

[Original Paper]

山梨県内の標高が異なる圃場における ‘シャルドネ’ および ‘メルロー’ の 生育および果実成分の差異

井上絵梨¹・岸本宗和^{1*}・根本 学²・渡辺晃樹³・齋藤 浩⁴・小山和哉⁵・
後藤奈美⁵・美濃英俊⁶・鈴木智博⁶・奥田 徹¹

¹山梨大学ワイン科学研究センター 〒400-0005 甲府市北新1-13-1

²農研機構北海道農業研究センター 〒062-8555 札幌市豊平区洋ヶ丘1番地

³山梨県果樹試験場 〒405-0043 山梨市江曾原1204番地

⁴山梨県ワイン酒造組合 〒400-0807 甲府市東光寺3-13-25

⁵独立行政法人酒類総合研究所 〒739-0046 東広島市鏡山3-7-1

⁶山梨大学大工学部 〒400-8510 甲府市武田4-3-11

Effect of Vineyard Altitude on Phenological Events and Berry Components of ‘Chardonnay’ and ‘Merlot’ in Yamanashi

Eri INOUE¹, Munekazu KISHIMOTO^{1*}, Manabu NEMOTO², Koki WATANABE³,
Hiroshi SAITO⁴, Kazuya KOYAMA⁵, Nami GOTO-YAMAMOTO⁵,
Hidetoshi MINO⁶, Tomohiro SUZUKI⁶ and Tohru OKUDA¹

¹The Institute of Enology and Viticulture, University of Yamanashi, 1-13-1 Kitashin, Kofu 400-0005, Japan.

²NARO Hokkaido Agricultural Research Center, 1 Hitsujigaoka, Toyohira, Sapporo 062-8555, Japan.

³Yamanashi Fruit Tree Experiment Station, 1204 Ezohara, Yamanashi 405-0043, Japan.

⁴Yamanashi Prefecture Wine Manufacturers’ Association, 3-13-25 Tokoji, Kofu, Japan.

⁵National Research Institute of Brewing, 7-3-1 Kagamiyama, Higashihiroshima 730-0046, Japan.

⁶Faculty of Engineering, University of Yamanashi, 4-3-11 Takeda, Kofu 400-8511, Japan.

The aim of this study was to investigate the relationships between vineyard altitude and climate classification, phenological events, and berry components. Vineyards located at an altitude of 250 m to 750 m where ‘Chardonnay’ and ‘Merlot’ grapevines are cultivated in Yamanashi Prefecture were classified into regions III to V on the basis of the Winkler Index. As the altitude increased, budburst, flowering, veraison or coloration, and harvest were delayed, whereas malic acid and anthocyanin contents increased. The difference in air temperature owing to vineyard altitude greatly affected both phenological events and berry components.

Keywords: Chardonnay, Merlot, vineyard altitude, Winkler index, phenological event, berry component

* Corresponding author (email: mkishimoto@yamanashi.ac.jp)

諸 言

山梨県は日本を代表するワイン産地の一つであり、甲府盆地を中心に県内各地にブドウ圃場が存在する。ワイン醸造用ブドウが栽培される圃場は、標高が300 mから500 mに多く分布するが(齊藤ら, 2017), さらに標高が高い場所で栽培を行っている例も見られ、圃場間で標高が大きく異なっている。ブドウが栽培される圃場の気象環境、とりわけ気温はブドウの生育および果実品質を左右する重要な要素の一つであり(Jackson・Lombard 1993, van Leeuwen et al. 2004), ブドウの生育に応じた適切な栽培管理作業の実施が良質のブドウを得るために不可欠である。他方、山梨県甲府市における年平均気温は、1894年の統計開始以降の長期変化傾向が100年あたり+2.1℃であると報告されている(東京管区気象台, 2019)。また、地球温暖化予測情報第9巻(気象庁, 2017)は、21世紀末には20世紀末と比較して全国平均気温が4.5℃上昇し、猛暑日および熱帯夜の日数が有意に増加することを予測している。このように、将来の気温上昇が予測される中では、標高が高い地域への圃場の移転が、山梨県内のブドウ栽培における温暖化適応策の一つになる可能性がある。

ブドウの萌芽、開花、ヴェレーゾンあるいは着色、および収穫の生育ステージは、栽培地の気温に影響を受けるが(Parker et al. 2011), 山梨県内の圃場の標高差がブドウ生育期間の気温および生育ステージ、果実品質に与える影響について詳しく検討された報告は見あたらない。ブドウ栽培者およびワイン醸造者が圃場の気象環境を把握して適切な栽培管理およびブドウの特徴に応じた最適の醸造を行い、良質のワインを生産するために、さらには、将来の気温上昇に備えた圃場の確保を計画するためには、山梨県内における標高差がブドウの生育および果実成分に与える影響について知見を蓄積することが極めて重要である。

そこで本研究は、山梨県内の様々な標高に位置する圃場においてブドウ生育期間の気温および生育ステージを比較するとともに、果実成分の含有量に及ぼす影響について調査することを目的とした。

実験方法

1. 供試ブドウ樹および気象観測

山梨県内の甲州市、山梨市、笛吹市、甲府市、甲斐市、韮崎市および北杜市の標高250 mから750 mの11圃場(Table 1)において、*Vitis vinifera* L. cv. Chardonnay (CHD) および *V. vinifera* L. cv. Merlot (MER) を供試した(Table 2)。ブドウ栽培期間の圃場の気温は、メッシュ農業気象データ(大野ら, 2016)、あるいは、圃場に設置した気象観測システ

Table 1 Geographical information of vineyards tested in this study

Vineyard	Location (City)	Latitude	Longitude	Altitude (m)
A	Yamanashi	35.755	138.687	750
B	Hokuto	35.736	138.701	745
C	Hokuto	35.786	138.455	690-700
D	Koshu	35.650	138.746	590
E	Kai	35.713	138.510	550-600
F	Koshu	35.663	138.739	480-530
G	Nirasaki	35.738	138.459	500
H	Koshu	35.650	138.713	400-410
I	Fuefuki	35.653	138.712	360
J	Koshu	35.655	138.716	330
K	Kofu	35.604	138.579	250

