

網走地域の淡色黒ボク土地帯におけるリン酸・カリウム減肥 がテンサイの生育と収量に及ぼす影響

誌名	日本作物學會紀事
ISSN	00111848
著者	吉田, 穂積 伊藤, 博武 小松, 輝行
巻/号	74巻4号
掲載ページ	p. 450-455
発行年月	2005年12月

網走地域の淡色黒ボク土地帯におけるリン酸・カリウム減肥が テンサイの生育と収量に及ぼす影響

吉田穂積・伊藤博武・小松輝行

(東京農業大学生産学部)

要旨：北海道東部に位置する網走市から斜里町にかける地域の淡色黒ボク土地帯ではリン酸肥料の過剰投入やカリウムの土壌への蓄積が認められ、施肥量の適正化が強く求められている。本研究では2001年から3ヶ年間にわたり当地域で現在慣行的に施肥されているリン酸とカリウム施肥量をそれぞれ25%と33%減肥し、テンサイの生育と収量に及ぼす影響について検討した。減肥区の土壌の有効態リン酸含有量と交換性カリウム含有量は、慣行施肥区に比べ低く推移する傾向にあったが、いずれも北海道の土壌診断基準値以上で推移していた。テンサイの草丈、葉数、根周は、3ヶ年とも減肥区と慣行施肥区の間有意差が認められなかった。2002年の糖度は、減肥区が慣行施肥区に比べ高かったが、茎葉重量、根重量および糖収量とも減肥区と慣行施肥区との間に有意差は認められなかった。更に、2003年にリン酸38%減肥と50%減肥及びカリウム100%減肥がテンサイ収量に及ぼす影響を検討したところ、いずれの減肥試験区でも茎葉重量、根重量、糖度および糖収量に慣行施肥区との有意差は認められなかったことから網走地域における淡色黒ボク土では現行の施肥量よりもリン酸とカリウムを減肥できるものと考えられた。

キーワード：テンサイ、収量、リン酸、カリウム、減肥、淡色黒ボク土。

北海道の東部に位置する網走市から斜里町にいたる地域は斜網地域と呼ばれ、寒冷な気象特性を生かしたミズナギ、テンサイ、バレイショを基幹作物とした大規模機械化畑作農業が展開されている。本地域の基幹作物の単位収量は、1960年代以降1980年代まで高い増加率を示し、現在の単位面積当りの収量（以下収量と略記する）は、秋播きコムギが4.4 t ha⁻¹、テンサイが58 t ha⁻¹、バレイショが48 t ha⁻¹と高い水準となっている。しかし、1990年代に入りこれまで順調に推移してきたこれら作物の収量増加は頭打ち傾向にある（小松ら1999）。近年、畑作物行政価格の低迷により網走地域で基幹畑作物の生産額の低下傾向が見られ（菅原2002）、今後生産者の所得をどのように向上させるかが大きな課題となってきた。また、斜網地域においても広範囲の畑作地帯の井戸で硝酸性窒素による汚染が明らかとなりつつあり、過剰な窒素肥料の投入による地下水への硝酸汚染が懸念されており、畑地を対象に地下水の硝酸態窒素濃度を環境基準以下に維持するための検討が行われ（鈴木・志賀2004）、環境への負荷低減栽培技術の確立も課題となっている。北海道の火山性土壌はリン酸の固定力が強いとして、古くからリン酸肥料の増肥が推奨されていた（増田1997）。このために網走地域の火山性土壌でのテンサイ栽培は、N-P-Kの要素成分比でリン酸成分が高い肥料（N:P:K = 10:27:5）が主に使用されている。斜網地域の畑作地域を主に占める淡色黒ボク土は、土壌pH 5.0付近においても水溶性アルミニウムの溶出が低い土壌である（吉田ら1994）ことから、アルミニウムによる作物生育に及ぼす影響が低いものと考えられる。当地域ではジャガイモでんぷん廃液の農地還元などにより土壌中の交換性カリウム含有量が高くなっていることが明らかにさ

