

土壌のカリウム肥沃度の違いがホウレンソウの食味と内容成分に及ぼす影響

鷺尾 建紀

Influence of Different Levels in Soil Potassium Fertility on Taste and its Amount of Component of Spinach

Tatsuki Washio

緒言

近年、野菜畑では過度な堆肥や化学肥料の施用によって、土壌中のカリウム飽和度が過剰傾向になっている（岡山県，2015）。カリウムが過剰な土壌で栽培したホウレンソウでは、葉中カリウム含有量が高くなりやすいことが知られており、葉中カリウム含有量の多いホウレンソウではシュウ酸含量が多く、「えぐみ」も強いことが報告されている（和泉，2004）。また、小川ら（2007）は、近年増加傾向にある腎臓病透析患者は、カリウムを体外に十分排出できないため、カリウム含量の少ないホウレンソウの供給は、腎臓病透析患者の食生活の改善に大きく役立つとしている。さらに、2021年以降、肥料原料の輸入価格は上昇傾向にあり、農林水産省においては、2021年5月にみどりの食料システム戦略を策定し、この中で、「2050年までに輸入原料や化石燃料を原料とした化学肥料の使用量を30%低減する」との目標を掲げ、有機物の循環利用や、施肥の無駄を省くことによる効率化、及び土壌分析データに基づく施肥のスマート化を推進している（農林水産省，2022）。このように、過度な堆肥や化学肥料の施用は、無駄な肥料コストの上乗せにもつながるだけでなく、土壌のカリウムの過剰な蓄積は、ホウレンソウの食味や栄養面での低下の要因となることが懸念されるが、カリウム肥沃度が異なる圃場で栽培されたホウレンソウの内容成分や食味変化に関する知見は少ない。

そこで、本研究ではカリウム肥沃度が異なる圃場でホウレンソウを栽培し、土壌中カリウムの過剰が内容成分と食味に及ぼす影響について検討した。

材料及び方法（試験方法）

1. カリウム肥沃度の異なる土壌の調整

試験は、2015年に岡山県農林水産総合センター農業研究所（岡山県赤磐市）の露地圃場（典型山地黄色土、CEC：6.6cmol/kg⁻¹）で行った。土壌のカリウム肥沃度水準を3水準設けるため、試験開始前年の2014年9月に、圃場に硫酸加里（K₂O含量50%）を土壌に混和する処理を行った。高肥沃度に設定した土壌（K高区）では硫酸加里を100g/m²（K₂Oでは50 g/m²）、中肥沃度に設定した土壌（K中区）では20g/m²（K₂Oでは10 g/m²）施用した。低肥沃度に設定した土壌（K低区）では硫酸加里は無施用とした。また、2015年9月播種区の作付前には、作土15cmの仮比重を1.0と仮定して、K高区では土壌中の交換性カリウム含量が400mg/kg⁻¹、K中区では200mg/kg⁻¹となるように、硫酸加里を追加施用した。なお、K低区では硫酸加里は無施用とした。

2. 栽培試験

栽培試験は、4月及び9月播種作型で行った。ホウレンソウ品種は4月播種区では‘トリトン’（サカタのタネ）、9月播種区では‘トラッド7’（サカタのタネ）を用いた。4月播種区では3月30日に元肥を施用し、4月25日に播種した。また、5月14日に追肥した。9月播種区では9月22日に元肥を施用し、9月30日に播種した。また、10月21日に追肥した。畝幅130cmで4条植えとし、株間は5cmとした。

元肥は、4月及び9月播種区ともに、N-P₂O₅-K₂O（g/m²）で15-15-20となるよう尿素、重過リン酸石灰及び硫酸加里を施用した。また、炭酸苦土石灰を114 g/m²施用し