Table 2 Rootstock, age (years), and pruning system of vines tested in this study

Variety	Vineyards	Altitude (m)	Rootstock	Age (years)	Pruning System	
Chardonnay	A	750	3309	7	Guyot	
			5BB	13	Guyot	
			101-14	13	Guyot	
	B	745	101-14	12	Guyot	
				14	Guyot	
				Unknown	23	Guyot
				5BB	22	Guyot
				5BB	18	Cordon
				SO4	26	Lyre
				101-14	9	Cordon
Merlot	B	745	101-14	12	Guyot	
			3309	16	Guyot	
			101-14	8	Guyot	
	D	590	101-14	15	Guyot	
				18	Cordon	
				5BB	22	Guyot
				SO4	21	Guyot
				101-14	14	Pergola
				101-14	16	Cordon
				101-14	9	Cordon

ムウェザーバケット(アグリウェザー製), フィールドサーバーFS-V (イーラボ・エクスペリエンス製)により取得し, 4月1日から10月31日までの圃場における日平均気温を基にWinkler index (Winkler et al. 1974), $WI = \sum_{Apr.1}^{Oct.31} \max \left[\left(\frac{T_{max} + T_{min}}{2} \right) - 10, 0 \right]$ により算出した有効積算温度から圃場を too cool ($850^{\circ}\text{C} >$), region I ($850-1389^{\circ}\text{C}$), region II ($1389-1667^{\circ}\text{C}$), region III ($1667-1944^{\circ}\text{C}$), region IV ($1944-2222^{\circ}\text{C}$), region V ($2222-2700^{\circ}\text{C}$), too hot ($2700^{\circ}\text{C} <$) の7段階 (Jones et al. 2010) に区分した. また, 開花からヴェレゾーンあるいは着色までの生育期間, およびヴェレゾーンあるいは着色から収穫までの成熟期間の平均気温を求めた.

2. 生育観察

圃場の中で標準的な生育を示す列あるいは樹の約50%の芽が緑色となり, 第1葉の先端が現れた日を萌芽とし, 約50%の花蕾の開花が認められる花穂が列あるいは樹全体の約50%に達した日を開花とした. さらに, 約50%の果粒の軟化が認められる果房が列あるいは樹全体の約50%に達した日をヴェレゾーン, 約50%の果粒の着色が認められる果房が列あるいは樹全体の約50%に達した日を着色とした (Coombe 1995). 本研究ではCHDについてヴェ

レーズンを, MERについては着色を観察した. また, 収穫は, 果実成分含有量の変化および病害の発生状況を考慮し, 各圃場の栽培者の判断において決定した.

3. ブドウ果実のサンプリングおよび果実成分分析

圃場において, 収穫時に渡辺ら (2017) の方法により100粒の果実を採取し, 搾汁率が60%になるように搾汁した後, 遠心分離 ($8,000 \times g$, 10 min) して得られた上清を直ちに分析に供した. 果汁の糖度は, 振動式密度比重計DA-155 (京都電子工業製) を用いて測定した比重から葡萄酒醸造法 (山梨県工業技術センター 2000) に従って求め, pHはpHメーターF-71 (堀場製作所製) により測定した. リンゴ酸の分析は, 高速液体クロマトグラフ有機酸分析システムLC-20AD (島津製作所製) を用いて行った (岸本ら 2017). また, MERについては, 収穫時に別の100粒の果実を採取し, Gloriesの方法 (Glories・Augustin 1993, Villangó et al. 2015) により, 総アントシアニン含有量を分析した.

実験結果および考察

1. WIに基づく圃場の気候区分

各圃場の2016年から2018年の4月1日から10月

Table 3 Climate classification of vineyards based on effective integrated temperature ($^{\circ}\text{C}$) and the Winkler Index (2016–2018)

Vineyard	Location (City)	Altitude (m)	Effective integrated temperature ($^{\circ}\text{C}$) ^{a)}				Winkler Index ^{b)}			
			2016	2017	2018	Mean	2016	2017	2018	Mean
A	Yamanashi	750	1793	1622	1761	1725	III	II	III	III
B	Hokuto	745	1759	1729	1870	1786	III	III	III	III
C	Hokuto	690-700	N.O. ^{c)}	N.O.	1977	N.O.	N.O.	N.O.	IV	N.O.
D	Koshu	590	2104	1941	2064	2036	IV	IV	IV	IV
E	Kai	550-600	2041	2056	2209	2102	IV	IV	V	IV
F	Koshu	480-530	2159	2067	2165	2130	IV	IV	IV	IV
G	Nirasaki	500	2035	2054	2197	2095	IV	IV	IV	IV
H	Koshu	400-410	2292	2171	2368	2277	V	IV	V	V
I	Fuefuki	360	2408	2186	2333	2309	V	IV	V	V
J	Koshu	330	2378	2212	2363	2318	V	V	V	V
K	Kofu	250	2719	2590	2747	2685	too hot	V	too hot	V

a) Effective integrated temperature ($^{\circ}\text{C}$) was calculated on the basis of growing degree-days (GDD).

b) Too cool, $< 850^{\circ}\text{C}$; Region I, $850^{\circ}\text{C}-1389^{\circ}\text{C}$; Region II, $1389^{\circ}\text{C}-1667^{\circ}\text{C}$; Region III, $1667^{\circ}\text{C}-1944^{\circ}\text{C}$; Region IV, $1944^{\circ}\text{C}-2222^{\circ}\text{C}$; Region V, $2222^{\circ}\text{C}-2700^{\circ}\text{C}$; Too hot, $> 2700^{\circ}\text{C}$ (Jones et al. 2010)

$$\text{Winkler Index (WI)} = \sum_{Apr.1}^{Oct.31} \max \left[\left(\frac{T_{max} + T_{min}}{2} \right) - 10, 0 \right]$$

c) Data not observed.