れている（小松2001）。本研究では生産コストや環境への負荷軽減対策のひとつとしてリン酸、カリウムの施肥量を減らしテンサイの生育と収量にどのような影響があるのかを検討した。

材料及び方法

1. 供試品種と試験区の設定

試験は、2001年から2003年の3ヶ年にわたり東京農業大学網走寒冷地農場の淡色黒ボク土の圃場で実施した。供試したテンサイ品種は、斜網地域での基幹品種の「アーベント」である。試験区は第1表に示した。2001年と2002年の試験は、現地の慣行施肥量を施肥した慣行施肥区と減肥区（慣行施肥量よりリン酸を25%、カリウムを33%減量）とした。2003年は、慣行施肥区と減肥区に加え、カリウムを慣行区と同量としリン酸を25%、38%、50%減量したP25%減肥区、P38%減肥区、P50%減肥区とリン酸を25%減量しカリウムを無施用としたカリ無施肥区を設けた。慣行施肥区の施肥量は、化成肥料（苦土マンガンホウ素入り複合硝加燐安S075（N:P₂O₅:K₂O = 10:27:5））150

第1表 試験区の構成と施肥量。

年	試験区	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
		(g/m ²)		
2001~2002	慣行施肥区	15.0	40.5	7.5
	減肥区	15.0	30.0	5.0
2003	慣行施肥区	15.0	40.5	7.5
	減肥区	15.0	30.0	5.0
	P25%減肥区	15.0	30.0	7.5
	P38%減肥区	15.0	25.0	7.5
	P50%減肥区	15.0	20.8	7.5
	カリ無施肥区	15.0	30.0	0.0

gm⁻²とした。減肥試験区およびかり無施肥区のリン酸施肥量は、溶性リン肥 55.5 gm⁻²、過燐酸石灰 94.5 gm⁻²、P25%減肥区は、溶性リン肥 55.5 gm⁻²、過燐酸石灰 94.5 gm⁻²、P38%減肥区は、溶性リン肥 46.5 gm⁻²、過燐酸石灰 78.5 gm⁻²、P50%減肥区は、溶性リン肥 37 gm⁻²、過燐酸石灰 67 gm⁻²とした。カリウムの施肥量は、減肥区、P25%減肥区、P38%減肥区、P50%減肥区のいずれの試験区ともに硫酸カリを 10 gm⁻²施用した。慣行施肥区（窒素成分量 15 gm⁻²）以外の全試験区の窒素施用量は、硫酸アンモニウム 42.9 gm⁻²、硝酸ソーダ 28.1 gm⁻²、尿素を 3.2 gm⁻²とした。3ヶ年も施肥は、移植直前の 4月下旬に行った。各処理区の面積は 33 m²とし、2001年の試験は 2反復、2002年と 2003年は 3反復による試験を行った。

2. 栽培方法

3ヶ年もともに 3月上旬に播種し、温室で紙筒育苗した苗を 5月上旬に機械移植した。畦間 55 cm、株間 26 cm の 6.9 本 m⁻¹ 植えとした。その後の栽培管理は、施肥を除いて現地の慣行法に従った。

3. 生育および収量調査

3ヶ年もとも草丈と葉数は 6月中旬と下旬、7月中旬、8月上旬、9月上旬と中旬に、根周は 7月中旬、8月上旬、9月上旬と中旬および 10月中旬に、連続する 10株について 2カ所ずつ選び調査した。10月中旬に各試験区ともに縦 3.03 m、横 1.1 m (2畦) の面積 (3.33 m²) 内の全株を収穫し、茎葉重、根重量と糖度を測定し、根重量と糖度から糖収量を求めた。

