法の影響を説明している。栽培環境の能力を最大限に引き出すためには、堅実な基盤、適したテロワール、適切な穂木と台木、そして栽培管理法に関する将来を見据えた選択とそれを慎重に実行することが必要だ。環境の有効利用は、気候学に加え栽培学や醸造学の融合によって成り立ち、どんな市場分野でも競争できる質の高いワインを造るためには総合的な戦略が不可欠である。

## キーワード

環境、テロワール、台木／穂木、植樹間隔、仕立て、畝、果実の成熟

## はじめに

ブドウ木の生理学的機能や環境による影響を和らげる能力は、テロワールの条件、台木と穂木の組み合わせ、そして栽培管理が総合的に作用して表れるものだ (Calò *et al.*, 1996; Hunter, Bonnardot, 2002; Vadour, 2004; Hunter *et al.*, 2010)。テロワールの要素と収穫を含めた栽培管理法は、その環境を活かしきれるかどうかを左右し、それはワインの中に表現される (Coombe, 1987; Hunter, 2000; Hunter *et al.*, 2004; Ojeda *et al.*, 2002; Hunter, Deloire, 2005; Nadal, Hunter, 2007)。このレポートは、いくつかの栽培管理法（短期的、長期的）がブドウ生産地の環境（気候、土壌、地勢）の有効利用に与え得る影響について簡単に説明している。

## 栽培管理法の融合

ワインの特性や質、スタイルに影響を及ぼす、短・長期的な栽培管理法について図1にまとめた。

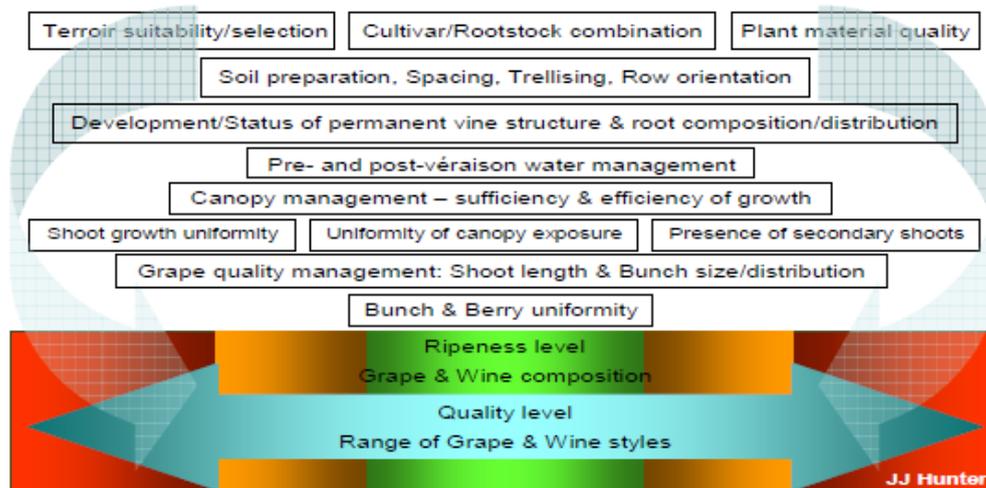


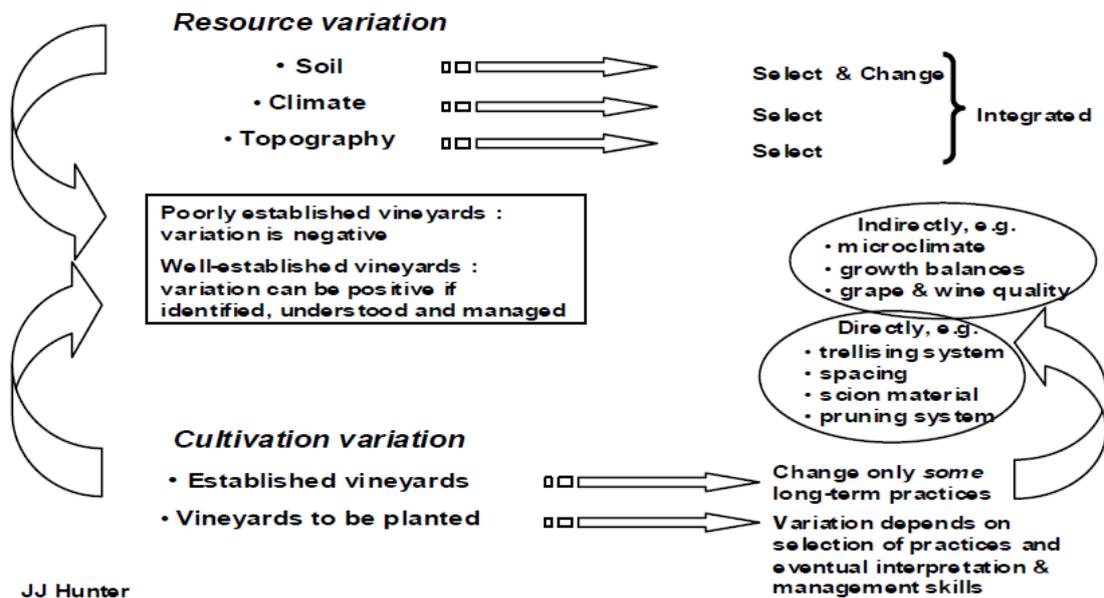
図1. ブドウやワインの質、そしてブドウやワインの特性に影響を与える短・長期的な栽培管理法

統一されていない苗木や思慮不足な選択、そして栽培管理法の誤った適用は、ブドウ木の機能を低下させ、その環境下における木々の反応の予測を困難にする。それぞれの時期における管理の情報をより多く持ち、より慎重に管理を行うことによって、ブドウ木は環境や生理学的なストレスの影響を和らげることができ、生長が均一化し、生育期に施さなければならない操作を減らすことができる。テロワールと栽培管理法はつまり、ブドウ木の栄養成長と生殖成長のバランス、キャノピーや果実がさらされているマイクロクライメート、果実の成分と成熟度、ワインの質のレベル、そして果実の収穫時期に影響

する。適した管理はまた、果実の成熟度や、収穫期に関する生産者やワインメーカーの選択肢を増やし、違ったスタイルのワイン造りに繋がる可能性もある。違ったスタイルのワインは、ワインの特徴に広がりを与え、スタイルは異なっても、生産地に由来する特質は保っている。

