

葉や土壤に付着した桜島の降灰が栽培作物の生育に及ぼす影響

黒瀬絵里奈・志水勝好*

鹿児島大学農学部 鹿児島市郡元1-21-24

Effect of the Ash Fall on Leaves and Soil by Sakurajima Volcano on Cultivating Crops Growth.

KUROSE Erina and SHIMIZU Katsuyoshi*

Faculty of Agriculture, Kagoshima University, Korimoto 1-24-24, Kagoshima city, 890-0065

Summary

Sakurajima is the volcano in the gulf of Kagoshima, and is increase erupting times and ash falls, recently. Ash falls affects agricultural production of Sakurajima farmers. Therefore we tried to make clear the mechanisms of fallen ash to typical 5 vegetables in Sakurajima, soy (*Glycin max* Merr.cv. Fukunomame), maize (*Zea mays* L. cv. luncher 82), egg plant (*Solanum melnigena* L.cv. Kokuyou), bell pepper (*Capsicum annuum* L.cv. Kyousuzu), and tomato (*Solanum lycopersicum* L. cv. Red ole). We cultivated them in the glass house at Kagoshima University Experimental Farm. As ash treatments, we dredged plant + soil(PS) or soil(S) with ash. As a result, there were no differences of plant lengths or main stem length between control and treatments after treatment started. In PS treatment, leaves surface were observed by a microscope. Some stellate hairs of egg plant and trichomes of tomato were observed and they prevented ash on the surface of leaves from being blown away by wind. It was estimated that some stellate hairs and trichomes would keep ash on the surface of leaves, and ash might inhibit the evaporation of stomata, then photosynthetic rate would decrease and plant growth and production might decrease.

Key Words: Ash fall, Stellate hair, Trichome

キーワード：降灰, 星状毛, 葉毛

緒言

桜島は始良（あいら）カルデラ（南北17 km, 東西23 km）の南縁部に生じた安山岩～デイサイトの成層火山で、北岳、中岳、南岳の3峰と権現山、鍋山、引ノ平などの側火山からなり、人口が密集する鹿児島市の市街地に近接している（気象庁, 2020a）。1914年（大正3年）の噴火前、桜島は鹿児島湾内の火山島であったが、大正噴火で流出した溶岩により大隅半島と陸続きになった。現在は東西12.2 km, 南北9.5 km, 周囲52 kmの不規則な楕円形の小半島となっている（気象庁, 2020a）。桜島は2008年以降活発な噴火活動が継続しており、噴出物（火山ガス・火山灰・火山礫・噴石など）や爆発時の空振、また、二次災害としての土石流などにより各方面に被害を及ぼしている（気象庁, 2020a）。

桜島の主要農産物の生産額は、降灰の被害が少なかった昭和45年に763万円であったのが、降灰の被害が拡大した10年間で381万円（昭和54年）となった（石村, 1985）。近年桜島では噴火回数が激増しており、2010年から2019年の10年間で、1年あたり平均約792回の噴火を起こしている（気象庁, 2020b）。気象庁（2020b）によると2015年には過去最多噴火回数を更新し、その噴火回

数は1252回、降灰量は23,886g m⁻²を記録した（鹿児島県, 2020a）。

鹿児島県の経済を支えている農産業に降灰による被害が出ることは、鹿児島県全体の経済に影響を及ぼすことになる。そこで、降灰が農作物にもたらす被害を分析することは、桜島の活動が激化している現在において重要な課題であると考えられる。鹿児島県（2020b）は、降灰が農作物に及ぼす被害の軽減対策として、作物に堆積した灰をブロワーによる送風や動噴による高圧散水等により除灰すること、散水の場合は、十分な水量で行うなどを推奨しており、他に手で拭きとるなどが行われているが、水道や電気など設備や人々が必要な対策がほとんどで、資金不足や人手不足が問題となっている現在の農業にはもっと簡便な方法が望まれる。

そこで本研究では、新しい降灰対策技術を考察するため、火山灰が農作物の生育に及ぼす影響を分析し、その作用機作を明らかにすることを目的とした。具体的には、作目が豊富な夏季において栽培する主要な畑作物を5種選び、降灰処理を行い、火山灰が作物の生育に及ぼす影響を及ぼすかを調査した。