31日における日平均気温から算出される有効積算温度およびWIに基づく気候区分をTable 3に示した。試験圃場は、最も標高が高い圃場と低い圃場の間に500 mの標高差があり、有効積算温度に約1,000°Cの差異が認められた。有効積算温度からWIに基づき、標高750 m付近の圃場はregion IIIに、500 mから700 mの圃場はregion IVに、400 m付近より低い圃場はregion Vに区分された。年ごとの気温の変動により、2017年の標高750 mの圃場はregion IIに区分され、一方で、2016年および2018年の標高250 mの圃場はtoo hotに区分された。山梨県内の圃

場は、標高差が大きいことが幅広い気候区分を生み出す要因となっていると考えられる。鬼頭ら(2018)は、気象庁AMeDASデータを用いて日本全土の気候区分を行い、日本国内では緯度および標高とWIの間に相関があることを報告した。圃場における観測値を用いた本研究においても、標高が高くなるにつれて有効積算温度が低くなることが示された。

2. 標高が異なる圃場におけるブドウの生育の差異
圃場の標高とCHDおよびMERの萌芽、開花、ヴェレーゾンあるいは着色、収穫の各生育ステー

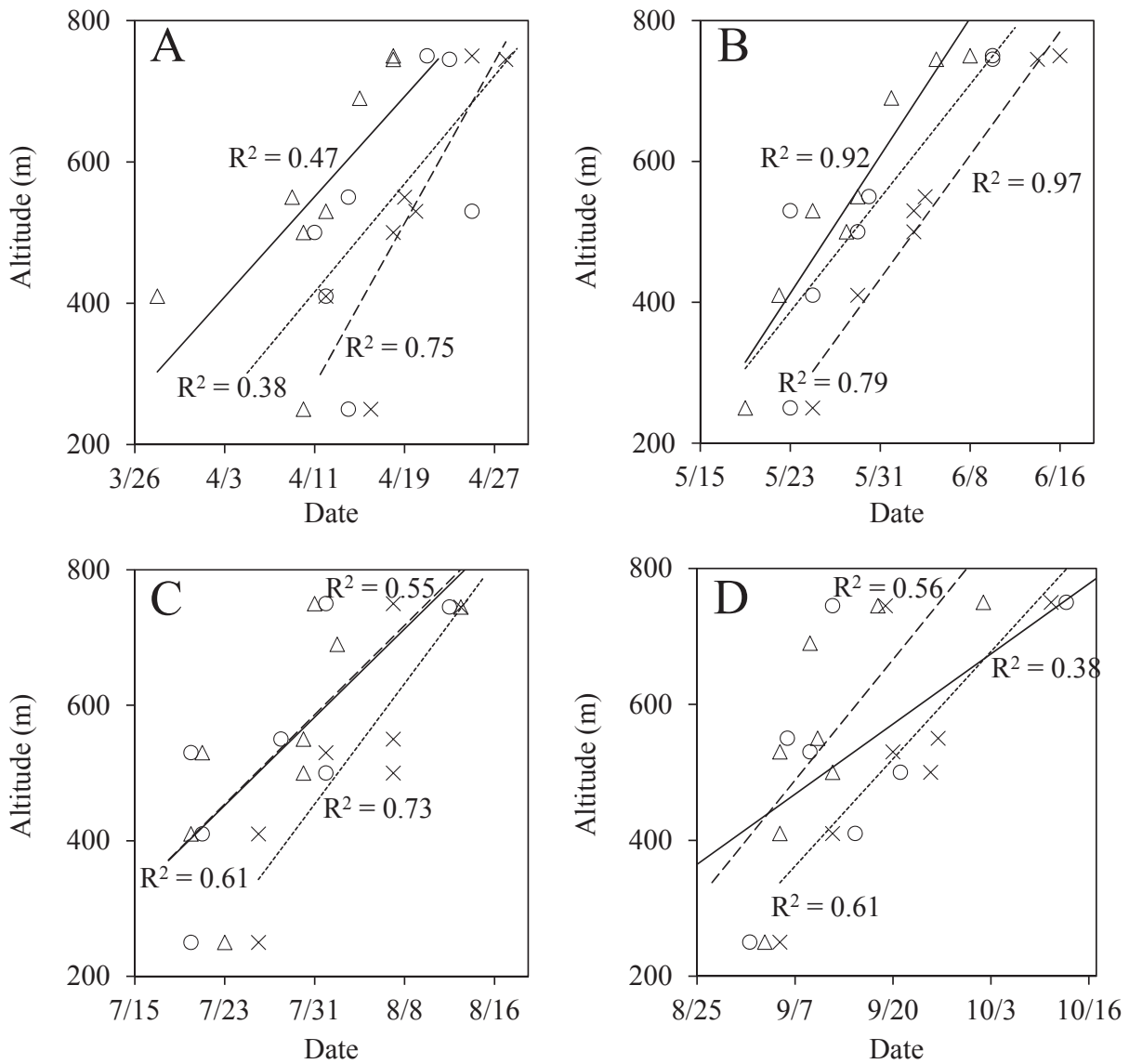


Figure 1 Budburst (A), flowering (B), veraison (C), and harvest date (D) of CHD in 2016 (○), 2017 (×), and 2018 (△). Regression lines are shown for 2016 (solid line), 2017 (short dashed line), and 2018 (dashed line).

