

慢性腎臓病患者の食事療法への貢献 低カリウム野菜の土壌栽培の試み

Contribution to the diet of patients with chronic kidney disease
Trial cultivation of vegetables in low potassium soil

兼平 奈奈¹ 伊藤 正江² 西田 淑男¹

Nana KANEHIRA¹ Masae ITO² Toshio NISIDA¹

¹東海学園大学 健康栄養学部 管理栄養学科 ²至学館大学 健康科学部 栄養科学科

¹Department of Nutrition, School of Health and Nutrition, Tokai Gakuen University

²Department of Nutrition, Faculty of Wellness, Shigakkan University

キーワード：カリウム、慢性腎臓病、低カリウム野菜、土壌栽培

Key Words : Potassium, Chronic kidney disease, Low potassium vegetables, Soil cultivation

要約

腎機能が低下すると腎臓からのカリウム排泄量が減少し、摂取するカリウム量をコントロールしなければ不整脈から心停止などの危機的な状態に陥る場合がある。本研究では、慢性腎臓病患者の食事療法へ貢献することを目的として、土壌で簡単にカリウムを減少させた野菜の栽培が可能であるのかを、小川ら（2007）の水耕栽培の考え方を応用して検討した。

栽培期間の途中からカリウムの追肥量を制限する方法として、窒素とリン酸ならびにカリウムの配合割合が1:1:1の肥料で土壌のカリウム含有濃度に差をつけた。土壌の肥料条件は、通常量の肥料を使用した対照群、半分量のハーフ群、肥料を全く用いない無肥料群とした。カリウム含有濃度が異なる3種類の土壌で、初期生育の土壌にはカリウムが含まれていたと考えられる市販のミニトマトを苗から栽培した。

3種類の土壌でミニトマトは生育し、収穫したミニトマト果実中のカリウム含有量は、無肥料群が対照群とハーフ群より有意に低かった ($p < 0.01$)。また、無肥料群は対照群とハーフ群に比し、収穫個数は極端に少なく、かつ糖度も低い結果であった。

今回の実験において、肥料でカリウムを補わない土壌で簡単にカリウム量を減少させたミニトマトの栽培が可能であることが示唆された。また、収穫個数や糖度を増すには、生育に必要な肥料として窒素とリン酸を与える必要があると考えられた。

Abstract

When kidney function is impaired, the amount of potassium excreted by the kidney is reduced. Unless the amount of potassium ingested is controlled, this can give rise to crises such as cardiac arrest due to arrhythmia. This study aimed to influence the diet of patients with chronic kidney disease. The idea behind the hydroponic cultivation trials of Ogawa et al (2007) was to cultivate vegetables in low potassium soil.

As a way to restrict the amount of potassium fertilizer added during cultivation, we used fertilizer containing nitrogen, phosphoric acid, and potassium on a ratio of 1 to 1 to 1.

Three different types of soil were used, that is, soil with a normal amount of fertilizer, soil with a half amount of fertilizer, and soil with no fertilizer. We grew mini tomatoes in these three types of soil. It is supposed that the mini tomatoes we used were originally grown in soil with a normal amount of fertilizer.

The mini tomatoes harvested in the soil with no fertilizer contained a significantly low amount of potassium ($p < 0.01$), compared to the mini tomatoes harvested in the other two types of soil. Also, the amount of sugar contained in the mini tomatoes harvested in the soil with no fertilizer was low.

This experiment revealed that the potassium content of mini tomatoes could be reduced by growing them without using potassium fertilizer. Further, it is suggested that fertilizer with nitrogen and phosphoric acid can be used to increase the yield and sugar content of mini tomatoes.

I. 諸言

我が国の慢性透析患者は、2014年末の統計調査において32万人となり、増加傾向は未だ続いている(日本透析医学会, 2016)。その予備軍である慢性腎臓病(chronic kidney diseases. 以後、CKDと略す)患者数は、軽症のものも含めると1,329万人であり、成人人口の13.3%を占め、そのうち進行して腎不全に至る危険性のある患者数は成人の約20人に1人の約580万人であると推計されている(Imai E, 2011、Nakayama M, 2011)。

腎臓は、体液の恒常性を保つために、水分・電解質の調節、酸塩基平衡の調節、代謝産物の排泄、ホルモン産生・調節という大きく4つの機能を果たしている。したがって腎臓の機能が低下すると生体は種々の症状や合併症を呈することとなり、CKDの原因や合併症に対する治療、高血圧や糖尿病などの危険因子に対する治療、生活習慣の改善、食事療法が必要となる。

