

研 究 ノ ー ト

ICTによる気象情報の農業への活用 —宮城県産オリーブ葉のポリフェノール含量に及ぼす気象条件の影響—

岩田一樹、山口政人

東北福祉大学

要旨

本研究では先に報告している石巻市網地島、仙台市国見ヶ丘、感性福祉研究所中庭において採取されたオリーブ葉ポリフェノールの含量の違いを気候データに着目して検討を行った。具体的には、各気候データを説明変数、オリーブ葉ポリフェノール含量を目的変数として回帰分析を実施し、得られた決定係数を比較した。その結果、ポリフェノール含量には気温が影響することが明らかとなった。

キーワード：オリーブ、オリーブ葉、寒冷地栽培、ポリフェノール、チュニジア 網地島

1. 緒言

これまで我々は宮城県の地域振興を目的に、休耕地を活用した寒冷地オリーブ試験栽培を2018年に開始してから4年目を迎えた。栽培しているオリーブの品種はチュニジア産のChetoui（シェトウイ）、スペイン産のArbequina（アルベキナ）、ギリシャ産のKoroneiki（コロネイキ）の3品種である。現在のところ、国内におけるオリーブの寒冷地栽培は宮城県が北限とされ、東日本大震災後、石巻市は網地島を含む4地域でオリーブ栽培を開始した。2022年の時点でオリーブの樹は1600本以上を定植し、オリーブ果実の収穫量は500Kgを超えるまでに至っている¹⁾。同市はオリーブ栽培を地域振興の一つの軸に、オリーブオイルの6次産業化、養殖業への飼料開発、観光産業の活性、雇用創出など様々な目標を掲げている^{2,3)}。一方、これまでオリーブの寒冷地栽培を対象とした研究をあまり行われてこなかった。従って、寒冷地におけるオリーブの生育条件や有効成分の分析を継続的に実施し、それらの結果を栽培方法の最適化に応用、あるいは、地域産業振興のための基礎情報の一つとして発信していくことは学術的に意義深い。更に、日本におけるチュニジア産のChetouiの栽培は他に事例がなく、珍しい取り組みである。2018年の定植時、苗木の背丈は30センチメートル程度であったが、現在は樹高が2～3m、樹径が5cmを超える木も多く見られ、順調に生育している（Fig.1）。

オリーブのポリフェノールには抗酸化作用、抗菌作用、抗炎症作用、血糖値上昇抑制作用などの効果が知られている。特に、チュニジア産オリーブは、ヨーロッパ産オリーブと比べてポリフェノール含量が高いなどの特徴が報告されており⁴⁾、オリーブ葉から抽出したポリフェノールから抗がん作用や抗アレルギー作用など様々な生理活性があることが報告されている⁵⁻⁹⁾。更に、最近では、ポリフェノールの生理機能を期待した、オリーブ葉茶、枝葉の乾燥粉末を材料とした畜産用、養魚用飼料の開発など¹⁰⁻¹¹⁾、多面的なオリーブ研究が実施されており、オリーブは研究対象として大きな可能性を秘めている。我々は、これまで、寒冷地宮城県で栽培したオリーブの特色を明らかにするため、石巻市網地島（露地栽培）、仙台市国見ヶ丘（露地栽培）、感性福祉研究所中庭（半室内栽培）において試験栽培し、4年目を迎えたオリーブ3品種の葉抽出液中の総ポリフェノールを定量した。その結果、石巻市網地島にて栽培したオリーブにおいて、オリーブ葉ポリフェノールの含量が他の2地域と比較して有意に高いことがわかった（Fig.2）¹²⁾。

この測定は継続的に実施しているものであり、寒冷地栽培による影響の有無等を調査することを目的としている。

一方、我々は上記の3地点に独自の気象観測装置を設置し、ICT（Information and Communication Technology）を活用して遠隔で気象データ（照度、気温、湿度など）を取得している。植物の生育と気候条件は密接に関係しているため、これら3地点での気象データとオリーブ葉ポリフェノールの含量を比較することで、ポリフェノールの含量がどの気候条件との関係性が深いのか検討可能と考えられる。また、気候条件が植物の生育と関連するのはオリーブのみではないため、得られた知見の応用範囲は広く、様々な健康機能に寄与するポリフェノールの含量をコントロール可能とすることで、植物の付加価値向上とそれを生かした地域振興に寄与することが可能と考えられる。