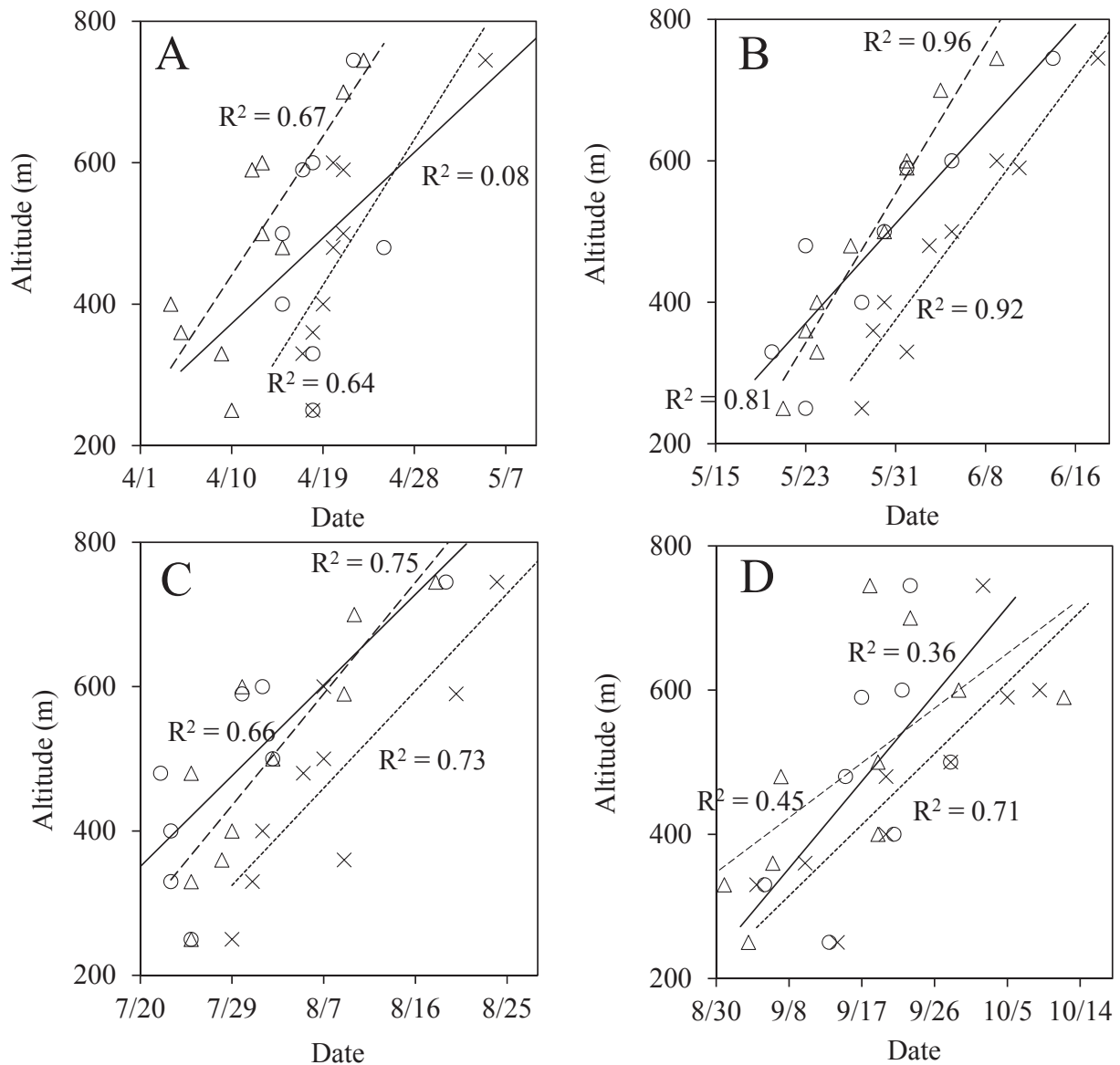


Figure 2 Budburst (A), flowering (B), coloration (C), and harvest date (D) of MER in 2016 (○), 2017 (×), and 2018 (△). Regression lines are shown for 2016 (solid line), 2017 (short dashed line), and 2018 (dashed line).

ジとの関係をそれぞれFigure 1, Figure 2に示した。CHDおよびMERともに、萌芽は標高が低い圃場から高い圃場へと順次進み、標高が高くなるにつれて開花、ヴェレーゾンあるいは着色も遅れた。萌芽、開花、ヴェレーゾンあるいは着色には最大で3週間程度の差異があった。なお、開花からヴェレーゾンあるいは着色までの日数は、CHDが52日から69日、MERが56日から70日であったが、標高との明確な相関は認められなかった (Figure 3)。収穫もまた、標高が高い圃場において多くの場合に遅い時期にな

り、CHDおよびMERともに圃場間で最大で6週間の差異があった (Figure 1, Figure 2)。ヴェレーゾンあるいは着色から収穫までの日数は31日から73日であり、年ごとあるいは圃場間により大きく異なった。なお、van Leeuwen et al. (2004) はブドウ栽培における環境要因の中で気候が土壌や品種よりもブドウの生育に影響を与える因子であることを示しており、Parker et al. (2011) は萌芽、開花、ヴェレーゾンは温度との関係が非常に強く、気温に基づいたモデルによって生育ステージの日を予測できることを示

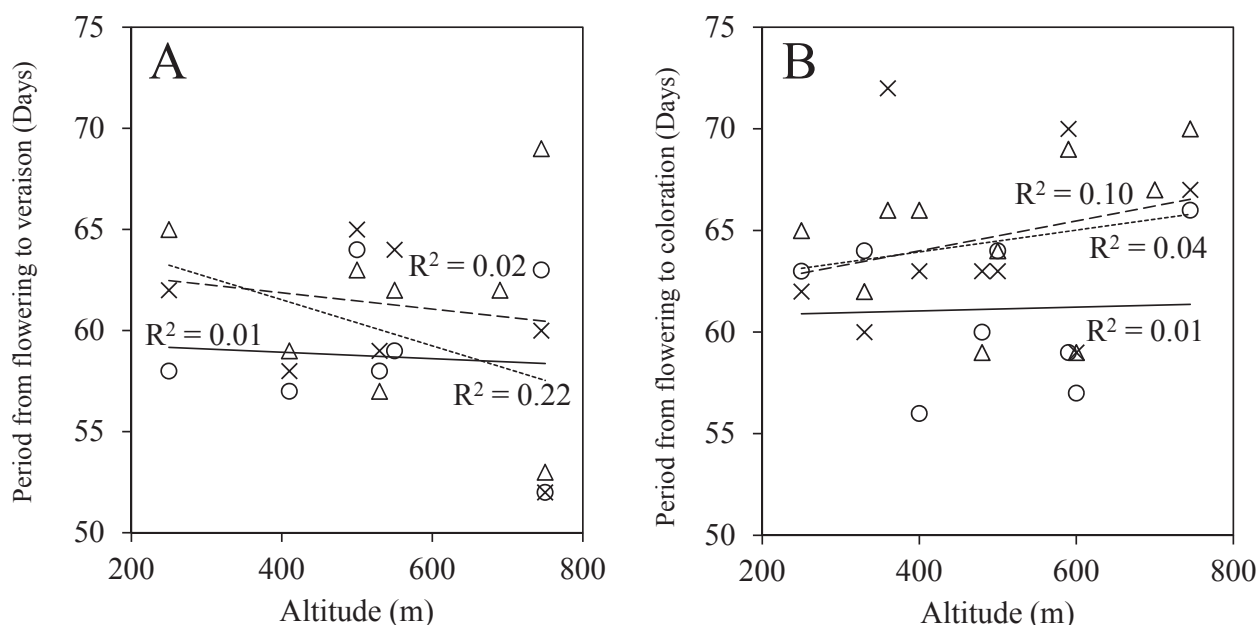


Figure 3 Number of days from flowering to veraison for CHD (A) and flowering to coloration for MER (B) in 2016 (○), 2017 (×), and 2018 (△). Regression lines are shown for 2016 (solid line), 2017 (short dashed line), and 2018 (dashed line).