また、堆積した灰に雨水が加わると土壤の通気性が悪化すること、有機物が含まれていないために地力消耗が著しいこと、土壤含有物が酸化することによる土壤の酸性化などが報告されている（坂上, 1987）。そこで降灰処理により降灰が土壤にもたらす影響を土壤のpHとECの値を測定し、調査した。

2020年9月14日受付

2020年12月2日受理

* Corresponding author. E-mail:shimizuk@agri.kagoshima-u.ac.jp

材料および方法

供試作物として、ダイズ (*Glycin max* Merr.cv. 福の豆), トウモロコシ (*Zea mays* L. cv. ランチャー82), ナス (*Solanum melnigena* L.cv. 黒陽), ピーマン (*Capsicum annuum* L.cv. 京鈴), トマト (*Solanum* L. cv. レッドオーレ) を用いた。栽培実験は鹿児島大学農学部圃場内のガラスハウス室内で行った。2019年5月21日に各作物3粒ずつボラ土4kgを充填した1/2000aワグネルポットに播種した。基肥として化成肥料(くみあい高度化成肥料14:14:14, 14g N m⁻², 14g P₂O₅ m⁻², 14g K₂O m⁻²)を各3g施肥した。栽培中は朝と夕方の2回、水道水各200mlを灌水した。発芽後随時間引きを行い、各ポット1植物体として、7月2日に火山灰を各作物に散布した。新聞紙でポットを囲み、できるだけ灰が外に散ることが無いようにした。処理した火山灰は鹿児島大学農学部内研究棟数箇所の雨が当たらない軒下の吹きだまりに堆積したもので、夾雑物の見られなかった表面から採取したものをを用いた。また、散布した灰の量は2009年～2018年の4月～10月の平均月降灰量である154gとした。処理区として、土壌のみに灰を散布した土壌表面散布区(土壌散布区)、植物体全体に灰を散布した植物表面散布区のを設け、各処理6反復とした。

生育調査を7月2日(播種後42日)から、ダイズとトウモロコシは8月6日まで、ナス、ピーマンとトマトは8月20日まで、一週間毎に草丈または主茎長を測定した。ダイズとトウモロコシは8月6日(播種後78日)、ナス、ピーマンとトウモロコシは8月20日(播種後92日)に収穫し、80℃で48時間通風乾燥した後、各作物の葉、茎、根の乾物重を測定した。葉の表面の灰の付着の様子を観察するため、7月8日(降灰処理から6日後)に対照区と各作物の植物散布区の葉を1枚ずつ採取し、双眼顕微鏡(EM-30, メイジテクノ株式会社)で観察した。降灰が土壌に及ぼす影響について調査することを目的とし、土壌のpHおよびEC(電気伝導度)を調べた。対照区および処理区の各ポットから20gずつ土壌を採取

し、水50mlを加えて30分間浸とうさせた。その後、軽く振とうして懸濁液とし、pHメーター(AGRITEST, Hanna Instruments JAPAN)によりpHを測定した。この懸濁液に水50mlを加えて振とうさせ、ECメーター(PCD-431, 佐藤商事株式会社)でEC値を測定した。

結果

ダイズの主茎長の推移は3処理間で差は見られず、植物散布区の推移は全期間を通して低い傾向を示した(第1図)。葉の乾物重は対照区に比し植物散布区に低い傾向が見られ、土壌散布区は低かった(第1表)。茎の乾物重は対照区に比較して土壌散布区と植物散布区は低くなった(第1表)。総地上部乾物重は対照区より植物散布区は低くなった。葉の収量(収穫物)には処理間の差は見られなかった(第1表)。植物散布区の葉の表面観察では葉の中央に多く、葉脈に沿い、灰が付着しており、外縁に向けて灰の付着が減少なくなっていた(第2図)。葉の表面には葉毛が存在し、その周辺に灰が付着していた(第3図)。

トウモロコシは7月6日に雄花序の抽出開花が始まり、7月11日には全ての個体が開花した。草丈は3処理間で差は見られなかった(第4図)。トウモロコシの乾物重は全ての部位で差は見られなかった。穂収量にも差が見られなかった。植物散布区の葉では葉身の中肋(中心部の葉脈)で灰の付着は多く、外縁部ではほとんど蓄積は見られなかった(第5図)。光学顕微鏡の観察により、葉の中央部分は他の作物と同じように、葉脈に沿って灰が付着していた。(第6図)。

