

ジネンジョ「稲武2号」のカルシウムとマグネシウムの吸収特性

中村嘉孝¹⁾・田中哲司²⁾・大竹敏也³⁾・井上栄一⁴⁾

摘要：白黒色のポリエチレンマルチ(白黒マルチ)を敷設して栽培するジネンジョ(*Dioscorea japonica* Thunb.)「稲武2号」のカルシウム(Ca)とマグネシウム(Mg)の施肥管理指針の策定に向けて、各時期の吸収量を明らかにし、土壌中の交換性CaとMgの含有量と比較した。「稲武2号」のCaとMgの吸収量は、ともに7月から9月にかけて増加し、9月に最大値を示した。試験ほ場の栽培開始時の土壌における交換性CaまたはMgの含有量は、土壌診断基準の下限値と同程度かそれ未満であったが、9月のCaまたはMgの吸収量に対して78倍、36倍と多く、栽培後に減少はみられなかった。これらのことから、現地で普及が進む白黒マルチの被覆条件下においては土壌診断基準の下限値よりも交換性CaとMgの含有率が高い土壌でCaとMgを無施肥としても土壌からの供給に必要な要求量を満たせることが示唆された。

キーワード：ジネンジョ、稲武2号、カルシウム、マグネシウム、吸収特性

緒言

ジネンジョ(*Dioscorea japonica* Thunb.)の栽培では、ヤマノイモモザイクウイルスに感染すると茎葉の生育量が低下し、主な収穫部位である新生芋重は非感染株の60%以下^{1,2)}となる。愛知県では、その課題に対応するためウイルスフリー化した優良種苗を生産し、供給する優良種苗生産供給体制を整備した³⁾。さらに、ジネンジョの主要病害である炭疽病に抵抗性を持ち、肥大性も優れた「稲武2号」を育成した⁴⁾。これらの成果により、愛知県の生産者が最も利用する品種はウイルスフリーの優良種苗の「稲武2号」となっている⁵⁾。また、ウイルスフリーの優良種苗を利用する以前の生産者は、ウイルス感染による生育低下を補うため多施肥で栽培する傾向にあった。しかし、「稲武2号」によってウイルス感染による生育低下が回避できるため施肥基準の見直しが進められている^{6,7)}。

日本は多量の降雨により土壌中のカルシウム(Ca)やマグネシウム(Mg)が下層へ移動し、土壌の酸性化が進む。このため、一般的な農耕地土壌はCaやMgを含む資材を投入して作物生産に適した土壌pHに改良される。一方、ヤマノイモの根は酸性の土壌でよく発達するとされており⁸⁾、CaやMgを含むアルカリ資材の施用を控えることが望ましいと考えられる。しかし、「稲武2号」のCaやMgの吸収特性は明らかではなく、これらの施肥量を制限した場合、「稲武2号」にCaやMgの不足が生ずることが懸念される。このため、「稲武2号」の適切なCaとMgの施肥管理を実現するためには、施肥の基礎情報となるCaとMgの吸収特性を明らかにする必要がある。

愛知県におけるジネンジョの営利栽培が開始された当時の主な土壌被覆資材は稲ワラや枯草であったが、産地化が

進むにつれて資材の入手のしやすさと雑草対策の省力化のために白黒色のポリエチレンマルチ(白黒マルチ)の利用が増えた⁹⁾。稲ワラや枯草は降雨を透過するのに対し、白黒マルチは降雨を遮断して土壌中のCaやMgの溶脱を抑制することから、CaやMgの利用率の向上が期待される。

そこで本研究では、普及が進む白黒マルチ被覆条件下におけるジネンジョ「稲武2号」のCaとMgの施肥管理指針の策定に向けて、CaとMgの吸収特性の解明と、土壌中の交換性CaとMgの含有量との関係を明らかにすることを目的とした。