している。また、Falcao et al. (2010) は、‘Cabernet Sauvignon’ が栽培される圃場の標高が圃場の気候区分およびブドウの生育、成熟変化に大きな影響を与えていることを報告している。

3. 圃場の標高と生育および成熟期間の平均気温の関係

CHD および MER の 2016 年から 2018 年の開花からヴェレーゾンあるいは着色までの生育期間における平均気温を Table 4 に示した。生育期間の平均気温差は、CHD で最大 1.2℃、MER で最大 1.7℃であり、生育期間の平均気温に大きな差は認められなかった。このことが Figure 3 に示されたように、標高差との明確な相関も認められなかった要因の一つと考えられる。CHD および MER の 2016 年から 2018 年のヴェレーゾンあるいは着色から収穫までの成熟期間における平均気温を Table 5 に示した。圃場の標高が高くなるにつれて、成熟期間の平均気温が低くなり、最も標高が低い圃場と最も高い圃場の間には 5.1℃ から 8.2℃ の差異が認められ、標高が高い圃場では、冷涼な環境下で成熟が進むことが示された。標高が 100 m 高くなるにつれて、気温は 0.6℃ 低下するとされており (ISO, *Standard Atmosphere*, ISO 2533:

Table 4 Mean air temperature (°C) of berry formation period from flowering to veraison or coloration in CHD and MER

Variety	Vineyard	Altitude (m)	Mean air temperature (°C) of berry formation period ^{a)}			
			2016	2017	2018	Mean
CHD	A	750	21.5	22.6	22.5	22.2
	B	745	21.8	22.3	22.7	22.3
	C	690	N.O. ^{b)}	N.O.	22.3	22.3
	E	550	21.7	22.7	22.8	22.4
	F	530	22.0	23.1	22.8	22.6
	G	500	21.8	22.5	22.6	22.3
	H	410	22.6	23.2	23.0	22.9
	K	250	23.3	23.5	23.8	23.5
	MER	B	745	22.2	22.7	22.9
C		700	N.O.	N.O.	22.9	22.9
E		600	22.4	23.2	23.1	22.9
D		590	22.4	23.9	24.1	23.5
G		500	22.6	22.5	22.9	22.7
F		480	22.0	23.2	23.3	22.8
H		400	22.7	23.5	23.8	23.3
I		360	N.O.	24.3	24.2	24.3
J		330	22.8	23.9	24.0	23.6
K		250	23.4	23.9	24.1	23.8

a) Mean temperatures (°C) from flowering to veraison for CHD and from flowering to coloration for MER were measured.

b) Data not observed.

1975, 1975), 標高が高い圃場は, 標高差による気温の低下に加えて, 標高の低い圃場と比較してヴェ

Table 5 Mean air temperature (°C) of ripening period from veraison or coloration to harvest in CHD and MER

Variety	Vineyard	Altitude (m)	Mean air temperature (°C) of ripening period ^{a)}			
			2016	2017	2018	Mean
CHD	A	750	21.1	19.8	21.2	20.7
	B	745	22.5	21.5	21.8	22.0
	C	690	N.O. ^{b)}	N.O.	24.0	24.0
	E	550	24.4	23.1	25.3	24.3
	F	530	24.6	23.4	25.6	24.5
	G	500	23.6	23.2	25.1	24.0
	H	410	25.0	24.9	26.6	25.5
	K	250	26.2	28.0	28.7	27.6
MER	B	745	20.7	19.8	21.7	20.7
	C	700	N.O.	N.O.	22.0	22.0
	E	600	23.5	21.9	23.6	23.0
	D	590	24.3	20.6	21.5	22.1
	G	500	23.3	23.0	24.4	23.6
	F	480	24.4	23.4	24.6	24.1
	H	400	24.7	24.2	25.3	24.7
	I	360	N.O.	24.7	26.0	25.4
	J	330	25.8	25.5	26.6	26.0
	K	250	26.1	27.4	28.5	27.3

a) Mean temperatures (°C) from veraison to harvest for CHD and from coloration to harvest for MER were measured.

b) Data not observed.

レーズンあるいは着色を3週間程度遅く迎え, 成熟が遅れて進むことが成熟期間の気温の差異を大きくした要因と考えられる.

4. 標高が異なる圃場における収穫時の果実成分の差異

CHDおよびMERについて, 圃場の標高と収穫時の糖度, pHおよびリンゴ酸との関係をそれぞれ Figure 4, Figure 5, Figure 6に示した. CHDの糖度は, 標高との間に明確な相関が認められなかった. MERの糖度は, 2016年のみに標高との間にやや強い負の相関が認められたが, 2017年および2018年には明確な相関は認められなかった. ブドウの糖度は収穫の時期にも影響を受けるため, 収穫の時期が一定でなかったことが要因の一つと考えられる. 小林ら(1965)は 'Delaware' の糖度が成熟期における夜温の影響を受けること, 平均気温が22-28°Cの範囲では, 気温が低い産地において糖度が高いことを報告している. また, 横塚(2006)は, 山梨県における Winkler index に基づく有効積算温度とブドウ糖度の間に高い正の相関があることを示している. CHDのpHは, 2016年および2017年には標高との間にやや強い負の相関が認められたが, 2018年には明確な相関が認められなかった. MERのpHは, 2018年には

