

温泉水を利用した水田稲作における 稲の成育と品質に関する研究

佐藤 俊彦¹、江崎 一子²、佐野 雅俊³

【要 旨】

温泉水を水田農業に利用する研究はこれまで報告された例はない。本研究では温泉水が水田稲作に適用できるかどうか稲の栽培試験を行い、稲の成育状況および稲（ワラ・モミ）のミネラル含有量を測定し、温泉水の水稲栽培に関する効果を検討した。

弱アルカリ性単純温泉水を用いたミニ水田および水槽による栽培稲作は、通常の農場水田栽培稲作と同様に成育し、実り多い稲穂が収穫できた。稲のモミに含まれるミネラルについては、温泉水耕栽培の方が農場水田栽培に比べカリウムがわずかに増加したが、他のミネラルはほとんど差が認められなかった。

【キーワード】

温泉水、温泉水耕栽培、稲作、稲の成育、ミネラル

はじめに

大分県は日本一の温泉源泉数および湧出量を有しており、なかでも別府市は源泉数で世界一、湧出量で世界二位、由布市は源泉数で世界二位、湧出量で国内二位となっている。温泉には多量のミネラルが含まれており、健康増進、美容や治療目的で入浴や飲用として古くから利用されてきた。最近では温泉水がコーヒー、豆腐、ゼリー、鍋物などの食品や料理に使用されているが、いずれも地域ブランド食品の開発を目的としたものが主である。海水や土壤に含まれるミネラルは動物や植物には必要不可欠なものであるが、同様に温泉水中のミネラルも有効な成分として働くものが多い。我々は温泉を地域資源として捉え、地域資源の積極的な活用およびミネラルを豊富に含む栄養価の高い農作物の開発を目的として、温泉水耕栽培による農作物の生産技術の研究に取り組んでいる。

¹ 別府大学短期大学部 〒870-0868 大分県大分市大字野田380

² 別府大学食物栄養科学部 〒874-8501 大分県別府市北石垣82

³ 大分県安全農業研究所 〒872-0103 大分県宇佐市北宇佐65

前報¹⁾では、温泉水を利用したトマト水耕栽培における作物体の品質に関する研究を行い、成育状況やミネラル含有量、味覚に及ぼす温泉水の効果を検討した。その結果、トマトの果実中には土壌栽培に比しリン (P)、カリウム (K)、ナトリウム (Na)、マグネシウム (Mg) などのミネラルが豊富に含まれることが分かった。また、果実の味については、味覚センサーの分析で温泉水耕栽培の方が土壌栽培に比べ、塩味、渋味刺激、酸味にわずかな違いが得られた。

本報告では、水耕栽培の代表農作物である稲について、弱アルカリ性単純温泉水が稲の成育に及ぼす影響や稲の成育状況、また温泉水耕栽培で生産された稲 (ワラ・モミ) のミネラル含有量を検討した。

材料および方法

1 稲の温泉水耕栽培の概要

源泉湧出地の近くに約1坪のミニ水田を造成し、これに常温に冷却した温泉水を常時継続的に注いで供給した。温泉水槽は定期的に冷却温泉水を供給し常に一定の水位を維持した。

湧出温泉水の成分分析は(株)エスピーシーテクノ九州に依頼し、成分分析値は表1に示す。

表1 温泉水耕栽培に使用した温泉水*の成分

性状ほか	陽イオン (mg/kg)		陰イオン (mg/kg)		飲用に係る成分 (mg/kg)	
温質：単純温泉 (弱アルカリ性 低張性高温泉) 泉温：46.0℃ 湧出量：55L/min 黄褐色・混濁・無味・ 鉱物臭 pH8.4	Li ⁺	0.3	F ⁻	0.3	As	0.03未満
	Na ⁺	168.0	Cl ⁻	124.0	Hg	0.0002未満
	K ⁺	25.9	I ⁻	0.9	Pb ²⁺	0.02未満
	NH ⁴⁺	0.8	SO ₄ ²⁻	0.8	Cu ²⁺	0.2未満
	Mg ²⁺	8.5	HPO ₄ ²⁻	1.3	Cu ²⁺	0.2未満
	Ca ²⁺	14.8	HCO ₃ ⁻	343.0	F ⁻	0.3
	Mn ²⁺	0.2			Cd ²⁺	0.001未満
	Fe ²⁺	2.3				
	計	220.8	計	470.3	遊離成分 (mg/kg)	
					H ₂ SiO ₃	206.0
				HBO ₂	3.2	
				計	209.2	