材料及び方法

1 栽培概要

栽培試験は2017～2019年に愛知県農業総合試験場山間農業研究所(愛知県豊田市)内のほ場で行った。供試品種はジネンジョ「稲武2号」⁴⁾を用いた。試験ほ場の土壌は褐色森林土で、栽培はパイプ栽培^{2,9)}で行った。すなわち、塩化ビニル製のパイプ状で市販されているジネンジョ栽培容器に、山から採取した未耕地の土壌を充填後、畝幅1.5 m、株間0.25 m(栽植密度2.67 株 m⁻²)で埋設し、栽培容器の受け口に目印となる案内棒を立てて土寄せした。その後、催芽処理した30～39 g 個⁻¹の種芋を、その萌芽位置を案内棒に合わせて5月に定植した(表1)。種芋の定植後、基肥を畝のベッド部(1.0 m幅)に施用し、同日に種芋と地表面の土層が10 cmの厚さとなるように肥料の混和と合わせて土寄せした。その後、ベッド部の表面を白黒マルチで被覆した。支柱高は2 mとし、キュウリ用の誘引ネットを用いて栽培した。追肥は、土壌を被覆した白黒マルチをめくって地表面に施用した。収穫は11

¹⁾環境基盤研究部(現普及戦略部) ²⁾山間農業研究所(現園芸研究部) ³⁾環境基盤研究部(退職) ⁴⁾茨城大学

月に行った。1反復当たりの作物体の採取株数は、7月の採取時は6株とし、8月、9月及び収穫時(11月)の採取時は各5株の合計21株で、各調査区は3反復とした。施肥は、窒素を硫酸(N=21.0%)で15 g m⁻²(基肥で7.5 g m⁻²、追肥で2.5 g m⁻²を3回)、リン酸を過リン酸石灰(P₂O₅=17.5%)でリン(P)単体として8.7 g m⁻²(基肥で全量)、カリウム(K)を硫酸加里(K₂O=50.0%)でK単体として25 g m⁻²(基肥で12.5 g m⁻²、追肥で4.2 g m⁻²を3回)施肥した(表1)。過リン酸石灰はCaを含むが、他の石灰質肥料または苦土質肥料は施用しなかった。

2 調査項目及び調査方法

作物体の採取は追肥または新生芋の収穫時に行った(表1)。新生芋及び根は1株ごとに採取した。収穫部位である新生芋は新鮮重を測定した。地上部は各調査区の1反復ごとに全株(5~6株)を採取してから茎葉とむかごに分けた。各部位を60°Cで3日間乾燥後、乾物重を測定した。茎葉とむかごは乾物重を供試株数(5~6株)で除して1株当たり換算した。作物体のCaまたはMgの含有率は、乾燥試料を微粉碎して450°Cで灰化後、灰分に1:1(v:v)塩酸を添加して加熱し、1 mol L⁻¹塩酸になるように定容後、原子吸光法で測定した。1株当たりの部位別のCaまたはMgの吸収量はそれぞれの乾物重に作物体のCaまたはMgの含有率を乗じて求めた。

栽培開始時に地表面から耕うんされた深さ20 cmまでの土壌を採取し、2017年のみ作土下層(20~50 cm深)も採取した。栽培後の土壌はベッド部の全面を地表面から深さ5 cmごとに採取した。採取した土壌は風乾して目開き2 mmで篩別後、土壌中の交換性CaまたはMgの含有率を、1 mol L⁻¹酢酸アンモニウム液で抽出して、原子吸光法で測定した。各年の栽培開始時の土壌化学性を表2に示した。

3 生産者ほ場の土壌中の交換性CaとMgの含有率

2017~2019年に、岡崎市、豊川市、豊田市、蒲郡市、犬山市及び新城市の生産者の46ほ場における栽培開始時の作土を採取した。採取した土壌は風乾して目開き2 mmで篩別後、土壌中の交換性CaまたはMgの含有率を、1 mol L⁻¹酢酸アンモニウム液で抽出し、原子吸光法で測定した。

表1 定植日、施肥管理及び収穫日の概要

栽培管理	月	日		
		2017年	2018年	2019年
定植・基肥	5	26	28	30
追肥1回目	7	18	23	23
追肥2回目	8	23	20	20
追肥3回目	9	25	19	17
収穫	11	27	12	19