本研究では、石巻市網地島、仙台市国見ヶ丘、感性福祉研究所中庭に生育するオリーブ葉のポリフェノールの含量の違いを気候条件などから検討することを目的とする。



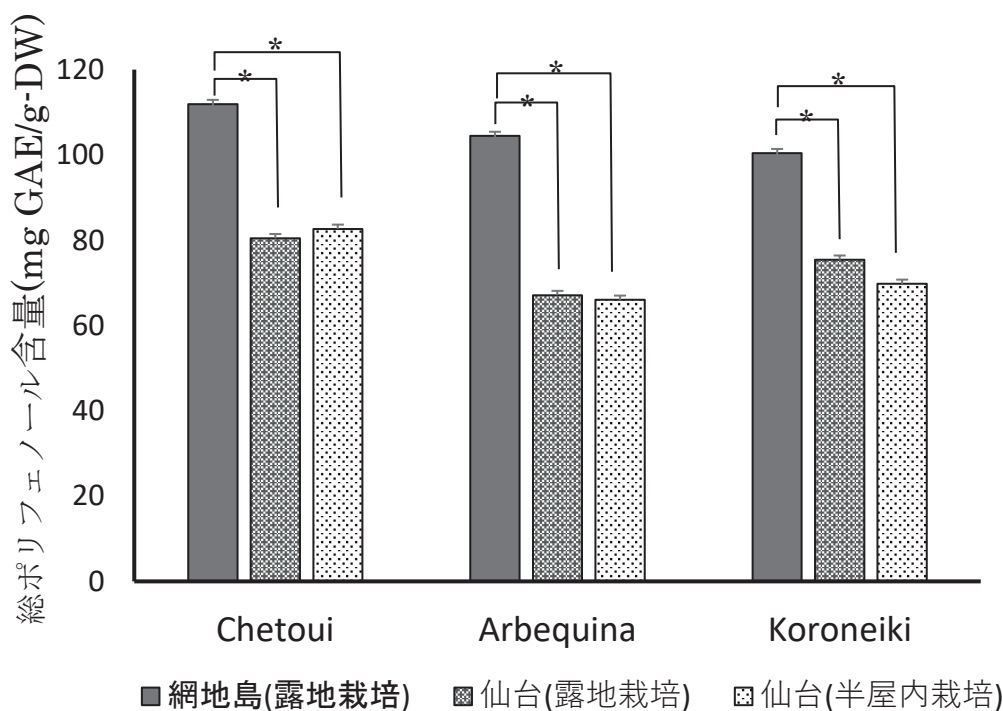
Fig.1 オリーブの試験栽培の様子。(a) 石巻市網地島（撮影日：2022年9月25日）、
(b) 仙台市国見ヶ丘（撮影日：2022年8月14日）、(c) 感性福祉研究所中庭（撮影日：2023年1月30日）

2. 研究方法

2-1. 試料及び実験方法

試料となるオリーブの葉は、石巻市網地島オリーブ農園（採取日：2021年11月23日）、仙台市国見ヶ丘キャンパスの教育実践農園、並びに、同キャンパス感性福祉研究所の中庭の花壇（半屋内栽培：周囲が白いガラスとコンクリート壁に覆われ、屋根は無い）（採取日：2021年10月21日）において試験栽培中の3品種のオリーブの樹（樹勢が良い各種5本）から葉（Chetoui、Arbequina、Koroneiki）を採取したものとしました。石巻市網地島オリーブは2018年5月25日に苗木を植樹、仙台市国見ヶ丘キャンパスのオリーブは2018年8月12日に苗木を植樹し、3度目の越冬を経験し、宮城県の気候に順応してきていると考えられる。

栽培条件は次の通りである。石巻市網地島の休耕地には、オリーブを30本定植（各品種10本ずつ）、仙台市国見ヶ丘の教育実践農園には45本定植（各品種15本ずつ）、仙台市国見ヶ丘感性福祉研究所の中庭花壇には21本定植（各品種7本ずつ）している。施肥の時期においては、市販の混合肥料（窒素：リン：カリウム＝5：5：5）を3月と7月、苦土石灰を2月とした。灌水はせず自然降雨のみとし、病原菌への抵抗性を維持するため無機性銅水和剤を年1回散布、風通しを良くするため年1回の枝の剪定を実施した。樹勢が良い条件として、樹高が1.5～2m、樹径5～10cm（地上から5cmの高さ）、害虫被害を受けておらず、枝は弾力性に富み、濃い緑色を呈した葉を有する樹とし、各品種5本ずつを選定した。



■ 網地島(露地栽培) ■ 仙台(露地栽培) ▨ 仙台(半屋内栽培)
 Polyphenol content: mgGAE/g-DW, GAE: Gallic acid equivalent, DW: Dry weight
 Data represent the mean of three determination ± standard deviation
 * : p<0.05 at same cultivar

Fig.2 オリーブ葉抽出物の総ポリフェノール含量 (12) Fig.3から引用)

2-2. 試料の調製

採取した各オリーブの葉100～200枚程度を蒸留水で洗浄後、乾燥機 (Food Dehydrator LT-81) で80℃、2時間乾燥し、粉碎機 (Multi Grinder, BioloMix700) を用いて粉末にした。各種オリーブ葉の乾燥粉末1.0gを遠沈管に入れ、70%エタノール10mLを加え、室温 (24℃ ± 2℃)、暗所下で3日間振とうした。その後、遠心力5,500 × g、10分間遠心分離し、上清を回収、10mLに定容し、ポリフェノール抽出液とした。各種分析実験を実施するまで4℃下で遮光保存した。