た。追肥として $N5\text{gm}^{-2}$ となるよう硝酸アンモニウムを施用した。1区 3.9m^2 、2反復とした。

収穫時期は、葉長が概ね 25cm に達した頃とし、4月播種区では6月1日、9月播種区では11月10日とした、収穫時には地際から刈り取り、一株重を調査した。

3. ホウレンソウの官能評価及び内容成分調査

栽培試験で収穫したホウレンソウ約 500g を、水道水 10リットル で 60秒 ゆでた後、水切りを行い官能評価に用いた。4月播種区では15名、9月播種区では16名で実施した。評価項目は「えぐみ」及び「甘味」とし、1から5段階の評点方法で評価した。なお、1は「感じない」、2は「弱く感じる」、3は「はっきり感じる」、4は「強く感じる」、5は「非常に強く感じる」とした。

官能評価と内容成分との関連性を調査するため、官能評価に用いたサンプルに等量の脱塩水を加えてミキサーで粉碎し、ろ過したものを成分分析に供試した。内容成分のうち、カリウムイオンは、原子吸光光度計(AA-7000, SHIMAZU)で分析した。また、糖含有量(フラクトース、グルコース及びスクロースの含量)、シュウ酸イオン及び硝酸イオン含有量は、キャピラリー電気泳動装置(Agilent 7100, 大塚電子株式会社)で分析した。電気泳動液は、単糖分析用泳動液3 α -AFQ118(大塚電子株式会社)を用い、印加電圧は 20kV 、キャピラリー管の長さは 112.5cm (内径 $75\mu\text{m}$)、吸光度はSig:350nm, Ref:230nmにて分析した。堀江・伊藤(2006)は、糖含有量の測定において、破碎・抽出中のインペルターゼの作用によるスクロースの分解を防ぐため、水を加えて電子レンジで沸騰直前まで加熱して抽出を行っている。本研究においては、沸騰水でゆでることでインペルターゼの作用によるスクロースの分解を抑制した。また、和泉(2004)は、シュウ酸含有量の測定において、水抽出による遊離シュウ酸含有量が多いと「えぐみ」が強いことを確認していることから、本

研究においても水抽出によるシュウ酸含有量を測定した。

4. 統計解析

すべての統計解析にはEZRを使用した(Kanda, 2013)。EZRはR及びRコマンドの機能を拡張した統計ソフトウェアであり、自治医科大学付属さいたま医療センターのホームページで無償配布されている。本ソフトウェアを用いて、栽培時期及びカリウム肥沃度の違いが、ホウレンソウの官能評価結果および内容成分含有量に及ぼす影響を評価するため、二元配置分散分析を行い、多重比較法は、Tukeyの多重検定を行った。なお、ホウレンソウのシュウ酸含有量は、栽培時期によって変動することが報告されている(Kaminishi and Kita, 2006)ことから、栽培時期の違いを因子の一つとして解析した。また、内容成分含有量間の相関関係についても、本ソフトウェアを用いてその有意性を検定した。

結果

1. カリウム肥沃度の異なる土壤の調整

硫酸加里施用後の4月及び9月播種区における播種前の土壤中カリウム含量を表1に示す。4月播種区における播種前の土壤中の交換性カリウム含量は、K高区では 459mgkg^{-1} (カリウム飽和度 14.8%)、K中区では 142mgkg^{-1} (カリウム飽和度 4.4%)及びK低区では 72mgkg^{-1} (カリウム飽和度 2.4%)となった。また、9月播種区における播種前の土壤中の交換性カリウム含量はK高区で 311mgkg^{-1} (カリウム飽和度 10.2%)、K中区で 136mgkg^{-1} (カリウム飽和度 4.3%)及びK低区で 89mgkg^{-1} (カリウム飽和度 2.8%)となった。