均一的なブドウ畑は、果実の成熟度やワイン・スタイルを管理、改良する上で不可欠である。しかし、不均一な生長は果実の成熟に関する世界的にも顕著な問題である。その原因は多数あるが、土壌の違いや苗木の質、そして基本的な管理法（例えば植樹の技術や仕立て）が確実に関係している（図2）。違いというのは、それが明らかになるかどうか、またいつ明らかになるか、そしてそれがどうコントロールされたかによって、良くも悪くも作用する。様々な形で違いは起こるが、環境的（植物の能力と適応力の総合的な結果が生長に結びつく）、生物学的（ブドウ木の感受性と生理学的なプロセスに基づいた反応）、そして人的（認知、管理、栽培法の違い）影響が原因となっていていつも存在している。我々は（環境的、生物学的、そして経済的ストレスの中で）統制を強めるために努力し、均一化のために励んでいるにすぎないのだろう。

図2 ブドウ畑における不均質（多様性）とその選択管理



JJ Hunter

### テロワールの条件

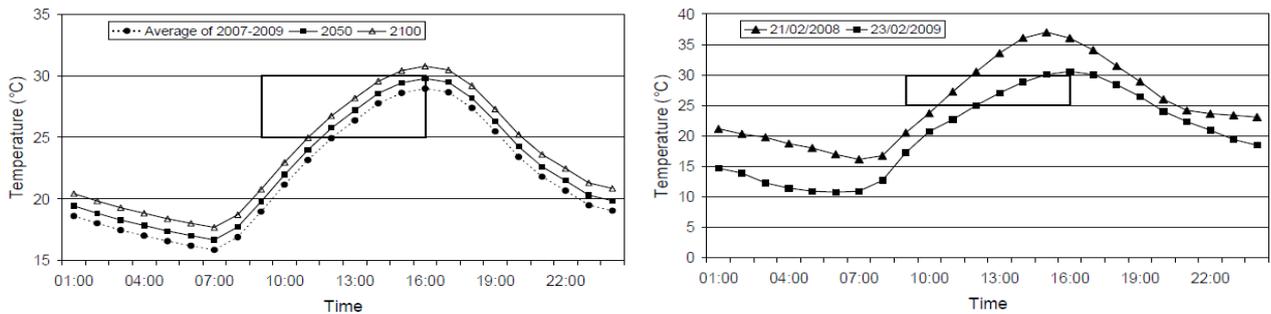
気候（例えば日照時間、気温の幅、風の向き、湿度、降雨）、地勢（標高、方角、傾斜）、そして土壌（土の生産性、保水力、水はけ）などの自然のテロワールの要素は、ブドウ畑を設置する場所の適性を決定づけるものである。植樹された品種特有の生長（樹勢の強さ）や果実の成分（有機酸、フレーバー・プロファイル）に加え、求められるワインのスタイルがこれらのテロワールの要素と合致しなければならない。テロワールの適性についての決断は、経験と予想に基づいている。

### 気候

気象予報は単に兆候を示すもので、（マクロ、メソ、マイクロ）気候の状況や栽培管理法、そしてブドウ木の生理学的な要求を結び付けることができない場合、その品種やテロワールの能力を引き出すことができず、ワインにそれらが反映されることはない。世界的温暖化（IPCC, 2007）や大気圏におけるオゾン層のさらなる破壊は避けられないことのようにだ。増え続ける二酸化炭素濃度や、気温の上昇、そして乾燥に対する植物の反応について、困難な研究を余儀なくされている。増加するUV-B放射線がブドウの生理学的プロセスや果実の成分に与える影響は示されてきたが、その重要性は未だ完全に数量化されていない（Schultz *et al.*, 1998）。南アフリカでは、ケッペンの気候区分によって西ケープ地方（適度な湿度から乾燥まで）での大きな違いが明らかとなり、ブドウ産地におけるウインクラーの指数によって、半数以上の気候グループの積算成長度日（GDD）が増えることが分かった（Bonnardot, Carey, 2008）。世界的温暖化が醸造用ブドウ栽培とワインの質に暗示していることは、既に不足している水への圧力が増すことやテロワール及び品種の選択を見直すこと、生長サイクルのタイミングや収穫日そしてワインのスタイルに変化をもたらすことだ（Jones, 2007; Bonnardot, Carey, 2008; Van Leeuwen *et al.*, 2008）。果実の成熟期に気温が高く、乾燥した状態になると大きな問題となる。ロバートソン地区での成熟期（1-3月）における平均的な昼夜の気温グラフの上に光合成に最も適した気温帯 [25-30°C Kriedemann (1977) - Hunter, Bonnardot (2002)] を重ねると、この地域は光合成に適していることが分かる（Hunter *et al.*, 2010）。しかし推測される気温の様相は2050年と2100年には年間0.02度の上昇（直線的な上昇の場合）となり、2050年までは光合成に好影響となるが、その後は最適温度が朝の時

間帯に移るため光合成の時間は短くなる（図3）。この現象は周囲の温度が暑い（最高37度）の時と暖かい（最高30度）の日を比べることも実測することができる（図3）。暑い日は朝だけの短い間に最大限の光合成が行われる。高い気温はつまり、ブドウ木が日光を使う時間を大きく減らしてしまうことに繋がる。ブドウ木もまた高温ストレスを感じ取っている。日光の利用低下に加え、光合成や生理学的プロセスに関連する1日の気温上昇のタイミングやその期間がキャノッピーや果実、そして根に与える影響についての解明が必要だ。特質的な影響が見られるかもしれない。

図3 成熟期（1-3月）におけるロバートソンの現行平均、2050/210の予測光昼夜温と光合成に適した気温帯（1年002°Cの気温上昇として）（Hunter et al 2010）



気候条件は、南アフリカだけでなく世界的にも、ブドウ木の生長に加え、果実やワインに関わる環境ストレスを減らそうと努力する生産者にさらなる挑戦を強いている。品種はその自然な特徴を補完する環境を選んで育てられるべきだ。