ナスは7月8日に開花が始まり、7月19日に全ての個体が開花した。処理開始から21日目までは土壌散布区の主茎長が大きい傾向があったが、その後低く推移し、収穫時には3処理の主茎長は差が見られなくなった(第7図)。茎および根の乾物重は土壌散布区と植物散布区の間には差は見られなかったが、両処理区共に対照区に比較し低かった(第1表)。収量(収穫物)には対照区と比

第1表 ダイズ, ナス, ピーマンの各部位乾物重

作物	処理区	乾物重 (g)													
		葉		茎		根		収穫物		地上部 *		総地上部 **		合計 ***	
ダイズ	対照区	2.3	a	4.1	a	2.6	a	11.8	a	11.8	a	18.2	a	20.8	a
	土壌散布区	0.6	b	2.9	b	2.2	a	12.4	a	12.4	a	15.9	a	18.1	ab
	植物散布区	1.4	ab	2.9	b	1.9	a	10.5	a	10.5	a	14.8	b	16.8	b
ナス	対照区	3.7	a	5.6	a	4.1	a	3.6	a	9.3	a	18.7	a	22.9	a
	土壌散布区	2.4	a	4.0	b	2.7	ab	3.2	a	6.5	a	13.0	a	15.7	a
	植物散布区	2.7	a	3.8	b	2.5	b	2.1	a	6.5	a	13.1	a	15.6	a
ピーマン	対照区	3.0	a	4.2	a	3.4	a	3.1	a	7.3	a	14.6	a	18.0	a
	土壌散布区	3.7	a	4.2	a	3.3	a	4.4	a	8.0	a	16.0	a	19.3	a
	植物散布区	1.6	b	3.9	a	2.2	a	2.3	a	5.6	a	11.1	a	13.4	a

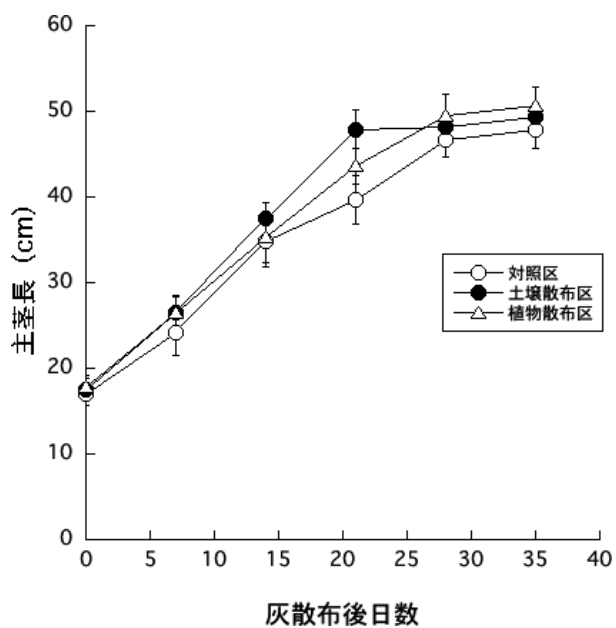
同一アルファベットはTukey法により各部位間で5%水準で有意でないことを示す。