2. 収穫時のホウレンソウ株重調査結果

収穫時のホウレンソウの株重の調査結果を図1に示す。株重は、4月播種区と比較して9月播種区のホウレ

表1 試験開始前の土壤中塩基含有量

作型	処理区名	交換性塩基(mgkg^{-1} 乾土)			飽和度(%)			
		石灰 CaO	苦土 MgO	加里 K ₂ O	塩基	石灰 CaO	苦土 MgO	加里 K ₂ O
4月播種前	K高区	773±113	117±14	459±281	65.6±0.1	41.9±7.3	8.9±1.3	14.8±8.7
	K中区	1023±156	201±121	142±37	72.6±11.9	53.5±3.5	14.7±7.6	4.4±0.8
	K低区	837±13	169±36	72±24	62.0±2.3	46.5±0.0	13.1±3.0	2.4±0.8
9月播種前	K高区	1247±88	308±22	311±38	102.9±1.5	68.9±2.9	23.8±2.4	10.2±1.0
	K中区	1317±158	326±16	136±19	97.4±6.8	69.2±8.5	24.0±1.1	4.3±0.6
	K低区	1310±51	335±20	89±1	97.4±0.4	69.6±2.1	25.0±1.7	2.8±0.1

各項目、2反復の平均±標準誤差を示す

ンソウの方が有意に重かった (p=0.001). 一方, 4月播種区においては, カリウム肥沃度が高い圃場で栽培したホウレンソウほど, 株重が重くなる傾向を示したが, カリウム肥沃度の違い, 播種時期と肥沃度の交互作用による有意差はみられなかった.

3. 官能評価結果

官能評価によるホウレンソウの「えぐみ」及び「甘味」の評価結果を図2に示す. 「えぐみ」の強さは, 9月播種

区と比較して4月播種区のホウレンソウの方が有意に強かった (p=0.022). 一方, 4月播種及び9月播種のどちらの作型においても, カリウム肥沃度が高い圃場で栽培したホウレンソウほど, 「えぐみ」が強くなる傾向を示したが, カリウム肥沃度の違いによる有意差はみられなかった. 「甘味」の強さは, 播種時期の違いや肥沃度の違いによる有意な差はみられず, すべての処理区において「弱く感じる」程度であった.

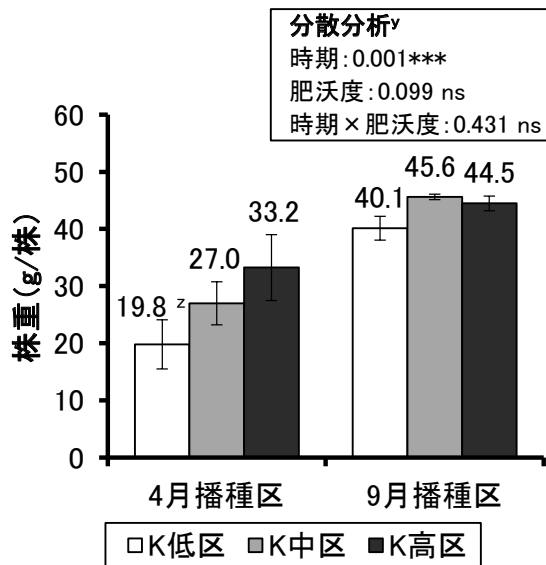


図1 異なるカリウム肥沃度の土壌で栽培したホウレンソウの株重
^z棒グラフ上部の値は平均値でバーは標準誤差を示す(n=2)
^y分散分析の値は p 値で, ***は有意水準0.1%で有意差あり, nsは有意差なし