各時期の作物体の採取は追肥時、収穫時に行った

表2 各年の栽培開始時の土壌化学性

年	採取深 (cm)	pH (H ₂ O)	CEC (cmol _c kg ⁻¹)	交換性塩基(g kg ⁻¹)			塩基飽和度 (%)	硝酸態窒素 (mg kg ⁻¹)	可給態リン酸 (g kg ⁻¹)
				K	Ca	Mg			
2017	0~20	6.8	20	0.56	2.33	0.27	76	10.0	2.9
	20~50	6.9	22	0.56	2.61	0.34	78	6.1	2.9
2018	0~20	6.8	22	0.56	2.22	0.22	65	1.5	2.6
2019	0~20	6.6	17	0.52	2.18	0.25	82	12.0	2.3

可給態リン酸はトルオーグ法で測定した

結果及び考察

1 新生芋の新鮮重(収量)

2017~2019年の新生芋の新鮮重(収量)は400 g 個⁻¹前後で(図1)、栽植密度(2.67 株 m⁻²)から面積当たりに換算すると1.0~1.1 kg m⁻²であった。愛知県の施肥基準¹⁰⁾におけるジネンジョの目標収量は1.0 kg m⁻²(栽植密度2.30 株 m⁻²)とされている。本研究で得られた収量は目標収量と同程度であり、その養分吸収量は目標収量を得るために必要な養分吸収量の指標になると考えられる。

2 「稲武2号」の時期別のCa吸収量と土壌中の交換性Ca含有量の変化

(1) 時期別のCa吸収量からみたCa吸収特性

作物体全体のCa吸収量はいずれの試験年も7~9月に増加し、9月に最大値に達した(図2)。このため、Ca吸収量が最大となった9月までのCa供給が必要である。作物体のCa吸収量に占める割合を部位ごとにみると、茎葉は常に8割以上と高かった。ジネンジョの茎葉の乾物重は7~8月に大きく増加することが報告されていること⁹⁾から、Ca吸収量の大部分を占める茎葉の生育が旺盛な8月までのCa供給が特に重要であることが示唆された。

(2) Ca供給源としての種芋、肥料及び土壌

生育初期のCa供給源と考えられる種芋に含まれたCa含有量は0.01~0.03 g 株⁻¹(データ省略)で、作物体全体のCa吸収量が最大値を示した9月のCa吸収量1.07~2.11 g 株⁻¹の0.5~2.6%と見積もられた。種芋中のCaは生育初期のCa源として重要と考えられるが、Ca吸収量に対する種芋由来のCaの寄与率は低く、土壌または土壌に施用した過リン酸石灰由来のCaの寄与率が高かったと考えられる。

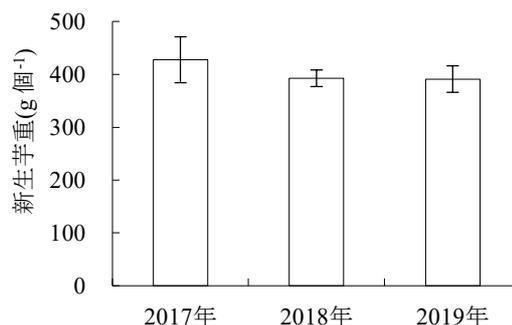


図1 新生芋の新鮮重(収量)

図中の縦線は標準誤差(n=3)を表す

(3) 土壌中の交換性Ca含有量の変化とCa吸収量

栽培後の土壌中の交換性Ca含有率は、栽培開始時の作土層(深さ0~20 cm)より高かった(図3)。その要因として、本研究で石灰質肥料は無施用であったが、りん酸質肥料として施用した過リン酸石灰はCaを含んでいた。そこで、過リン酸石灰のリン酸の保証成分量からリン酸二水素カルシウム(Ca(H₂PO₄)₂·H₂O)を33%(w/w)、硫酸カルシウム(CaSO₄)を67%(w/w)としてCa投入量を試算すると28 g m⁻²で、本研究で得られたCa吸収量の最大値5.61 g m⁻²(2018年の9月のCa吸収量を栽植密度2.67 株 m⁻²で面積換算)よりも多かった。また、2017年の栽培開始時の土壌中の交換性Ca含有率は作土下層が2.61 g kg⁻¹で、作土層よりも高かった。ジネンジョ栽培において白黒マルチを敷設することにより無機態窒素やKの溶脱が抑制されることが報告されている^{6,7)}。本研究において、栽培後の土壌中の交換性Ca含有率が栽培開始時の作土層より高かったことは、過リン酸石灰からのCa投入量が「稲武2号」のCa吸収量以上であったこと、作土下層が作土層へ混和したこと、さらに白黒マルチの敷設によりCaの溶脱が抑制されたことで、余剰のCaが残存していたためと考えられる。栽培開始時の作土層の交換性Ca含有率で最も低かったのは2019年の2.18 g kg⁻¹で、愛知県の土壌診断基準¹⁰⁾の下