2-3. 総ポリフェノール含量の測定

Folin-Ciocalteu法によりオリーブ葉に含まれる総ポリフェノールを定量した。抽出液はISO14502-1:2005に基づき、エタノール濃度が20%を超えない範囲で適宜純水により希釈し1.0mLとし、フェノール試薬 (関東化学) 5mLを加えた後、5分後に7.5% (W/V) の炭酸ナトリウム溶液4.0mLを加え、室温で60分放置後、分光光度計 (Novaspec II Spectrophotometer) により765nmにおける吸光度を測定した。ブランクは純水とした。検量線は、10、20、30、40、50 μg/mLに溶解した没食子酸一水和物 (FUJIFILM Wako) を用いて作成し、試料中の総ポリフェノール含量を没食子酸相当量 (mg-GAE/gDW) として求めた¹³⁾。ここで、GAEはGallic acid equivalent、DWはDry weightを示す。総ポリフェノール量の計算式は次の通りである。

$$W_t = \frac{(D_{\text{sample}} - D_{\text{intercept}}) \times V_{\text{sample}} \times d}{S_{\text{std}} \times M_{\text{sample}}}$$

Wt：試料中の総ポリフェノール量、Dsample：試料溶液の吸光度、Dintercept：検量線Y軸切片の吸光度、Sstd：検量線の傾き、Msample：試料量 (g)、Vsample：試料抽出液量 (mL)、d：比色定量した時の試料希釈倍率。

2-4. 気象データの測定

本研究では3台の気象観測装置を石巻市網地島、仙台市国見ヶ丘、感性福祉研究所中庭に設置し、気象情報の取得を行った¹³⁻¹⁴⁾。気象測定は約10分毎に行い、記録する項目は測定時刻、気温 [°C]、湿度 [%]、照度 [lux]、風向 [°]、風速 [m/sec]、雨量 [mm] の7種類である。なお、取得データはサーバに転送・保存され、遠隔から確認可能になっている。

2-5. 土壌の簡易分析

各試験栽培地3地点（網地島、仙台市国見ヶ丘、感性福祉研究所中庭）の土壌を採取し簡易分析を行なった。土壌採取地点は、樹勢が良い樹を5本選定し、それぞれの樹の樹幹先端から30cm程度内側の3箇所について地表の枯葉等を除いて、主要根群域20cm程度までを上下に2等分して採土し、各層ごとに混合した。土壌試料を風乾後2mmの網ふるいに通し、試料瓶に保存した。pHの測定については、ガラス電極法により測定した。即ち、風乾土壌10gに25mLの蒸留水を加え、常温で1時間振り混ぜた後、ろ紙（No.5C, アドバンテック東洋）を用いて濾過し、その濾液をpHメーター（MJ-7200, Sato tech）により測定した。可給態窒素については、80°C・16時間水抽出-COD簡易比色法により測定した¹⁵⁻¹⁶⁾。即ち、風乾土壌3gに50mLの蒸留水を加え、80°Cに加温したウォーターバスの中で16時間静置した後、ろ紙で濾過後、その濾液を5,500×g、20分間遠心分離し、上澄み液を簡易水質測定器パックテストCOD（共立理化学）を用いて測定した。カリウムイオンとリン酸イオンの測定には、風乾土壌4gに10mLの蒸留水を加え、常温で16時間静置した後、ろ紙で濾過し、その濾液を5,500×g、20分間遠心分離した。その上澄み液をイオン電極法によるコンパクトイオンメーター（LAQUAtwinK-11, HORIBA）、並びに吸光度法による低濃度リン酸塩測定器（HI713, HANNA instruments）を用いて、それぞれを測定した¹⁶⁾。硝酸態窒素、カルシウムイオン、マグネシウムイオンの測定については、同様の濾液を用いて、簡易水質測定器パックテスト（共立理化学）により測定した¹⁷⁾。

3. 結果と考察

3-1. オリーブ葉抽出物のポリフェノール含量と気象条件

オリーブ葉中のポリフェノール含量は、Folin-Ciocalteu法を用い、没食子酸の検量線、並びに前述した計算式に基づき、乾燥葉1g当たりの重量 (mg) を没食子酸換算 (mgGAE/gDW) で表し、得られた定量値を測定した (Fig.2)。その結果、オリーブ葉のポリフェノール含量は、3種全てが石巻市網地島で栽培したオリーブが仙台市国見ヶ丘に比べて有意に高い値を示した。具体的には、Chetouiにおいては、石巻市網地島 (111.9mgGAE/gDW) は仙台市国見ヶ丘 (80.5～82.7mgGAE/g-DW) と比較して約1.4倍多かった。Arbequinaにおいては、石巻市網地島 (104.4mgGAE/g-DW) は仙台市国見ヶ丘 (66.0～67.1mgGAE/g-DW) と比較して約1.6倍多かった。Koroneikiにおいては、石巻市網地島 (100.4mgGAE/gDW) は仙台市国見ヶ丘 (69.8～75.4mgGAE/gDW) と比較して約1.4倍多かった¹²⁾。