対照区(n=4) 土壌散布区: 土壌表面散布区(n=6), 植物散布区: 植物表面散布区(n=5)。

* : 葉の乾物重+茎の乾物重。

** : 葉の乾物重+茎の乾物重+収穫物の乾物重。

*** : 葉の乾物重+茎の乾物重+収穫物の乾物重+根の乾物重。

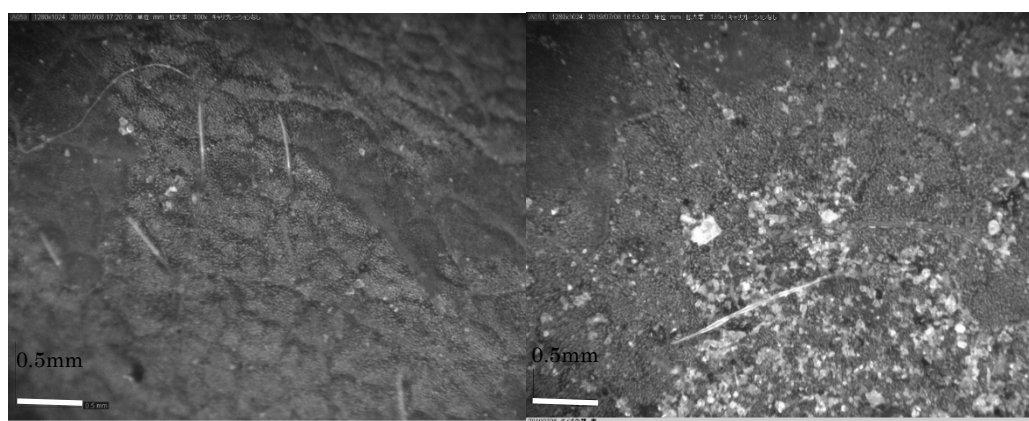


第1図 ダイズの主茎長の推移

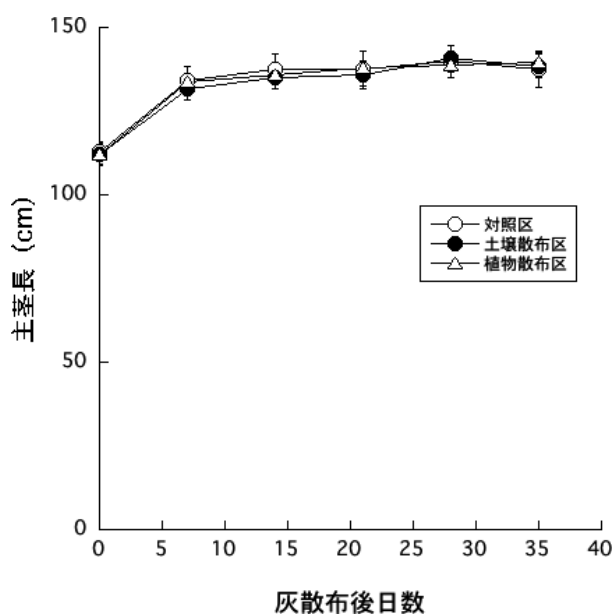
垂線は標準誤差を示す。(対照区 n=6, 土壌散布区 n=6, 植物散布区 n=6)



第2図 植物散布区のダイズの葉の様子



第3図 対照区（左）および植物散布区（右）のダイズの葉の表面の様子

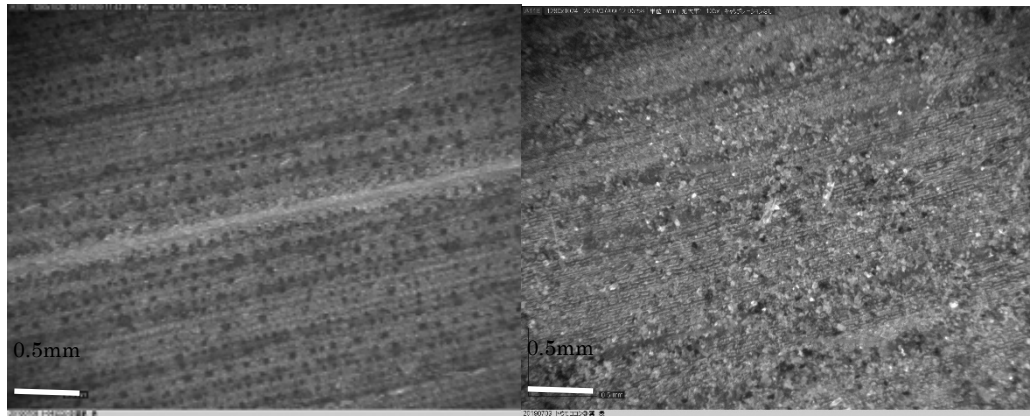


第4図 トウモロコシの草丈の推移

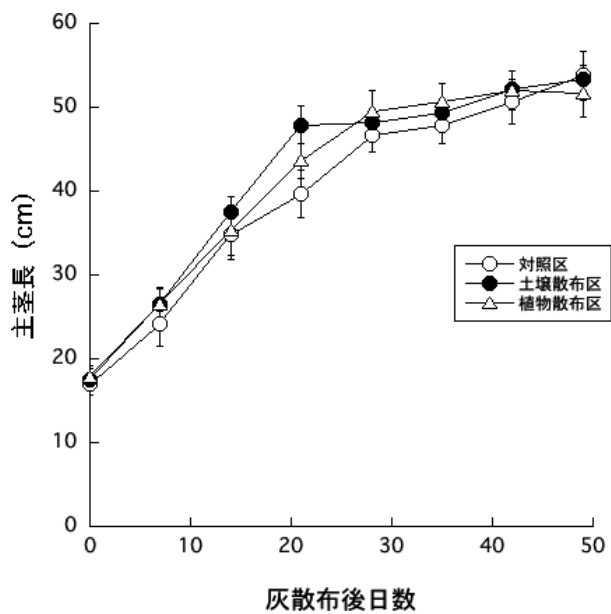
垂線は標準誤差を示す。(対照区 n=6, 土壌散布区 n=6, 植物散布区 n=6)