2014年に報告された「慢性腎臓病に対する食事療法基準2014年版」(日本腎臓学会, 2014)では、糸球体濾過率(glomerular filtration rate. 以後、GFRと略す)が $45\text{mL}/\text{min}/1.73\text{m}^2$ 以上の

CKD ステージ 3a まではカリウム (Potassium, 以後、K と略す) 制限はないものの、30~44mL/min/1.73m²のステージ 3b は 2,000 mg/日以下、30mL/min/1.73m²未満のステージ 4 ならびに 5 では 1,500 mg/日以下に K 摂取量の制限を示している。

また、CKD 患者に対しては、腎機能改善や末期腎不全への遅延を目的として、軽度腎障害時から血圧管理に降圧薬の RAA (レニン・アンジオテンシン・アルドステロン) 系抑制薬が多く用いられるが、副作用として血清 K 値を上昇させる。

高 K 血症は、しびれ感、知覚過敏、脱力感などの筋肉・神経症状や不整脈などを引き起こし、中でも不整脈による突然死の原因になる可能性があり、極めて危険である。実際、透析治療の進歩や薬剤の開発が進んだ今日においても、2014 年死亡患者の死亡原因分類において、K 中毒/頓死は 794 人、全死亡者の 2.7% を占めている (日本透析医学会, 2016)。さらに、軽症 CKD 患者でも、100 人/月当たり約 2.7 回の頻度で 6mEq/L 以上の高 K 血症を発症することが報告されている (Einhorn LM, 2009)。そのため、腎障害が軽症であっても高 K 血症を来し得るので注意が必要であり、日本腎臓学会のエビデンスに基づく CKD 診療ガイドライン 2013 (2013) では、血清 K 値が 4.0~5.4mEq/L の範囲になるように調節することを推奨している。

摂取する K 量をコントロールするには、K 含有量が極端に多い食品を避ける以外に、K が水に溶けやすい性質を有することを利用して、茹でこぼし、水さらしなどの下処理を行い、食品中の K 量を減少させてから調理を行う方法がある (文部科学省科学技術・学術審議会, 2015)。しかしながら茹でこぼしを行った食品は、食感や食品重量が変化し、食に対する生活の質 (quality of life, 以後、QOL と略す) が低下しやすくなる。

富士通株式会社は、秋田県立大学の特許と会津富士加工株式会社の生産技術ならびに温度、湿度、CO₂、照明などを ICT (Information and Communication Technology: 情報通信技術) で高度にコントロールを行った空間で、水耕栽培での低 K 野菜の量産化に成功し、通常栽培と比べ K 含有量を約 1/5 以下に減らした低 K レタスを 2014 年から販売している (富士通株式会社, 2014、富士通株式会社, 富士通ホーム & オフィスサービス株式会社, 2014)。同様に、パナソニック株式会社は 2012 年から LED 電球を用いた「人工光型植物工場システム」と低 K レタスの栽培技術の研究を開始し、2014 年 4 月から低 K レタスなどの食材販売を含めたシステムの販売活動を進め、2016 年 5 月には西部ガスのグループ会社であるエスジージーグリーンハウス (福岡県北九州市) に低 K レタスの水耕栽培用として人工光型植物工場システムを納入したと発表した (環境ビジネスオンライン, 2016)。

このような 1 日の摂取量が比較的多くなる野菜における低 K 化の実用化は、K 制限が必要な CKD 患者にとって朗報となった。しかし、低 K 野菜の市場価格は一般的な野菜に比べ 4 倍と高価であり、また、近所のスーパーマーケットや食料品店で、通常の食品を入手するような自由度はなく、大型総合スーパーや百貨店での購入、インターネットによる購入が必要となる。

そこで今回、植物の栽培を楽しみながら、収穫物を自家消費することにより、長期間に亘るCKD患者のK制限のストレスを少しでも軽減することを目的として、栽培初期にはKを減らさずに育て、途中からKを全く与えない水耕栽培の方法で野菜のK含有量を減少させた小川ら(2007)の考え方を応用して、K含有量を減少させた野菜の栽培が、土壌で簡便に出来るかどうかを検討した。

II. 方法

1. 栽培する野菜の種類と品種、栽培開始の初期状態

栽培する野菜の種類は、K含有量が比較的多く、茹でこぼしや水さらしなどの下処理により食料中のK含有量を減少させることが不向きであり、かつ、家庭で土壌栽培が可能な果実野菜のミニトマトとした。品種は病害抵抗性を持ち、家庭菜園での栽培が比較的簡単と言われる高糖度な品種の「アイコ」とし、栽培開始の初期状態は市販の苗とした。