*源泉湧出地：大分県由布市挾間町大字古野字カニ田

稲の栽培は、市販の苗 (品種：コシヒカリ) を6月中旬にミニ水田と温泉水槽に植え付けた。ミニ水田では肥料を一度も与えず成育させた。温泉水槽では市販の液肥を希釈し、苗植え付け後、3週間時と6週間時に施肥を2度のみ行い成育させた。温泉水槽はミニ水田の近くの野外に設置し、温度、日照時間、雨水量などの成育環境は両者全く同等にした。

比較対照として、大分県安全農業研究所農場水田にて同品種の慣行栽培を行った。

2 稲の収穫およびワラ・モミの無機成分含有量の測定

稲の収穫は苗を植え付けて4ヶ月後の10月下旬に行った。稲のワラ・モミに含まれるミネラル成分についてリン (P)、カリウム (K)、カルシウム (Ca)、マグネシウム (Mg)、鉄 (Fe)、マンガン (Mn)、亜鉛 (Zn)、銅 (Cu) を測定した。試料10gを乾式灰化し、1%塩酸に溶解させ50mlに定容した後、リン (P) 以外のミネラルは原子吸光光度計 (AA6800型 島津製作所製) で、リン (P) についてはバナドモリブデン酸吸光光度法により分光光度計 (UV2200型 島津製作所製) で測定した。

結 果

1 ミニ水田における温泉水耕栽培稲作の成育状況

温泉水を注いだミニ水田栽培の稲の成育状況を図1～7に示す。肥料を施肥しないにも関わらず、順調に成育し黄金色の稲穂が収穫できた。稲穂のモミの数は図8の写真の様に多量であり、通常の水田稲作の収穫量と同等もしくは同等以上であった。稲刈り後の切株の状況 (図9) から稲の分株も十分に行われ、3株から10株程度に増大した。

2 温泉水槽における温泉水耕栽培稲作の成育状況

一方、温泉水槽では土壌が全くないにも関わらず、図10の写真から観察されるように稲が順調に成育し、温泉水槽の稲穂はミニ水田の稲穂に比べやや長く観察された。また、温泉水槽の根株 (図11) は著しく増大成長し、根株の大きさはミニ水田を越えるものであった。



図1 6月中旬・田植



図2 田植え3週間後



図3 7月



図4 8月



図5 10月



図6 10月



図7 10月下旬刈り取りの直前の稲穂



図8 稲穂の陰干



図9 穂の切株

図10 温泉水槽の温泉水耕栽培の稲穂
(温泉水槽・土壌なし)図11 温泉水槽の温泉水耕栽培の稲穂の根株
(温泉水槽の根株)

ミニ水田および水槽のどちらの温泉水耕栽培にも共通した特徴として、病虫害の発生が観察されず、雑草が全く繁茂しなかった。また、温泉水耕栽培で収穫された稲のモミの収量は大分県安全農業研究所の通常の水田栽培のモミの収量に比べ差は認められなかった。このように弱アルカリ性単純温泉は稲の温泉水耕栽培において成育を阻害することなく良好であった。

3 温泉水耕栽培における稲（ワラ・モミ）の無機成分含有量

温泉水を用いたミニ水田および水槽の温泉水耕栽培と大分県安全農業研究所農場水田にて慣行栽培で収穫された稲（ワラ・モミ）の無機成分含有量を表2に示す。ミニ水田および水槽における温泉水耕栽培の稲のミネラル含有量は、カリウム（K）、カルシウム（Ca）を除いて、ワラ、モミともに安全農業研究所農場水田の稲のミネラル含有量とほぼ同等であり、ワラよりモミに多く含まれていた。カリウム（K）については、温泉水耕栽培、安全農業研究所農場水田栽培ともにモミよりもワラに含有量が多く、他のミネラルの含有量と異なる傾向を示した。カリウム（K）をモミで比較すると、水槽における温泉水耕栽培が最も多かった。カルシウム（Ca）については、温泉水耕栽培では、ワラ、モミともにほとんど検出されなかったが、慣行水田栽培では検出され、モミよりもワラに含有量が多かった。鉄（Fe）、マンガン（Mn）、亜鉛（Zn）は、慣行水田栽培について測定を行っていないが、温泉水耕栽培のミニ水田が水槽に比べ、モミで鉄（Fe）、亜鉛（Zn）が多く、逆にマンガン（Mn）が少ない結果が得られた。