### 土壌

土壌の性質はブドウ木と水の関係性に影響があり、水の浸透性、保水力、有効な栄養の量、温度、深さ、圧縮度、そしてその土由来の害虫によって、ブドウ木は地下と地上での成長のバランスを取っている（Southey, Archer, 1988; Archer, Hunter, 2005）。土の緩衝能力とは、土が厳しい環境下で少なくとも膨圧を維持できる水分を根に供給する能力と適した環境下で光合成を続けさせる能力のことを言う。土の緩衝能力は耕耘することで高めることができる（Van Huyssteen, 1988）。ブドウ木の根は通常、0-80/100cmの深さに集中している（Swanepoel, Southey, 1989; Hunter *et al.*, 1995; Hunter, 1998a）。土壌の圧縮は根の分配を妨げるため控えなければならない（Van Huyssteen, 1988）。深く耕耘（400-1200 cm）することによって99Richter台の若木のピノワールのミネラル（N, Ca, Mg, K）吸収が高まることが分かった（Conradie *et al.*, 1996）。また、台木（140 Ru, 110 R, 99 R, Rupestris du Lot, S04, 44-53 Malégue, 101-14 Mgt, Ramsey）はpHの高い土に適応し、一般的に根の密度が増す（Conradie, 1988）。加えて、収穫後に根が窒素を吸収すると優先的に翌春の生長を支えるよう動く（Conradie, 1991）。秋に施肥を軽視した上、水分ストレスがかかると、翌年のキャノッピーと房の発達に有害な影響があるようだ。土壌の生産性は、例えば畝立て、石灰の散布、灌漑、そして窒素肥料を用いることでさらに増やすことができる（Conradie, 1991; Christensen *et al.*, 1994）。灌漑と保水力の高さは、限度はあるが、土壌の深さの作用を補うこともある（Myburgh *et al.*, 1996）。散在する深く入り込んだ根は、樹勢を刺激することなく継続的な水分ストレスの間、水分を供給する役割を担っているようだ（Van Huyssteen, 1988）。根の進行を妨げる土壌の層を植樹前に柔らかくすることによって、継続的に質の高い収量を得るために必要な環境ストレスを緩和することのできる均一的なブドウ畑を手に入れることができる。

### 台木と穂木の選択

#### 台木の品種

全ての台木に何等かの欠点があるものの、好ましくない環境条件を和らげるために、その特性を基に選ぶべきである。選ばれた台木の特性（南アフリカの栽培環境下で）を、表1にまとめている（Southey, 1992）。

農業で使用する水は益々不足する傾向にあり、サステナビリティにとって大きな圧迫となっており、台木の性質として干ばつに対する耐性がこれから最も大切な決定要因になるだろう。ブドウ畑の設置は短い距離の中での土壌の違いによって制限されることがよくある。これはブドウ産地の世界的特色とも言え、1種類の台木の利用に限定しがちである。台木には生長に必要なミネラルの要求性/吸収作用の違いがあることが分かっている（Hunter *et al.*, 2003）。また、その作用は接いだ穂木の影響を受ける

（Southey, 1992）。水分、炭水化物、ミネラル、アミノ酸、そしてホルモンに関するキャノッピーと根の間の相互作用を考えれば、これは理にかなった生理学的影響だ。大きく深く入り組んだ根によって、ブドウ木は干ばつや高温といった環

境ストレスの影響に耐える力を増し、ゆっくりと継続的に、また計画通りに果実を成熟させることも可能になる。

表1 南アフリカの条件下における台木の特製 (穂木: シュナン・ブラン)

Rootstock	Affinity	Vigour	Phylloxera	Nematodes	Phytophthora	Lime	Salinity	Wetness	Drought
99 Richter	A	A	1	2	4	B	B	C	B
110 Richter	A	A	1	2	3	B	B	B	A
101-14 Mgt	C	B	2	2	2	D	A	A	C
420-A Mgt	B	B	3	3	2	D	D	C	B
143-B Mgt	B	A	2	2	1	C	B	A	B
Jacquez	A	B	4	4	1	B	C	B	C
775 Paulsen	C	A	1	2	1	B	B	B	A
1045 Paulsen	C	B	1	2	2	B	B	B	B
1103 Paulsen	A	A	1	2	4	B	C	B	A
3306 Couderc	C	B	2	3	4	B	D	B	C
3309 Couderc	B	B	1	2	3	B	D	C	D
140 Ruggeri	A	A	2	3	3	A	B	C	A
SO4	B	B	2	2	4	C	D	B	D
Rupestis du Lot	C	A	1	1	4	B	B	B	B

A=Excellent; B=Good; C=Fair; D=Poor; 1=Resistant; 2=Moderately resistant; 3=Moderately susceptible; 4=Susceptible

### 穂木の品種

品種が備える最大の可能性は、それが固有の特徴と環境の影響に対する感受性に基づいて選択された場合、ワインの中にのみ見出すことができる。テロワールは品種の特徴を補足し、ワインに顕著な特色を加えることによって、ワインメーカーの個人的なスタイルや好みを超えた、そのテロワールの典型として認知されるようになる。つまり、テロワールはブドウの栽培法や醸造法に関係なく、ワインに独特な個性を与えているのだ。環境や栽培の状態が品種の生物季節的な生長に影響することはもちろんだが、それは品種間で大きな差が出る遺伝子上決定的な特徴だと言える。果実が成熟するタイミングについては、その国によって重要度が違って来る。ヨーロッパでは、例えば冷涼で標高の高い土地では早熟品種が、暖かく標高の低い土地では晩熟品種が好まれるように、テロワールを選ぶ上でこの特徴が重要視されている (Van Leeuwen *et al.*, 2008)。南アフリカでは、これに似た方策が取られ、果実の有機酸やフレーバー・プロファイルに高い注目が集められている。決まったレシピに従うことなく、品種とテロワールの全ての特徴を考慮すべきだ。また、生産量や質、ワインのスタイルやマーケティングといった醸造的な面が重要な役割を担っている。品種、台木、そしてテロワールを組み合わせる時にリスクとなり得る要素が多いほど誤りが発生する余地が多く、果実の成熟や成分のコントロールが難しくなり、結果としてワインの質を管理することも困難となる。

### 栽培管理法

#### 土壌管理

耕耘は土に適度な湿度がある場合に行うべきで、湿り過ぎていたり圧縮されたところに溝ができ、根が入り込めず、渴き過ぎていても大きな塊ができやすく、根の侵入を阻害してしまう。どちらの状況下でも根の分配のための土の体積は減ってしまう (Van Huyssteen, 1988)。深く垂直な根の張りを促進させるべきだ。これには、慎重な耕耘、基本に忠実な植樹技術、適した水分量、そして適度な水はけが必要である。南アフリカの土壌 (他の国でも) は短い距離で異なることが多い。そのため、植樹しようとする場所に存在する違う土壌の性質を徹底的に調べ、地図化する必要がある (Saayman, 2009; Archer, Hunter, 2010)。これにより、耕耘の方法や土壌改良、品種/クローンと台木の選択、植樹間隔、そして垣根のサイズを決定することができる。均一的な畑を作るには正しい決断が不可欠であり、それは生産コストの削減にも繋がる。生長の差を減らすためには、畑内の区画においても修正を行うべきである。水の供給が限られている状況下では干ばつに耐性のある台木 (例えば 140 Ruggeri, 110 Richter) を使い、灌水用の水があるかどうかによって、樹勢が強くなると予想される場所では樹勢を弱める台木 (例えば 101-14 Mgt, 3306 Couderc, 3309 C, 1045 Paulsen, 420 A Mgt) を選ぶことも考えられる。均一的な生長と果実の成熟は収穫日をコントロールするために重要だ。1つの畑において、違う台木に1品種 (違うクローンを含め) を接ぎ、果実の成分や味わいの領域の変化によるワイン・スタイルの違いを生み出すこともできる。土壌の差は調節することができ、土壌タイプ/可能性の地図化や垣根のサイズ、畝、そして畝立て (土壌が浅い場合、地下水面が高い場合、塩分がある場合) といった必要な措置によって否定的な影響を減らすことができる。もし均一的な土壌の区画が十分に大きい場合、別な区画を作ることも可能だ。もしそうでなければ、同じ区画内で台木や穂木のクローン、そして植樹間隔を変えることもできる。