4. 土壌分析

土壌は、異なる畦の 4ヶ所から土を各 100 g 程度採取、混合、風乾後、2 mm の篩で調製し分析用に供試した。土壌の採取は、6月下旬、7月中旬、8月上旬、9月中旬および 10月中旬に行った。土壌中のリン酸含有量は、風乾土 0.5 g にトルオーグ抽出液 100 mL を加え、30 分間振とうした後ろ過し、ろ液 10 mL にトルオーグ用混合発色液 4 mL を加え分光光度計 (日立製作所製、形式 U-1100) を使用して波長 710 nm で吸光度を測定し、乾土当りのリン酸含有量を求めた。

土壌中の交換性カリウムの定量は、風乾土 10 g に蒸留水 50 mL、2N 酢酸アンモニウム 50 mL を加え、1 時間振とうしたろ液を用いて偏光ゼーマン原子吸光度計 (日立製作所製形式 172-7315) で波長 766.5 nm の吸光度を測定し、乾土当りの交換性カリウム含有量を求めた。

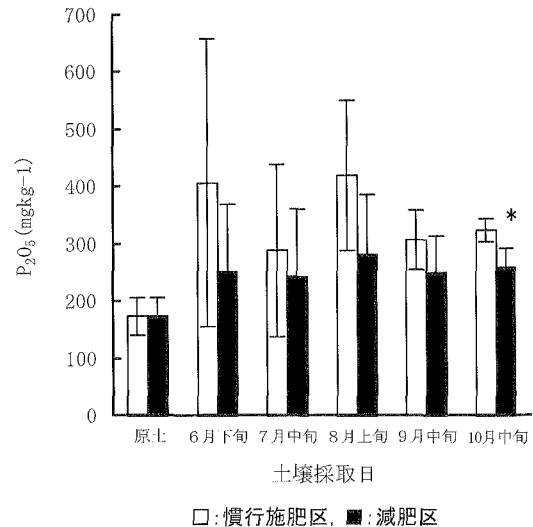
結 果

1. 土壌の有効態リン酸と交換性カリウム含有量の推移

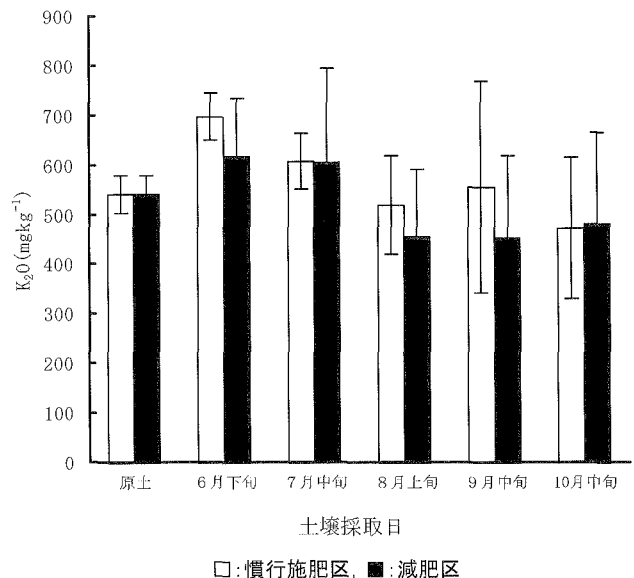
減肥区と慣行施肥区の土壌に含まれる有効態リン酸の 3ヶ年平均値の推移を第 1 図に示した。移植前の有効態リ

ン酸含有量は、173 mgkg⁻¹であった。移植後 50 日前後の 6月下旬から 120 日前後である 9月中旬までの期間は、減肥区と慣行施肥区との間に有意差は認められなかった。有効態リン酸含有量は、減肥区が慣行施肥区に比べて低い傾向を示した。収穫時期である 10月中旬においては減肥区が慣行施肥区に比べ有意に低くなっていた。なお、テンサイ生育期間中における減肥区の有効態リン酸量は、200 mgkg⁻¹以上の値を示した。

第 2 図には、減肥区と慣行施肥区の交換性カリウム含有量の 3ヶ年の推移を平均値として示した。移植前の交換性カリウム含有量は、541 mgkg⁻¹であった。移植後 50 日前後の 6月下旬から収穫時期である 10月中旬までの期間に