表2 温泉水耕栽培と農場水田栽培の稲（ワラ・モミ）のミネラル含有量の比較

試料		N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)
温泉水 ミニ水田 ¹⁾	ワラ	0.60	0.03	0.81	0.00	0.05	141	117	32	6
	もみ	1.24	0.19	0.33	0.00	0.10	190	45	42	7
温泉水 水槽 ²⁾	ワラ	0.44	0.05	1.45	0.04	0.05	302	301	18	12
	もみ	0.99	0.29	0.43	0.00	0.10	134	63	19	10
研究所 農場水田 ³⁾	ワラ	0.4~ 0.6	0.07~ 0.10	1.4~ 1.7	0.18~ 0.22	0.10~ 0.12				
	もみ	0.9~ 1.0	0.2~ 0.3	0.25~ 0.35	0.015 ~0.02	0.10~ 0.12				

1)ミニ水田の温泉水耕栽培 2)温泉水槽の温泉水耕栽培 3)大分県安全農業研究所農場水田

考 察

温泉資源を農業に活用することにより、温泉水中に含まれるミネラルを効率よく食品に取り込み、ミネラルの豊富な食品の生産や、その加工食品の開発を目的とした研究はこれまで行われていない。温泉水に含まれるカリウム、カルシウム、鉄分などは人体に不足しがちで健康の維持や増進に有用なミネラルである。

そこで、我々は大量に湧出し排出されている温泉水からミネラルを農作物へ取り込み、ミネラル豊富な農作物を開発する一環として、水耕栽培の代表作物である稲について、温泉水が稲の育成にもたらす影響とその効果を検討した。

ミニ水田に冷却した温泉水のみを常時流し込んで栽培した稲の育成状況は、図1～7の写真から観察されるように、通常の水田稲作と同様に順調に生育し、収穫量の多い稲が生産された。また、土壌なしの水槽中で栽培した稲（図10）もミニ水田と同様に生育した。収穫できた温泉水耕栽培のモミの収量は通常の水田栽培のモミの収量に比べ差は認められなかった。

これらのことから、温泉水耕栽培による稲の生産は、雨水が混入する自然環境下において、可能であることが判明した。逆説的に言えば、水田に温泉水が流れ込んでも稲の育成を全く阻害するものでないことが明らかになった。

一般に、野菜（トマトを含む）の栽培はpH6～7が適正にも関わらず、実験に用いた温泉水は弱アルカリ性単純泉（pH8.4）でありながら、温泉水耕栽培に有効であることが判明した。

しかし、硫黄や鉄の成分は植物の成長を阻害することが知られており、酸性や鉄成分を含む温泉水では水耕栽培には不向きである。

温泉水耕栽培における稲のミネラル含有量は農場水田の稲のミネラル含有量とほとんど差が認められないが、弱アルカリ性単純泉の温泉水に多く含まれるカリウムは水槽栽培において一番多くモミの中に取り込まれていたことから、温泉水の効果が顕著に現れたものと推察され、ミネラル豊富な食品開発を行う上での基礎知見が得られた。

以上のことから、水田稲作に替わって稲を、土壌を用いない植物工場において栽培、収穫が可能であることが示唆された。

今後はミネラル豊富な農作物の生産のために、いろいろな温泉水を利用した栽培技術の確立が

必要である。また、収穫した農作物の品質・味覚について味覚センサーおよび官能検査による科学的分析を行い、温泉資源を活用したミネラル豊富な高品質農作物の開発に取り組んでいく予定である。

謝 辞

温泉水のご提供とミニ水田および水槽における温泉水耕栽培の稲作にご協力いただいた後藤昌生氏に深謝いたします。

引用文献

- 1) 江崎一子、佐藤俊彦、西澤千恵子、佐野雅俊、安藤茂信、斉藤雅樹 2010 温泉水を利用したトマト水耕栽培における作物体の品質に関する研究 別府大学紀要 第51号：125-130