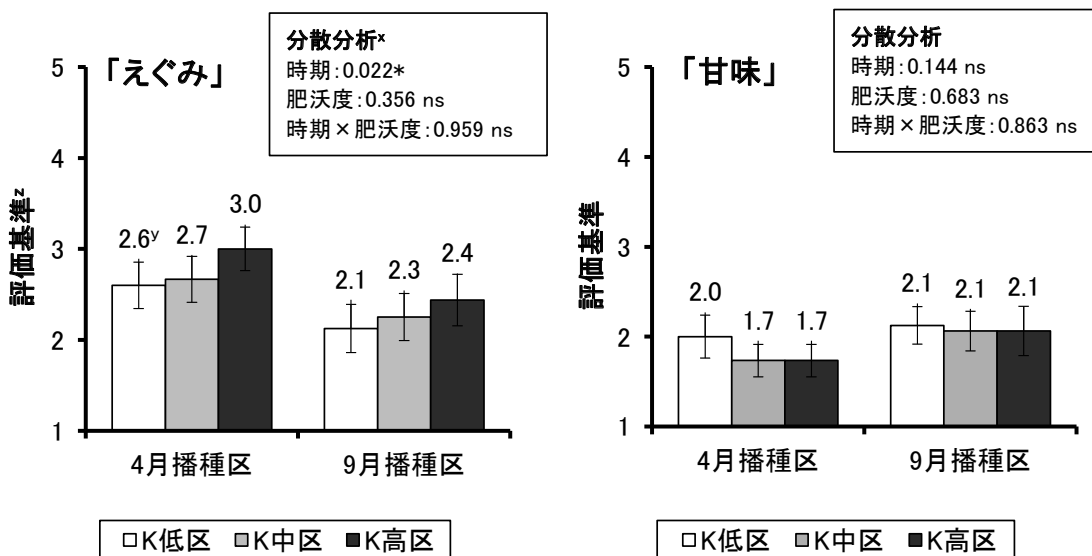


図2 異なるカリウム肥沃度の土壌で栽培したホウレンソウの官能評価結果
^z評価基準: 1感じない~5非常に強く感じる
^y棒グラフ上部の値は平均値でバーは標準誤差を示す
^x分散分析の値は p 値で, *は5%水準で有意であることを示す, nsは有意差なし

4. 内容成分含有量

異なるカリウム肥沃度で栽培したホウレンソウの葉中カリウムイオン含有量, シュウ酸イオン含有量, 硝酸イオン含有量及び糖含有量を表2に示す. カリウムイオン含有量は, 9月播種区と比較して4月播種区の方が

有意に多く, カリウム肥沃度が高いほど多くなる傾向にあった. シュウ酸イオン含有量は, 9月播種区と比較して4月播種区の方が有意に多く, K高区でK中区及びK低区より多かった. カリウム肥沃度と播種時期の交互作用も有意であり, 4月播種区・K高区で特に多くなっ

表2 異なるカリウム肥沃度の土壌で栽培したホウレンソウの内容成分含有量

肥沃度	播種時期	含有量 (gkg ⁻¹ FW)			
		カリウムイオン	シュウ酸イオン	硝酸イオン	糖
低	4月	4.85	1.08	4.65	3.58
	9月	4.27	0.99	4.30	4.45
中	4月	5.75	1.22	5.24	3.13
	9月	4.56	1.04	4.25	3.55
高	4月	6.81	2.63	5.24	1.74
	9月	5.41	1.53	4.41	3.12
		** ^z	**	ns	***
低	-	4.56a ^y	1.04a	4.47	4.01b
中	-	5.16ab	1.13a	4.74	3.34ab
高	-	6.11b	2.08b	4.83	2.43a
		**	***	**	**
-	4月	5.80	1.64	5.04	2.82
-	9月	4.75	1.19	4.32	3.71
	交互作用	ns	***	ns	ns