第 1 図 慣行施肥区および減肥区における土壌中の有効態リン酸含有量。棒線は標準誤差 (n=3) を示し、*は 5%水準で有意差があることを示す。

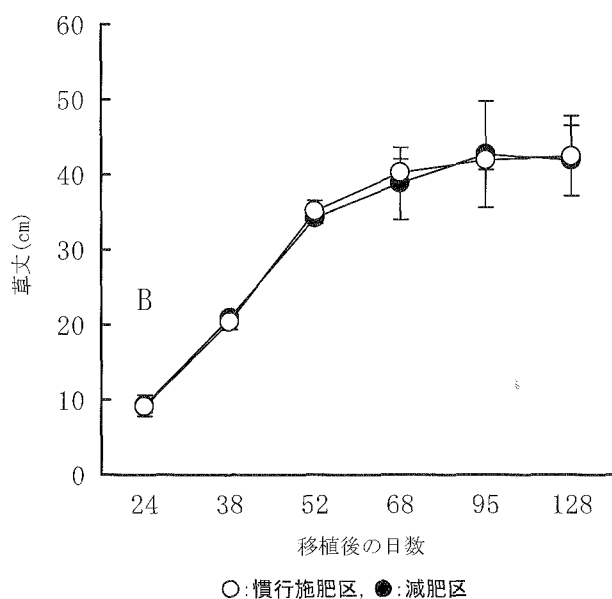


第 2 図 慣行施肥区および減肥区における土壌中の交換性カリウム含有量。棒線は標準誤差 (n=3) を示す。

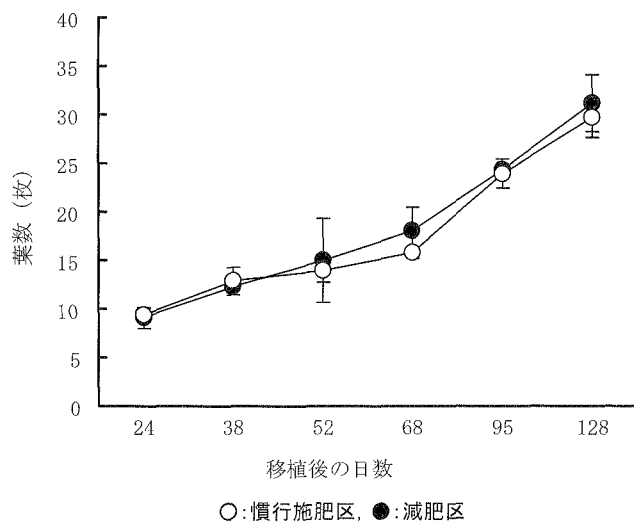
においては、減肥区の交換性カリウム含有量は有効態リン酸と同様に減肥区で低く推移する傾向であったが、両区間に有意差が認められず、生育期間中 400 mgkg^{-1} 以上の値を示していた。

2. 生育経過

減肥区と慣行施肥区の草丈、葉数、根周の推移は、3ヶ年ともにほぼ同様な傾向が認められたので、2003年における草丈と葉数の推移を第3図と第4図に、根周の推移を第5図に示した。移植後24日の草丈は、減肥区、慣行施肥区がそれぞれ9.2 cmと9.1 cmとほぼ同じであり、移植後68日目に減肥区が38.8 cm、慣行施肥区が40.2 cmと



第3図 慣行施肥区および減肥区におけるテンサイの草丈(2003年). 棒線は標準誤差(n=3)を示す.



第4図 慣行施肥区および減肥区におけるテンサイの葉数(2003年). 棒線は標準誤差(n=3)を示す.