### 植樹間隔

植樹間隔は、土壌が樹勢に与える影響に基づいて決められるべきで、枝が込み合わない程度に、また根が十分な水を吸い上げ、土を有効利用できるようなしなくてはならない。その一番の目的は質を保ったまま最大の収量を得ることであり、そうすれば土地の表面が最大限に利用されているということになる。植樹間隔は根の深さと分配到に影響する。中度の生産性の土地において灌漑がない場所と若干の灌漑を行った場所に植えられたピノ・ノワール/99Richterの根を見ると、ブドウ木の間隔が狭い方が垂直で深く入り込んだ根が多く、そのため比較的根の体積が多いことが分かった (Archer, Strauss, 1985; Hunter, 1998a)。根の密度、サイズ、構造は植樹間隔によって変わる (表 2) (Hunter, 1998a)。土壌が深い場所で密植すると、根は水平に伸びるスペースがないため、正に垂直に伸びていく。

表 2 ピノ・ノワール/99R における植樹間隔が根の密度に与える影響 (Hunter 1998a)

Spacing (m)	Number of roots/profile wall	Root density/m <sup>2</sup> profile wall/root size (mm)					Total root density/m <sup>2</sup> profile wall
		<0.5	0.5 - 2	2 - 5	5 - 10	>10	
3 x 3	506.0 a	120.1 c	12.2 c	5.6 c	1.3 a	1.4 a	140.6 b
3 x 1.5	307.3 bc	133.0 bc	15.6 c	7.1 c	2.6 a	1.7 a	160.1 b
2 x 2	382.7 b	124.5 c	23.8 bc	8.5 c	1.7 a	1.1 a	159.4 b
2 x 1	337.3 bc	230.3 a	33.3 ab	14.2 ab	1.7 a	1.7 a	281.1 a
1 x 1	301.7 bc	208.9 ab	30.6 b	9.4 bc	1.1 a	1.4 a	251.4 a
1 x 0.5	236.3 c	265.7 a	44.9 a	15.7 a	1.4 a	0.5 a	328.2 a

密植して条間が陰ることによって表土の温度が下がる (Hunter, 1998a)。これにより蒸発散量が減るかもしれないが、蜜に植えられたブドウ木の根によって土の占有が高まり、水の消耗が増え、葉や房の水分量が減り、導管液中のアブシジン酸の濃度が上がる。これに加え、好ましくないキャノッピーのマイクロ気候によって、ブドウ木の光合成活動が減り、水の有効利用もできなくなってしまう。このような状況下では干ばつに耐性のある台木が適している。中程度の生産性の土地で密植を行うと、果実の成熟が早まり、収穫時期の幅が狭まる (Tab. 3) (Hunter, 1998b)。

表 3 ピノ・ノワール/99R における植樹間隔がブドウの組成に与える影響 (Hunter, 1998b)

Spacing (m)	Soluble solids (°B)	Titrateable acidity (g/l)	pH	Anthocyanin (A <sub>520</sub> )	Anthocyanin (mg/g dry skin mass)	Anthocyanin (mg/skin)
3 x 3	21.72 d	7.38 bc	3.07 d	2.07 cd	4.14 cd	0.36 c
3 x 1.5	22.79 c	7.39 bc	3.15 c	1.97 d	3.94 d	0.33 c
2 x 2	23.66 ab	7.05 c	3.20 c	2.45 bc	4.91 bc	0.47 ab
2 x 1	23.33 bc	7.89 a	3.25 b	2.64 b	5.29 b	0.41 bc
1 x 1	23.48 abc	7.53 ab	3.28 ab	2.35 bcd	4.71 bcd	0.39 bc
1 x 0.5	24.16 a	7.71 ab	3.31 a	3.12 a	6.24 a	0.53 a

コルドンの長さと共に、1ha 当たりの枝数や房数を最大にするためには列の間隔をなるべく狭くする必要がある。列と列の間は 2.0m から 2.2m が好ましいが、斜面の外圍のような急峻な場所では難しいことが多い。そのような場合、狭い列幅を保つために上から下に斜面に沿って植樹することも手だが、侵食を防ぐために表土の管理が不可欠である。現在、低度から中度の生産性の土壌には狭い列幅を、中度から高度の土地には広めの列幅が適用されている。自然な土壌の深さや耕耘、施肥、水の利用可能性、そして台木と穂木の樹勢によってどのような場合においても間隔は：変わってくるだろう。

### 仕立てとキャノッピー・マネージメント

作物の量や質といった物質的、生理学的な支えとなる安定した適切な仕立て (キャノッピーを支えるワイヤーも含む) が必要である。キャノッピーが生長する量は、穂木によって助長された根の伸びが大きく関わっている (Archer, Hunter, 2005)。垣根のサイズは予想される樹勢と相関関係にある。垣根の面積の中で光合成の能力が最大限になることが必須である。ブドウ木の樹幹といった半永久的な組織を支えるために十分にしかも効率の良いキャノッピーがどのような状況でも欠かせない。十分という言葉は、葉面積とその成分を指す。若く、副梢の貢献的な葉の発育は、ヴェレゾン前のキャノッピー・マネージメント (除葉や摘芯) によって刺激され、必要な果実の熟度を支えるための継続的な光合成能力を確保している (Hunter *et al.*, 1994)。それらの葉は、光合成能力の低い枝の慎重な除去、枝の誘引、そして除葉によって表面に現れ、キャノッピー全体に見られるべきである (Hunter, 2000; Hunter *et al.*, 2004)。キャノッピーはまた、過度な日光への露出に対して果実を守る物質的な役割も果たしている。枝は、キャノッピー全体に均一なマイクロ気候を作り出すように、均等に分配され管理されるべきだ。これは果実の成熟と予測される成熟度、そして収穫日が均一になるために不可欠である。シュナン・ブランの不十分な仕立てを効率的な生長に順応させるために行った転換は、有効な葉面積を増やすことや栄養成長と生殖成長のバランスを改善することによって樹勢を調整し再分配すること (図 4)、