^z分散分析の***及び**は, それぞれ0.1%及び1%水準で有意であることを示す, nsは5%水準で有意差なし

^y異なる英文字間はTukeyの多重比較(有意水準5%)で有意差あり

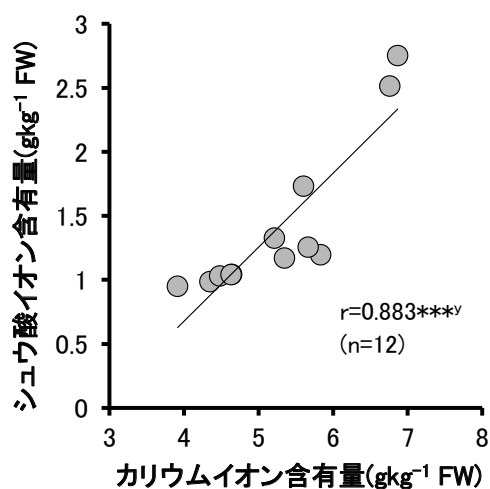


図3 ホウレンソウのカリウムイオン含有量とシュウ酸イオン含有量との関係^z

^z図中サンプルは4月播種及び9月播種ホウレンソウの両方を含み, 反復データも含む

^y***は0.1%水準で有意であることを示す

た。また、図3に示すとおり、葉中カリウム含有量とシュウ酸イオン含有量との間には強い正の相関がみられた ($r=0.883$)。糖含有量は、4月播種区と比較して9月播種区の方が有意に多く、カリウム肥沃度が低いほど多くなる傾向にあった。また、図4に示すとおり、葉中カリウム含有量と、糖含有量との間には強い負の相関がみられた ($r=-0.909$)。硝酸イオン含有量は、9月播種区

と比較して4月播種区のホウレンソウの方が有意に多かったが、カリウム肥沃度の違いによる有意な差はみられなかった。ただし、図5に示すとおり、葉中カリウム含有量と硝酸イオン含有量との間には強い正の相関がみられた ($r=0.765$)。また、図6に示すとおり、葉中糖含有量と硝酸イオン含有量との間には負の相関がみられた ($r=-0.597$)。