2. 栽培用土壌の調整

栽培用の土壌は、用土はバーミキュライトを用い、元肥は窒素とリン酸ならびにKの配合割合が1:1:1の市販肥料を用いた。土壌の調整は、肥料条件をバーミキュライト12Lに対し、通常量の肥料60gを混合した対照群、半分量の30gを混合したハーフ群、肥料を全く用いない無肥料群の3種類に調整した。なお、無肥料群では成長に問題がある可能性もあったが、初期生育の土壌にはKが含まれていたと考えられる市販の苗を用いて栽培期間の途中からKの追肥量を制限する方法としての簡便さから、無肥料群を設定した。また、対照群とハーフ群には、それぞれ各群の元肥の半量の追肥を、苗を移植後、3週間目ごとに計3回行なった。各栽培用土壌における肥料条件を表1に示す。

表1 各栽培用土壌における肥料条件

(バーミキュライト12Lに対する各肥料条件の元肥量と追肥量のK付加量、K含有濃度)

	対照群	ハーフ群	無肥料群
元肥量 (g)	60	30	0
元肥K付加量 (g)	3.6	1.8	0
元肥K含有濃度 (%)	0.030	0.015	0
追肥量 (g) *	30	15	0
追肥K付加量 (g)	1.8	0.9	0
追肥K含有濃度 (%)	0.015	0.008	0

*追肥は栽培期間に3回行った。

3. 栽培方法

苗の移植には、10号鉢（容量13.5L）を用いた。鉢底石を敷き詰めたのち、対照群、ハーフ群、無肥料群の土壌で、各群2鉢を用意した。栽培個体数は各鉢に1本の苗を移植した。栽培は、3群同時に5月25日から開始し、栽培期間は移植後2ヶ月半を目安とした。また、栽培期間中は脇芽除去、誘引を適宜行うこととした。

栽培場所は、東海学園大学名古屋キャンパス臨床栄養学実習室外の軒下を利用した。

4. 調査項目

天候などの環境が生育に与えた影響を検討するため、天気、気温、湿度、灌水量を記録した。また、栽培土壌中のK濃度の差によって成長の違いや収穫量、収穫したミニトマト果実中のK含有量ならびに糖度に与える影響を評価するため、栽培期間中の成長の過程を記録し、収穫量、収穫した果実中のK含有量、糖度を調査した。

(1) 天候などの生育環境

栽培期間の毎週月・水・金曜日に天気、気温、湿度の記録と灌水を行った。灌水は計量カップ100mlの土壌重量を測定して、購入時のパーミキュライト計量カップ100mlの土壌重量20gを基にして、重量が25g未満の時には1,000ml/1鉢、25～35g未満の時には750ml/1鉢、35～45g未満の時には500ml/1鉢、45～55g未満の時には250ml/1鉢の水道水を与え、土壌重量が55g以上の日と、雨や雨が降り出しそうな日には灌水を行わなかった。

(2) 栽培期間中の成長

栽培期間の毎週月・水・金曜日にミニトマトの苗丈を測定し、成長の過程を記録した。また、K含有濃度が異なる3種類の土壌における葉や茎の生育の差、開花、結実を記録した。

(3) 収穫量

K含有濃度が異なる3種類の土壌で生育し、各々の群で収穫できたミニトマト果実の個数を収穫量とした。なお、各群とも着果段、重量、サイズの記録はせず、単純に収穫できた合計個数を収穫量とした。

(4) 収穫したミニトマト果実中のK含有量

K含有濃度が異なる3種類の土壌で生育して収穫できたミニトマト果実中のK含有量を、原子吸光法によるK定量分析から求めた。分析は、東海学園大学名古屋キャンパス理化学実験室で行い、Z-2000シリーズ 偏光ゼーマン原子吸光光度計を用い、測定波長は、766.5 nm、検量線の

相関係数は0.9988、各群それぞれ2回の測定を行った。

なお、栽培期間中に収穫できたミニトマト果実は、K含有量の測定日まで各群別にプラスチック製容器に入れて冷凍保存し、測定日に自然解凍後、各々の群で収穫した全てのミニトマト果実をミキサーにかけ均質化し、5gを精秤して試料として用いた。

(5) 収穫したミニトマト果実中の糖度

K含有濃度が異なる3種類の土壌で生育して収穫したミニトマト果実中の糖度(Brix%)を、ATAGO デジタル糖度計(濃度計) パレットシリーズ PR-201 a を用いて測定した。