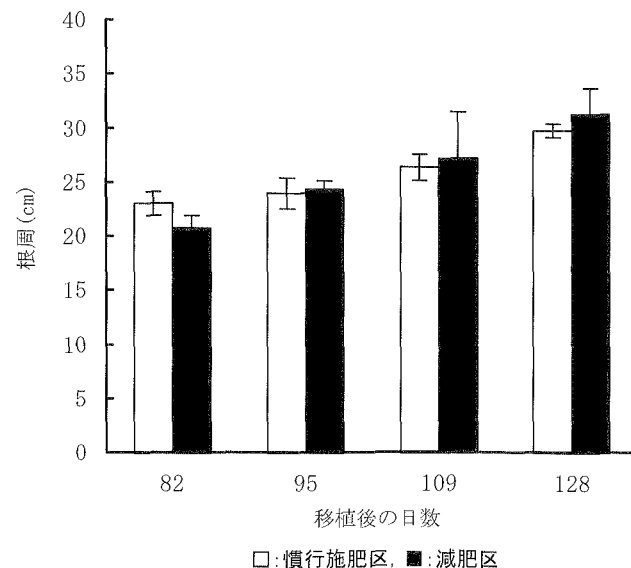
なり減肥区でわずかに低くなる傾向があったものの両区間に有意差は認められなかった(第3図). 葉数も、移植後68日目に減肥区と慣行施肥区間に差が生じる傾向があるものの両区間に有意差は認められなかった(第4図). 根周も、両区間に有意差は認められなかった(第5図).

3. リン酸・カリウム肥料の減肥が収量に及ぼす影響

3ヶ年のa当りの茎葉重量、根重量、糖度と糖収量を第2表に示した。減肥区と慣行施肥区の根重量は、2001年が 690.6 kga^{-1} と 708.1 kga^{-1} 、2002年が 675.1 kga^{-1} と 725.1 kga^{-1} 、2003年が 581.4 kga^{-1} と 563.3 kga^{-1} を示し両区間に大きな差は認められなかった。糖度も減肥による低下傾向は認められず、糖収量は年次による変動があったものの減肥区が $99.7 \sim 126.0 \text{ kga}^{-1}$ 、慣行施肥区が $97.5 \sim 132.0 \text{ kga}^{-1}$ で両区間に大きな差は認められなかった。茎葉重量においても2002年2003年ともに両区間に有意差は認められなかった。

第3表には、リン酸施用量を慣行より25%、38%、50%減肥した試験区における茎葉重量、根重量、糖度と糖収量を示した。各試験区の茎葉重量、根重量、糖度のいずれにおいても各試験区間に有意差は認められなかった。

第4表には、カリウム施用量を慣行より33%減肥、または無施用とした試験区における茎葉重量、根重量、糖度と糖収量を示した。カリウム減肥によってもリン酸減肥と同様に茎葉重量、根重量、糖度とも試験区間に有意差は認められなかった。



第5図 慣行施肥区および減肥区におけるテンサイの根周(2003年). 棒線は標準誤差(n=3)を示す.

第2表 リン酸・カリウム減肥がテンサイ収量に及ぼす影響.

年	試験区	茎葉重量 (kg a^{-1})	根重量 (kg a^{-1})	糖度 (%)	糖収量 (kg a^{-1})
2001	慣行施肥区	384.7 ± 49.4	708.1 ± 86.5	18.5 ± 0.1	130.7 ± 16.5
	減肥区	402.2 ± 74.2	690.6 ± 86.5	17.6 ± 0.8	121.9 ± 21.1
2002	慣行施肥区	360.0 ± 98.4	725.1 ± 90.4	17.2 ± 0.3	132.0 ± 5.8
	減肥区	320.0 ± 31.2	675.1 ± 79.4	17.9 ± 0.3	126.0 ± 17.6
	P<0.05	N.S.	N.S.	*	N.S.
2003	慣行施肥区	325.7 ± 22.6	563.0 ± 29.2	17.5 ± 0.1	99.7 ± 5.9
	減肥区	330.3 ± 59.5	581.4 ± 27.8	17.0 ± 0.3	97.5 ± 6.0
	P<0.05	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.