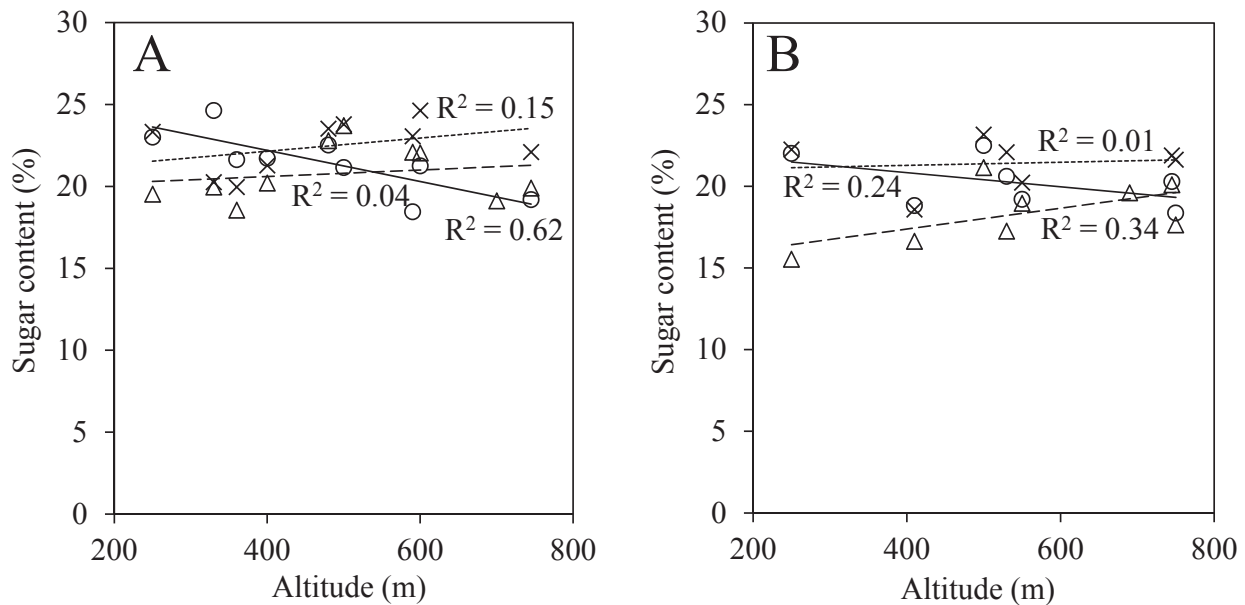


Figure 4 Correlation between vineyard altitude and sugar content (%) of grape berries for CHD (A) and MER (B) in 2016 (○), 2017 (×), and 2018 (△). Regression lines are shown for 2016 (solid line), 2017 (short dashed line), and 2018 (dashed line).

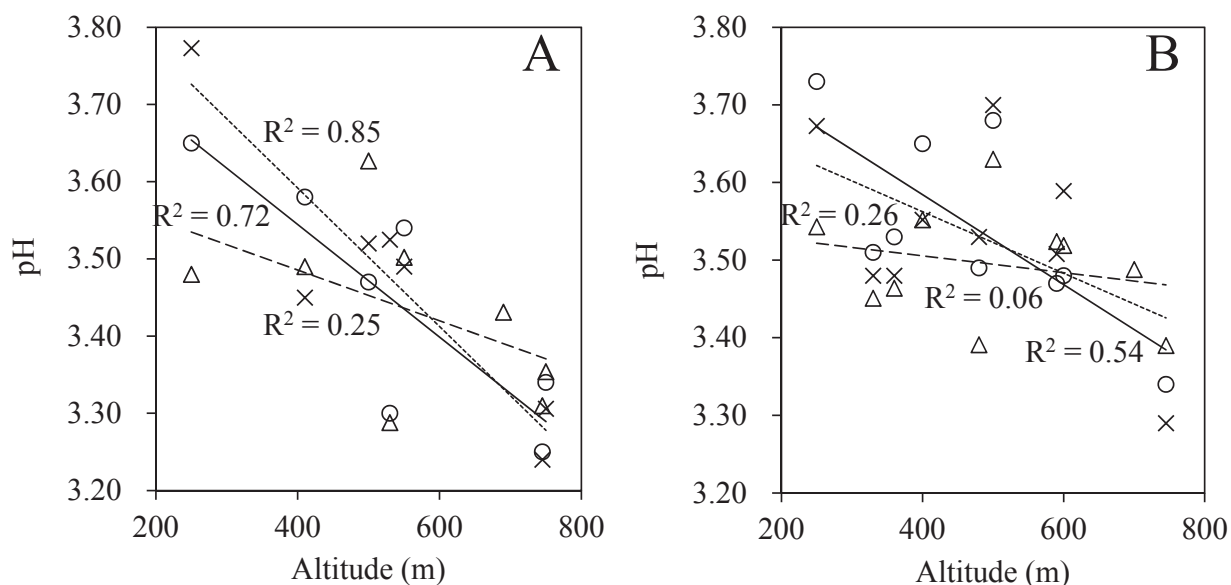


Figure 5 Correlation between vineyard altitude and pH of grape berries for CHD (A) and MER (B) in 2016 (○), 2017 (×), and 2018 (△). Regression lines are shown for 2016 (solid line), 2017 (short dashed line), and 2018 (dashed line).

