

クリンカアッシュを主体とした培地がカーネーションの 生育, 収量並びに切り花品質に及ぼす影響

東浦 優*・山中正仁***・岩井豊通**・宇田 明**・小山佳彦*・佐藤道生****・濱田秋義****

要 約

カーネーションの灌水同時施肥栽培において, 土壌に替わる培地としてクリンカアッシュを主体とした培地の有効性を生育, 収量並びに切り花品質の観点から検討した. カーネーションの好適pHに合わせてピートモスを10%添加したクリンカ培地(以下クリンカ培地とする)と土壌との栽培比較試験では, 試験用品種であるスタンダード系‘ノラ’を供試した場合, 前者は後者に比べて生育や開花が遅く, 切り花収量が減少することが明らかになった. この原因として, クリンカ培地では培地のEC値が低く推移したことから, 生育初期の肥料不足が推察された. そこで, より実用的な品種であるスプレー系‘バーバラ’を供試して, 生育初期の給液濃度を標準の1.5倍に高くした結果, 収量は, 対照の土壌に比べ, 13%以上増加し, 切り花品質は同等になった. これらのことから, クリンカは, 土壌に替わる培地の主成分として, 生育初期の給液濃度を高めることでカーネーション栽培に利用可能であることが示唆された.

Effects of Coal Clinker Medium on Growth and Flowering of Carnation Cultivars

Masaru HIGASHIURA, Masahito YAMANAKA, Toyomichi IWAI, Akira UDA,
Yoshihiko KOYAMA, Michio SATOU and Akiyoshi HAMADA

Summary

We investigated the effects of a medium consisting mainly of clinker ash instead of soil on plant growth and flower yield and quality in bench cultivation of carnation.

On the clinker medium, which also contained 10% (v/v) peat-moss to give a pH suitable for carnation, the standard cultivar ‘Nora’ grew and flowered slower than on soil and produced fewer flowers. This was assumed to be attributable to insufficiency of fertilizer at the initial growth stage, because the electrical conductivity values of the medium were low. Cultivation of the common spray carnation cultivar ‘Barbara’ was then tested by increasing the concentration of the nutrient solution at the initial growth stage to 150%. On the medium, the carnation produced at least 13% more flowers than on soil, and the flower quality was equivalent to that on soil.

The results suggest that clinker ash can be used as the main constituent of a soil-substitute medium for growing carnations by increasing the concentration of nutrients at the initial growth stage.

キーワード：カーネーション, 灌水同時施肥栽培, クリンカアッシュ

緒 言

カーネーションでは連作による生育抑制が古くから指摘されており^{1,7)}, この問題に対して様々な取り組みが

2012年9月28日受理

*兵庫県立農林水産技術総合センター淡路農業技術センター

**同 退職

***兵庫県立農林水産技術総合センター農業技術センター

****電源開発株式会社 茅ヶ崎研究所

行われてきた²⁾. 松尾ら¹¹⁾は, 固相率が43%以上の土壌では, カーネーションの根群発達不良となることを指摘している. そのため, カーネーションの栽培では, 固相率の上昇を抑えるために, 長年, 土壌改良資材の投入を行いながら連作を続けている. さらに, 2000年頃からカーネーション栽培では灌水, 施肥作業の省力化と収量増が図れることから, 灌水同時施肥栽培¹⁸⁾が普及して

いる。しかし、近年、物理性の低下が要因の一つと推察される生理障害⁷⁾が多発しており、栽培現場からは、灌水同時施肥栽培に適した培地の開発が望まれている。

一方、毎年700千トン程度の一定量の発生が見込める火力発電所副産物である石炭灰（クリンカアッシュ、以下クリンカとする）は、これまでに、セメント原料などの建設資材以外に、ガーベラの養液栽培培地やニセアカシアの植栽基盤など園芸、造園分野での利用が試みられている^{9,12,14,17)}。梶原ら⁸⁾はクリンカを土壤改良材として土壤に容積比で10~40%の範囲で投入し、カーネーション栽培試験を行った結果、切り花収量に差はみられなかったとしている。さらに、上杉¹⁵⁾は軽量性が求められる屋上緑化システムにおいて、クリンカを70%以上用い、固相率24%の人工軽量培土を作製したところ、物理性、化学性ともに、必要十分な性質を持っており、芝や低木類、地被類などの生育が可能であると報告しており、クリンカは、植物を育成する培地素材としての可能性を持つと推察される。