なお、糖度の測定日は、ミニトマト果実中のK含有量測定日と同一日とし、K含有量測定のためにミキサーで均質化して準備した試料を1滴、プリズム面に落下させて測定した。

5. 解析方法

栽培土壌中のK濃度の差による成長の差異は成長過程の記録から評価した。各群で収穫したミニトマト果実中のK含有量の差は対応のないt検定、収穫量と糖度は単純比較で評価した。統計処理にはIBM SPSS Statistics 21 (IBM社製)を用いた。また、有意水準は5%とした。

Ⅲ. 結果

1. 天候などの生育環境

栽培期間中の天気、気温、湿度、土壌重量、灌水量の記録を表2に示す。記録を行ったのは、5月が3日、6月が13日、7月が10日、8月が3日の計29日である。

天気は、晴れ13日、曇り8日、曇りと雨の混在が6日、雨2日で、栽培初期の時期が梅雨の時期であったことより、半数以上が曇りと雨の日であった。

栽培場所の気温は、栽培を開始した5月25日が31.7℃であり、5月に測定した3日間の平均気温は29.2℃と30℃に近い気温であった。6月の平均気温は26.5℃と、30℃未満の日が多く、30℃を超えた日は13日中3日だけであった。7月の平均気温は28.5℃であった。また、測定時の最低気温が21.9℃、最高気温が40.1℃と、気温の差が大きかった。8月は3日間とも30℃を超え平均気温が33.8℃であった。

栽培場所の湿度は、5月の平均が32.7%、6月の平均が57.2%、7月の平均が70.5%、8月の平均が49.0%であった。

灌水は、移植日と雨または雨が降りだしそうであった8日を除く計20日で、250mlを5日、500mlを6日、750mlを3日、1,000mlを6日、土壌重量の測定結果から乾燥具合を把握して与えた。

表2 栽培期間中の天気、気温、湿度、土壌重量、灌水量の記録

栽培期間		天気	気温 (°C)	湿度 (%)	土壌重量 (g)*	灌水量 (ml)
移植日	5月25日	晴れ	31.7	26.0	—	—
移植後2日目	27日	晴れ	29.1	26.0	24.0	1,000
4日目	29日	晴れ	26.8	46.0	22.0	1,000
7日目	6月1日	曇り	25.9	58.0	30.0	750
9日目	3日	曇り	24.0	75.0	43.4	500
11日目	5日	曇りと雨	21.3	42.0	34.5	0**
14日目	8日	曇りと雨	21.3	49.0	30.9	0**
16日目	10日	晴れ	34.5	44.0	49.3	250
18日目	12日	曇り	24.5	76.0	40.7	500
21日目	15日	晴れ	29.9	49.0	38.8	500
23日目	17日	曇り	25.6	63.0	45.7	250
25日目	19日	曇り	22.8	66.0	48.3	250
28日目	22日	晴れ	32.6	60.0	45.6	250
30日目	24日	晴れ	35.2	45.0	45.4	250
32日目	26日	雨	23.4	62.0	39.2	0**
35日目	29日	曇り	22.9	54.0	36.3	500
37日目	7月1日	晴れ	24.5	49.0	39.0	500
39日目	3日	曇りと雨	21.9	88.0	50.7	0**
42日目	6日	雨	24.1	91.0	57.0	0**
44日目	8日	曇りと雨	23.8	91.0	50.5	0**
46日目	10日	曇りと雨	25.1	91.0	60.1	0**
49日目	13日	曇り	30.9	85.0	37.3	500
56日目	20日	晴れ	40.1	52.2	33.0	750
58日目	22日	曇りと雨	26.3	73.0	42.9	0**
63日目	27日	晴れ	37.3	32.0	24.2	1,000
65日目	29日	曇り	31.4	53.0	20.2	1,000
70日目	8月3日	晴れ	34.5	36.0	30.5	750
72日目	5日	晴れ	34.8	50.0	24.0	1,000
74日目	7日	晴れ	32.2	61.0	23.8	1,000

*計量カップ100mlの土壌重量

**雨または雨が降り出しそうであったため灌水を中止した。

2. 栽培期間中の野菜の成長

ミニトマトの栽培期間は、5月25日から8月7日までの、苗を移植しておよそ2ヶ月半の74日間である。図1に各肥料条件におけるミニトマトの苗丈の推移を示す。

対照群の移植日の苗丈は2本とも19.0cmであった。苗丈は、7月中旬の移植後49日目までは順調に育ち、その後は、著しい成長は見られず、移植後74日目の栽培終了日の8月7日には対照群①は94.0cm、対照群②は87.0cmとなり、移植日より対照群①は75.0cm、対照群②は68.0cm、平均71.5cm成長した。