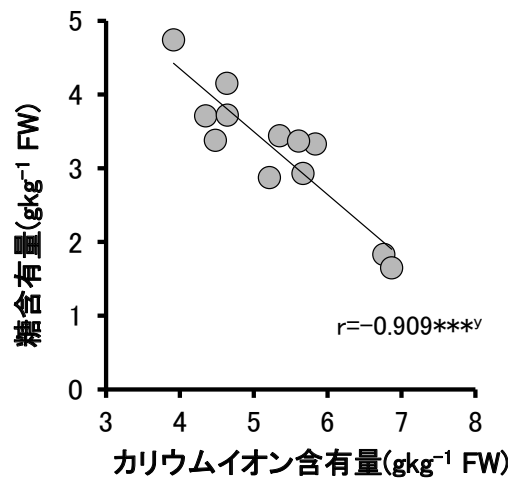


図4 ホウレンソウのカリウムイオン含有量と糖含有量との関係²

²図中サンプルは4月播種及び9月播種ホウレンソウの両方を含み、反復データも含む
³***は0.1%水準で有意であることを示す

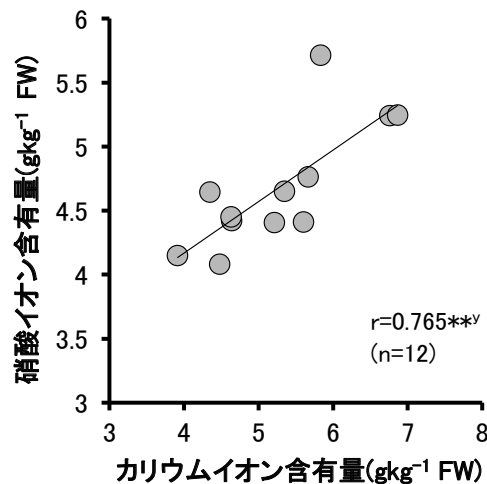


図5 ホウレンソウのカリウムイオン含有量と硝酸イオン含有量との関係²

²図中サンプルは4月播種及び9月播種ホウレンソウの両方を含み、反復データも含む
³**は1%水準で有意であることを示す

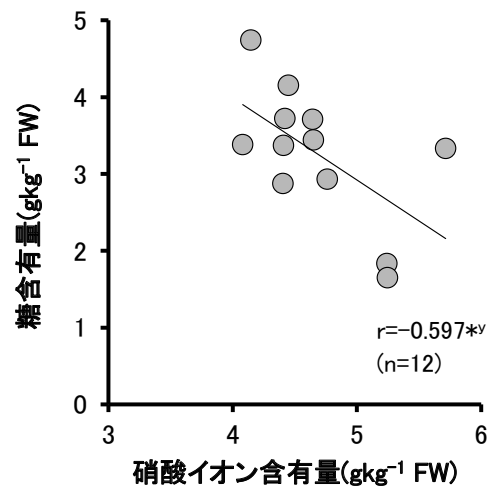


図6 ホウレンソウ硝酸イオン含有量と糖含有量との関係²

²図中サンプルは4月播種及び9月播種ホウレンソウの両方を含み、反復データも含む
³*は5%水準で有意であることを示す

考 察

1. 栽培開始前のカリウム肥沃度レベル

本試験において、播種前に硫酸加里を施用して土壌中のカリウム肥沃度を3水準設定した(表1)。岡山県が作成した土壌診断ソフト「岡山県土壌施肥管理システム」(石橋, 2005)では、ホウレンソウでの適正カリウム飽和度は4.3~6.7%としている。従って、本研究で設定したK高区は過剰レベル、K中区は適正レベル、K低区は欠乏レベルと判断された。

2. 土壌のカリウム肥沃度の違いが、シュウ酸イオン含有量及び「えぐみ」に及ぼす影響

本試験において、葉中のシュウ酸イオン含有量は圃場のカリウム肥沃度が高い圃場で多くなった(表2)。杉山ら(1992)は、ホウレンソウにおいて、吸収された硝酸イオンは体内で有機態窒素に還元されるが、それに伴って体内のpH調整のために等量の有機酸(70~80%がシュウ酸)を生成し、蓄積すると報告している。さらに、落合ら(2004)は、加里の増肥によって、葉中の陽イオンのカリウムの対イオンとして、陰イオンの硝酸イオンも増加することを報告している。本試験においても、葉中のカリウムイオン含有量と硝酸イオン含有量との間には正の相関がみられた(図5)。これらのことから、本試験において、カリウム肥沃度が高い圃場で栽培したホウレンソウほど葉中のシュウ酸イオン含有量が多くなる傾向になったのは、カリウム肥沃度の高い区では、ホウレンソウがカリウムイオンを過

剰に吸収(ぜいたく吸収)し、それに付随して過剰吸収した硝酸イオンが還元された後に、体内のpH調整のためシュウ酸を生成し、代謝されずに蓄積されたためと考えられた。ただし、本試験においては葉中の還元態窒素含有量を測定しておらず、今後は、還元態窒素含有量とシュウ酸含有量との関連性も調査する必要がある。また、本試験において、葉中のシュウ酸イオン含有量は、9月播種区の「トラッド7」と比較して4月播種区の「トリトン」の方が有意に多かった(表2)。この結果については、土壌中の交換性カリウム含量が、9月播種前と比較してK高区及びK中区では4月播種前の方が多かったことから、4月播種区の方がカリウムをより多く吸収したことが原因の一つとして考えられた(表1)。しかし、K低区では土壌中の交換性カリウム含量が4月播種前の方が少なかったにもかかわらず、葉中のシュウ酸イオン含有量は4月播種区の方が多かった。Kaminishi and Kita(2006)は、ホウレンソウにおけるシュウ酸塩濃度は品種により大きく変動し、収穫までの日数を多く必要とする晩生品種はシュウ酸塩濃度が高く、早生品種は低いとしている。本試験で用いた「トリトン」は晩生品種、「トラッド7」は早生品種として販売されており、品種の違いもシュウ酸イオン含有量の異なる原因の一つとして考えられた。

官能評価による「えぐみ」の評価では、カリウム飽和度が高い圃場で栽培したホウレンソウほど、えぐみ評価値も高くなる傾向がみられたが、有意な差ではなかった(図2)。本試験において、シュウ酸の測定はゆ

でた後に水切りしたものを用いた。和泉（2004）は、ホウレンソウに含まれる総シュウ酸含量は、ゆでることで生のホウレンソウの約53%になるとしており、本試験でもゆでることで、全体的にシュウ酸が減少し、官能評価において処理区間での差が小さくなったことが示唆された。

