

夏季の高温・少雨がクリの収量および品質に及ぼす影響と対策技術の開発

荒河 匠*・磯村 秀昭^a・神尾 真司

岐阜県中山間農業研究所中津川支所 508-0203 中津川市福岡

The effect of high temperature and little rain in summer on yield and quality of chestnut fruits, and development of the cultivation technique to diminish it.

Takumi Arakawa *, Hideaki Isomura ^a and Shinji Kamio

Gifu Prefectural Research Institute for Agricultural Technology in Hilly and Mountainous Areas, Nakatsugawa Branch, Fukuoka, Nakatsugawa, Gifu 508-0203

摘 要

気候温暖化の影響から温暖地域のクリ主産地では、生産量や品質が不安定となっている。今後、温暖化の進行で岐阜県内でも同様の影響が懸念されることから、対応技術を検討する必要がある。そこで、本報では人工的な高温・少雨環境下におけるクリの生育を調べることで、夏季の高温・少雨がクリの収量や品質に及ぼす影響を明らかにするとともに、その対策技術を開発し、効果の実証を行った。その結果、クリ樹を「高温・少雨」条件下で栽培すると、生理落果が多く小果となり減収するとともに、シワ果の発生増加により品質が低下する可能性が示唆された。対策技術として、クリ若木に対する木材チップ堆肥によるマルチ処理は、夏季における土壌水分の減少を防ぎ、クリ果実の収量及び品質の低下を防ぐ可能性が示唆された。

キーワード：安定生産、土壌水分、気候温暖化、東濃地域

緒 言

世界的な気候変動が進行しつつあり、世界平均地上気温は 1880 年から 2012 年の期間に 0.85°C 上昇し、日本の年平均気温も同様に上昇する傾向にある (IPCC 2014 ; 気象庁 2002)。今後、温室効果ガス濃度の上昇によって、全球の年平均地上気温が 20 世紀末に比べ今世紀末には 0.3°C~4.8°C 上昇すると予測されている (IPCC 2014)。一方で、日本国内の降水量については変動が年々大きくなっていることから (気象庁 2019)、夏季の高温・少雨による干ばつが予想される。

果樹生産における気候変動の影響は、これまで

に種々の報告があり、ニホンナシやモモなどでは開花期や成熟期が前進している (杉浦ら 2007)。果実品質においても、夏季の高温によりリンゴでは果実の着色不良・果肉軟化が見られ、モモではみつ症や日焼け果が増加し、それらの対策技術の開発が行われている (別府 2020 ; 杉浦ら 2007)。

一方、クリでは気候変動の影響として凍害の増加 (杉浦ら 2007)、発芽期の前進が報告されている (岩谷ら 2011)。また、収穫期に高温遭遇時間が長くなることで果肉が腐敗する果実が増加し、今後腐敗果の増加が危惧されると報告されている (中満 2004)。現在、当県は顕著な影響は報告されていないが、今後の温暖化の進行により、岐阜県内でも同様の影響が懸念される。特に、夏季の高温等による品質低下は影響が大きい。これまでに、当地域において夏季における干ばつがクリの生育に与える影響についての知見はなく、その

本報告の一部は園芸学会 2020 年、2021 年春季大会において発表した。

*Corresponding author: E-mail, arakawa-takumi@pref.gifu.lg.jp

^a現在：岐阜県農政部恵那農林事務所農業普及課

影響解明と対応技術の開発が必要である。そこで、人工的な高温・少雨環境下でのクリの生育を調べることで、夏季の高温・少雨が収量性や品質に及ぼす影響を明らかにするとともに、その対策技術としてクリ樹冠下の木材チップ堆肥マルチ処理の効果を検討したので報告する。なお、本研究は「2020 清流の国ブランド開発プロジェクト事業 (2015~2019 年度)」により実施した。

