

I 土壤診断評価法の改良とリン酸・カリウムの減肥指針

1. 水稲作のリン酸・カリウムの減肥に向けて

1) 背景

肥料原料の輸入価格が2008年に急騰し、農業生産における肥料費の抑制が喫緊の課題になるとともに、原料資源の有限性に対する危機意識から資源の有効利用が以前にも増して大きな課題となっています。一方、多くの水田土壌では、長年努力を続けてきた土壌改良の結果、地力増進基本指針の改善目標の下限值や各機関で定められている土壌診断における下限値より多くリン酸とカリウムが含まれる状況が見られるようになってきています。これらの養分が改善目標の下限值以上に含まれていれば、減肥が可能と考えられてきましたが、広く普及できる明確な減肥指針がありませんでした。そこで、水稲作のリン酸とカリウムを減肥する指針を策定しました。

2) リン酸減肥の基本的な指針

既存の改善目標の下限值*を基準とし安全を見越した幅を持たせて、有効態リン酸が10～15mg/100g の場合には標準施肥量～その半量の施肥を、15mg/100g より大きい場合には半量の施肥を推奨する。

*トルオーグ法による有効態リン酸(トルオーグリン酸)が乾土100gあたり10mg(10mg/100gと表記)。

3) リン酸減肥の基本指針の解説

(1) リン酸を減肥しても水稲収量が確保できる。

本州以南の代表的な気象と土壌条件を選定して、4年間リン酸を減肥する水稲栽培試験を継続実施しました。有効態リン酸10mg/100g前後とそれよりリン酸が蓄積した圃場を準備し、リン酸無施用、標準から1/2に減肥した処理、標準施肥量で栽培試験を継続しました。その結果、有効態リン酸10mg/100g前後より大きい圃場では、1/2減肥では、生育量と収量が低下することはほとんどありませんでした(図1)。なお、この栽培試験では、稲わらは全量圃場に還元しました。本稿では、これ以降、土壌中の有効態リン酸量の推移やリン酸の減肥量に関して述べますが、稲わらは全量圃場に還元することを前提としています。