3. 土壌のカリウム肥沃度の違いが、糖含有量及び「甘味」に及ぼす影響

本試験において、葉中の糖含有量は圃場のカリウム肥沃度が高いほど少なくなる傾向にあった（表2）。岡崎ら（2006）は、ホウレンソウ中の糖含有率は、硝酸イオン含量と負の相関があることを報告しており、張ら（1990）も養液栽培における培養液の窒素濃度が低いほど、糖含有量が増加し、硝酸含有量が減少すると報告している。本試験でも同様の傾向がみられた（図6）。従って、本試験においては、カリウム肥沃度の高い処理区ほどホウレンソウがカリウムを多量に吸収し、それに付随して硝酸イオンも過剰吸収したため、カリウム肥沃度の高い処理区で、糖含有量が少なくなったと考えられた。また、本試験において、葉中の糖含有量は、9月播種区の‘トラッド7’と比較して4月播種区の‘トリトン’の方が有意に少なかった（図3）。この結果については、4月播種前と9月播種前の交換性カリウム含量は、カリウム肥沃度の高いK高区及びK中區で4月播種前の方が多く、カリウムを多く吸収したことが原因の一つと考えられたが、亀野ら（1990）によると、ホウレンソウの糖含有量は栽培時期によって大きく変動し、高温期には低温期と比較して低下することが認められていることから、播種時期の違いも糖含有量に大きく影響していると考えられた。

官能評価による「甘味」の評価では、カリウム肥沃度の違いによる明瞭な差はみられなかった。人が甘味を感じられる最低の糖含量は、スクロース含量で0.3%以上とされている（大越・神宮，2009）。今回の結果では、糖含有量が閾値未満か閾値をわずかに超える程度で、全体的に少なかったため、いずれの官能評価も「弱く感じる」程度であったことが、明瞭な差がみられなかった一つの要因と考えられた。

以上の結果より、ホウレンソウでは、土壌中のカリウムの集積によって、「えぐみ」の要因となるシュウ酸含有量が増加し、「甘味」の要因となる糖含有量が減少することが明らかとなった。安西（2013）が、全国のカリウム減肥基準を収集し、とりまとめた結果によると、野菜における「減肥を考慮・検討すべき数値」は土壌中交換性カリウム含量で500～750 mgkg⁻¹とし、

「100%減肥とする基準値」は1000 mgkg⁻¹以上としている。本研究では、4月播種でのK高区は459mgkg⁻¹、9月播種でのK高区は311mgkg⁻¹で、減肥を考慮・検討すべき数値未満であった。「減肥を考慮・検討すべき数値」や「100%減肥とする基準値」に達するレベルのカリウム過剰土壌においては、さらに食味や内容成分含有量に及ぼす影響は大きいと考えられることから、今後はこのようなカリウム過剰土壌において検討する必要があると考えられた。一方で、カリウム肥沃度の低い圃場では、有意な差ではないものの、株重が軽くなる場合がみられた（図1）。これらのことから、低コストで収量を確保しつつ、健康や食味にも配慮したホウレンソウ生産のためには、土壌診断結果に基づいて、土壌中カリウムが不足している場合には、有機物の循環利用促進の観点から、堆肥等有機物によるカリウム補給を行い、カリウムが過剰蓄積している場合には、加里の施用量を減らす等、無駄な施肥を見直すことが重要と考えられた。

謝 辞

本研究の実施にあたり、官能評価について岡山県農林水産総合センター職員に協力いただきました。ここに記して謝意を表します。

摘 要

土壌中のカリウム過剰がホウレンソウの食味や内容成分に及ぼす影響を明らかにするために、カリウム肥沃度が異なる圃場で栽培し、食味と内容成分量を調査した。結果は、以下のように要約される。

1. ホウレンソウは土壌中のカリウム肥沃度が高い圃場で、葉中のカリウム含有量及び「えぐみ」の要因となるシュウ酸イオン含有量が多く、葉中カリウム含有量とシュウ酸イオン含有量との間には、強い正の相関がみられた。
2. 「甘味」の要因となる葉中の糖含有量は、土壌中のカリウム肥沃度が高いほど少なくなる傾向で、葉中カリウムイオン含有量との間には、強い負の相関がみられた。
3. 以上の結果から、土壌中のカリウムの集積によって、「えぐみ」の要因となるシュウ酸含有量が増加し、「甘味」の要因となる糖含有量が減少することが明らかとなった。