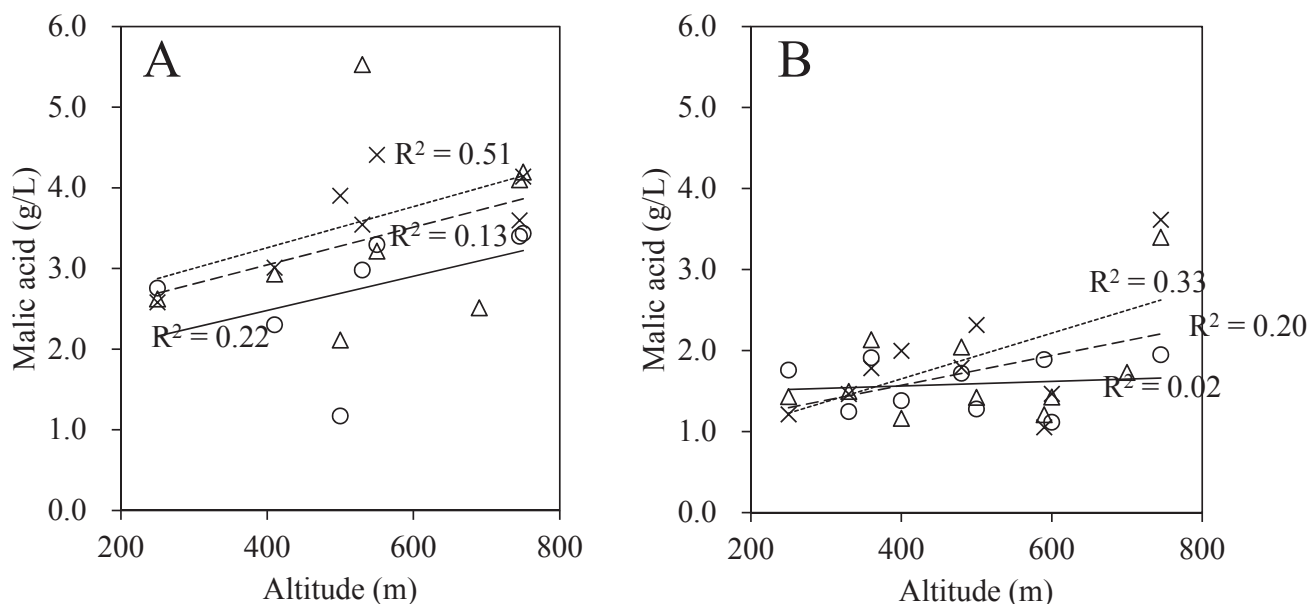


Figure 6 Correlation between vineyard altitude and malic acid (g/L) content of grape berries for CHD (A) and MER (B) in 2016 (○), 2017 (×), and 2018 (△). Regression lines are shown for 2016 (solid line), 2017 (short dashed line), and 2018 (dashed line).

標高との間に弱い負の相関が認められたが、2017年および2018年には明確な相関は認められなかった。リンゴ酸含有量は、2017年のCHDには標高との間にやや強い正の相関が認められ、MERには弱い正の相関が認められたが、両品種ともに2016年および2018年には明確な相関が認められなかった。2017年

の成熟期間の気温が2016年および2018年と比較して低かったことが、2017年のCHDおよびMERのリンゴ酸含有量と標高との間に正の相関が認められた要因であり、2016年および2018年は成熟期間の気温が高く、収穫のタイミングがリンゴ酸の減少により大きな影響を与えたものと推測される。Buttrose et

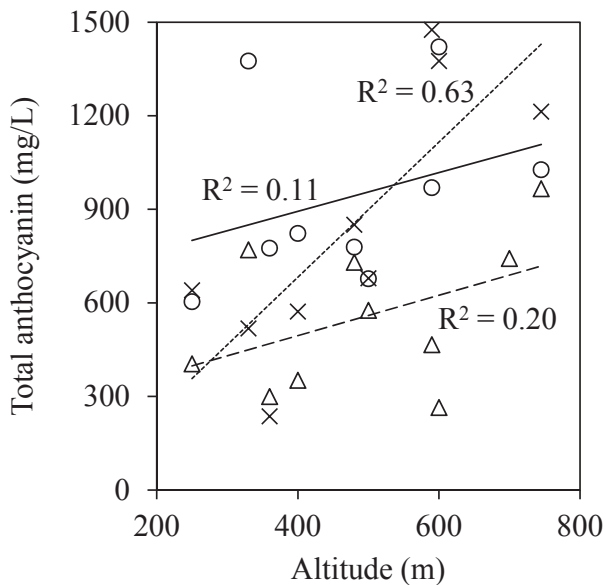


Figure 7 Correlation between vineyard altitude and total anthocyanin (mg/L) content of grape berries for MER in 2016 (○), 2017 (×), and 2018 (△). Regression lines are shown for 2016 (solid line), 2017 (short dashed line), and 2018 (dashed line).

al. (1971) は ‘Cabernet Sauvignon’ のポット栽培における温度がブドウ成分に及ぼす影響を調査し、温度が低い条件においてリンゴ酸の含有量が高まることを報告した。また、Coombe (1987) は、ブドウの酸度、特にリンゴ酸含有量は温度が高い環境で減少が大きいことを示している。MERの圃場の標高と収穫時のアントシアニン含有量の関係をFigure 7に示した。2017年は圃場の標高とアントシアニン含有量の間やや強い正の相関が認められ、特に標高が590 m以上の圃場においてアントシアニン含有量が多い結果であった。一方、2016年および2018年には明確な相関が認められなかった。ブドウのアントシアニンの蓄積は成熟期間の気温の影響を大きく受け、とりわけ高温条件下では、アントシアニン生合成の阻害(Mori et al. 2004, 2005, 菅名ら 1979, Yamane et al. 2006)に加えて、生合成されたアントシアニンの消失を促進することが示されている。2017年は成熟期間の平均気温および最低気温の平均が3年間の中で最も低く、特に標高の高い圃場においてアントシアニン含有量を増加させ、2018年は成熟期間の平均気温が高かったことがアントシアニン含有量を低下させた要因と考えられる。

以上の結果、ブドウの開花およびヴェレーゾンあ

るいは着色は、標高との間に相関が認められ、気温の影響が極めて大きいことが示唆された。一方、萌芽および果汁のpH、リンゴ酸含有量、果皮アントシアニン含有量は、標高との間に明確な相関がない年が認められた。とりわけ果実成分については、収穫の判断を各圃場の栽培者に委ねたために、病害の発生状況や成分含有量の考え方によって収穫時期が圃場間あるいは年ごとで異なった。その結果、ヴェレーゾンあるいは着色から収穫までの日数に31日から73日の大きな幅があったことが、特に成熟期間の気温が高く推移した2016年および2018年において相関に影響を及ぼしたものと推察される。しかしながら、これらに気温が大きく影響を及ぼしているものの、日照や降雨の気象条件、地形などの環境要因も影響を与えている可能性があり、今後の継続した調査が求められる。

要 約

山梨県内においてブドウが栽培される標高250 mから750 mの圃場はWIに基づいてregion IIIからVの幅広い気候区分に分類された。標高によるブドウ生育期間の気温差はブドウの萌芽、開花、ヴェレーゾンあるいは着色、および収穫の生育ステージを遅らせ、リンゴ酸およびアントシアニンの果実成分含有量に大きな影響を及ぼすことが示された。