そこで、カーネーションの隔離床（ベンチ）栽培において土壤に替わる培地としてクリンカを主体とした培地を使用し、生育、収量並びに切り花品質について、その有効性を検討したので報告する。

材料および方法

1 クリンカへのピートモスの添加が培地のpHに及ぼす影響（実験1）

クリンカ（電源開発株式会社竹原発電所製）（主成分：ケイ素61%，アルミニウム21%，酸化第2鉄6%，石灰5%，マグネシウム1%）に対してピートモスを容積比で0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90%, 100%（ピートモス単用）混合した培地を作製した。培地のpH測定は、プラスチック鉢（直径15cm）に各培地を1L充填後、鉢の上部から培地を攪拌しながら、蒸留水を鉢底から排出するまでかん水し、24時間放置した。その後、林の方法^{3,4)}に準じ、200mLのポリエチレン製広口瓶に蒸留水を100 mL 入れ、培地を徐々に加えて150 mLに定容した。30分間振とう後、この溶液のpHを測定（東亜電波工業株式会社製pHメーター：IM-40S、以下同じ）し、培地のpHとした。

2 クリンカ培地が生育並びに収量に及ぼす影響（実験2）

‘ノラ’を供試し、クリンカに容積比で10%になるようピートモスを混合した培地（クリンカ区、pH6.2）と対照区としてカーネーションを25年間栽培した土壤（壤土、以下土壤区）の2区を設定し、栽培比較した。2006

年7月24日にそれぞれの培地を充填した幅85cm深さ20cmのベンチ（点滴チューブ2本、アルミ蒸着フィルム被覆）に、10cm角8目ネット中2目抜き6株植えの栽植密度35.3株/m²で定植した。8月10日に5節残して摘心、9月8日に一次側枝を株当たり4本にした。7月29日から、大塚化学株式会社製液肥（N:P₂O₅:K₂O:CaO:MgO=14:8:25:4:1.2）の1,000~1,400倍を毎日給液した。栽培開始後、約1カ月に1回、培地をサンプリングし、EC（東亜電波工業株式会社製ECメーター：CM-40S）を測定した。また、初期生育を比較するために、定植47日後に草丈、葉数、一次側枝長を12株ずつ調査した。

切り花収量は、1区2.7m²から栽培床横方向で連続した2列の12株を1単位として3地点を供し、調査は開花始めから2007年5月31日まで行った。切り花品質は、11月から5月まで、毎月各区10本ずつ（開花が10本未満のときはその数量）を調査した。11月から2月までは、1番花（上位8節で収穫）を、3月から5月までは2番花（上位10節で収穫）を調査した。土壤の三相分布は、栽培終了時に、表層約2cmを除いて土壤を1区4カ所ずつ採土管で採取し、土壤三相計（DIK-1130：大起理化学工業株式会社）で測定した。

3 クリンカ培地への初期高濃度給液が生育、収量並びに品質に及ぼす影響（実験3）

‘バーバラ’を供試し、試験区としてクリンカに容積比でピートモス10%を混合した培地に高濃度の液肥を施用するクリンカ高濃度給液区、標準濃度の液肥を施用するクリンカ標準濃度給液区（実験2と同様）の2区および対照区として、実験2で使用したカーネーションを26年間栽培した培地に標準濃度の液肥を施用する区（標準濃度給液土壤区、以下土壤区）の計3区を設定し、栽培比較した。2007年7月17日に定植し、その他の栽培概要は実験2と同様とした。7月31日に5節残して摘心、9