平均値 ± 標準誤差 (2001年はn=2, 2002年, 2003年はn=3). *は5%水準で有意差があることを示し, N.S.は有意差がないことを示す. 2001年はn=2のために統計処理を行っていない. 糖収量 = 根重量 × 糖度 / 100.

第3表 リン酸減肥がテンサイ収量に及ぼす影響.

試験区	茎葉重量 (kg a^{-1})	根重量 (kg a^{-1})	糖度 (%)	糖収量 (kg a^{-1})
慣行施肥区	325.7 ± 22.6a	563.0 ± 29.2a	17.5 ± 0.1a	97.5 ± 6.0a
P25%減肥区	357.9 ± 27.6a	596.2 ± 11.0a	17.3 ± 0.2a	103.1 ± 2.8a
P38%減肥区	360.6 ± 23.8a	592.5 ± 16.9a	17.3 ± 0.6a	102.5 ± 6.2a
P50%減肥区	345.9 ± 37.3a	574.8 ± 12.2a	17.4 ± 0.3a	99.9 ± 3.3a

同一文字を付した数値間には, チュキーの検定により有意差 (5%)がないことを示す. 糖収量 = 根重量 × 糖度 / 100.

第4表 カリウム減肥がテンサイ収量に及ぼす影響.

試験区	茎葉重量 (kg a^{-1})	根重量 (kg a^{-1})	糖度 (%)	糖収量 (kg a^{-1})
慣行施肥区	325.7 ± 22.6a	563.0 ± 29.2a	17.5 ± 0.3a	97.5 ± 6.0a
減肥区	330.3 ± 59.5a	581.4 ± 27.8a	17.0 ± 0.3a	99.7 ± 5.9a
カリ無施肥区	294.4 ± 42.2a	585.1 ± 39.8a	17.5 ± 0.3a	100.1 ± 5.1a

同一文字を付した数値間には, チュキーの検定により有意差 (5%)がないことを示す. 糖収量 = 根重量 × 糖度 / 100.

考 察

本研究では, 北海道斜網地域に広く分布する淡色黒ボク土でのリン酸およびカリウムの減肥がテンサイの生育と収量に及ぼす影響について検討した.

リン酸は, テンサイへの吸収量が20%にしかすぎないことから稚苗期に適正な濃度を維持することにより, その後の濃度がたとえ低めに推移してもほぼ正常に近い収量と糖量が期待できる (早坂・井村 1990). しかし, 斜網地域の火山性土壌地帯では, 窒素, カリウムに比べリン酸構成比が高い山型肥料が多く使用されてきた. これは, 北海道内の火山性土壌の改善対策としてリン酸の多用による活性アルミニウムの抑制対策が実施されてきたためである (増田 1997). 昭和64年度南網走農業協同組合管農計画樹立書では施肥量の基準例としてリン酸施用量 46 gm^{-2} が示され, 54 gm^{-2} までに至った例もある. しかし, リン酸は窒素と比較して施肥効果は低く, 鉄やアルミニウムと結合して土壌中に蓄積されるが, 過剰なリン酸肥料の長期投入ため, 有効態リン酸含有量の高い土壌が増加し, リン酸富栄養化土壌におけるリン酸減肥の必要性が指摘されている (井村 1985). 現在の斜網地域の淡色黒ボク地帯での畑地土壌の