引用文献

安西徹郎（2013）全国減肥基準からみた土壌リン酸お

- よびカリウムにおける減肥の指標値と100%減肥とする基準値(案). 農業および園芸, 88:984-997.
- 堀江秀樹・伊藤秀和(2006) キャピラリー電気泳動法による野菜中の糖分析. 野菜茶業研究所報告, 5:1-6.
- 石橋英二(2005) 土壌施肥管理システムの開発. 岡山県農業総合センター農業試験場研究報告, 23:33-41.
- 和泉眞喜子(2004) ホウレンソウ中のシュウ酸およびカリウム含量の季節変動と調理による変化. 日本調理科学会誌, 37:268-272.
- 亀野貞・木下隆雄・楠原操・野口正樹(1990) ホウレンソウの栽培条件および品種と品質関連成分の変動. 中国農研報, 6:157-178.
- Kaminishi, A. and N. Kita (2006) Seasonal Change of Nitrate and Oxalate Concentration in Relation to the Growth Rate of Spinach Cultivars. HORTSCIENCE, 41(7):1589-1595.
- Kanda, Y (2013) Investigation of the freely available easy-to-use software 'EZ' for medical statistics. Bone Marrow Transplant, 48(3):452-458.
- 農林水産省(2022) 肥料をめぐる情勢.
https://www.maff.go.jp/j/seisan/sien/sizai/s_hiryo/attach/pdf/index-7.pdf (2022.9検索)
- 落合久美子・岩田良子・間藤徹(2004) 市販ホウレンソウ, コマツナの硝酸態窒素含有率と全窒素, カリウム含有率との関係. 土肥誌, 75:693-695.
- 小川敦史・田口悟・川島長治(2007) 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. 日作紀, 76(2):232-237.
- 岡山県農林水産部(2015) 土壌診断と土づくりの手引き.
https://www.pref.okayama.jp/uploaded/life/423596_2722881_misc.pdf (2022.9検索)
https://www.pref.okayama.jp/uploaded/life/423596_2722883_misc.pdf (2022.9検索)
- 岡崎圭毅・建部雅子・唐澤敏彦(2006) ホウレンソウにおける汁液硝酸イオン濃度の推移および糖・シュウ酸含有率に対する養液土耕栽培の効果. 土肥誌, 77:25-32.
- 大越ひろ・神宮英夫(2009) 食の官能評価入門. 光生館, 東京, pp20.
- 杉山信男・片岡幹也(1992) ホウレンソウの葉におけるシュウ酸濃度と還元態窒素濃度との関係. 園芸学会雑誌, 61:569-574.
- 張春蘭・渡邊幸雄・嶋田典司(1990) 水耕ホウレンソウの生育ならびに含有成分に及ぼす窒素濃度の影響. 千葉大園学報, 43:1-5.

Summary

To clarify influence of excessive potassium fertility in soil on taste and content, we cultivated spinach in fields with different potassium fertility and investigated taste-related compounds. The results are summarized as follows.

1. The soil condition of higher potassium fertility, more potassium and oxalic acid as a component of acidity, were accumulated in the leaves of spinach, and high positive correlation were showed between two ions. Although sensory evaluation of acidity does not show significant difference, however the tendency of higher potassium fertility showed higher evaluation of acidity.
2. In addition, sugar content showed to decrease, and high negative correlation was observed with potassium concentration in spinach plant. On the other hand, two sowing timing (April and September) and three level of potassium fertility did not affect to the sugar content and sensory evaluation.
3. These results suggested when spinach is cultivated in soil with excessive potassium fertility, the concentration of oxalic acid, a component of acidity increases and the concentration of sugar as a component of sweetness was lower than cultivated in the soil with moderated or poor potassium fertility.