限値の2.02 g kg⁻¹(10<陽イオン交換容量(CEC)(cmol_c kg⁻¹)<20の土壌診断基準の下限値であるCa飽和度58%から換算)と同程度であった。この栽培開始時の作土層の交換性Ca含有率2.18 g kg⁻¹を土壌の乾燥密度を1.0 g cm⁻³、作土深を20 cmとして、面積当たりの含有量に換算すると436 g m⁻²で、本研究で得られたCa吸収量のうちで最も多かった2018年9月のCa吸収量に比べて78倍と多かった。

これらのことから、本研究では過リン酸石灰からのCa投入があったものの、土壌中の交換性Ca含有量が「稲武2号」のCa吸収量よりも多かったこと、Caの溶脱を抑制できる白黒マルチを用いた栽培であったことから、試験ほ場の土壌中の交換性Ca含有量だけでも「稲武2号」のCa要求量を満たせたと考えられる。

3 「稲武2号」の期別のMg吸収量と土壌中の交換性Mg含有量の変化

(1) 時期別のMg吸収量からみたMg吸収特性

作物体全体のMg吸収量はいずれの試験年も7~9月に増加し、9月に最大値に達した(図4)。このため、Mg吸収量が最大となった9月までのMg供給が必要である。作物体のMg吸収量に占める割合を部位ごとにみると、7~8月の作物体の