収量の増加 (図 4) (Hunter, Volschenk, 2001) を示し、その上、果実の成分への否定的な影響は見られなかった (図 5)。これはまたカベルネ・ソーヴィニヨンやクリュシェン・ブランでも確認されている (Zeeman, 1981)。葉の有効性と地上部の半永久的組織 (コルドン) の拡張は根に対する要求を増す (図 6) (Hunter, Volschenk, 2001)。根の発達が刺激されるとデータは表しているが、根の有効性への影響が強くと見られ、キャノッピーと同じように、根は要求に応じて反応するように見える。

表 4、トレリスの形状が一年枝の総量と収量に与える影響 (Hunter, Volschenk, 2001)

Trellising system	Cane mass		Yield		Yield:cane mass ratio
	Kg/vine	Kg/ha	Kg/vine	Ton/ha	
Vertical	0.74 c	2044.3 b	8.3 c	23.1 c	11.22
Vertical (extended)	1.23 a	1711.8 c	18.4 a	25.6 b	14.96
Lyre	0.86 b	2395.5 a	13.7 b	38.1 a	15.93

表 5、トレリスの形状がシュナン・ブランの収穫時の数値に与える影響 (Volschenk, Hunter 2001)

Parameter	5-strand VSP	Lyre trellis
Yield (t/ha)	23.1b	38.1a
Sugar concentration (°B)	19.9a	19.4a
Titrateable acidity (g/l)	7.74a	7.82a
pH	3.13a	3.08a

表 6、トレリスの形状がシュナン・ブランの根の成長に与える影響 (Hunter, Voschenk, 2001)

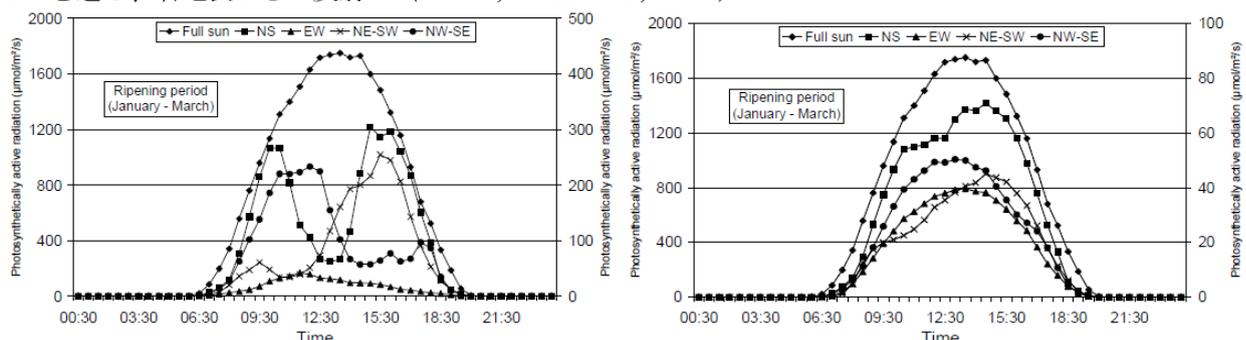
Trellising system	Number of roots/profile wall	Root density (number of roots/ m <sup>2</sup> profile wall/root size)					Total root density (number of roots/m <sup>2</sup> profile wall)
		<0.5 mm	0.5 - 2 mm	2 - 5 mm	5 - 10 mm	>10 mm	
Vertical	508 b	279 a	46 a	21 a	5 b	2 a	353 a
Vertical (extended)	1129 a	323 a	42 a	20 a	5 b	1 a	392 a
Lyre	595 b	319 a	50 a	30 a	13 a	3 a	413 a

存在する樹勢の強いブドウ木を、地上部と地下の TR 比を増やすことによって転換することは、枝の混雑やキャノピーの暗さ、収量や質の低下、そして非効率的な防除といった問題の長期的解決策として期待される。できれば、初めから仕立てが生長に適した十分なものであれば、バランスの取れたブドウ木となり、土地の表面の有効利用が可能となる。

#### 畝の向き

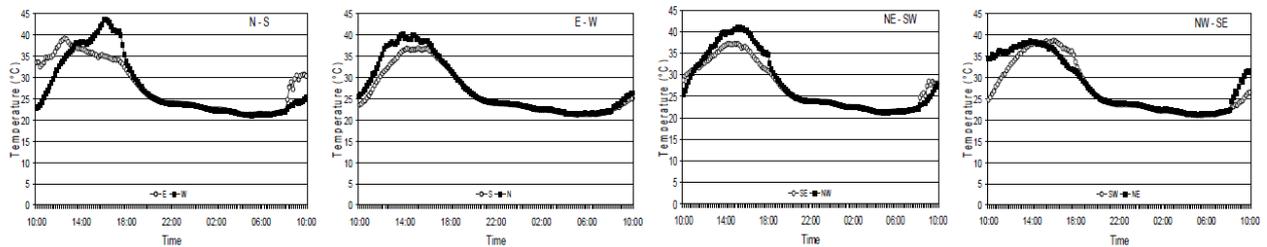
畝の向きは、日光エネルギーが遮られた量に影響することから、テロワールの有効利用に決定的な作用を持つと言える (Intrieri *et al.*, 1996; Zufferey *et al.*, 1999; Intrieri *et al.*, 1999; Hunter, Volschenk, 2008; Hunter *et al.*, 2010)。葉や果実の機能に対する畝の向きの影響は、生長の特性や植樹間隔、仕立て、そして緯度といった他の要素に頼ったものだ (Smart, 1973; Intrieri *et al.*, 1999)。畝の向きは勾配や傾斜の方角、そして風向きによって決められることが多い。丘陵性の山地のような環境では、その輪郭に沿って向きを決定する。これにはより臨機応変な意思決定が必要になる。それにも関わらず、畝の向きは畑レベルでのエネルギー分配や、葉、果実における日光と熱の影響に不可欠な要素である。南アフリカ、ロバートソン地区で 4 つの向きに植樹されたシラズ/101-14 Mgt 台の日光エネルギーの遮断傾向が図 4 に表されている (Hunter, Volschenk, 2008)。