材料および方法

試験 1 夏季の高温・少雨環境が収量および品質に及ぼす影響解明

旧岐阜県中山間農業研究所中津川支所 (中津川市千旦林; 標高 390m) に植栽された極早生品種「えな宝来」の若木 (6~7 年生樹) を供試した (各区 2~3 樹)。2015~2016 年の 2 ヶ年において、収穫 1 ヶ月前から収穫期終了までの期間 (2015 年: 7 月 30 日~9 月 4 日、2016 年: 8 月 1 日~9 月 2 日) 樹全体をビニールハウスで覆い (サイドは 1.2m 通風可能)、高温・少雨区とした。対照区は無処理とした。ビニールハウス内の環境が「高温・少雨」条件となっているか確認するため、ハウス内中央部での地上 1.5m における気温 (WatchDog A-series data logger (Spectrum Technologies 製))、主幹から 0.5m および 1.0m 離れた位置の地下 15cm における土壌体積含水率 (データロガー: WatchDog 1000 series data logger、センサー: Waterscout; いずれも Spectrum Technologies 製) を調査した。生理落果率は、雄花が落花し雌花がはっきり確認できるようになった 6 月下旬に雌花数を、収穫直前の 8 月中旬にきゅう果の数を全結果母枝で調査し算出した (虫害による落果を除く)。また、総収量および果実品質 (一果重および不良果率) を調査した。なお、両試験区ともに、施肥および病害虫防除は岐阜県の慣行法に従った (岐阜県 2015)。

試験 2 対策技術の開発

岐阜県中山間農業研究所中津川支所 (中津川市福岡; 標高 440m) に植栽された極早生品種「えな宝来」および早生品種「えな宝月」の若木 (4~5 年生樹) を供試し、栽培管理は試験 1 と同様に県の慣行法に準じた (各区 3~10 樹)。マルチ区は、2018 年 6 月 (収穫 3 ヶ月前) に木材チップ堆肥 (N:1.2%、P₂O₅:0.4%、K₂O:0.3%、C/N 比:25.4) を樹冠下 (主幹を中心に半径約 1.5m の円) に厚さ 15cm 程度で敷

き詰めた。1 年経過後に堆肥の腐熟が進みマルチ厚が薄くなったため 2019 年 5 月に木材チップ堆肥を厚さ 15cm 程度になるよう追加した。対照区は樹冠下を裸地状態として管理した。気象条件はアメダス恵那の測定値を基に、日平均気温が平年値よりも高く、降水量が連続する 3 日間合計で一定量 (18mm) を超えない期間が 1 週間以上続いた期間を「高温・少雨」条件としてその日数を調査した。この降水量の設定については、2019 年 8 月 6 日の降水量 (14mm) を、降雨後の対照区の土壌水分量が降雨直前の値と同程度まで低下するのにかかった日数 (2.2 日) で除し、晴天時における日あたりの土壌水分の減少量を降水量に換算した値とした (6.3mm)。

生理落果率、総収量および果実品質を試験 1 と同様に調査した。また、根域の土壌水分について、2018 年は 8 月 1 日~9 月 6 日まで試験 1 と同様に調査した。2019 年は、主幹から 1m 離れた位置の地下 20cm における体積含水率を計測した (データロガー: DL6 data logger、センサー: SM300; いずれも Delta-T devices 製)。計測した体積含水率のうち 7~9 月にかけて降雨後に晴天が続いた期間 (7 回観測) について、降雨直後の値からその 2 日後の値を減じて土壌水分減少量を算出した。

結果および考察

試験 1 夏季の高温・少雨環境が収量および品質に及ぼす影響解明

調査年の夏季の気象条件はいずれも、平均気温が平年よりやや高いものの、降水量は平年並みであったため、対照区は当地域のほぼ平年並みの環境条件であった。一方、高温・少雨区のビニールハウス内では、収穫期前の日最高気温 (8 月 2 日~16 日の最高気温の平均値) が露地に比べ 2015 年は+4.9℃、2016 年は+2.3℃といずれも高く推移した。また、土壌水分も露地に比べ低く推移していた (データ省略) ことから「高温・少雨」条件となっていたと考えられた。

このような条件下で、高温・少雨区ではいずれの年も果実肥大期において上部が褐変する症状が認められた (写真 1)。これはきゅう果の上部に必要な水分が供給されず枯れ上がる、あるいは発育不良となった組織に対し、いが円形褐斑病の原因となる *Coniella castaneicola* などの糸状菌 (大石ら 1981) が感染し、刺毛およびきゅう肉の褐変を引き起こしたと推察された。