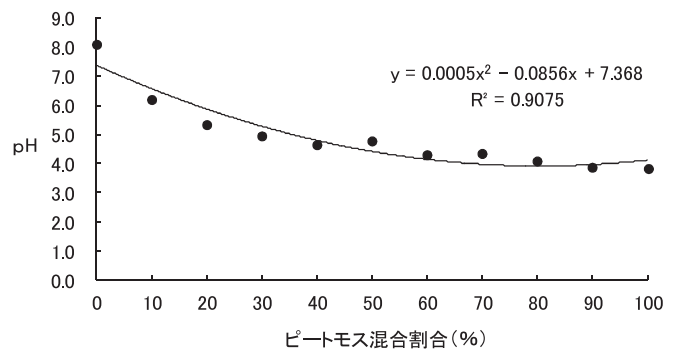


図1 クリンカへのピートモスの混合割合（容積比）の違いによる培地 pH の変化

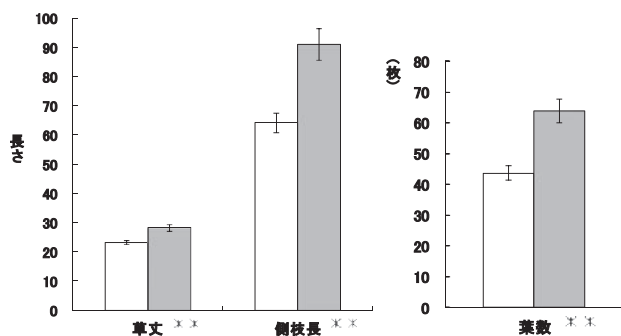


図2 培地の違いによる‘ノラ’の初期生育
(定植47日後, 9月8日調査)の差

図中の**はt検定により1%水準で有意差のあることを示す

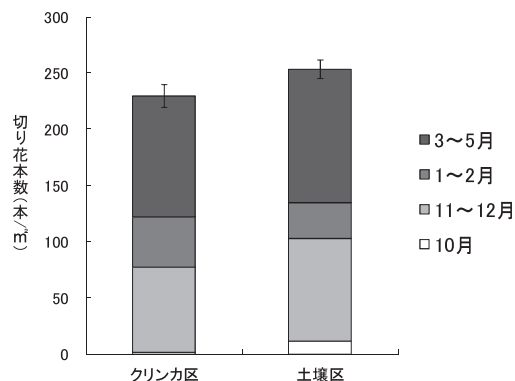


図3 培地の違いによる‘ノラ’の切り花本数の差

収量(本/m²)はベンチ面積当たり, 図中の1は標準誤差(n=3)

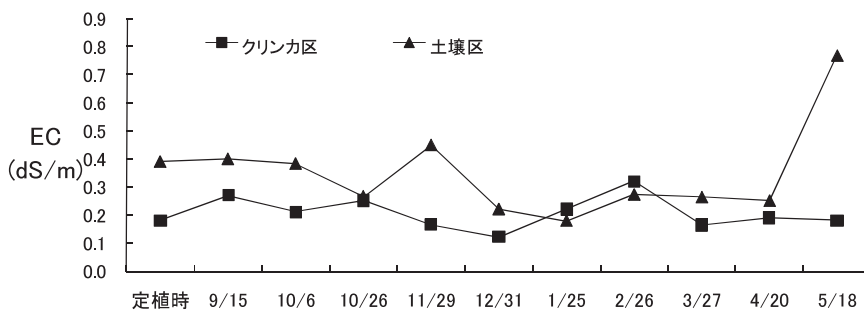


図4 クリンカ培地におけるECの推移(‘ノラ’)