このポリフェノール含量の違いを気象データから検討するに当たり、我々は取得している気象データの中から、特に植物の生育と関係が深いと考えられる、照度、温度、湿度に着目した。更に、昼間と夜間が影響している可能性も考えて、1日の平均、昼間の平均、夜間の平均を算出した。ここで、昼間と夜間は気象センサに取り付けられている照度計 (lx) を用いて0lxを超える時間帯を昼間、0lxである時間帯を夜

間とした。加えて、果樹栽培の収穫時期は積算温度を参考にすることがあり、積算された条件も関係する可能性があると考え、照度と温度については後述の期間の積算照度と積算温度についても検討に加えた。尚、積算は「平均値×日数」で算出するが、平均値を取得する際にその日の最大値と最小値を加えて2で除する方法と測定毎の値の総和を測定回数で除する方法があるが、本研究ではより平均値としての精度が高い後者を採用した。また、分析に用いる気象データの期間は、ポリフェノール含量を測定した葉を採集したのが10月～11月であることから、葉の採集前の6月1日～9月30日のものを参照した。

Fig.3～5は、それぞれ、横軸に照度、気温、湿度、縦軸をオリーブ葉のポリフェノール含量としてプロットしたものである。以下、図中の●、◆、▲は、それぞれ、Chetoui、Arbequina、Koroneikiを意味する。照度については1日の平均照度と積算照度ともに同様な傾向が見て取れ、照度が高いほど、ポリフェノール含量が高い (Fig.3)。気温については1日の平均気温、日中の平均気温、夜中の平均気温、積算気温のいずれにおいても気温が低いほどポリフェノール含量が高いことが見て取れる (Fig.4)。最後に、湿度については、一日の平均湿度、昼間の平均湿度、夜間の平均湿度のいずれにおいても湿度が高い方がポリフェノール含量も高い (Fig.5)。

本稿ではデータ点の不足から定量的な議論は困難だが、Fig.3～5から定性的に「日中の平均気温」、「積算気温」、「日中の平均湿度」において、ポリフェノール含量との線形性が高いことが見て取れる。このことは、線形性が高いことが横軸と縦軸との関連性が深いことを示唆することから、気温と湿度がポリフェノール含量に影響する可能性を示唆している。一方、興味深いことに昼間の平均気温とポリフェノール含量との線形性が高いのに対して、夜間の平均気温においては線形性が良くないことが見て取れる。昼間と夜間とを比較すると平均気温で2℃程度の違いがあるので、それが影響している可能性もあるが、昼夜で最も異なるのは照度と考えるのが自然である。しかし、照度とポリフェノール含量の線形性は良くないため、照度は葉のポリフェノール含量を説明していないと判断される。これらの結果から、我々はポリフェノール含量には気温と特定波長の光が関係している可能性を我々は提唱したい。すなわち、植物の成長に不可欠な光合成はポリフェノール含量に影響すると考えられるが、光合成に用いられる光は特定波長のものであるため、その量が3地点で異なるということである。植物の光合成に利用される光の波長の範囲は400nm-700nmであり、その範囲内でも600-700nm (赤) と400-500nm (青) の光の吸収率が高いことが知られている。したがって、この400nm-700nm波長内の分布が島と内陸、壁に囲まれた路地で反射光が主な場所で異なる可能性がある。そして、クロロフィルの吸収率の観点からは600-700nmと500-600nmの量が影響していると推察されるが、このポリフェノール含量と気温、光の関係については、影響を与える光の波長の調査など今後更なる研究、検討が必要である。また、気温は風速と密接に関係している。風速は栽培地の地形に加え、障害となる雑木林や建造物の有無など複数の因子によって影響を受ける。ポリフェノール含量と気温との相関を述べるためには、風速に関する詳細な解析も必要と考えており、これも今後の課題とする。

一方、湿度については、オリーブの原産国であるチュニジアが乾燥している国である点、更に、我々が得ているポリフェノール含量がチュニジアで栽培しているチュニジア原産Chetouiの値と類似していることを合わせて検討すると、湿度と関係があるように見えるのは、気温との相関があることが理由であり、本質的にはポリフェノール含量には気温の影響が主であると推察できるが、この点についても結論を下すには更に検討が必要である。