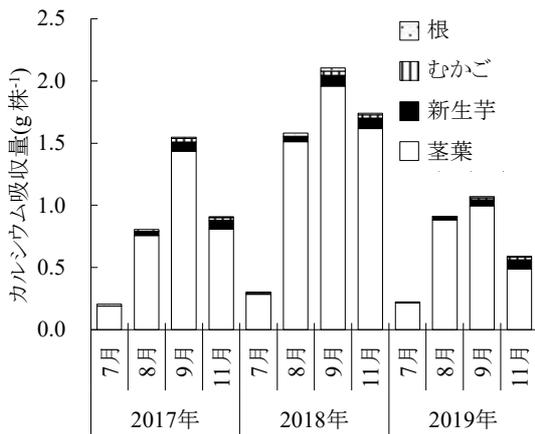


図2 時期別のカルシウム吸収量の推移

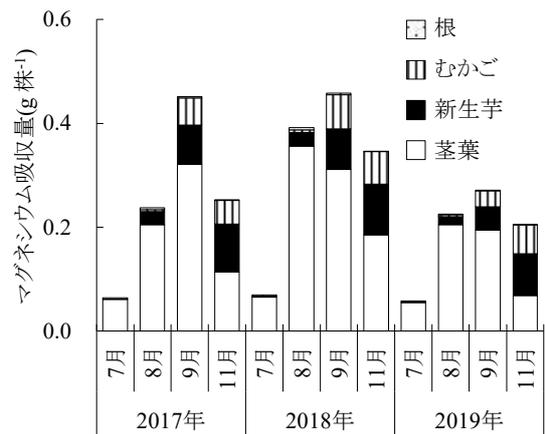


図4 時期別のマグネシウム吸収量の推移

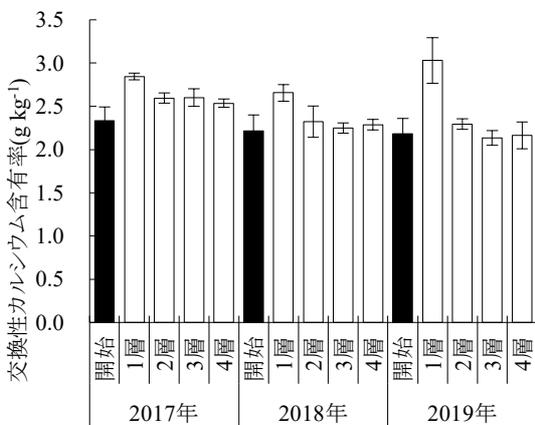


図3 土壌中の交換性カルシウム含有率

開始は栽培開始時の作土層(0~20 cm)、1層は0~5 cm、2層は5~10 cm、3層は10~15 cm、4層は15~20 cmの栽培後の土壌の土層を表す
図中の縦線は標準誤差(n=3)を表す

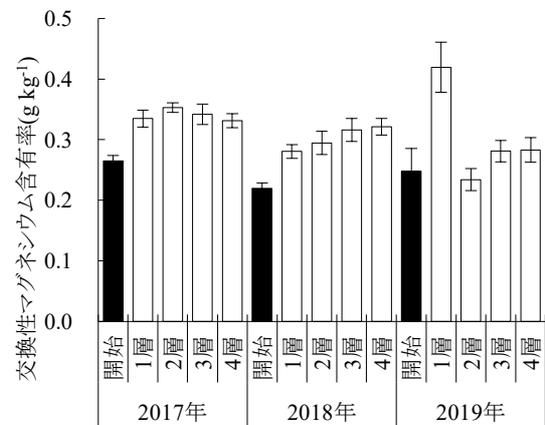


図5 土壌中の交換性マグネシウム含有率

開始は栽培開始時の作土層(0~20 cm)、1層は0~5 cm、2層は5~10 cm、3層は10~15 cm、4層は15~20 cmの栽培後の土壌の土層を表す
図中の縦線は標準誤差(n=3)を表す

表3 生産者ほ場の交換性CaとMgの含有率

	交換性 Ca	交換性 Mg
調査ほ場数	46	46
平均値(g kg ⁻¹)	1.45	0.23
最大値(g kg ⁻¹)	3.01	0.62
最小値(g kg ⁻¹)	0.06	0.03
標準偏差	0.79	0.14
基準以上のほ場割合(%) ¹⁾	30	22

1) 土壌診断基準¹⁰⁾の下限値以上のほ場の割合

Mg吸収量に占める茎葉の割合は8割以上であったが、9月以降の作物体のMg吸収量に占める茎葉の割合は低下した。一方で、9月以降の新生芋のMg吸収量が増加したことから、当該時期において茎葉からの新生芋へのMgの転流が考えられる。このことから、茎葉の生育が旺盛な8月までのMg供給が特に重要であることが示唆された。

(2) Mg供給源としての種芋及び土壌

生育初期のMg供給源と考えられる種芋に含まれたMg含有量は0.009~0.014 g 株⁻¹(データ省略)で、作物体全体のMg吸収量が最大値を示した9月のMg吸収量0.27~0.46 g 株⁻¹の2.0~5.1%と見積もられた。種芋中のMgは生育初期のMg源として重要と考えられるが、Mg吸収量に対する種芋由来のMgの寄与率は低く、「稲武2号」が吸収したMgの大半は土壌由来であった。

(3) 土壌中の交換性Mg含有率の変化とMg吸収量

栽培開始時の作土層の交換性Mg含有率で最も低かったのは2018年の0.22 g kg⁻¹(表2)、愛知県の土壌診断基準¹⁰⁾の下限値0.40 g kg⁻¹(20 cmol_c kg⁻¹≤CECの土壌診断基準の下限値であるMg飽和度15%から換算)よりも低かった。この交換性Mg含有率0.22 g kg⁻¹を土壌の乾燥密度1.0 g cm⁻³、作土深20 cmとして、面積当たりの含有量に換算すると44 g m⁻²で、本研究で得られたMg吸収量の最大値1.22 g m⁻²(2018年の9月のMg吸収量を栽植密度2.67 株 m⁻²で面積換算)に比べて36倍と多かった。本研究ではMgを含む資材を施用しなかったにもかかわらず、栽培後の土壌中の交換性Mg含有率は、栽培開始時の作土層より高かった(図5)。その要因として、2017年の栽培開始時の作土下層の交換性Mgは0.34 g kg⁻¹で、愛知県の土壌診断基準¹⁰⁾の下限値0.67 g kg⁻¹(20 cmol_c kg⁻¹≤CECの土壌診断基準の下限値であるMg飽和度15%から換算)よりも低かったものの、作土層の交換性Mg含有率よりも高かったことから栽培容器設置作業で作土下層が作土層へ混和したことが考えられる。