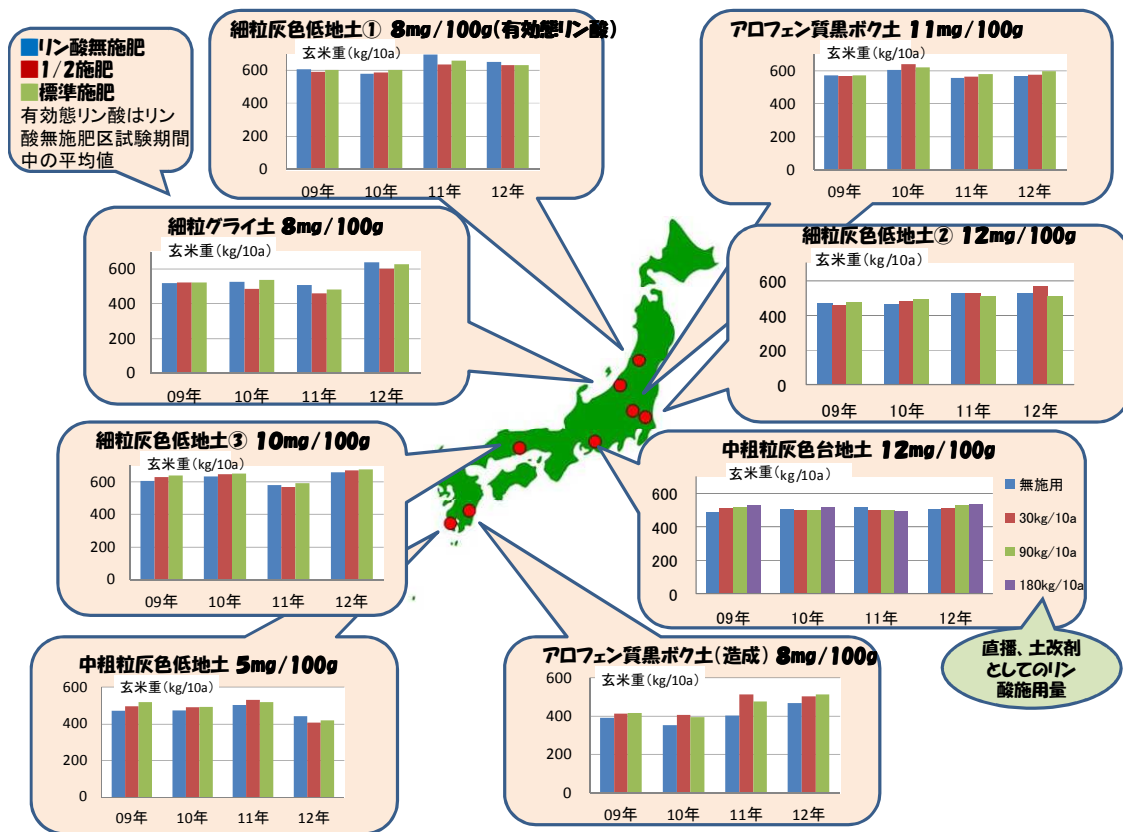


図1 有効態リン酸が改善目標下限値前後の土壤におけるリン酸減肥試験の玄米収量

(2) リン酸無施肥栽培すると土壤の有効態リン酸が減少する。

水稻の生育量が低下しなくても、リン酸無施肥栽培あるいはリン酸少量施肥栽培を継続すると、土壤中の有効態リン酸は水稻の吸収と土壤による固定で減少します。リン酸無施肥栽培試験を継続した結果、有効態リン酸の栽培経過年数に応じた減少傾向を数式化することができました。各地で得られた数式を適用して有効態リン酸の減少推移を推定しました(表1)。地域性より土壤の性質の影響が強く、粗粒質な土壤で減少が早い場合があり、黒ボク土では造成後間もない水田のように土壤改良剤の投入し始めからの年数経過が短い場合(表1では黒ボク土造成)で非常に早く減少することがわかります。

表1 リン酸無施肥栽培した場合の有効態リン酸減少推定推移

細粒グライ土				細粒灰色低地土①				細粒灰色低地土②				細粒灰色低地土③			
経過年数	有効態リン酸量(mg/100g)			経過年数	有効態リン酸量(mg/100g)			経過年数	有効態リン酸量(mg/100g)			経過年数	有効態リン酸量(mg/100g)		
	10	15	35		10	15	35		10	15	35		10	15	35
0	10	15	35	0	10	15	35	0	10	15	35	0	10	15	35
1	9.1	13.7	31.9	1	9.1	13.7	31.9	1	9.3	14.0	32.6	1	9.2	13.8	32.2
2	8.3	12.5	29.1	2	8.3	12.5	29.1	2	8.7	13.0	30.3	2	8.4	12.7	29.6
3	7.6	11.4	26.5	3	7.6	11.4	26.5	3	8.1	12.1	28.2	3	7.8	11.6	27.2
4	6.9	10.4	24.2	4	6.9	10.3	24.1	4	7.5	11.2	26.2	4	7.1	10.7	25.0
5	6.3	9.5	22.1	5	6.3	9.4	22.0	5	7.0	10.5	24.4	5	6.6	9.8	23.0
6	5.8	8.6	20.1	6	5.7	8.6	20.1	6	6.5	9.7	22.7	6	6.0	9.0	21.1
7	5.2	7.9	18.4	7	5.2	7.8	18.3	7	6.0	9.1	21.2	7	5.5	8.3	19.4
8	4.8	7.2	16.8	8	4.8	7.1	16.7	8	5.6	8.4	19.7	8	5.1	7.6	17.8
9	4.4	6.5	15.3	9	4.3	6.5	15.2	9	5.2	7.9	18.3	9	4.7	7.0	16.4
10	4.0	6.0	13.9	10	4.0	5.9	13.8	10	4.9	7.3	17.0	10	4.3	6.5	15.1

中粗粒灰色台地土				中粗粒灰色低地土				アロフェン質黒ボク土				アロフェン質黒ボク土造成			
経過年数	有効態リン酸量(mg/100g)			経過年数	有効態リン酸量(mg/100g)			経過年数	有効態リン酸量(mg/100g)			経過年数	有効態リン酸量(mg/100g)		
0	10	15	35	0	10	15	35	0	10	15	35	0	10	15	35
1	9.2	13.8	32.3	1	8.0	12.0	28.1	1	9.4	14.1	32.9	1	5.6	8.4	19.5
2	8.5	12.8	29.8	2	6.4	9.7	22.6	2	8.9	13.3	31.0	2	3.1	4.7	10.9
3	7.9	11.8	27.5	3	5.2	7.8	18.1	3	8.3	12.5	29.2	3	1.7	2.6	6.0
4	7.3	10.9	25.4	4	4.2	6.2	14.6	4	7.9	11.8	27.5	4	1.0	1.4	3.4
5	6.7	10.1	23.5	5	3.3	5.0	11.7	5	7.4	11.1	25.9	5	0.5	0.8	1.9
6	6.2	9.3	21.7	6	2.7	4.0	9.4	6	7.0	10.4	24.4	6	0.3	0.4	1.0
7	5.7	8.6	20.0	7	2.2	3.2	7.5	7	6.6	9.8	22.9	7	0.2	0.2	0.6
8	5.3	7.9	18.5	8	1.7	2.6	6.1	8	6.2	9.3	21.6	8	0.1	0.1	0.3
9	4.9	7.3	17.0	9	1.4	2.1	4.9	9	5.8	8.7	20.3	9	0.1	0.1	0.2
10	4.5	6.7	15.7	10	1.1	1.7	3.9	10	5.5	8.2	19.1	10	0.0	0.0	0.1