表1 クリンカ培地が‘ノラ’の切り花品質に及ぼす影響

期間	培地	切り花長 (cm)	切り花重 (g)	茎径 ^z (mm)	茎下垂指数 ^y (1硬~4軟)
11~12月	クリンカ区	63.5	22.6	3.9	1.6
	土壌区	62.1	21.4	3.6	1.8
	t検定	ns	ns	*	ns
1~2月	クリンカ区	66.7	26.9	4.0	2.0
	土壌区	67.5	25.9	4.1	2.0
	t検定	ns	ns	ns	ns
3~5月	クリンカ区	67.4	37.2	4.9	1.0
	土壌区	74.6	36.4	4.8	1.3
	t検定	**	ns	ns	**

z 上位第5節間中央部の最大径

y 切り花の先端から45cmの位置で水平に保ち, 支点と花を結ぶ角度を指数化 (1:10°未満, 2:10~20°, 3:20~30°, 4:30~40°)

表中の*, **はt検定によりそれぞれ5%, 1%水準で有意差のあることを, nsは有意差のないことを示す

月13日に一次側枝を株当たり4本にした。7月25日から12月31日まで, クリンカ標準濃度給液区では, 大塚化学株式会社製液肥 (N:P₂O₅:K₂O:CaO:MgO=14:8:25:4:1.2) の900~1,400倍を, 高濃度給液区ではその1.5倍の濃度でそれぞれ給液し, 1月以降は全区を標準濃度給液とした。切り花収量の調査方法は, 実験

2と同様とした。切り花品質は, 11月から5月まで, 毎月各区10本ずつ (開花が10本未満のときはその数量) を調査した。11月から3月までは, 1番花 (上位9節で収穫) を, 4月から5月までは2番花 (上位11節で収穫) を調査した。

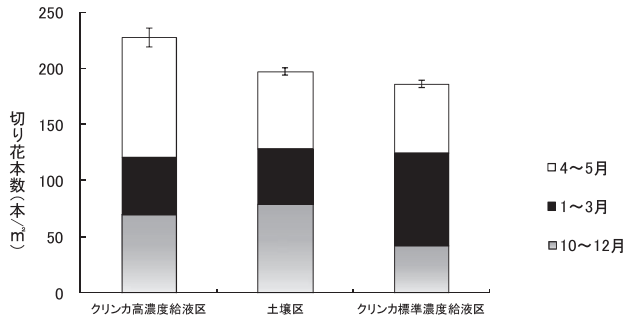


図5 クリンカ培地への給液濃度の違いが
‘バーバラ’の切り花本数に及ぼす効果

収量(本/m²)はベンチ面積当たり、図中の 1 は標準誤差(n=3)

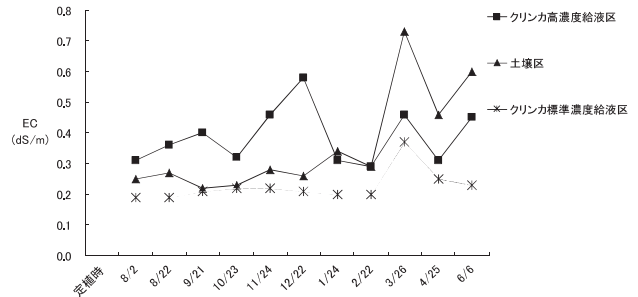


図6 クリンカ培地における高濃度給液と
標準給液での EC の推移(‘バーバラ’)

表2 クリンカ培地への給液濃度の違いが‘バーバラ’の切り花品質に及ぼす影響

期間	培地	切り花長 (cm)	切り花重 (g)	茎径 ^z (mm)	茎下垂指数 ^y (1硬~4柔)
11~12月	クリンカ高濃度給液区	58.9 a	22.8 a	3.1 a	3.3 a
	土壌区	62.6 a	26.1 a	3.3 a	3.6 a
	クリンカ標準濃度給液区	63.4 a	24.7 a	3.1 a	3.2 a
1~3月	クリンカ高濃度給液区	69.2 a	39.5 a	4.3 a	1.4 a
	土壌区	70.5 a	35.7 a	4.2 a	2.0 b
	クリンカ標準濃度給液区	71.2 a	41.9 a	4.4 a	1.4 a
4~5月	クリンカ高濃度給液区	81.5 a	67.3 a	4.6 a	1.0 a
	土壌区	83.0 a	76.7 b	4.9 a	1.0 a
	クリンカ標準濃度給液区	78.5 a	68.8 b	4.7 a	1.0 a