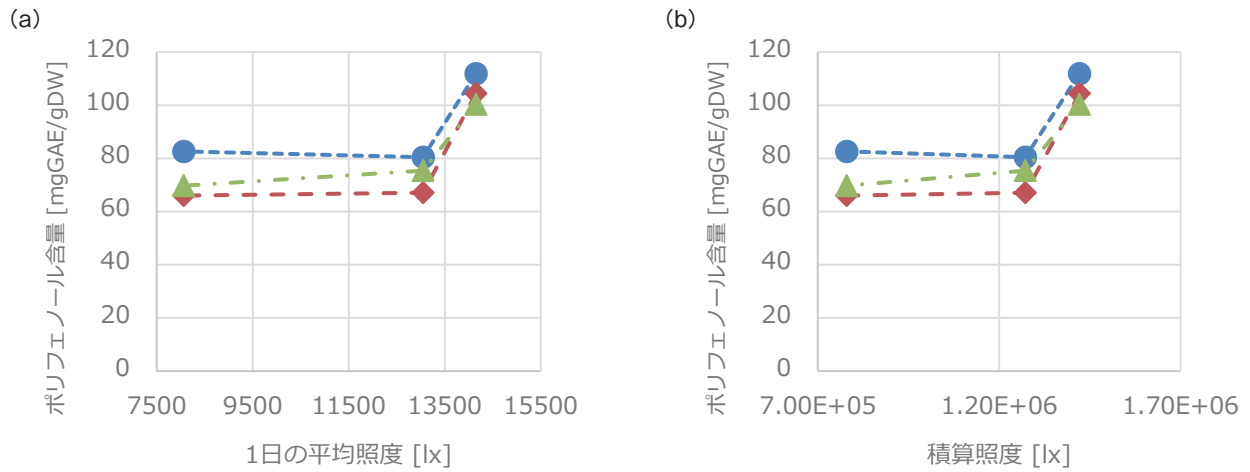


Fig.3 ポリフェノール含量の照度依存性。(a) 1日の平均照度、(b) 積算照度

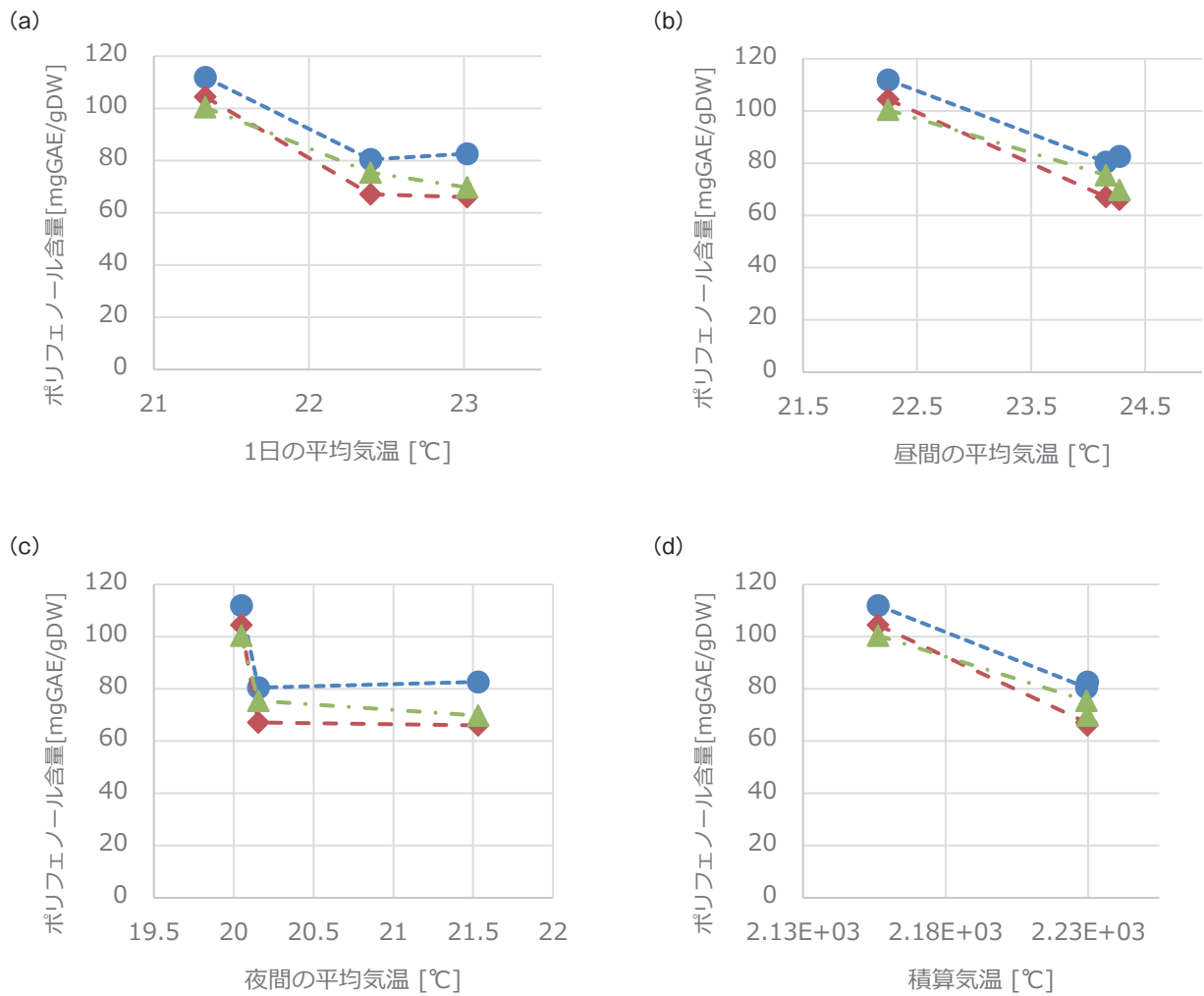


Fig.4 ポリフェノール含量の気温依存性。(a) 1日の平均気温、(b) 昼間の平均気温、(c) 夜間の平均気温、(d) 積算気温

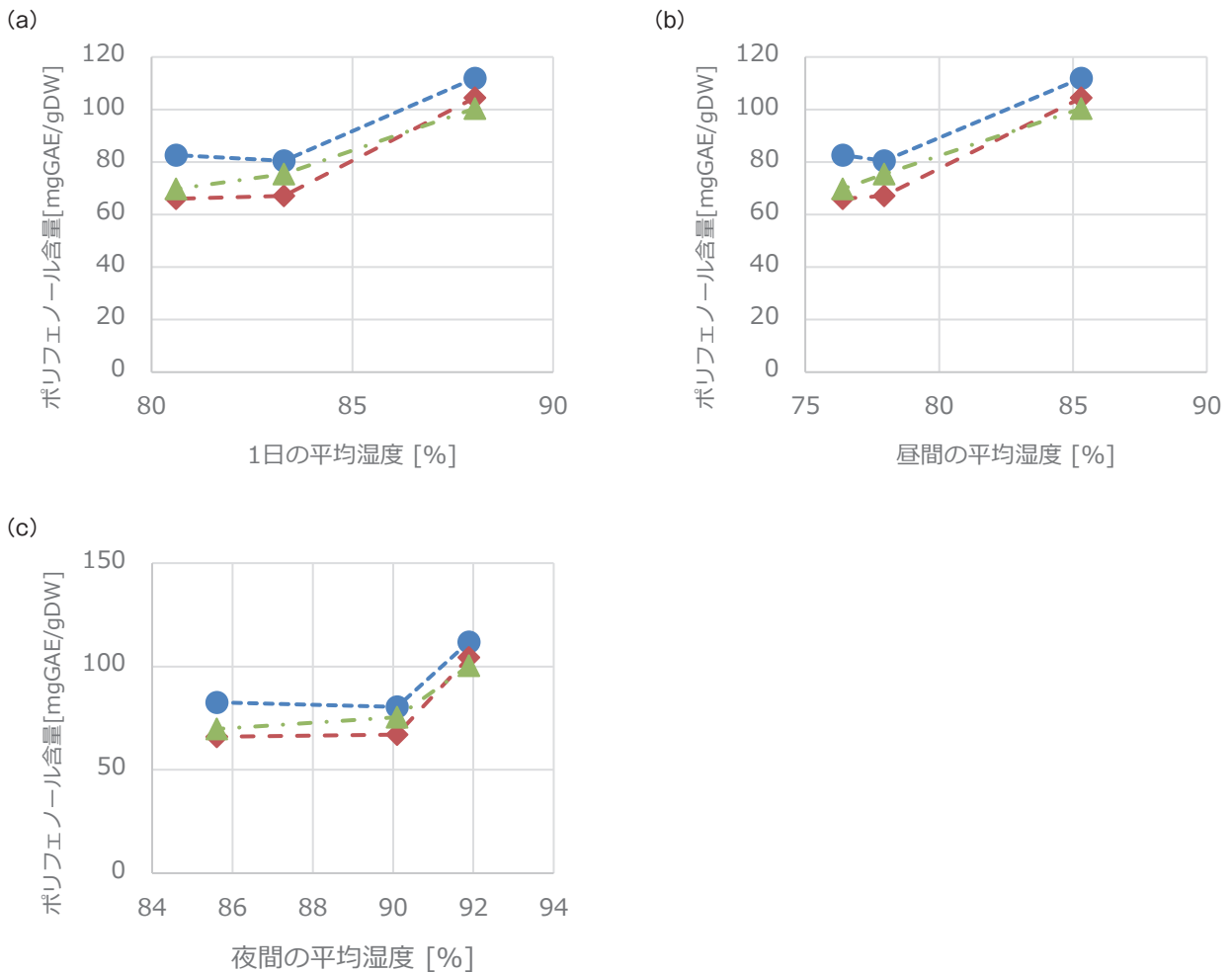


Fig.5 ポリフェノール含量の湿度依存性。(a) 1日の平均湿度、(b) 昼間の平均湿度、(c) 夜間の平均湿度、(d) 積算湿度

3-2. 土壌成分とオリーブ葉抽出物のポリフェノール含量

各試験栽培地における土壌分析の結果を表1に示した。可給態窒素については、石巻市網地島の土壌 (7.4mg/kg) は仙台市国見ヶ丘2地点 (10.4mg/kg, 10.8mg/kg) より低い値を示した。可給態窒素は土に含まれている無機態窒素と土中の有機物が微生物によって無機化されて放出される無機態窒素を合わせたものであり、作物が土から吸収して利用できる窒素である。このうち硝酸態窒素は無機態窒素の一つであるとされており、今すぐに作物が吸収できる窒素が土の中にどれくらい含まれているかを示すものである。その硝酸態窒素も可給態窒素と同様の傾向が見られ、石巻市網地島の土壌 (0.9mg/kg) は仙台市国見ヶ丘2地点 (2.0mg/kg, 2.5mg/kg) より低い値を示した。