第5図 降灰処理後のトウモロコシの様子



第6図 対照区（左）および植物散布区（右）のトウモロコシの葉の表面の様子

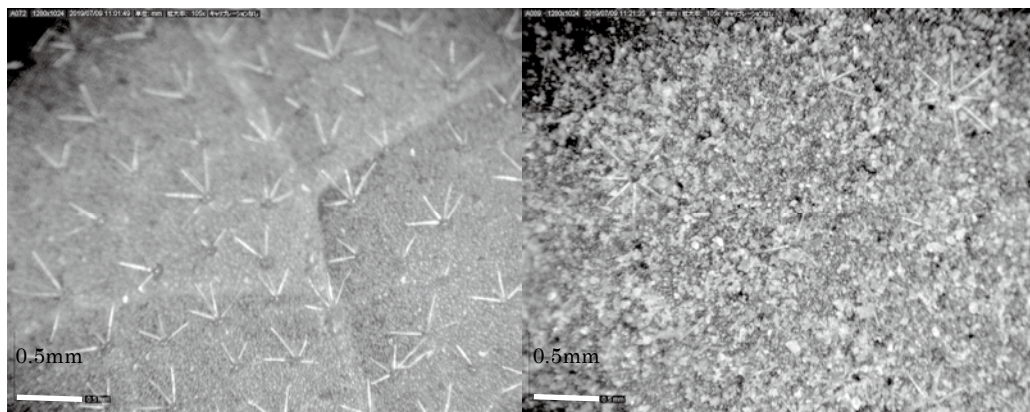


第7図 ナスの主茎長の推移

垂線は標準誤差を示す。(対照区 n=6, 土壌散布区 n=6, 植物散布区 n=6)



第8図 降灰処理後のナスの様子



第9図 対照区（左）および植物散布区（右）のナスの葉の表面の様子

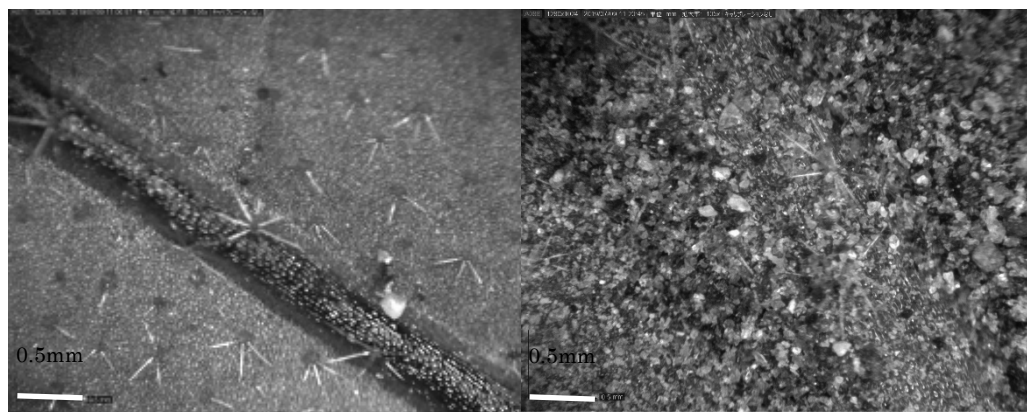
較して植物散布区では有意差は見られなかったが低い傾向があった（第1表）。植物散布区の葉では灰が葉脈に沿いつ着していた（第8図）。葉の表面に星状毛と呼ばれるトゲのような葉毛が存在しており、その周辺に灰が付着していた（第9、10図）。

ピーマンは7月10日に開花が始まり、7月22日に全ての個体が開花した。処理開始から21日目までは植物散布区では主茎長は低かったが、21日を過ぎてから高く推移した（第11図）。葉の乾物重は対照区と土壌散布区には差は見られなかったが、植物散布区は低かった（第1表）。収穫物の乾物重は差は見られなかった（第1表）。植物散布区の葉の灰の付着はほとんど見られなかった（第12図）。光学顕微鏡で表面を観察したところ、葉毛の存在は見られず葉脈沿いに付着するのみであった（第13図）。