栽培開始時の有効態リン酸が10、15、35mg/100gの場合の減少経過を示す。

(3) 施肥により土壌のリン酸量を維持する。

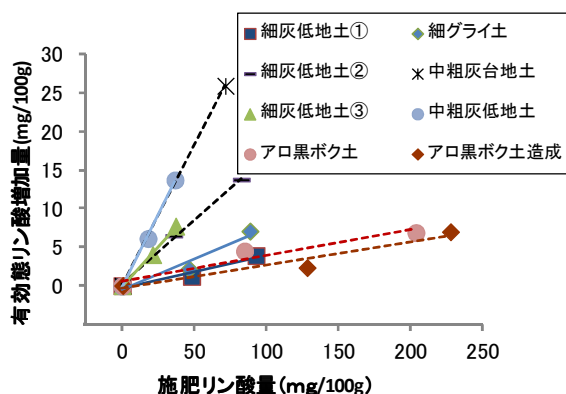


図2 各地の土壌におけるリン酸施肥により増加する有効態リン酸量

施肥により増加する有効態リン酸量を明らかにした実験結果(図2)を基に、水稻作期間中に減少する有効態リン酸(表1)を補給するための施肥量を算出できます。特に、改善目標の下限值(10mg/100g)状態から減少する有効態リン酸量の補給は、改善目標を維持するために必要なもので、表2にまとめました。その施肥リン酸量は、概ね、各地の標準施肥量からその半量程度で、

黒ボク土を除いて、リン酸吸収係数が大きい土壌で多くなる傾向があります。なお、前述した有効態リン酸の減少が非常に早い黒ボク土造成(表1)の場合は、必要施肥量の算出対象外としました。このような土壌では、土壌改良資材による多量のリン酸投入が必要です。

そして、土壌中の有効態リン酸が改善目標の下限值より多ければ、その減少は許容できますので、施肥量を少なくし、有効態リン酸が15mg/100gより多い場合には標準の半量施肥とすることを推奨します。この場合には、表1を参考に、有効態リン酸が下限値に達するまでの期間(例えば15mg/100gの時点からは、中粗粒灰色低地土で2年、その他土壌では5~7年)を目安に土壌診断を実施して、施肥量を見直すことが無難です。

表2 有効態リン酸改善目標の下限值を維持するために必要なリン酸施肥量(kg/10a)

細粒グライ土 (1110)	細粒灰色低地土① (900)	細粒灰色低地土② (630)	細粒灰色低地土③ (390)	中粗粒灰色台地土 (340)	中粗粒灰色低地土 (180)	アロフェン質黒ボク土 (2070)
11.1	14.0	5.8	4.9	3.2	6.3	8.6

()内数値はリン酸吸収係数(mg/100g)

4) リン酸減肥指針の具体的策定例

(1) 寒冷地灰色低地土水田におけるリン酸50%低減栽培

山形県内の水田でも、これまで施用されたリン酸が土壌診断改善目標の下限値以上に蓄積している圃場が見られます。従来より、リン酸の施肥効果は寒冷地で高いことが知られていますが、寒冷地水田において、リン酸の減肥指針策定に取り組みました。

寒冷地灰色低地土水田において、改善目標の下限値前後のリン酸状態では、リン酸50%低減栽培が、3年を限度として、生育と収量に影響を与えることなしに実施可能です。

(i) リン酸50%低減栽培

土壌のリン酸肥沃度が異なる各圃場に基肥リン酸量を7(慣行)、3.5(50%低減)、0kg/10aに設定し、2009年から2012年まで水稻品種「はえぬき」を毎年同一管理で栽培しました。

リン酸50%低減処理では、減肥4年目になると有効態リン酸量を異にする圃場間で初期茎数に変化がみられましたが(図3)、減肥3年目までは、すべての圃場で初期茎数、穂数、収量はほぼ慣行と同等でした。また、リン酸50%低減処理では、玄米の品質(粗タンパク質含有率)の低下も認められませんでした(図4)。従って、いずれのリン酸肥沃度の圃場においても、特に有効態リン酸が改善目標の下限値程度あれば、50%リン酸低減栽培が可能であり、少なくとも3年間は減肥の影響が極めて小さくなると考えられます。