写真1 高温・少雨区において褐変した未熟なきゅう果 (2018年8月撮影)

収穫始期までに落下した未熟なきゅう果の割合(生理落果率)は、2015年は欠測であったが、2016年における高温・少雨区が38.5%と、対照区の8.4%に比べ有意に高かった。収穫始期は両試験区間でいずれの年も差は見られなかった。総収量は2015年が対照区の11.7kgと比較して高温・少雨区は2.6kgであり有意に減少した。同様に2016年も高温・少雨区は対照区の26%と大きく減少したが、樹間のばらつきが大きく有意な差ではなかった。一果重は、高温・少雨区の方がやや小さい傾向にあり、対照区よりも2015年は0.9g、2016年は5.5g低下した。果実品質については、シワ果の発生率が2015年では高温・少雨区が18.2%と、対照区の2.7%に対し6.7倍多く、2016年も同様に対照区よりも4.1倍増加していた(表1)。一方で、腐敗果といった他の不良果の発生率は、一定の傾向は見られなかった(データ省略)。予備的に早生品種「ぼろたん」についても当該試験を行ったところ、収量・品質について同様の傾向を示した(データ省略)。

生理落果は不受精や日照不足が主要因とされて

いるが(海老原ら1961)、受粉時にはビニール被覆処理を行っておらず、日照条件もハウス内と露地では差はほぼ無いと考えられるため、収穫期前の乾燥ストレスが生理落果の原因となる可能性が示唆された。高温・少雨区における総収量の減少には、生理落果率および一果重の低下の両者が関わり、果実肥大期における乾燥ストレスにより、きゅう果の生長が妨げられ、生理落果の発生や果実の肥大抑制を引き起こしたと考えられた。さらに、クリの刺毛はきゅう果の発達並びに果実重に関わる(望月ら1994)ことを踏まえると、きゅう果上部の褐変が一果重の減少の一因となっている可能性がある。シワ果率の増大については、高温・少雨により果実内部の肥大および充実が妨げられ、果皮にシワが表れるものと考えられる。腐敗果の発生について、熊本県において収穫盛期前20日間の平均気温と腐敗果発生率と正の相関があるという報告(中満2004)とは一致しなかった。当該報告において、腐敗果発生は雌花満開後の降雨日数が主要な要因であり、収穫盛期前の高温は副次的であると述べられていることから、本試験のビニール被覆処理により雨水の侵入を防いでいることが、処理区における発生増加に至らなかった原因と考えられる。

以上の結果から、クリ樹を「高温・少雨」条件下で栽培すると、生理落果が多く小果となり減収するとともに、シワ果の発生増加により品質が低下する可能性が示唆された。

試験2 対策技術の開発

調査年の夏季の気象条件はいずれも、平均気温が平年より高かった一方で、降水量については2018年が少なく、2019年は平年並みであった。

収穫期前における高温・少雨条件を満たした期

表1 夏季の高温・少雨条件がクリに及ぼす影響

年度	試験区	n	生理落果率(%)	収穫始期	総収量(kg)	一果重(g)	シワ果率(%)
2015	対照	3	ND ^z	8月18日	11.7±2.3	20.3±3.9	2.7±1.5
	高温少雨	3	ND	8月19日	2.6±0.79	19.4±3.6	18.2±8.8
	有意性 ^x	-	-	ns	**	ns	*
2016	対照	3	8.4±2.7 ^y	8月16日	8.0±3.9	23.4±1.9	8.0±1.2
	高温少雨	2	38.5±6.7	8月16日	2.1±2.3	17.9±1.5	32.9±2.2
	有意性	-	**	ns	ns	*	***

^z NDはデータがないことを示す

^y 数値は平均±標準偏差で示す(収穫始期は平均値のみ;「えな宝来」6~7年生樹)