図 4 ロバートソン地区の成熟期における畝の向きが房周りの日光エネルギー量に与える影響 (左) キャノピーを通じ、右地表からの反射 (Hunter, Volschenk, 2008)



畝の向きは、成熟期間中、キャノピーに昼間における違いを与え果肉の温度に影響を及ぼす。

図5 成熟期の昼間における畝の向きとそのキャノピーの各面が果肉の温度に与える影響：朝日が当たる果粒（南北と北西—南東向き）が早朝に温度が上昇し高温を保つ (Hunter Volschenk, 2008)



畝の向きは、高い気温下でより際立った作用を果実の温度に与える。これは、暑い日（最高 37°C）に記録された果肉の温度と暖かい日（最高 30°C）に測定された温度を比べると明らかである (Hunter et al., 2010)。生理学的に言って、高い気温に長く果実をさらすと呼吸数が増え、結果として滴定酸度の低下、色やフレーバーの減少、そして pH の上昇がもたらされる。加えて、収穫期間の幅が狭まり、複雑さやストラクチャーに欠ける高アルコールのワインができる可能性がある。このことは、特に温暖、若しくは暑い気候、そして地勢（方角や傾斜）によって畝の向きを決めている場所では、テロワールの選択に大きな意味を与える。また、収穫期は気温の影響を緩和するために不可欠な要素である。畝の向きは、実際の環境的ストレスの影響を操作するための栽培管理法になり得るかもしれない。

#### 収穫のタイミング（最適な成熟度）

どんな場所でも、健全で安定した収量と、質の高いワインや異なるワイン・スタイルに繋がる果実の成分を得るために、均一的なキャノッピーと根が必要だ (Hunter et al., 2004; Archer, Hunter, 2005; Nadal, Hunter, 2007)。ブドウの成熟は根とキャノッピーのサイズとその活動に直接関係している。果粒の物質的、生理学的変化は、収穫期間の幅や果実の成熟度、そして特定のテロワールで異なるスタイルのワインを生産する可能性に大きく作用する (Ojeda et al., 2002; Hunter et al., 2004; Hunter, Deloire, 2005)。主たる疑問は、果実の成熟後期、好ましくない環境（気温と土の温度の低下）と老化したキャノッピーという条件下で、根の吸収作用やキャノッピーの水分ポテンシャル、糖の生産、そして果実による糖や水の要求性が十分であるかということだ (Hunter et al., 1994; Hunter, Ruffner, 2001; Hunter et al., 2004)。水分ポテンシャルが減少し、母体のキャノッピー/導管と果皮（外、中、内果皮を含む）の間の流れが低下すると、果粒への水やショ糖の流れが減ってしまい、一見すると普通だが、果梗や果柄にもそれが起こっている。これは果粒の‘孤立’に繋がってしまうかもしれない。この時期、キャノッピーや果粒はストレス/老化を経験し、それらの機能が上手く保持されていなければいざいほど、収穫時期の幅が広がる。南アフリカ、ステレンボッシュでの研究では、シラー/99Richter 台の様々な成熟段階における、キャノッピー、果粒、ワインの物質的そして化学的要因の変化が追跡され、関連するワインの官能データも集められた。この研究によってキャノッピーと果粒の驚くべき同期化が確認された。また、この結果に基づいて異なるワイン・スタイルの区別が認められた (表 7) (Hunter et al., 2004; Nadal, Hunter, 2007)。110Rciher 台のソーヴィニオン・ブラン (図 8) も、異なる成熟段階において観察された (Hunter, 1999; Hunter et al., 2004)。

表 7 シラー/99R のワインス・スタイルの明確な違い (Hunter et al., 2004)

°B:TA <2.0e	°B:TA <3.0d	°B:TA <4.0c	°B:TA <5.5b	°B:TA >5.5a
Herbaceous, astringent, diluted, high acidity, lacking flavour & colour	Herbaceous & fruity, unbalanced, semi-concentrated	Fruity & tannic, balanced, concentrated	Fruity & tannic, well balanced, concentrated, good structure, typical colour & flavour	Tannic, harsh, unbalanced, jammy, overripe, high alcohol, poorly related colour & sensory quality

表 8 シュナン・ブラン/110R の糖度と風味の違い (Hunter 1999)

In general, fruity and vegetative flavours dominated the flavour profile, complimented by herbaceous, green pepper, spicy, asparagus and green bean flavours
19 °B: Low – moderate fruity and strong vegetative character
21 °B: Moderate – intense fruity and vegetative character
23 °B: Intense fruity character, low vegetative character

過熟のブドウはユニークなテロワール独特のワインを造る可能性を低め、特別な栽培管理法の影響をも低下させてしまう。果実の成熟を観察し、テロワールやその畑に適した管理法の作用を反映させるために適正期間内に収穫を行うことが不可欠である。見た目には均等に見える、房の中の果粒サイズの違い (表 9- Barbagallo et al., 2009; Guidoni et al., 2009) は収穫のタイミングを複雑化する。果粒サイズの差は結実前に生じる可能性があり、花原基の分化の際に非同期的な細胞分裂によって起こることが考えられる。再同期は果実の成熟の後期に生じるようだ (Gray, Coombe, 2009)。花芽分化と収穫の

タイミングは、そのため重要である。それにもかかわらず均一的な畑の生長は、収穫のタイミングをコントロール、管理することと、十分な情報に基づいた判断を奨励する。

表9 シラー/99Rの単一房における果粒の不均一性 (Barbagallo *al.*, 2009)

Berry size & Number of berries per 1 kg grape bunch			
< 1.50 g	1.51 – 2.00 g	2.01 – 2.50 g	> 2.50 g
769	555	435	370
Surface of skin per 1 kg grape bunch			
2968	2625	2375	2305