これらのことから、土壌中の交換性Mg含有量が「稲武2号」のMg吸収量よりも多かったこと、Mgの溶脱を抑制できる白黒マルチを用いた栽培であったことから、試験ほ場の土壌中の交換性Mg含有量だけでも「稲武2号」のMg要求量を満たせたと考えられる。

4 白黒マルチを用いた「稲武2号」の栽培におけるCaとMgの土壌管理

試験ほ場の土壌のpHは6.6~6.8で土壌診断基準¹⁰⁾の5.8~6.6よりも高かったが、目標収量を得られたことから、「稲武2号」は土壌pH6.8まで適応できると考えられる。一方で、試験ほ場の土壌中の交換性CaとMgの含有率は、愛知県の土壌診断基準¹⁰⁾の下限値と同程度か、それ未満であったが、目標収量を得られた。このことから、CaとMgを無施肥できる土壌中の交換性CaとMgの含有率は土壌診断基準¹⁰⁾の下限値よりも低いことが考えられ、その値の解明は今後の課題である。

愛知県内の半数程度の生産者は苦土石灰等のアルカリ資材を施用していることが報告⁹⁾されているが、本研究で調査した生産者ほ場の土壌中の交換性CaとMgの含有率がCaとMgを無施肥できると考えられる土壌診断基準の下限値以上であった生産者のほ場割合は30%、22%であった(表3)。過剰な資材の投入を抑制するために診断基準の下限値以上のほ場で白黒マルチを敷設する場合はこれらの資材を控えることが望ましいと考えられる。

引用文献

- 藤晋一. ヤマノイモモザイクウイルスの特性と生物防除. 植物防疫. 57, 457-460(2003)
- 飯田孝則. ジネンジョ. 農文協. 東京. p.1-135(2001)
- 愛知県. 農業の新技术ジネンジョの高品質安定生産技術. 愛知県農業総合試験場. 愛知. p.1-27(1994)
- 飯田孝則, 加藤俊博, 浅野裕司, 和田朋幸. ジネンジョ新品種「夢とろろ」の育成. 愛知農総試研報. 33, 115-122 (2001)
- 田中哲司, 中村嘉孝, 渡邊靖洋, 糟谷真宏, 瀧勝俊. アンケート結果からみた愛知県内のジネンジョ生産の実態. 愛知農総試研報. 50, 103-106(2018)
- 中村嘉孝, 田中哲司, 糟谷真宏, 瀧勝俊, 井上栄一. ジネンジョ(*Dioscorea japonica* Thunb.) '稲武2号'の窒素吸収特性. 園学研. 20(1), 49-55(2021)
- 中村嘉孝, 田中哲司, 糟谷真宏, 瀧勝俊, 大竹敏也, 井上栄一. ジネンジョ(*Dioscorea japonica* Thunb.) '稲武2号'のカルシウム吸収特性. 園学研. 23(3), 179-186(2024)
- 橋本武. 酸性土壌と作物生育. 養賢堂. 東京. p.52-59(1981)
- 政田敏雄, 岩政幸人. ジネンジョのパイプ栽培. 農業技術体系野菜編第10巻マメ類・イモ類・レンコン. 農文協. 東京. p.基143-166(2004)
- 愛知県農業水産局農政部農業経営課. 農作物の施肥基準. 愛知県. (2021) <https://www.pref.aichi.jp/soshiki/nogyo-keiei/sehikijun.html>. (2023.12.25参照)