石巻市網地島のオリーブ葉ポリフェノール含量は仙台市国見ヶ丘の2地点で栽培したオリーブよりも有意に高いことと、土壌中窒素成分との間に関係があるのかも知れない。一方、リン酸については、石巻市網地島 (46.9mg/kg) が仙台市国見ヶ丘2地点 (38.9mg/kg, 33.5mg/kg) と比べて高い値を示した。我々はオリーブの苗木を定植し、4年間同様の施肥を実施してきたものの、上述のように地域間で成分含量に違いが見られたことの原因については、その土地特有の土壌成分や土壌細菌叢、団粒構造、水捌け等の生物学的あるいは物理化学的な性情の違い、加えて降水がもたらす土壌成分の流出などの影響があるのかも知れない。植物の葉におけるポリフェノール含量と土壌成分の関係については、李らが有機肥料と化成肥料の施用が茶ポリフェノールの量に与える影響について調査しており¹⁸⁾、有機肥料と化成肥料とも窒素施肥量の増加に従って茶ポリフェノールのカテキ

ン類の蓄積量が減少する傾向を認めたことを報告している。李らは茶葉の採取時期、施肥量、施肥時期、茶葉ポリフェノールの時期別変動等、詳細な実験条件の下で調査している。また、宛は茶樹におけるリン及びカリの代謝について調べており、土壤中のリンが茶葉の光合成を活性化しポリフェノールの基質である糖の生成を促進することでポリフェノールの合成にはプラスに働くと報告している¹⁹⁾。今回、石巻網地島のオリーブ葉中ポリフェノール含量が仙台市国見ヶ丘2地点で栽培したオリーブに比べて有意に高かったこと、石巻市網地島の土壤の可給態窒素、硝酸態窒素が仙台市国見ヶ丘2地点の土壤に比べて低い値であったこと、一方、リンの含量は多かったことは、李、宛の報告のようにオリーブ葉においても共通した性質があるのかも知れない。