ハーフ群の移植日の苗丈はハーフ群①が18.5cm、ハーフ群②が16.0cmであった。苗丈は、対照群と同様に7月中旬の移植後49日目までは順調に育ち、その後は、著しい成長は見られず、栽培終了の移植後74日目にはハーフ群①は102.0cm、ハーフ群②は93.0cmとなり、移植日よりハーフ群①は83.5cm、ハーフ群②は77.0cm、平均80.3cm成長した。

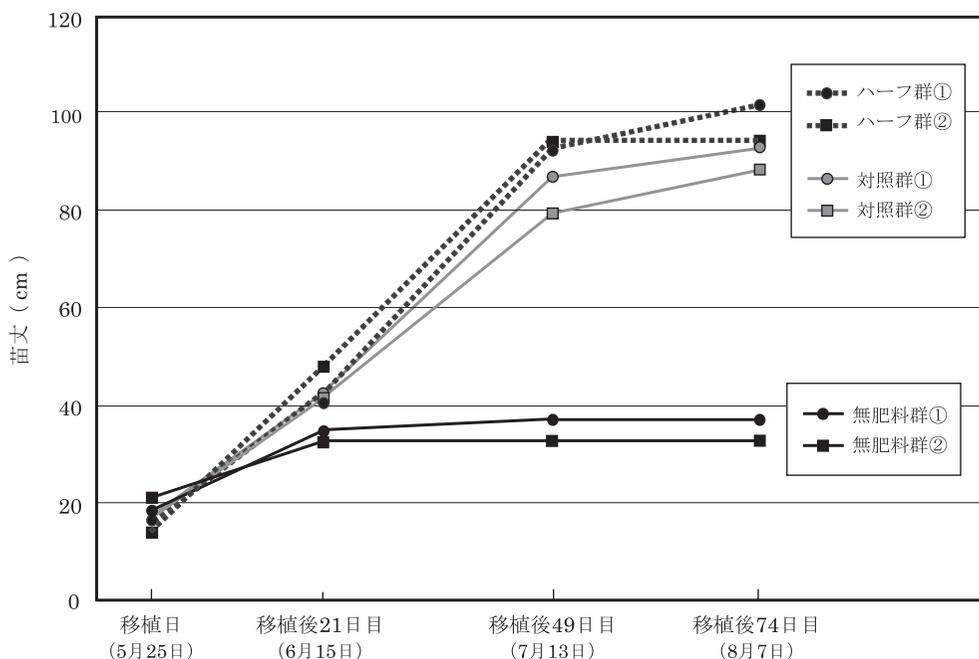


図1 各肥料条件におけるミニトマトの苗丈の推移

無肥料群の移植日の苗丈は無肥料群①が19.0cm、無肥料群②が21.5cmであった。苗丈は、6月中旬の移植後21日目までは、わずかながら成長したが、その後は、ほとんど成長は見られず、栽培終了の移植後74日目に無肥料群①は38.0cm、無肥料群②は35.0cmまでにしか成長しなかった。無肥料群の苗丈の成長は、対照群とハーフ群の成長より大きく下回り、移植日より無肥料群①は19.0cm、無肥料群②は13.5cm、平均16.3cmのみの成長であった。

写真1に、各肥料条件におけるミニトマトの葉、茎、一番花、結実の画像を示す。移植日においては、K含有濃度が異なる3種類の土壤に移植した苗の葉や茎に特徴的な差はなかった。移植後9日目の6月上旬には、3種類の土壤で栽培したミニトマトの苗に一番花を確認した。また、対照群ならびにハーフ群の葉は濃い緑色で、大きく生育していたが、無肥料群の葉は色が淡く、やや小さめで、数も少なかった。茎も対照群とハーフ群に比べ無肥料群で細めであった。移植後21日目の6月中旬には、K含有濃度が異なる3種類の土壤の全てでミニトマトの結実を確認した。また、対照群ならびにハーフ群の葉は大きく生育し、茎も太く生育していたが、無肥料群では葉は小さく、数は少なく、葉先が黄色く変色し始め、茎も細かった。その後、無肥料群のミニトマトの葉の大きさや数、茎の太さは栽培終了日まで殆ど変化を見なかった。

