

見た目よし味よしのリンゴにするために～尿素とABAの影響～

生物資源科学部 アグリビジネス学科

2年 村澤 美結

2年 大泉 りさ

2年 三津谷 日菜子

指導教員 生物資源科学部 アグリビジネス学科

准教授 北本 尚子

アグリイノベーション教育研究センター

准教授 今西 弘幸

【背景と目的】

近年、日本全国のリンゴ産地で黒星病の被害が増加傾向にあることが問題となっている。この対策として、越冬した被害落葉に尿素を散布し、殺菌することが検討されている。しかし、尿素に含まれる窒素は、一般に果実の着色や糖度を減少させるため、林床への尿素散布によって、果実の着色や食味が低下する可能性がある。一方、先行研究から、果面にアブシジン酸（以下、ABA）を散布すると、窒素の吸収が阻害され、果皮の着色が改善することがわかってきた（Wang et al. 2020）。また、ABAの散布が、可溶性の糖含量や果皮のアントシアニン含量を増加させることも分かっている。もしも、ABA処理によって窒素の吸収が阻害されるならば、尿素散布による着色や食味の低下を軽減できる可能性がある。

そこで、本研究は、林床への尿素散布と果面へのABA処理が、リンゴの着色や食味に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。また、先行研究では可溶性の糖組成について触れられていなかったため、本研究では処理区間ごとに糖組成へ差が生じるのかについても調査した。

【材料および方法】

林床への尿素散布の有無と果面へのABA散布の有無を組合せた4処理区を設けた。アグリイノベーション教育・研究センター（以下、AIC）のリンゴ果樹園で尿素を散布する区画と、散布しない区画を設けた。尿素は2021年3月23日に窒素換算1.8kg/10aをスピードスプレーヤーを用いて林床に散布した。各区画から‘ジョナゴールド’を2樹ずつ、計4樹を選び、一般的な栽培管理を行った。満開後135日目にあたる9月17日に、各樹24果実を選び、半分の12果実にABA溶液（ABA:100 mg/L、展着剤ブレイクスルー:0.03%）を噴霧器で約15mL散布した。残りの12果は、無処理区とした。散布する際に、ABA溶液が無処理区の果実に飛散しないように、対象果実をビニールで囲い、処理を行った。ABA散布は同日の9時、15時、17時の計3回行った。果実は10月11日に収穫した。

1. 糖度、酸度の測定とアントシアニン質量推定

収穫した果実から色づきが中庸な果実を樹ごとに各処理6個ずつ選び、計測に用いた。10月26日に果汁を絞り、糖度と酸度を糖酸度計（アタゴ、PAL/BX）で計測した。その際に、赤道面を一周するように果皮を皮むき器でむき、果汁とともに-30度で保存した。11月16日に、前回の測定時に保存しておいた果皮を用いて、アントシアニンの含量の質量を分光光度計を用いて推定した。また、計測した糖度と酸度の値を用いて、食味に関する糖酸比を算出した。

2. F-キットを用いた、ショ糖/D-グルコース/果糖の測定

2月15日に、F-キット（JKインターナショナル）を用いてショ糖、D-グルコース、果糖の測定を行った。糖組成は、冷凍保存しておいた果汁を100倍希釈して計測した。F-キット中の各種酵素で、糖を分解し、分光光度計で計測した吸光度から各糖の含量を推定した。