^z 上位第5節間中央部の最大径

^y 切り花の先端から45cmの位置で水平に保ち、支点と花を結ぶ角度を指数化
(1:10未満, 2:10~20, 3:20~30, 4:30~40)

表中のアルファベットはTukeyの多重検定 異なるアルファベット間は5%水準で有意差のあることを示す

結 果

1 クリンカへのピートモスの添加が培地のpHに及ぼす影響(実験1)

ピートモス0%区、すなわちクリンカ単用のpHは8.1と高く、ピートモスの混合割合が増すほどpHは低下し、ピートモス単用(100%)のpHは3.8となった(図1)。

2 クリンカ培地が生育、収量に及ぼす影響(実験2)

実験1の結果を基に実験2でカーネーションの好適pHに調整したクリンカ培地を作製し、試験用品種であるスタンダード系‘ノラ’を供試して、栽培比較試験を行ったところ、定植47日後の葉数、側枝長がクリンカ区では、それぞれ43.7枚、64.1cmとなり、土壌区の63.8枚、90.9cmと比べて少なく、生育が抑制されることがわかった(図2)。ベンチ面積1m²当たりの切り花本数は、土壌区での10月は11.8本となり、クリンカ区の1.0本より多かったが、1月、2月の合計収量は土壌区の31.4

本に対し、クリンカ区は44.1本と多かった。5月31日までのベンチ面積1m²当たり総切り花本数はクリンカ区が229.5本、土壌区が253.0本であり、クリンカ区の収量が約10%少なくなった(図3)。11~12月の切り花品質は、切り花長、切り花重に差は認められなかったが、茎径はクリンカ区が3.9mmで、土壌区の3.6mmに比べ大きかった(表1)。同様に、3~5月の2番花では、切り花長はクリンカ区が67.4cm、土壌区が74.6cmとなり土壌区で長くなった。茎下垂指数はクリンカ区が1.0で土壌区の1.3より小さくなり、硬くなった。培地のECは定植時から12月31日までは土壌区が0.22~0.45dS/mとなり、クリンカ区の0.12~0.27dS/mより高く推移し、その後1月から4月までは、両区で同様に推移したが、栽培末期の5月には、再び土壌区がクリンカ区を大きく上回った(図4)。栽培終了後に採取した培地の三相分布では、クリンカ区の固相率は24.9%であり、土壌区の33.1%に比べて低かった(データ略)。

3 クリンカ培地への初期高濃度給液の影響（実験3）

実験3では生育初期の給液濃度を高く設定する区を設けた。その結果、クリンカ高濃度給液区は、10～12月のベンチ面積1㎡当たりの切り花本数が70.6本となり、クリンカ標準濃度給液区の42.2本より多かったものの、土壌区の79.4本より少なかった（図5）。また、4～5月の収量は、クリンカ高濃度給液区が、105.9本で土壌区の68.6本、クリンカ標準濃度給液区の61.8本より多くなった。5月31日までのベンチ面積1㎡当たり総切り花本数はクリンカ高濃度給液区が227.5本、土壌区が197.1本、クリンカ標準濃度給液区が186.3本であり、収量は、高濃度区が標準濃度区に比べ多くなった。11～12月の切り花品質には差が認められなかったが、1月から3月の茎の硬さを示す茎下垂指数はクリンカ高濃度給液区が1.4、クリンカ標準濃度給液区が1.4で、土壌区の2.0に比べて硬くなった（表2）。培地のECは8月2日から12月22日まではクリンカ高濃度区が0.31～0.58dS/mとなり、クリンカ標準濃度区の0.19～0.22dS/mと土壌区の0.22～0.26 dS/mより高く推移した（図6）。