^x t検定により、***は0.1%、**は1%、*は5%水準で有意差あり、nsは有意差なし
シワ果率および生理落果率はアークサイン変換後に分析

間は、2018年は7月7日～8月12日の約1ヵ月間、2019年は8月7日～14日の8日間および9月6日から9月30日の25日間であった(図1)。

このような条件下で、マルチ区と対照区の土壌水分量を計測したところ、降水が無い期間におい

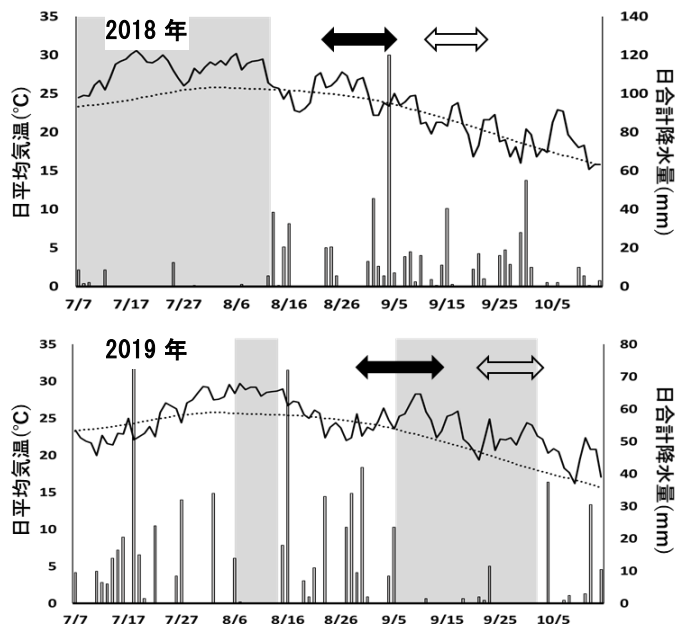


図1 対策実証試験年における夏秋季の温度および降水量の推移

折れ線グラフは日平均温度の推移を示し、実線が当該年、点線が平年の値を示す。棒グラフは日合計降水量を示す。灰色に塗りつぶした期間は高温・少雨条件を満たした期間を示す。黒色両矢印は「えな宝来」の収穫期間、白抜き両矢印は「えな宝月」は収穫期間を示す。

てマルチ区は対照区よりも高く維持されていた(図2)。2019年7～9月にかけて降雨後に晴天が続いた期間(7回)の土壌水分減少量の平均値を比較すると、マルチ区は対照区よりも40%低く、有意に水分が保たれていることが確認された(表2)。また、マルチ区において樹の生育や収量が劣ったデータは得られず、マルチ処理による湿害が起きた可能性は低い(データ省略、表3)。一方で、冬季(12月～1月)においては両試験区間で土壌水分に差は認められなかった(図3)。冬季における土壌水分と耐凍性が関係すること(神尾・水田 2017; 沢野 1980)や供試樹で凍害は確認されなかったことを踏まえると、地温等の他の環境条件への影響については確認が必要であるが、木材チップ堆肥マルチ処理がクリ樹の凍害発生を助長する可能性は低いと考えられた。

収量および果実品質について調査したところ、いずれの値も試験区間に統計的に有意な差は認められなかったものの、品種、年により傾向がみられた。極早生品種の「えな宝来」では、2018年は生理落果率が対照区で11.7%であったのに対し、マルチ区で2.7%と低かった。総収量については対照区が1.4kg、マルチ区は2.2kgとマルチ区の方が多かった。一果重は対照区が23.4g、マルチ区が23.9gとほぼ同等であった。またシワ果率はマルチ区が2.6%と対照区の半分程度であった。一方、2019年は、一果重がマルチ区で18.8gと対照区よりも1.1g大きかったものの、生理落果率、総収量およびシワ果率については差が判然としなかった。2019年で試験区間に差が認められなかったのは、収穫期前の高温・少雨条件であったの