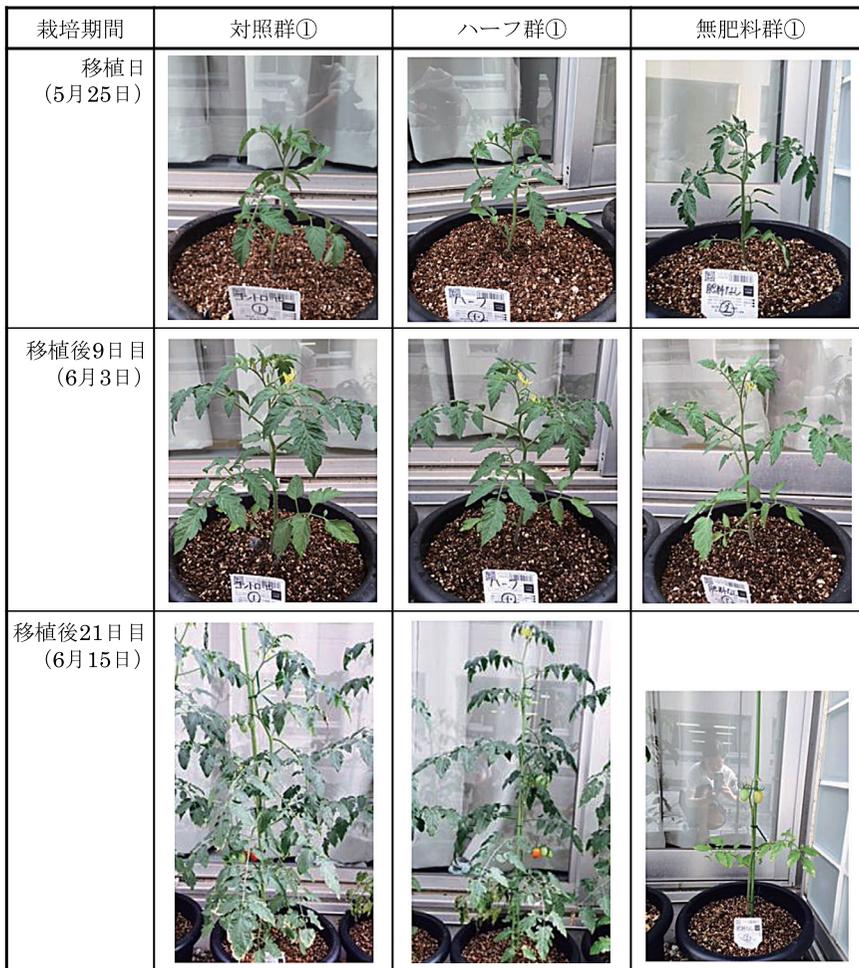


写真1 各肥料条件におけるミニトマトの葉、茎、一番花、結実の画像

3. 生育した野菜の収穫量

K含有濃度が異なる3種類の土壌で生育し、収穫できたミニトマト果実の収穫個数は、対照群①が18個、対照群②が19個の計37個、ハーフ群①は16個、ハーフ群②は15個の計31個、無肥料群①は3個、無肥料群②は2個の計5個と、無肥料群は他の2群に比べ極端に少なかった(表3)。

表3 各肥料条件におけるミニトマト果実の収穫量

	対照群	ハーフ群	無肥料群
収穫量(個)*	37	31	5
各群で移植した苗①(個)	18	16	3
各群で移植した苗②(個)	19	15	2

*各群に移植した苗①と苗②の合計個数

4. 収穫したミニトマト果実中のK含有量

K含有濃度が異なる3種類の土壌で収穫したミニトマト果実、対照群計37個、ハーフ群計31個、無肥料群計5個を、各群別にミキサーにかけて均質化し、5gを試料として、各群それぞれ2回の測定を行い、ミニトマト果実中100g当りの平均K含有量を求めた。

各肥料条件で収穫したミニトマト果実中のK含有量は、対照群 $332.1 \pm 1.8\text{mg}$ 、ハーフ群 $335.6 \pm 1.4\text{mg}$ 、無肥料群 $272.1 \pm 1.4\text{mg}$ と、無肥料群のK含有量は対照群とハーフ群に比べて有意 ($p < 0.01$) に低値であった (図2)。