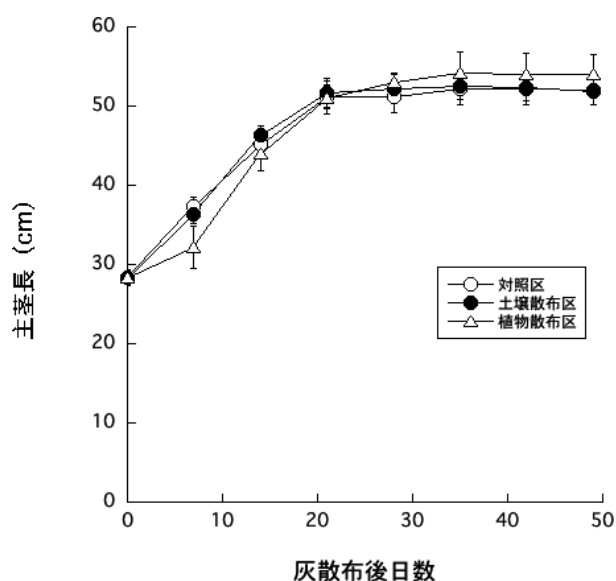
トマトは7月8日に開花が始まり、7月26日全ての個体が開花した。結実是对照区3個体、土壌散布区3個体、植物散布区で1個体のみ見られたが、乾物重に差は見られなかった（第1表）。全期間を通して植物散布区の主

茎長が高く推移する傾向があり、土壌散布区の主茎長が低い傾向が見られた（第14図）。植物散布区の葉に灰が広く付着した（第15図）。光学顕微鏡での観察では葉脈と茎にも葉毛が存在が確認でき、その周辺に灰が付着していた（第16図）。

土壌のpHの測定結果について、どの作物も処理区間で統計的な差は見られなかった（ダイズ：6.1~6.2, トウモロコシ：6.6~6.8, ナス：6.5~6.8, ピーマン：6.4~6.7, トマト：6.5~6.7）。土壌ECについて、どの作物も処理区間で統計的な差は見られなかった（ダイズ：51~139 mScm⁻¹, トウモロコシ：26~42 mScm⁻¹, ナス：41~50 mScm⁻¹, ピーマン：41~50 mScm⁻¹, トマト：39~55 mScm⁻¹）。