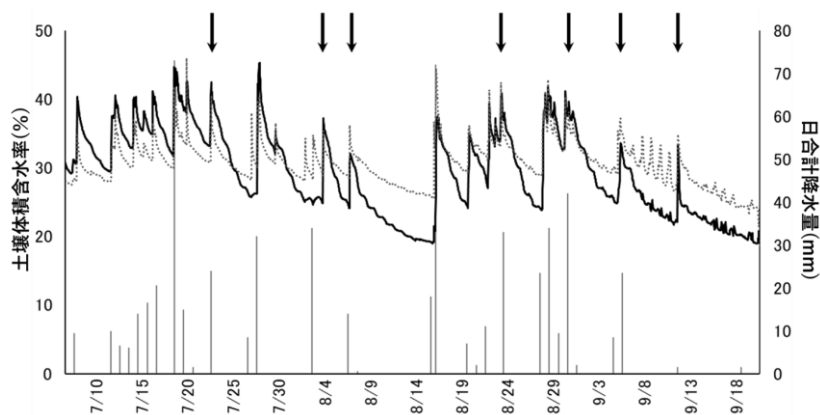


図2 2019年における土壌水分量および降水量の推移

折れ線グラフは土壌体積含水率の推移を示し、実線が対照区、点線がマルチ区を示す。棒グラフは日合計降水量を示す。土壌体積含水率の減少量の算出を行った際の降雨日を下向き矢印で示した。

表2 2019年における試験区ごとの土壌水分減少量

降雨日 (月/日)	降雨後二日間の水分減少量(%/日)	
	対照	マルチ
7/22	4.55	2.35
8/3	5.25	1.95
8/7	3.40	1.45
8/23	4.50	2.50
8/31	3.95	2.20
9/5	3.45	3.10
9/12	0.95	1.80
平均	3.72	2.19
標準偏差	1.39	0.53
p 値 ²	0.012	

² 対の t 検定を行った際の値を示す

が1週間と、2018年の1ヵ月間よりも短いためと考えられた(図1)。

早生品種「えな宝月」では、2018年は生理落果率が対照区30.3%、マルチ区22.2%と対照区を下回ったものの、これらの値はばらつきが大きく差は判然としなかった。総収量は対照区が0.8kg、マルチ区で1.1kgと差は認められなかった。一果重については対照区が20.4gであったのに対し、マルチ区が21.3gとほぼ同等であった。シワ果率については、対照区の13.1%に対しマルチ区はその1/10程度に減少した。一方、2019年は、生理落果率がマルチ区は13.6%と、対照区の19.2%に比べて3割程度抑制された。総収量は同程度であったものの、一果重は3.8g大きく、シワ果率が1/10程度に抑制された(表3)。このように、2019年は2018年に比べマルチ区における影響の軽減が認められたが、これは「えな宝月」の収穫期一ヵ月前にあたる2018年8月13日～9月13日は高温・少雨条件となる期間がなかったのに対

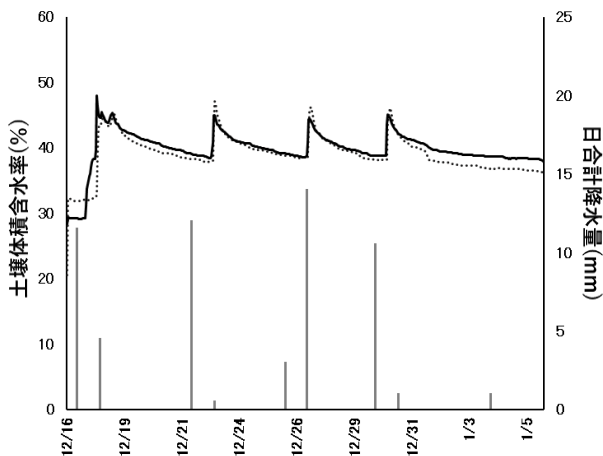


図3 2019年および2020年における土壌水分量および降水量の推移

折れ線グラフは土壌体積含水率の推移を示し、実線が対照区、点線がマルチ区を示す。棒グラフは日合計降水量を示す。

し、2019年は収穫始期である9月20日の2週間前から収穫期のほとんどが高温・少雨条件であったため、対策技術の効果が表れたものと推察された(図1)。なお、2019年において総収量に差が認められなかったのは、収穫期直前のきゅう果数がマルチ区で89±33個であるのに対し、対照区が129±35個とマルチ区を上回ったことに起因すると考えられた。