しかし、葉の段階的な採取時期の設定、時期別ポリフェノール含量調査等、厳密な実験条件を設定していないため、土壤成分と葉中ポリフェノール含量の関係を述べるにはまだ基礎情報が少ない。これに関しても今後再調査が必要である。

表1 各試験栽培地の土壤の化学的特性

	pH	(mg/kg)					
		可給態窒素	硝酸態窒素	リン酸	カリウム	カルシウム	マグネシウム
石巻市網地島	6.4	7.4	0.9	46.9	22.5	52.5	12.5
仙台市国見ヶ丘	6.5	10.8	2.0	38.9	37.5	67.5	7.5
感性福祉研究所中庭	6.2	10.4	2.5	33.5	17.5	77.5	27.5

pH以外は全て乾燥土壌ベースで換算

結 言

本研究では、宮城県3地点(石巻市網地島、仙台市国見ヶ丘)で試験栽培している3種のオリーブ(Chetoui、Arbequina、Koroneiki)の葉中ポリフェノール含量の違いの理由を気候に着目して検討した。その結果、ポリフェノール含量の違いには「昼間の平均気温」と「積算気温」が影響を与える可能性が示唆された。また、夜間に比べて昼間の気温の方がポリフェノール含量を良く説明できる一方で、照度による説明が不十分であった結果から特定波長の光がポリフェノール含量に影響する可能性が見出せた。これらの研究を通して、将来的には寒冷地栽培のオリーブの価値を高めていくと共に網地島産オリーブの付加価値を高め、離島振興の一助になることを期待する。