考 察

実験1において、クリンカへのピートモスの添加が培地のpHに及ぼす影響を検討したところ、カーネーションの好適土壌pHである6.0～6.5の範囲¹⁶⁾に適合した培地を作製するためにはクリンカに容積比で10%のピートモスを添加するとよいことがわかった。また、20%を超える割合で混合すると、pH6.0以下となり、カーネーションの栽培好適値より低くなることが認められた。以上のことから、アルカリ性のクリンカは、培地として利用する場合のpH矯正に酸性のピートモスを利用できることから、作物の好適pHに調整しやすい資材であると考えられた。一方、渡邊ら¹⁷⁾は、クリンカ（高砂発電所製）を用い、クリンカ50%にピートモス50%を添加してpHを調整した用土を作製したところ、pH7.47であり、樹木栽培1年後のpHは7.36で、対照としたピートモス50%、赤玉土50%を混合した用土に比べて、樹木の生育が促進したとしている。本報でのピートモス50%添加区がpH4.8であったことを考えると、鈴木ら¹⁴⁾も指摘しているように発電所由来のクリンカの理化学性については、発電所毎に異なる可能性がある。pH矯正にあたっては、栽培前にクリンカのpHを確認し、ピートモス等で好適値に調整する必要がある。

ピートモス10%を添加したクリンカ培地を用い、‘ノラ’を供試して、栽培比較試験を行った結果、クリンカ区では土壌区に比べて生育や開花が遅れ、切り花収量が

減少することが明らかになった。その原因の一つとして定植時から12月まで培地のEC値が低く推移したことから、初期の肥効の低下と推察された。日高ら⁵⁾は、クリンカの特性について、保肥力を示すCECが1.0meqと一般土壌に比べかなり低い値であるとしている。また、久保寺¹⁰⁾は、沖縄の重粘土質のジャガール土壌にクリンカを10～50%混和するとCECが混和量に応じて直線的に減少し、50%混和では対照のジャガール土壌の半分になっていることからクリンカのCECはゼロに近いであろうと推測している。同様に、梶原ら⁸⁾は、クリンカを土壌改良材として土壌に容積比で10～40%の範囲で添加しカーネーションを栽培した後の培地では、添加量が増加するに伴ってCECが低下する傾向があったとしている。これらのことから、今回作製したクリンカ培地も養分を保持する能力が低いと推察され、栽培初期には、肥効を高める必要があると考えられた。

そこで、実験3では、クリンカ培地への栽培初期の給液濃度を標準の1.5倍と高くし、より実用的なスプレー系品種である‘バーバラ’を供試して、栽培比較試験を行った結果、収量は、対照区の土壌区に比べ、13%以上増加し、切り花品質はほぼ同等であった。また、特に重要視される1月から3月の茎下垂指数はクリンカを添加した区が低い値となり、茎が硬くなった。大場ら¹³⁾は、クリンカの混入割合が増加するにしたがって、透水性が増大し、土壌の排水が良好になることを明らかにしている。一方、バラ養液栽培においては、パーライトや石材スラッジなどの排水性の高いロックウール代替培地では、根域環境が改善されることで夏季の切り花品質が改善されるとの報告⁶⁾もあり、クリンカについても、その透水性の高さなどの利点について、切り花品質、特に茎の下垂指数との関連からの検討が必要であると考えられる。

本報からクリンカ培地の有効性が示唆されたが、カーネーションは一茎一花のスタンダード系と一茎多花のスプレー系に分けられ、草姿の違いにより養分吸収特性が異なる可能性がある¹⁹⁾と指摘されている。本報では、試験用品種であるスタンダード系‘ノラ’と、より実用的なスプレー系‘バーバラ’を供試したが、これらについても、適切な液肥濃度が異なる可能性があり、また、現在兵庫県で栽培されているカーネーションが100品種以上であることを考えると、クリンカ培地を用いる際には、各品種に適合した施肥方法について、検討が必要である。

さらに、梶原ら⁸⁾は、クリンカを用いる際、輸送費用は近距離の場合、1t当たり2000円前後で、入手が容易、

安価であるとしている。これらのことを総合的に考慮しても、クリンカは、土壌に替わる培地として、カーネーション栽培に利用可能であることが示唆され、今後は、クリンカを主成分とする培地に合わせた栽培手法を検討する必要があると考えられた。