土壌、品種の感受性、生長と水分管理の統合

異なるテロワールに適用できるそれらの統合の例を、ソーヴィニオン・ブランは図6、シラーは図7に表している。

図6 ソーヴィニオン・ブランにおける土壌、成長、水分管理の調和

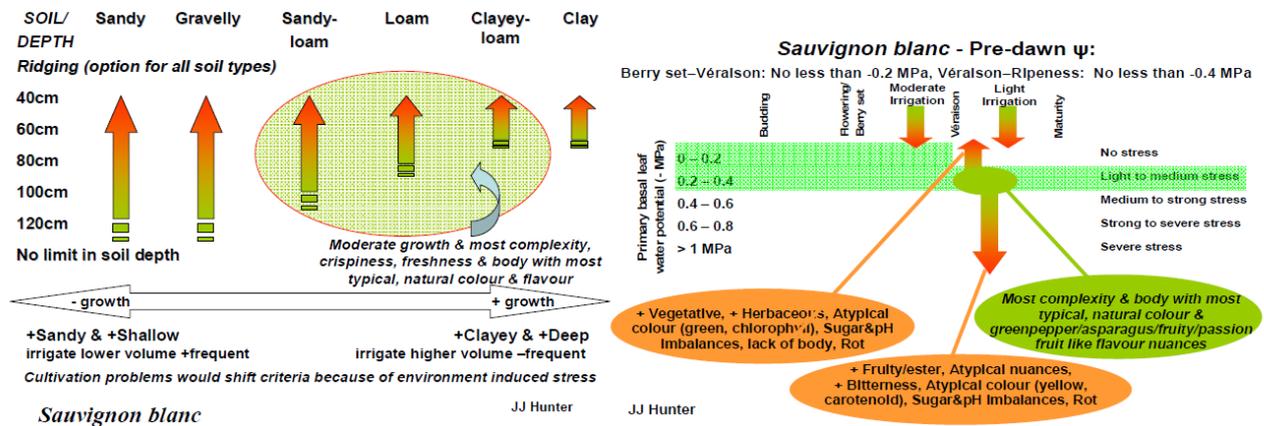
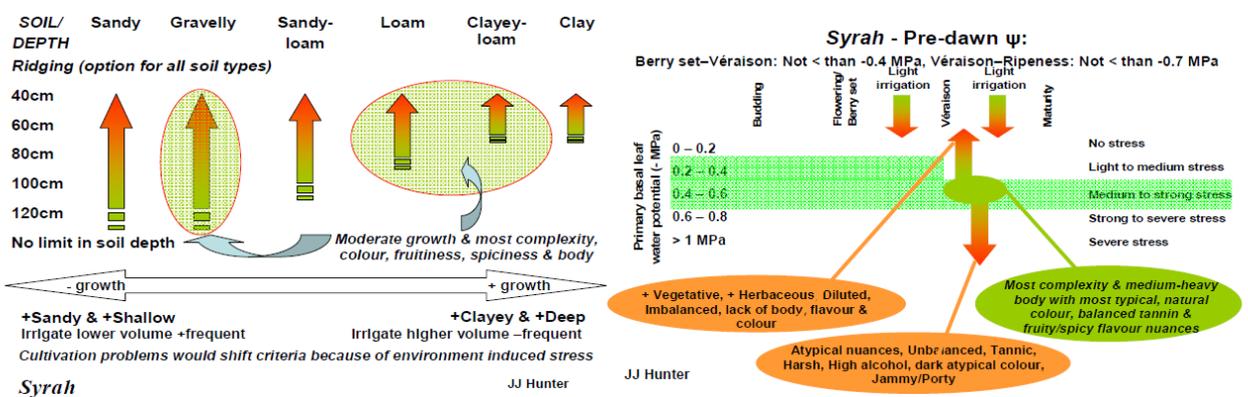


図7 シラーにおける土壌、成長、水分管理の調和



労働の投入

環境の有効利用とブドウ畑のサステナビリティは、季節的な管理を行うために必要な労働による影響を受けている。ステレンボッシュ地域の畑を比較すると、ソーヴィニオン・ブランとカベルネ・ソーヴィニヨンの区画において、テロワールの適性と長期的な栽培管理法の選択が労働の投入に大きく関わっていることが明らかになった (表10、11)。

表10 ドリップ式灌漑下のソーヴィニオン・ブランの2区画における労働力の投下

<b>Block description:</b> Soil potential: High; Altitude: 80 m; Aspect: South; Row orientation: N-S; Spacing: 3.0 x 1.4 m; Trellis: 5-Wire hedge, fixed wires; Rootstock: 110 Richter; Pruning: Spur; Bud load/m cordon: 16.5				
Pruning	Shoot thinning	Shoot positioning	Tipping (hand)	Leaf thinning
86	131	205	64	86
<b>Total labour input (man hours/ha): 572</b>				
<b>Block description:</b> Soil potential: High; Altitude: 140 m; Aspect: South; Row orientation: NE-SW; Spacing: 2.2 x 1.8 m; Trellis: 7-Wire hedge, movable wires; Rootstock: 110 Richter; Pruning: Spur; Bud load/m cordon: 16.5				
Pruning	Shoot thinning	Shoot positioning	Tipping (hand)	Leaf thinning
78	21	18	15	16
<b>Total labour input (man hours/ha): 148</b>				

表 11 ドリップ式灌漑下のカベルネ・ソーヴィニヨン2区画における労働力の投下

<b>Block description:</b> Soil potential: Medium; Altitude: 85 m; Aspect: West; Row orientation: N-S; Spacing: 3.0 x 1.2 m; Trellis: 5-Wire hedge, fixed wires; Rootstock: 101-14 Mgt; Pruning: Spur; Bud load/m cordon:16.5				
Pruning	Shoot thinning	Shoot positioning	Tipping (hand)	Leaf thinning
75	86	129	1.8	54
<b>Total labour input (man hours/ha): 345.8</b>				
<b>Block description:</b> Soil potential: Medium; Altitude: 95 m; Aspect: West; Row orientation: N-S; Spacing: 3.0 x 1.2 m; Trellis: 5-Wire hedge, fixed wires; Rootstock: 99 Richter; Pruning: Spur; Bud load/m cordon:16.5				
Pruning	Shoot thinning	Shoot positioning	Tipping (hand)	Leaf thinning
94	105	197	4.2	89
<b>Total labour input (man hours/ha): 489.2</b>				

## 結論

気候、土壌、そしてブドウ木の生態生理学的行動に対する知識は、ブドウ木が植樹されている環境を最大限に有効利用するために必要なものである。テロワールの適性や穂木や台木についてより多くの情報を得ることができれば、品種の可能性を最大限に引き出し、全ての市場分野で競争できる高品質のワインを生み出すための基盤作りができる。加えて、短期、長期的な栽培管理法を、将来を見据えて慎重に選び、実行することが不可欠だ。最大限の有効利用は気候学と栽培、醸造学の融合を含み、全ての判断と行動が有益でお互いに補足し合う総合的な方策が確実に必要とされている。