謝 辞

本研究は東北福祉大学感性福祉研究所において、文部科学省の研究施設運営支援の助成を得て行なわれました。本研究は、チュニジア種苗会社のMuhamed Gahbi Mahjoub社長、チュニジア農業大学元学長のHarrabi教授、石巻市牡鹿総合支所、NPO法人ジョイフル網地島の阿部孝博代表他事務局の皆様、網地島島民の皆様等、多くの方の協力の下で行なわれました。ご関係の皆様へ深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 宮城県石巻オリーブ記事一覧.「石巻産オリーブを収穫しました」
<https://www.pref.miyagi.jp/soshiki/et-sgsin-ns/201110.html> 東部地方振興事務所 農業農村整備部農村振興班
- 2) 河北新報「東京五輪 チュニジア選手団、事前合宿終え選手村へ「ありがとう石巻」」
<https://kahoku.news/articles/20210723khn000021.html> 2021年7月23日

- 3) 宮城県石巻オリーブ記事一覧. 「平成30年産「石巻産オリーブオイル」試食会」
<https://www.pref.miyagi.jp/soshiki/et-sgsin-ns/olive-2018-3.html> 東部地方振興事務所 農業農村整備部農村振興班
- 4) JSTNews jst.go.jp/pr/jst-news/backnumber/2010/201011/pdf/2010_11_p14.pdf 1 バックナンバー11月号 (独) 科学技術振興機構発行, 7 (8), 2010
- 5) Savournin, C., Baghdikian, B., Elias, R., Dargouth-Kesraoui, F., Boukef, K. and Balansard, G. “Rapid high-performance liquid chromatography analysis for the quantitative determination of oleuropein in *Olea europaea* leaves” *Journal of Agricultural Food chemistry* 49, 618-621, 2001
- 6) Gonzales, M., Zarzuelo, A., Gamez, M.J., Utrilla, M.P., Jimenez, J. and Osuna, I. “Hypoglycemic activity of olive leaf” *Planta Med* 58, 513-515, 1992
- 7) Bisignano, G., Tomaino, A., LoCascio, R., Crisafi, G., Ussella, N. and Saija, A. “On the in-vitro antimicrobial activity of oleuropein and hydroxytyrosol” *Journal of Pharmacy and Pharmacology* 51 (8), 971-974, 1999
- 8) Parida, Y., Junkyu, H. and Hiroko, I. 「オリーブ由来ポリフェノール成分の抗がん・抗アレルギー活性解析」『*沙漠研究*』18 (4), 183-187, 2009
- 9) Nakazaki, E., Junkyu, H. and Hiroko, I. 「チュニジア産オリーブ葉抽出物のヒト白血病細胞分化誘導作用」『*New Food Industry*』52 (7), 21-27, 2010
- 10) Bouarab, C., Degraeve, P., Ferhout, H., Bouajila, J. and Oulahai, N. “Plant antimicrobial polyphenols as potential natural food preservatives” *Journal of Food Agriculture* 15;99 (4), 1457-1474, 2018
- 11) 大山憲一、大西茂彦、松岡博美、東畑 顕、石田典子、小川雅廣 「オリーブ葉添加飼料を投与した養殖ブリ筋肉の脂質および呈味評価」『*Nippon Shokuhin Kagaku Kougaku Kaishi*』64 (10), 507-514, 2017
- 12) 山口政人、岩田一樹、庭野道夫、磯田博子、『*宮城県で栽培したオリーブの有効成分の基礎研究*』感性福祉研究所年報, 第23巻, pp.65-72, 2022.
- 12) Folin, O. and Denis, W. “A Colorimetric method for the determination of phenols (and phenolderivatives) in urine” *Journal of biological chemistry* 22, 305-308, 1915
- 13) 岩田一樹、庭野道夫、山口政人、『*ICTを活用した気象情報の取得*』, 感性福祉研究所年報, 第21巻, pp.93-101, 2021
- 14) 岩田一樹, 山口政人, 庭野道夫, 「*ICTと気象センサを組み合わせた気象情報モニタリング*」, 感性福祉研究所年報, 第23巻, pp.87-94, 2022
- 15) 上蘭一郎, 加藤直人, 森泉美穂子, 「日本の畑土壌に対する80℃ 16時間水抽出法による可給態窒素簡易評価法の適用性」, *Japanese Society of Soil Science and Plant Nutrition*, 39-43, 2010
- 16) 農研機構, 「簡易測定用試薬と簡易吸光度計を用いた畑土壌分析マニュアル」, 2013
- 17) 松岡憲吾, 波田善夫, 「パックテストによる簡易土壌養分分析法」, *Naturalistae*, 12, 33-40, 2008
- 18) 李家華、石黒悦爾、根角厚司、石川大太郎、清水圭一、坂田祐介、橋本文雄 「肥料の違いが茶ポリフェノール類の含量に与える影響」 *農業生産技術管理学会誌*, 14 (2), 87-92, 2007
- 19) 宛曉春主編 「茶樹におけるリンおよびカリの代謝」, 「*茶葉生物化学*」, 中国農業出版社, 北京, pp151, 2003