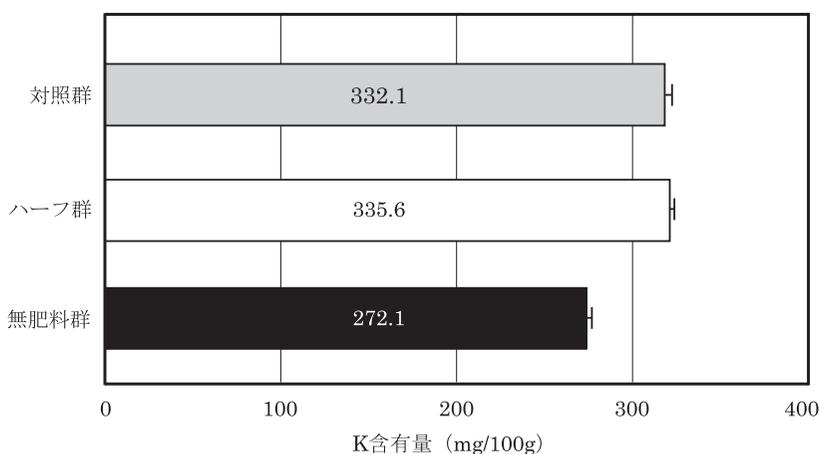


図2 各肥料条件で収穫したミニトマト果実中のK含有量

各群2回の測定値の平均値

無肥料群は他群に比べて有意に低値であった ($p < 0.01$)

5. 収穫したミニトマト果実中の糖度

3種類の土壌で生育して収穫できたミニトマト果実中の糖度 (Brix%) は、対照群 7.75 Brix%、ハーフ群 7.80 Brix%、無肥料群 5.00 Brix% と、無肥料群は、Kを付加した土壌で生育した他の2群に比べて糖度が低かった (表4)。

表4 各肥料条件で収穫したミニトマト果実中の糖度

	対照群	ハーフ群	無肥料群
糖度 (Brix%)	7.75	7.80	5.00

IV. 考察

栽培期間の途中から K の追肥量を制限する方法として、初期生育の土壌には K が含まれていると考えられる市販のミニトマトの苗を、窒素とリン酸ならびに K の配合割合が 1:1:1 の市販肥料で K 含有濃度に差をつけた 3 種類の土壌に移植して栽培を行った。3 種類の土壌の肥料条件は、通常量の肥料を使用した対照群、半分量のハーフ群、肥料を全く用いない無肥料群とし、果実野菜のミニトマト「アイコ」を栽培し、土壌中の K 濃度が野菜の成長や収穫量、生育したミニトマト果実中の K 含有量や糖度に与える影響を検討した。

成長では、ハーフ群の苗丈が最も成長し、次いで対照群、無肥料群の順であった。3 種類の土壌全てで一番花を同日日に確認したが、葉や茎の生育は、無肥料群は対照群やハーフ群に比べ劣っていた。また、生育し収穫できたミニトマト果実の個数は、対照群 37 個、ハーフ群 31 個、無肥料群 5 個と、無肥料群は他の 2 群に比べ極端に少なかった。また、生育して収穫できたミニトマト果実中の K 含有量は、無肥料群が対照群やハーフ群に比べ 2 割ほど有意に少なく、日本食品標準成分表 2015 年版（七訂）記載のミニトマト果実、生の K 成分値 290mg/100g と比較すると 6.2% の減少であった。糖度は、無肥料群は他の 2 群に比べ低く、肥料条件の違いが成長や結実、果実中の K 含有量、糖度に大きく影響をしていた。

一般的な野菜栽培に用いる用土の主要栄養源は窒素、リン酸、K の 3 種である。窒素は、葉肥とも言われ、葉や茎の生長を促進し葉色を濃くする。窒素が不足すると葉の色が淡くなり、草丈や葉も伸びにくくなる。リン酸は、実肥とも言われ、開花や結実を促進し、日光不足に対する耐性や耐暑、寒性を増やす。不足すると葉や茎だけでなく根の生長も悪くなり、開花や結実数が少なくなる養分である。K は、根肥とも言われ、植物を丈夫にし、不足すると根の生長が悪くなる、植物内の澱粉やタンパク質の合成を低下させると言われている。

今回、土壌の K 含有濃度に差をつける方法に窒素とリン酸、K の配合割合が 1:1:1 の市販肥料を用いたため、無肥料群は窒素やリン酸も殆ど含まない土壌である。そのため、葉や茎の成長が悪く、果実の収穫量も得られず、澱粉から糖に分解する反応が低下して糖度が低かったと考えられた。また、ハーフ群が対照群と同等の生育を示していたことより、K を欠乏させた時期に窒素やリン酸を与えれば本実験の無肥料群以上の成長と収穫量を得ることが出来るのではないかと可能性を示唆した。また、トマト栽培において灌水量を抑えて水分ストレスをかけることにより糖度が高められると報告されている（武井, 1991）ことより、土壌栄養分の K を欠乏させた中で、糖度を改良させる余地があると考えられる。