第10図 対照区（左）および植物散布区（右）のナスの葉の葉脈付近の様子

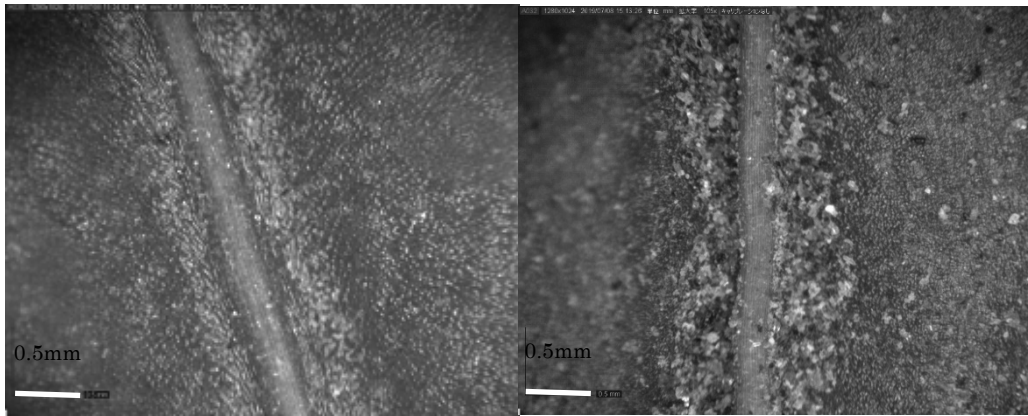


第11図 ピーマンの主茎長の推移

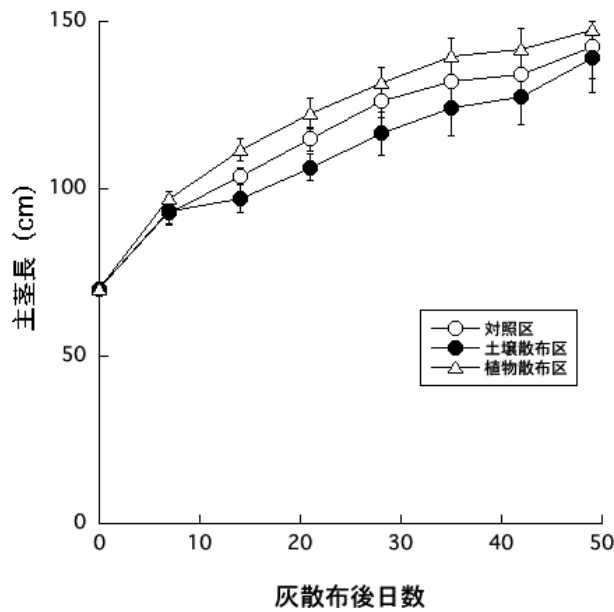
垂線は標準誤差を示す。（対照区 n=6, 土壌散布区 n=6, 植物散布区 n=6）



第12図 降灰処理後のピーマンの様子



第13図 対照区（左）および植物散布区（右）のビーマンの葉の葉脈付近の様子

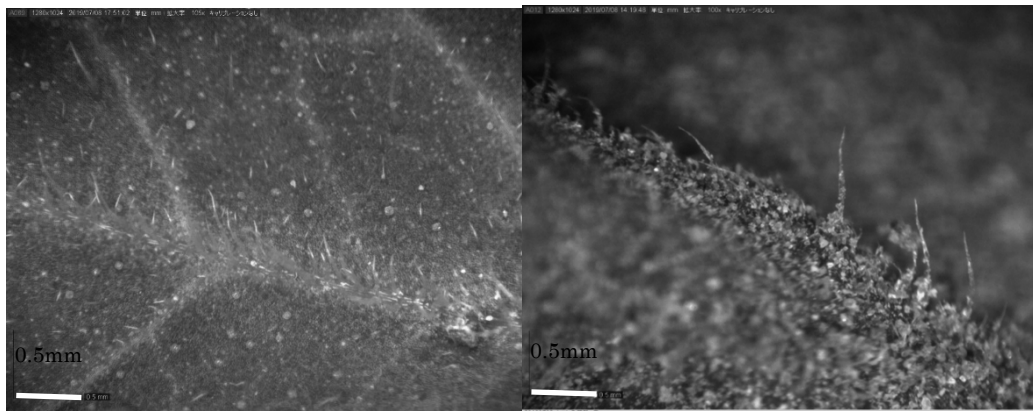


第14図 トマトの主茎長の推移

垂線は標準誤差を示す。(対照区 n=6, 土壌散布区 n=6, 植物散布区 n=6)



第15図 降灰処理後のトマトの様子



第16図 対照区（左）および植物散布区（右）のトマトの葉の葉脈付近の様子

考察

全ての作物において、草丈または主茎長の推移に処理間の差は見られなかった（第1, 4, 7, 11, 14図）。草丈、主茎長への灰の影響は小さいものと推察したが、

収穫時の乾物重については、ダイズ、ナス、およびビーマンについて降灰処理が影響し減少が見られた（第1表）。降灰処理の作用機作を調べるため、灰の付着について植物散布区の葉を観察したところ、全ての作物において灰は葉脈に沿って付着していた（第2, 5, 8, 12, 15

図)。また、葉に発生する葉毛の有無や葉の形態によって灰の付着の仕方に差が出ていた(第3, 9, 10, 16図)。これらのことから、作物の種類によって灰の付着・堆積の仕方が異なり、付着・堆積した灰により表面が覆われ遮光されたり、気孔が塞がれることが観察できた。その結果、蒸散、ガス交換が阻害され、特に光合成による同化産物生産への影響が生じている可能性が考えられた。今回の葉の観察からトウモロコシなどのような形状のイネ科の葉では堆積した灰は風や雨水により容易に払拭されるため、降灰の影響が小さいことが予想されるが、星状毛が発生するナスは灰が自然には剥離せず、人為的な洗浄行為が必要なものと考察した。従って、降灰が多い地域で、設備がなく洗浄行為が困難な場合、はトウモロコシやピーマンなど葉に灰が付着・堆積しにくい、簡易な手段で洗浄できる葉の形態の作物を栽培するなど、作目の選択が重要であるものと考察した。