謝 辞

本研究は農研機構生研支援センター「革新的技術開発・緊急展開事業（うち地域戦略プロジェクト）」の支援を受けて行った。また、山梨県ワイン酒造組合傘下の9ワイナリーにブドウ試料の採取と提供のご協力をいただいた。ここに記して、謝意を表す。

参考文献

- Buttrose, M. S., C. R. Hale and W. M. Kliewer. 1971. Effect of temperature on the composition of ‘Cabernet Sauvignon’ berries. *Am. J. Enol. Vitic.* **22**: 71-75.
- Coombe, B. 1987. Influence of temperature on composition and quality of grapes. *ISHS Acta Horticulturae.* **206**: 25-35.
- Coombe, B. 1995. Adoption of a system for identifying grapevine growth stages. *Aust. J. Grape Wine Res.* **1**:

- 100–110.
- Falcao, L.D., V. M. Burin, E.S. Chaves, H.J. Vieira, E. Brighenti, J.P. Rosier and M.T. Bordignon-Luiz. 2010. Vineyard Altitude and Mesoclimate Influences on the Phenology and Maturation of Cabernet-Sauvignon Grapes from Santa Catarina State. *J. Int. Sci. Vigne Vin.* **44**: 135–150.
- Glories, Y. and M. Augustin, 1993. Maturité phénologique du raisin, conséquences technologiques: Applications aux millésimes 1991 et 1992. In *Proc. Actes du Colloque Journée Technique du CIVB*. pp. 56–61.
- Jackson, D.I., and P.B. Lombard. 1993. Environmental and Management Practices Affecting Grape Composition and Wine Quality- A Review. *Am. J. Enol. Vitic.* **44**: 409–430.
- Jones, G.V. , A. A. Duff, A. Hall, and J.W. Myers. 2010. Spatial Analysis of Climate in Winegrape Growing Regions in the Western United States. *Am. J. Enol. Vitic.* **61**: 313–326.
- 岸本宗和, 乙黒美彩, 柳田藤寿, 安部正彦. 2017. Muscat Bailey A の副梢果房を用いた赤ワイン醸造におけるマストとワインの成分組成. *醸協.* **112**: 442–451.
- 気象庁. 2017. 地球温暖化予測情報第9巻, <http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/GWP/index.html> (Accessed Jul. 1st 2019).
- 鬼頭昂宏, 石川勇人, 鈴木智博, 齋藤史恵, 久本雅嗣, 奥田徹. 2018. ブドウ栽培指標に関する気象指標を用いた日本の地理的分類. *J. ASEV Jpn.* **29**: 23–31.
- 小林章, 行永寿二郎, 板野徹. 1965. ブドウの温度条件に関する研究 (第3報) 成熟期の夜温がDelawareの熟期と品質に及ぼす影響. *園学誌.* **34**: 26–32.
- Mori, K., N. Goto-Yamamoto, M. Kitayama and K. Hashizume. 2007. Loss of anthocyanins in red-wine grape under high temperature. *J. Exp. Bot.* **58**: 1935–1945.
- Mori, K., S. Sugaya and H. Gemma. 2004. Regulatory mechanism of anthocyanin biosynthesis in ‘Kyoho’ grape berries grown under different temperature conditions. *Environ. Control in Biol.* **42**: 21–30.
- Mori, K., S. Sugaya and H. Gemma. 2005. Decreased anthocyanin biosynthesis in grape berries grown under elevated night temperature condition. *Sci. Hortic.* **105**: 319–330.
- 大野宏之, 佐々木華織, 大原源治, 中園江. 2016. 実況値と数値予報, 平年値を組み合わせたメッシュ気温・降水量データの作成. *生物と気象.* **16**: 71–79.
- Parker, A.K., G.I. de Cortazar Azañón, C. van Leeuwen and I. Chuine. 2011. General phenological model to characterise the timing of flowering and véraison of *Vitis vinifera* L. *Aust. J. Grape Wine Res.* **17**: 206–216.
- 齊藤裕雅, 石平博, 馬籠純. 2017. 山梨県におけるブドウ栽培地の気候・理的特性検討. 水文・水資源学会2017年度研究発表会講演要旨. https://doi.org/10.11520/jshwr.30.0_102 (Accessed Jul. 1st 2019)
- 東京管区气象台. 2019. 気象変化レポート2018. https://www.jma-net.go.jp/tokyo/sub_index/kikouhenka/index.html (Accessed Jul. 1st 2019)
- 苫名孝, 宇都宮直樹, 片岡郁雄. 1979. 樹上果実の成熟に及ぼす温度環境の影響 (第2報) ブドウ ‘巨峰’ 果実の着色に及ぼす樹体及び果実の環境温度の影響. *園学雑.* **48**: 261–266.
- van Leeuwen, C., P. Friant, X. Choné, O. Tregoat, S. Koundouras, and D. Dubourdieu. 2004. Influence of Climate, Soil, and Cultivar on Terroir. *Am. J. Enol. Vitic.* **55**: 207–217.
- Villangó, S.Z., G.Y. Pásti, M. Kállay, A. Leskó, I. Balga, A. Donkó, M. Ladányi, Z. Pálfi and Z.S. Zsófi. 2015. Enhancing Phenolic Maturity of Syrah with the Application of a New Foliar Spray. *S. Afr. J. Enol. Vitic.* **36**: 304–315.
- 渡辺晃樹, 富田晃, 三宅正則. 2017. ブドウ園全体の醸造用ブドウの成熟を把握するための採取方法. *J. ASEV Jpn.* **28**: 98–99.
- Winkler, A.J., J.A. Cook, W.M. Kliever and L.A. Lider. 1974. *General Viticulture*. 4th ed. University of California Press, Berkeley.
- 山梨県工業技術センター. 2000. 葡萄酒醸造法. pp. 11–31.
- Yamane, T., S. T. Jeong, N. Goto-Yamamoto, Y. Koshita and S. Kobayashi. 2006. Effects of temperature on anthocyanin biosynthesis in grape berry skins. *Am. J. Enol. Vitic.* **57**: 54–59.
- 横塚弘毅. 2006. 山梨県における積算温度に基づいたブドウ糖殿予測. *J. ASEV Jpn.* **17**: 7–13.