【結果】

1. 糖度、酸度測定とアントシアニン質量推定

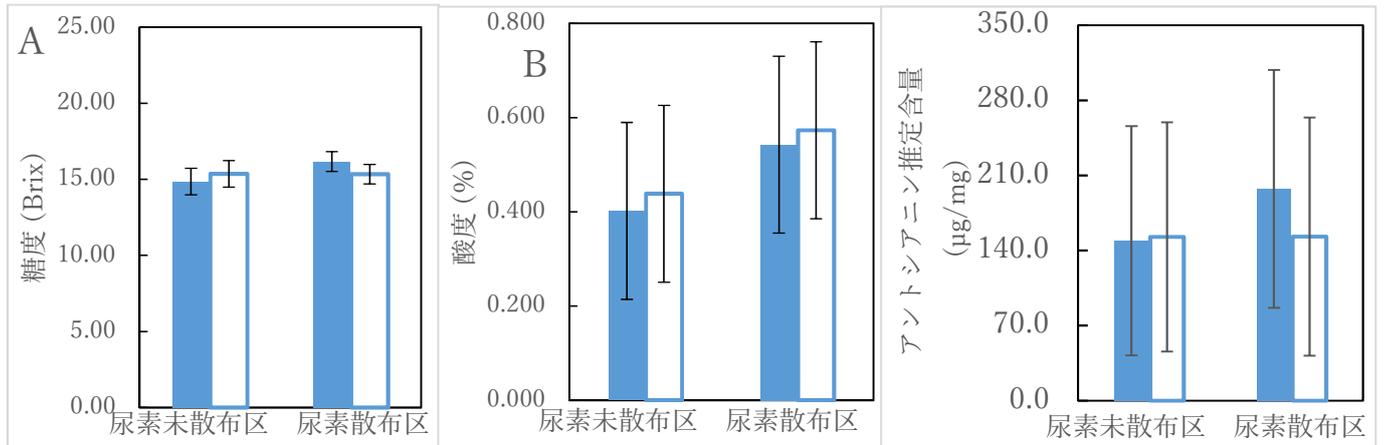
尿素散布区の糖度と酸度は平均15.8度と0.6%で、散布してない区よりも有意に高かった（第1表）。尿素とABA散布を組み合わせた4処理区間で、リンゴ果実の糖度を比較したところ、尿素とABAを散布した区は、尿素を散布せずABAのみ散布した区よりも有意に糖度が高かった（第1表、第1図A）。一方、酸度については、どの処理区間にも有意差は見られなかった（第1表、第1図B）。果皮に含まれるアントシアニンの推定質量は、尿素とABAともに散布した区で平均197.5 $\mu\text{g}/\text{mg}$ であり、尿素未散布のABA処理区よりも多い傾向が見られたが、処理区間で有意差は見られなかった（第1表、第1図C）。

第1表 各処理区における糖度・酸度・アントシアニン含量の平均値

尿素散布	ABA散布	糖度 (Brix)	酸度 (%)	アントシアニン含量 ($\mu\text{g}/\text{mg}$)
あり	あり	16.2 ab^x	0.6 a	197.5 a
	なし	15.3 ab	0.5 a	153.0 a
なし	あり	14.8 b	0.4 a	149.2 a
	なし	15.4 ab	0.4 a	152.6 a
尿素散布の効果 ^y		*	*	ns
ABA散布の効果 ^y		ns	ns	ns

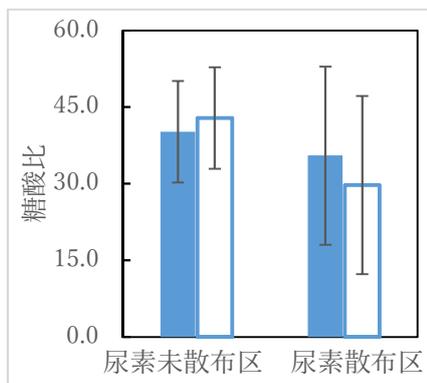
x:Tukey検定の結果、異なるアルファベットは有意差がないことを示す

y:二元配置分散分析の結果 *:<0.05



第1図 各処理における各形質の平均値と標準偏差(A:糖度、B:酸度、C:アントシアニン推定含量)

■ : ABA 処理区 □ : 無処理区



糖度と酸度から算出された糖酸比を比較すると、尿素散布区の糖酸比は、尿素未散布区より低い傾向がみられた（第2図）。尿素散布区内では、ABA散布をしなかった区の糖酸比が、ABA散布区より低い傾向がみられた。しかし、糖酸比に各処理間で有意差は見られなかった。