引用文献

- (1) 服部安一・竹島彊二 (1976)：カーネーション栽培におけるモミガラ利用培地とその効果：農業および園芸 51 (9), 1155-1160
- (2) 服部安一・竹島彊二・長谷川清善 (1977)：施設花きのモミガラ培地に関する研究 (第1報)：滋賀農試研報, 19, 59-69
- (3) 林勇 (1977)：温室床土の簡易検定における生土容積抽出法の実用化試験：神奈川園試研報, 24, 80-91
- (4) 林勇 (1993)：農業技術体系花き編2, 農山漁村文化協会, 423-428
- (5) 日高英二・永松義博・坂口善雄・中野功二・岩尾秋和 (2005)：石炭灰 (クリンカアッシュ) の芝生グラウンド基盤の利用について：造園技術報告集3, 96-99
- (6) 市村勉・高城誠志 (1999)：バラ養液栽培における数種のロックウール代替培地の実用性に関する研究：茨城農総七園研研報, 7, 41-48
- (7) 犬伏加恵・堀田真紀子・今井克彦・間下なぎさ・大石一史 (2009)：カーネーション萎縮叢生症を誘発する土壌環境：園学研8 (2), 169-174
- (8) 梶原真二・伊藤純樹・佐藤道生・濱田秋義・石倉聡・原田秀人・福島啓吾 (2011)：クリンカアッシュの施与がスプレーカーネーションの生育および培地の理化学性に及ぼす影響：近畿中国四国農研, 18, 39-43
- (9) 嘉村孝 (2005)：ガーベラ固形培地耕におけるクリンカアッシュの影響について：第68回九州農業研究発表会要旨集, 223
- (10) 久保寺秀夫 (2006)：クリンカアッシュの施用がジャーガルの土壌理化学性とレタスの生育および無機成分に及ぼす影響：土肥誌, 77 (5), 541-548
- (11) 松尾多恵子・三好洋・五百部節子・斎藤陽子 (1974)：千葉県安房郡におけるカーネーション栽培土壌の特性：千葉県地園試研報, 5, 39-47
- (12) 長崎真由・玉泉幸一郎 (2005)：石炭灰の植栽基盤としての利用可能性：九州森林研究, 58, 210-211
- (13) 大場和彦・山本清嵩・下高敏彰・白濱祐介・久保寺秀夫 (2011)：長崎県におけるオリーブの栽培適地性の農業気象学的解析 (第2報) クリンカアッシュを用いた細粒赤色土の土壌改良による物理的特性の評価：長崎総合科学大学紀要, 51, 37-47
- (14) 鈴木武志・坂文彦・渡邊郁夫・井汲芳夫・藤嶽暢英・大塚紘雄 (2009)：クリンカアッシュの緑化基盤としての利用が樹木へ及ぼす影響：日緑工誌, 35 (2), 325-331
- (15) 上杉章雄 (2004)：石炭灰を有効利用した屋上緑化技術の開発：とびしま技報, 53, 53-60
- (16) 宇田明編著 (2010)：カーネーションをつくりこなす, 農山漁村文化協会, 65-71
- (17) 渡邊郁夫・井汲芳夫・大塚紘雄 (2002)：石炭灰の施用が樹木の生育に及ぼす影響：日緑工誌, 28 (2), 363-368
- (18) 山中正仁・宇田明・小河甲・宮浦紀史 (2002)：点滴チューブを用いた毎日の給液がカーネーションの生育，収量および切り花品質に及ぼす影響：近畿中国四国農研, 1, 51-54
- (19) 山中正仁・後藤丹十郎・小河甲・宇田明・岩井豊通 (2010)：給液濃度がかん水同時施肥法で栽培したスプレーカーネーションの切り花収量と品質および時期別養分吸収特性に及ぼす影響，岡山大学農学部学術報告, 99, 55-62