有効態リン酸含有量は, $150 \sim 360 \text{ mgkg}^{-1}$ を示し (小松 2001), 北海道における普通畑土壌の有効態リン酸含有量基準値 ($100 \sim 300 \text{ mgkg}^{-1}$) に達している. しかし, このような圃場においても従来通りのリン酸施肥量 (40 gm^{-2} 以上) を施用している場合が多い. 本地帯に分布する淡色黒ボク土は, アロフェン質土壌で土壌中へのアルミニウムイオンの溶出が低いこと (庫爾班ら 2003) から, 斜網地域においては活性アルミニウム抑制効果対策としてのリン酸多用は不要であると考えられる. 本研究でリン酸を25%減肥してもテンサイ生育期間中の有効態リン酸含有量は土壌診断基準値以上の値で推移し, テンサイの生育および収量への影響も少なかった. さらに, リン酸量を40%または50%減肥しても糖収量は 100 kga^{-1} 程度を示し, 慣行施肥量区との間に差はなかった. これらのことから斜網地域の淡色黒ボク土において土壌中の有効態リン酸含有量が 200 mgkg^{-1} 以上ある場合には, 現在慣行的に施肥されているリン酸成分量を減肥できることが明らかとなった. リン酸は過剰施用による作物生育への直接的な被害は少ないとされているが, 鉄やアルミニウムに固定されたリン酸を含む土壌が汽水湖に流れ込むことにより湖の下層で還元され, 湖を富栄養化させることが知られている (Brady・Weil

2002). 斜網地域には汽水湖が多く存在していることから、過剰なリン酸肥料の施用による土壌の富栄養化は、湖沼の富栄養化の要因となり、環境に大きな影響を与えることが危惧される。また、斜網地域の土壌では水溶性アルミニウムの土壌溶液中への溶出量の低さがジャガイモそうか病の発生助長の要因であること(吉田ら 1994) からテンサイ栽培におけるリン酸の減肥は、本地域においては後作であるバレイショ栽培にも有益な効果を与えると考えられる。

本地域においてはジャガイモでんぷん廃液の農地へ還元により土壌中の交換性カリウム含有量が 520~1100 mgkg⁻¹ を示し(小松 2001)、北海道における普通畑土壌の交換性カリウム含有量基準値(150~300 mgkg⁻¹) を著しく超えている圃場が多く存在している。カリウムはリン酸とは異なり、テンサイの生育に対して生育中期頃まで供給されることにより根重の増加を促進させるが、生育後期までカリウムが供給されると、糖度低下を生じ、糖収量を減少させる(早坂・井村 1989)。また、土壌中における過剰なカリウムの存在はマグネシウムやカルシウムの欠乏を引き起こす。そのため、当地域では現在交換性カリウム含有量が高い土壌の施肥基準は 8 gm⁻² 程度と低く抑えられている。本研究においてカリウム施肥量の施肥基準量より 33% 減肥しても生育期間中の交換性カリウム含有量は 400 mgkg⁻¹ 以上と高く維持され、テンサイ収量の低下も認められなかった。さらに、カリウム無施用の区においても 10 tha⁻¹ の糖収量を示し、慣行施肥量区に比べて低下しなかった。このことから斜網地域の淡黒ボク土において交換性カリウム量が基準値である 300 mgkg⁻¹ 以上の圃場では現行の施肥量よりもさらに減肥できることが明らかとなった。

単純な計算ではあるがこのリン酸とカリウムの減肥量を過燐酸石灰と硫酸加里に換算すると、肥料費として現在より 30,000 円 ha⁻¹ 程度節減となる。この肥料費のコスト低下は、テンサイの価格が 17,000 円 t⁻¹ であることから、リン酸 40% とカリウム 30% 減肥により約 1.8 tha⁻¹ 程度の収量増加に見合うこととなる。このリン酸とカリウム肥料減肥による所得増加効果は大きなものとは言えないが、土壌へのリン酸・カリウム肥料の過剰投入抑制によるコスト削減効果は環境への負荷の軽減とともに大規模畑作地帯での持続的な農業生産を可能にするものと考えられる。

本研究ではリン酸とカリウム減肥に限定し、窒素施肥量に関する検討は行っていない。当地域での窒素施肥量は、

昭和 50 年代の 2.0 kga⁻¹ から現在の施肥量の 1.5 kga⁻¹ まで減肥されている。試験地域の熱水抽出無機窒素含有量は 30 mgkg⁻¹ 付近であり、慣行施肥区で設定された窒素施肥量 150 gm⁻² が北海道網走東部沿岸地帯での窒素施肥量と望ましいとされている。網走地区農業改良普及センターによる現地試験においては更なる窒素施肥量の低減の可能性が示されていることから今後は、窒素施肥量を含めた最適なテンサイ栽培施肥量を検討する必要があると考えられた。