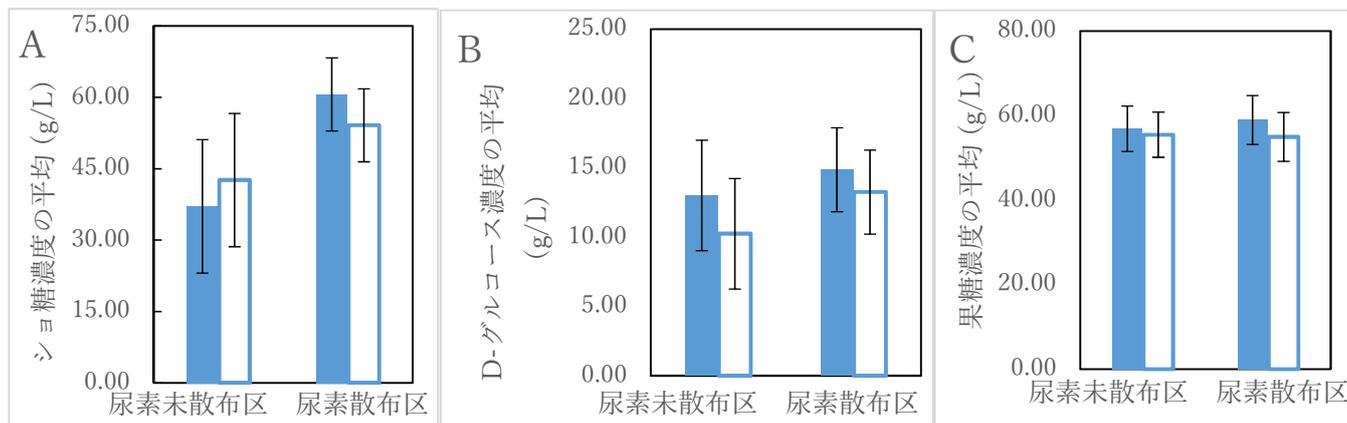
第2図 各処理における糖酸比の平均値と標準偏差 ■ : ABA 処理区 □ : 無処理区

2. F-キットを用いた、シヨ糖/D-グルコース/果糖の測定

シヨ糖は、尿素散布の有無で比較すると、尿素散布区で濃度の上昇が見られた(第2表)。しかし4処理間で有意差は見られなかった(第3図A)。

D-グルコースは、尿素散布を行うとABA処理の有無にかかわらず平均濃度が上昇する傾向が見られた(第2表)。ABA処理を行うと、さらに上昇する傾向が見られた。しかしどの処理区でも有意差は見られなかった(第2表、第3図B)。

果糖はどの処理区を比較しても大きな変化はなく、有意差も見られなかった(第3図C)。また二元配置分散分析も、処理区の違いによる有意差は、見られなかった(第2表)。



第3図 各処理におけるシヨ糖/D-グルコース/果糖含量の平均値と標準偏差
(A:シヨ糖、B:D-グルコース、C:果糖) ■:ABA処理区 □:無処理区

第2表 各処理区におけるシヨ糖・D-グルコース・果糖の平均値

尿素散布	ABA散布	シヨ糖 (g/L)	D-グルコース (g/L)	果糖 (g/L)
あり	あり	60.6 ^{ab}	14.9 ^a	59.0 ^a
	なし	54.1 ^a	13.3 ^a	55.0 ^a
なし	あり	37.1 ^a	13.0 ^a	56.9 ^a
	なし	42.6 ^a	10.2 ^a	55.5 ^a
尿素散布の効果 ^y		**	.	ns
ABA散布の効果 ^y		ns	ns	ns

x:Tukey検定の結果、異なるアルファベットは有意差がないことを示す

y:二元配置分散分析の結果 **: $p < 0.01$, *: $p < 0.05$, .: $p < 0.1$

【考察】

1. 糖度、酸度測定とアントシアニンの質量推定

果樹では、窒素施肥量が多いと果実の着色や糖度が減少することがわかっている(加藤ら1999)。しかし、本研究では糖度と酸度で尿素散布の効果が認められ、尿素散布した区の方が糖度と酸度が有意に高かった(第1表)。先行研究では、窒素を10aあたり5kg施肥すると、無施肥区よりも平均糖度が減少していた(加藤ら1999)。本研究で散布した尿素量は、窒素に換算すると10aあたり1.8kgに相当するため、果実の糖度を減少させるほどの量ではなかった可能性がある。むしろ、窒素施肥によって樹体の成長が促進され、果実の糖度が上昇した可能性が考えられた。