## 参考文献

- Archer, E., Hunter, J.J., 2005. Vine balance drives grape quality. *Practical Winery & Vineyard*. May/June 2005: 36–49.
- Archer, E., Hunter, J.J., 2010. Practices for sustainable viticulture (Part 1): Soil preparation for proper roots. *Wineland*. March 2010: 76-82.
- Archer, E., Strauss, H.C., 1985. The effect of plant density on root distribution of three-year-old grafted 99 Richter grapevines. *S. Afr. J. Enol. Vitic.* 6: 25-30.
- Barbagallo, M. G. *et al.*, 2008. Effetto della dimensione degli acini e dell'orientamento dei filari sulle caratteristiche qualitative della cv Syrah. *Proc. II Convegno Nazionale di Viticoltura*, 14–19 luglio 2008, Complesso San Pietro, Marsala, Italy.
- Bonnardot, V., Carey, V., 2008. Observed climatic trends in South African wine regions and potential implications for viticulture. *Proc. VII<sup>th</sup> Int. Grapevine Terroir Conf.*, Changins-Wädenswil, Switzerland: 216–221.
- Calò, A. *et al.*, 1996. Relationship between environmental factors and the dynamics of growth and composition of the grapevine. *Proc. Workshop Strategies to Optimize Wine Grape Quality. Acta Hort.* 427: 217–231.
- Christensen, L.P. *et al.*, 1994. Effect of nitrogen fertilizer timing and rate on inorganic nitrogen status, fruit composition, and yield of grapevines. *Am. J. Enol. Vitic.* 45: 377-387.
- Conradie, W.J., 1988. Effect of soil acidity on grapevine root growth and the role of roots as a source of nutrient reserves. In: J.L. Van Zyl (comp.). *Grapevine root and its environment*. ARC Infruitec-Nietvoorbij, Private Bag X5026, Stellenbosch, South Africa: 16–29.
- Conradie, W.J., 1991. Translocation and storage of nitrogen by grapevines as affected by time of application. *Proc. Int. Symp. on Nitrogen in grapes and Wine*, 18–19 June 1991, Seattle, USA: 32–42.
- Conradie, W.J. *et al.*, 1996. Effect of soil preparation depth on nutrient leaching and nutrient uptake by young *Vitis vinifera* L. cv. Pinot noir. *S. Afr. J. Enol. Vitic.* 17: 43–52.
- Coombe, B.G., 1987. Influence of temperature on composition and quality of grapes. *Acta Hort.* 206: 23-35.

- Gray, J.D., Coombe, B.G., 2009. Variation in Shiraz berry size originates before fruitset but harvest is a point of resynchronisation for berry development after flowering. *Austr. J. Grape and Wine Research*, 15: 156-165.
- Guidoni S. *et al.*, 2008. Estrazione di antociani dalle bucce al mosto durante la fermentazione di uve Shiraz. *Proc. II Convegno Nazionale di Viticoltura*, 14–19 luglio 2008, Complesso San Pietro, Marsala, Italy.
- Hunter, J.J., 1998a. Plant spacing implications for grafted grapevine I. Soil characteristics, root growth, dry matter partitioning, dry matter composition and soil utilisation. *S. Afr. J. Enol. Vitic.* 19: 25–34.
- Hunter, J.J., 1998b. Plant spacing implications for grafted grapevine II. Soil water, plant water relations, canopy physiology, vegetative and reproductive characteristics, grape composition, wine quality and labour requirements. *S. Afr. J. Enol. Vitic.* 19: 25–34.
- Hunter, J.J., 1999. Present status and prospects of winegrape viticulture in South Africa – focus on canopy-related aspects/practices and relationships with grape and wine quality. *Proc. 11<sup>th</sup> GESCO Symp.*, June 1999, Marsala, Sicily, Italy: 70–85.
- Hunter, J.J., 2000. Implications of seasonal canopy management and growth compensation in grapevine. *S. Afr. J. Enol. Vitic.* 21: 81-91.
- Hunter, J.J., Bonnardot, V., 2002. Climatic requirements for optimal physiological processes: A factor in viticultural zoning. *Proc. IV<sup>th</sup> Int. Symp. on Viticultural Zoning*, 17–20 June 2002, Avignon, France.
- Hunter, J.J., Deloire, A., 2005. Relationship between sugar loading and berry size of ripening Syrah/R99 grapes as affected by grapevine water status. *Proc. 14<sup>th</sup> GESCO Symp.*, 23–27 August, Geisenheim, Germany: 127–133.
- Hunter, J.J., Myburgh, P.A., 2001. Ecophysiological basis for water management of vineyards in South Africa, with particular reference to environmental limitations. *Proc. 12<sup>th</sup> GESCO Symp.*, 3–7 July 2001, Montpellier, France: 23-43.
- Hunter, J.J., Ruffner, H.P., 2001. Assimilate transport in grapevines – effect of phloem disruption. *Aust. J. Grape and Wine Research* 7: 118–126.
- Hunter, J.J., Volschenk, C.G., 2001. Effect of altered canopy:root volume ratio on grapevine growth compensation. *S. Afr. J. Enol. Vitic.*: 27-30.
- Hunter, J.J., Volschenk, C.G., 2008. Implications of grapevine row orientation in South Africa. *VII<sup>th</sup> Int. Grapevine Terroir Conf.*, Changins-Wädenswil, Switzerland: 336–342.
- Hunter, J.J. *et al.*, 1994. Diurnal and seasonal physiological changes in leaves of *Vitis vinifera* L.: CO<sub>2</sub> assimilation rates, sugar levels and sucrolytic enzyme activity. *Vitis* 33: 189–195.
- Hunter, J.J. *et al.*, 1995. Partial defoliation of *Vitis vinifera* cv. Cabernet Sauvignon/99 Richter: Effect on root growth, canopy efficiency, grape composition, and wine quality. *Am. J. Enol. Vitic.* 46: 306-314.
- Hunter, J.J. *et al.*, 2003. The physiological and morphological quality of plant material – a compilation of research. ARC Infruitec-Nietvoorbij, Private Bag, X5026, Stellenbosch, South Africa.

Hunter, J.J. *et al.*, 2004. Role of harvesting time/optimal ripeness in zone/terroir expression. *Proc. Joint OIV, GESCO, SASEV Int. Conf. on Viticultural Zoning*, 15–19 Nov. 2004, Cape Town, South Africa: 466–478.

Hunter, J.J. *et al.*, 2004. Composition of Sauvignon blanc grapes as affected by pre-véraison canopy manipulation and ripeness level. *S. Afr. J. Enol. Vitic.* 25: 13–18.

Hunter, J.J. *et al.*, 2010. Linking grapevine row orientation to a changing climate in South Africa. *Proc. Intervitis Interfructa Conf.*, 24–28 March 2010, Stuttgart, Germany: 60-70.

\* \* \* \* \*