試験を行った2ヶ年において、いくつかの供試樹で写真1に示したようなきゅう果上部の褐変が数個観察されたが、ほぼすべてのきゅう果は健全であった(データ省略)。

本試験は「えな宝来」、「えな宝月」の若木を用いて実施したが、他の品種でも同様の傾向を示すと考える。しかし、成木樹への効果については未検討であり今後調査すべきである。また、土壌水分保持を目的としたマルチ処理は他の資材を用いていないため、用いる資材の条件(成分や水分保持効果など)について検討する必要がある。

以上の結果から、クリ若木に対する木材チップ堆肥によるマルチ処理は、夏季における土壌水分の減少を防ぎ、クリ果実の収量及び品質の低下を防ぐ可能性が示唆された。

引用文献

別府賢治. 2020. サクラ属果樹の栽培における温暖化に伴う障害の発生とその対策. 園学研. 19(3): 219-228.
 海老原武士・青木秋広・坂本秀之. 1961. クリの落果に関する研究. (第1報) 生理的落果の波相と2,3の要因について. 園学雑. 30:341-346.
 岐阜県. 2015. 主要園芸作物標準技術体系.
 IPCC. 2014. Climate change 2014. Synthesis Report. 39-74.
 岩谷章生・大崎伸一・春崎聖一. 2011. 温暖化が

表3 木材チップ堆肥によるマルチ処理がクリの収量・品質に及ぼす影響

品種	年度	試験区	n	生理落果率(%)	総収量(kg)	一果重(g)	シワ果率(%)
えな宝来	2018	対照	3	11.7±11.5 ²	1.4±0.62	23.4±2.8	6.0±3.2
		マルチ	3	2.7±3.6	2.2±0.74	23.9±2.6	2.6±0.9
	2019	対照	7	30.2±10.6	2.4±1.2	17.5±1.4	1.3±1.3
		マルチ	10	30.0±6.0	2.7±1.2	18.8±2.9	1.5±2.2
えな宝月	2018	対照	3	30.3±23.0	0.8±0.5	20.4±0.6	13.1±10.3
		マルチ	3	22.2±34.1	1.1±0.8	21.3±3.7	1.2±1.2
	2019	対照	3	19.2±3.2	3.0±1.7	13.7±3.0	4.6±7.0
		マルチ	9	13.6±7.0	2.8±1.3	17.9±3.8	0.5±0.6

² 数値は平均±標準偏差で示す(「えな宝来」および「えな宝月」いずれも4～5年生樹)

クリの生育および腐敗果の発生に及ぼす影響
園学研. 10(別1) 567.

門脇伸幸・多比良和生・杉浦俊彦 2011. ニホン
グリにおける雌花開花後の気温が果実の成熟
に及ぼす影響と収穫期予測法について. 園学
研. 10(4) 513-519.

神尾真司・水田泰典. 2017. クリ幼木に対する
高畝およびマルチシートの凍害発生抑制効
果の検討. 岐阜中山間農研研報. 13: 17-28.

気象庁. 2002. 20世紀の日本の気候. 23-24.

気象庁. 2019. 気候変動監視レポート. 2019 37-
38.

中満一晴. 2004. 温暖化がクリに及ぼす影響.
平成15年度果樹農業に対数気象変動の影
響に関する調査. 84-86.

農研機構. 2014. クリ凍害の危険度判定指標と対
策技術マニュアル. 14-26.

望岡亮介・小野俊朗・松井弘之・堀内昭作・中川
昌一. 1994. ニホングリきゅう果の生長に及
ぼす刺毛刈取りの影響. 園学雑. 63(1): 9-15.

大石親男・吉本玲子・小林享夫. 1981. クリの新
病害, いが円形禍斑病. 日植病報. 47:3.

沢野稔. 1980. クリ樹の耐凍性に及ぼす土壤水
分並びに地温の影響. 神戸大研報. 14(1):
31-35.

杉浦俊彦・黒田治之・杉浦裕義. 2007. 温暖化が
わが国の果樹生育に及ぼしている影響の現状.
園学研. 6(2):257-263.