謝辞：本研究を実施するにあたり、貴重なご助言を下さいました東京農業大学網走寒冷地農場総務調整部主任宮武勝美氏、また多大な支援と協力をいただいた網走寒冷地農場運営協議会関係者各位、菅野雄介氏、保永真規子氏、橋本宙氏に深く感謝いたします。

引用文献

- Brady C. N. and Weil R. R. 2002. The Nature and Properties of Soil. Thirteenth edition. Prentice Hall, New Jersey. 592-637.
- 早坂昌志・井村悦夫 1990. テンサイの栄養に関する研究. 第 10 報培養液燐酸濃度と収量・品質との関係. てん菜研究会報 32: 47-52.
- 井村悦夫・早坂昌志 1985. 土別製糖所荷区域における移植テンサイのりん酸, カリ施肥反応. てん菜研究会報 27: 93-98.
- 小松輝行・吉田穂積・宮武勝美 1999. 網走市地域における生産力調査. 東京農業大学生物産業学部網走寒冷地農場年報「トウフツ」1: 9-39.
- 小松輝行 2001. 土壌の物理・化学・微生物性, 作物の栽培特性(根系分布・葉の萎れ現象) および気象変動性からみた網走における畑作生産力格差の解析. 東京農業大学生物産業学部網走寒冷地農場年報「トウフツ」3: 60-76.
- 庫爾班尼札米丁・南條正巳・天野洋司・水野隆文・吉田穂積・水野直治 2003. 北海道における火山灰土壌中の粘土鉱物. 酪農学園大学紀要 28: 7-45.
- 増田昭芳 1997. 甜菜の紙筒移植栽培. 北農会, 札幌. 318-383.
- 菅原優 2002. 網走市における土地生産性の地域間格差の実態と今後の展開報告—農業経営の視点から地域間の土地生産性を考える—。網走市地域における生産力調査. 東京農業大学生物産業学部網走寒冷地農場年報「トウフツ」4: 77-91.
- 鈴木慶次郎・志賀弘行 2004. 浸透水の硝酸性窒素濃度から見た網走地域の黒ボク土畑における投入窒素限界量. 土肥誌 75: 45-52.
- 吉田穂積・山田武志・水野直治 1994. ジャガイモそうか病の発生における土壌交換性アルミニウムと可溶性ケイ酸の影響. 日植病報 60: 630-635.

Effect of Reduced Application of Phosphate and Potassium Fertilizer on Sugar Beet Production in the Abashiri Area :

Hozumi YOSHIDA, Hirotake ITHO and Teruyuki KOMASTU. (*Fac. of Bioindustry, Tokyo University of Agriculture, Abashiri 099-2943, Japan*)

Abstract : We examined the effect of reduced application of phosphate and potassium fertilizers on sugar beet production in brown andosol fields in the Abashiri area of Hokkaido in 2001~2003. We could not find any significant difference in the leaf length, number of leaves and root growth between the sugar beet grown in fertilization-reduced plots and the standard fertilization ones. In 2002, the sugar content of sugar beet in the fertilization-reduced plot was higher than that in the standard fertilization plot, but no significant difference was observed in leaf and stem weight, root weight, or sugar yield between the two plots. By reducing the amount of phosphate and potassium fertilizer is reduced to about 70% of the standard fertilization, the contents of available phosphate and exchangeable potassium in the soil were kept at values higher than the diagnostic standard value of Hokkaido. These results suggested that the growth and yield of sugar beet in the brown andosol field in the Abashiri area would be unaffected by the reduced application of phosphate and potassium fertilizer.

Key words : Brown andosol, Low-input, Phosphoric acid, Potassium, Sugar beet, Yield.