土壌のpHへの影響について、宮内・長田(1983)は桜島島内5箇所、対岸の鹿児島市の3箇所で採取(降灰)期日の異なる計13点と鹿児島県農業試験場から分譲された灰試料を加え66点のpHを調べたところ7~3とかなり広いpH域を示した。これは灰のpHは降灰の期日や場所により大きく変動することを示していた。本研究では、降灰処理後の土壌のpHと電気伝導度に各処理間で差は見られなかったことから、灰が土壌を通じて農作物に及ぼす影響は低かった。しかしながら宮内・長田(1983)や木下ら(2012)の報告のように低pHの灰が観察される場合があり、低pHの灰による土壌または土壌水を通じての根への影響、また葉に付着・堆積した低pH灰の影響を明らかにすることが今後の課題である。

坂上(1987)は、農作物を保護する技術の確立と同時に、防災営農対策の強力な推進、施設化、水手当を前提とした長期的展望に立った農業基盤整備の推進等、恒久的対策がぜひとも必要とされているとしている。しかしながら降灰の農作物への影響の回避のための施設整備には多額の費用と時間を要することから、今後の研究課題として廉価な回避技術を開発すること、他の作物や果樹(桜島小みかん、早稲温州みかん、びわ等)における葉の形態と灰の付着の仕方、降灰の生育・果実品質への影響評価、そして灰が付着した葉の光合成測定法の開発などの必要性が明らかとなった。

要約

桜島は鹿児島湾内の火山であるが、近年噴火回数が激増しており降灰が農作物に生育・収量にもたらす被害の作用機作を分析することは被害軽減のため重要である。そこで夏作物の5作物を選び、降灰処理を行い、火山灰が作物の生育にどのような影響を及ぼすかを調査した。供試作物として、ダイズ(*Glycin max* Merr.cv. 福の豆)、トウモロコシ(*Zea mays* L. cv. ランチャー82)、ナス(*Solanum melnigena* L.cv. 黒陽)、ピーマン(*Capsicum annuum* L. cv. 京鈴)、トマト(*Solanum lycopersicum* L.

cv. レッドオーレ)を用い、栽培実験を鹿児島大学農学部圃場内のガラスハウス室内で行った。処理区として、土壌のみに灰を散布した土壌表面散布区(土壌散布区)、植物体全体に灰を散布した植物表面散布区を設けた。その結果、処理開始後の草丈または主茎長の推移に統計的な差は見られなかった。しかし収穫時の乾物重は、処理による影響により減少傾向が見られた。灰の付着について葉を観察したところ、全ての作物において灰は葉脈に沿って付着していた。特に葉に発生する葉毛の有無や葉の形態によって灰の付着の仕方に差が見られた。これらのことから、葉毛や星状毛などがある葉が灰の付着により表面が覆われ気孔が塞がれることにより光合成が阻害され、同化産物生産への影響が生じている可能性が考えられた。

引用文献

- 鹿児島県. 2020a. 桜島降灰量観測結果(H20~)平成28年観測結果. [Online] <http://www.pref.kagoshima.jp/aj01/bosai/sonae/sakurajima/sakurajimakouhairyou2.html> (2020年7月30日閲覧)
- 鹿児島県. 2020b. 活動火山噴火(降灰)による農作物等の被害防止対策について. [Online] <http://www.pref.kagoshima.jp/ag01/sangyo-rodo/nogyo/nogyo/kohai/06001002.html> (2020年7月30日閲覧)
- 木下篤彦・大野亮一・佐藤亜貴夫. 桜島における火山灰の移動・堆積過程とpH変動について. 平成23年度砂防学会研究発表会概要集. 76-77.
- 気象庁. 2020a. [Online] https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/fukuoka/506_Sakurajima/506_index.html (2020年7月30日閲覧)
- 気象庁. 2020b. 桜島の月別の噴火回数. [Online] https://www.jma-net.go.jp/kagoshima/vol/data/skr_erp_num.html (2020年7月30日閲覧)
- 石村満宏. 1985. 桜島の降灰被害に伴う地域農業の変化. 地学雑誌. 94: 256-265.
- 宮内信史・長田智子. 1983. 桜島の降灰が土壌におよぼす影響について. 鹿大農學術報告. 33: 221-227.
- 難波直彦. 1978. 桜島の降灰と農業災害. 農土誌46: 2-4.
- Nature Log [Online] naturelog.main.jp/plants409.html (2020年1月28日閲覧)
- 坂上千之. 1987. 桜島火山対策. 農土誌. 55: 671.