食味への影響を考えると、本研究では、尿素散布により糖度だけでなく酸度も上昇したことにより、糖酸比は尿素散布区のほうが尿素未散布区より低い傾向が見られた(第2図)。リンゴの分類として糖酸比は、41以上が甘味、30~40が甘酸適和、29以下が酸味となる。本研究の結果で考えると、尿素未散布区ではおおよそ甘味であるといえる。これに対し尿素散布区では、ABA散布を

した区では甘酸適和であるのに対し、ABA未散布区では糖酸比が平均29以下となっており酸味になっていた。このことから黒星病の予防として尿素散布した場合、果面にABAを散布しないと食味の低下につながる可能性が考えられた。

先行研究ではABAを散布すると果皮中のアントシアニン含量が多くなった (Wang et al. 2020) が、本研究では処理区間でアントシアニン含量に有意差が見られなかった。原因としては、今回の窒素施肥量が着色を低下させるほどの量ではなかった可能性に加え、ABA処理を行った日の夜の天候が悪く、ABAが雨によって流された可能性が考えられる。また、樹木内の果実間で着色のばらつきが大きかったことも原因の一つとして考えられる (第4図)。



第4図 収穫したリンゴ

2. F-キットによるショ糖、D-グルコース、果糖の糖組成の測定

Tukey分析では糖度に有意差がみられたが、その糖組成には有意差が見られなかった。しかし二元配置分散分析によると、糖度には有意差は見られ、糖組成のうちのショ糖とD-グルコースで有意差が見られた。リンゴに含まれる糖はショ糖、グルコースなどがある。本研究ではF-キットを用いて調べられた可溶性の糖である、ショ糖、D-グルコース、果糖について調べた。ショ糖はD-グルコースと果糖から合成されたものであり、果糖の濃度には大きな差がみられなかった。また、グラフの傾向がショ糖とD-グルコースで類似していた。そのためショ糖の濃度の増減は、D-グルコースによる影響が大きいと考えられた。

3. まとめ

本研究では、リンゴ黒星病を防除するために春先に林床に散布する尿素が、果実の糖度や着色に及ぼす影響を検討した。その結果、尿素散布による糖度と着色の低下は認められず、逆に糖度と酸度の上昇が認められた。この原因としては、尿素によって施肥された窒素量が、先行研究 (Wang et al. 2020 ; 加藤ら 1999) と比べて少なかったことが考えられた。しかし、尿素散布区では、糖度だけでなく酸度も上昇したことにより、食味に影響する糖酸比が、ABA未散布区で特に低下する傾向がみられた。そのため、本研究のような少量の窒素施肥量でも尿素散布は、食味に影響する可能性が示唆された。今後は、処理数を増やしたり、ABA処理方法を改善したりして、尿素の最適な散布方法を明らかにする必要がある。

【引用文献】

1. Wang F, Sha J, Chen Q, Xu X, Zhu Z, Ge S and Jiang Y (2020) Exogenous Abscisic Acid Regulates Distribution of ¹³C and ¹⁵N and Anthocyanin Synthesis in Red Fuji Apple Fruit Under High Nitrogen Supply. *Frontiers in Plant Science* 10:1738. doi:10.3389/fpls.2019.01738
2. 加藤公道・寿松木章・福元将志・駒村研三・佐藤雄夫・鈴木継明・小松喜代松・松本登 (1999) リンゴ園における窒素施肥に関する研究(1), 福島県果樹試験場研究報告 17:33-67.
3. 農耕と園芸Onlineカルチベ. “なるほど園芸用語”. 糖酸比. 2021. (参照 2022-03-28).