以上より、収穫量や糖度には問題があるものの、K 含有量を減少させたミニトマトの土壌栽培が可能であることが示唆された。今後、水耕栽培で効率良く K 含有量を減少させる方法や生産量を向上させる検討を積み重ねてきたように（小川ら, 2012、松永ら, 2014）、K を欠乏させた土壌での実験を重ね、K 含有量を少なくしたミニトマトの土壌栽培条件を確立したい。

V. まとめ

本実験において、初期生育の土壌にはKが含まれていたと考えられる市販のミニトマト苗を用いて、肥料でKを補わない土壌で、簡便にK量を減少させたミニトマトの栽培が可能であることが示唆された。しかし、十分な収穫個数や糖度を増すには、生育に必要な肥料として窒素とリン酸を与える必要があると考えられた。

謝辞：本研究を行うにあたり、栽培を行っていただいた伊藤詩織さん、井上未尋さんに深く感謝申し上げます。

引用文献

- 小川敦史, 田口悟, 川島長治. 腎臓病透析患者のための低カリウム含有量ホウレンソウの栽培方法の確立. 日本作物学会紀事 2007; 76: 232-237.
- 政金生人, 中井滋, 尾形聡, 木全直樹, 花房規男, 濱野高行, 若井建志, 和田篤志, 新田孝作. わが国の慢性透析療法の現状 (2014年12月31日現在). 日本透析医学会雑誌 2016; 49: 1-28.
- Imai E, Yasuda Y, Makino H. Japan Association of Chronic Kidney Disease Initiatives (J-CKDI). The Japanese Association of Medical Sciences 2011; 54: 403-405.
- Nakayama M, Sato T, Miyazaki M, Matsushima M, Sato H, Taguma Y, Ito S. Increased risk of cardiovascular events and mortality among non-diabetic chronic kidney disease patients with hypertensive nephropathy: the Goryo study. Hypertension Research 2011; 34: 1106-1110.
- 日本腎臓学会. 慢性腎臓病に対する食事療法基準 2014年版. 日本腎臓学会誌 2014; 56: 553-599.
- Einhorn LM, Zhan M, Hsu VD, Walker LD, Moen MF, Seliger SL, Weir MR, Fink JC. The Frequency of hyperkalemia and its significance in chronic kidney disease. Archives of Internal Medicine 2009; 169: 1156-1162.
- 日本腎臓学会. CKDでは、血清カリウム値の異常を補正することは推奨されるか?. エビデンスに基づくCKD診療ガイドライン 2013. 東京: 東京医学社, 2013: 34-35.
- 文部科学省科学技術・学術審議会. 日本食品標準成分表 2015年版 (七訂). 東京: 全国官報販売協同組合, 2015.
- FUJITSU JOURNAL. 富士通がレタスを作っている? その最新の野菜生産方法とは, <http://journal.jp.fujitsu.com/2014/04/04/04/>, 2016年11月20日 (アクセス可能).
- 富士通株式会社, 富士通ホーム & オフィスサービス株式会社. PRESS RELEASE, <http://pr.fujitsu.com/jp/news/2014/05/7-4.html?nw=pr>, 2016年11月20日 (アクセス可能).
- 環境ビジネスオンライン, 2016. 西部ガス、工場跡地を植物工場に農業不使用で低カリウムレタスを栽培. <https://www.kankyo-business.jp/news/012611.php> 2016年11月20日 (アクセス可能).
- 武井昭夫. 塩集積土壌と作物の品質. 日本土壌肥料学会編. 塩集積土壌と農業. 東京: 博友社, 1991: 177 - 204.

小川敦史, 豊福恭子, 池田貴子, 宇塚和夫. 低カリウム野菜の水耕栽培用肥料及びその肥料を用いた低カリウム野菜の水耕栽培法. 2012; 特許第 5300993 号.

松永茂. 低カリウム含有野菜及びその栽培法. 2014; 特許公開 2015-54821.

一般財団法人日本土壌協会. 図解でよくわかる土・肥料のきほん. 東京: 株式会社誠文堂新光社, 2014; 38-44.

木嶋利男. もっとうまくなるプロに教わる家庭菜園の裏ワザ. 東京: 社団法人家の光協会, 2008.

松井孝. イチバン親切な野菜づくりの教科書. 東京: 新星出版社, 2009.