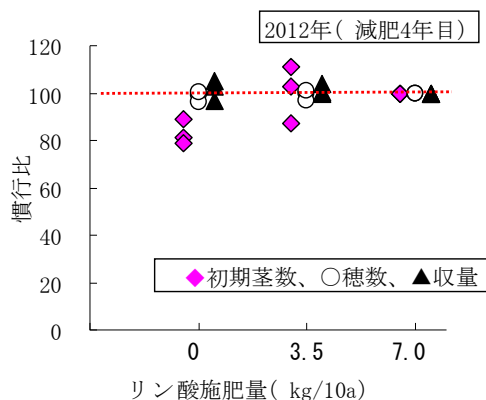


図3 初期茎数、穂数、収量に及ぼすリン酸減肥の影響

試験4年間の平均有効態リン酸(mg/100g)が3、9、22の3圃場データから作図。

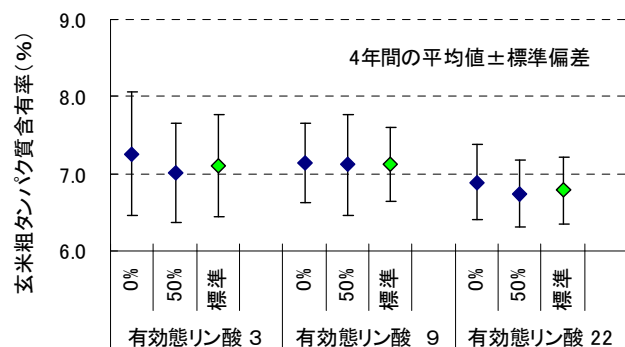
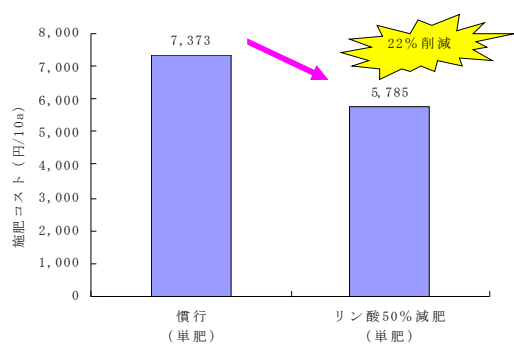


図4 玄米粗たんぱく質含有率に及ぼす土壌中のリン酸量とリン酸減肥の影響

有効態リン酸は4年間の平均値(mg/100g)、リン酸無施肥(0%)、リン酸半減肥(50%)、標準施肥(標準)を実施。

(ii) リン酸50%低減による施肥コストの削減



リン酸50%低減栽培の施肥コストは慣行施肥に比べ22%減少しました(図5)。また、今回の試験では、単肥(硫安、過リン酸石灰、塩化カリ)で比較しましたが、通常使用される化成肥料の価格と比べた場合だと16%の削減となります。

図5 施肥コスト (2012年度の価格で算出)

(2) グライ土水田におけるリン酸50%低減栽培

新潟県の水田の70%は排水不良による青灰色のグライ層を持つ粘土質のグライ土水田で、土壤中に鉄と結合したリン酸が豊富にあります。湛水により土壤の還元化が進むと、リン酸は、鉄との結合が緩み、水稻が利用しやすい形態に変化します。新潟県の平坦地グライ土水田における、リン酸減肥指針を策定しました。

平坦地のグライ土水田においては、土壤のリン酸改善目標を概ね満たしているか、目標をやや下回っている場合であっても、現行の標準施肥量に対するリン酸50%低減栽培が実施可能です。

(i) リン酸50%低減施肥の水稻生育、土壤中リン酸量に及ぼす影響

リン酸施肥量を、現行の栽培指針による標準量(概ね7kg/10a)に対して、3.5kg/10aに半減、あるいは0kg/10a(無リン酸)として、2009年から3年間コシヒカリを栽培しました。

水稻初期生育の低下が懸念されましたが、初期の茎数増加率(移植30日後頃の茎数/移植本数)には施肥低減の影響は見られませんでした(表3)。また、最高分けつ期ころの稲体リン酸濃度は1.0%程度と高く、3年間、収量や玄米品質への影響もありませんでした。

表3 リン酸減肥栽培の水稻生育への影響(3年間の平均値)

調査ほ場	施肥水準	初期茎数増加率	稲体リン酸濃度(%) (最高分けつ期)	収量(kg/10a)
A地域 有効態リン酸 8.2mg/100g	0kg	1.64	0.96	559
	3.5kg	1.54	0.94	556
	7kg	1.55	0.94	555
B地域 有効態リン酸 5.4mg/100g	0kg	1.76	1.04	551
	3.5kg	1.85	1.04	572
	7kg	1.68	1.05	562
研究センター(ほ場) 有効態リン酸 10.4mg/100g	0kg	2.25	1.05	518
	3.5kg	2.60	1.04	491
	7kg	2.46	1.03	515

茎数増加率は、移植後約1ヶ月の茎数を植付本数で割った値

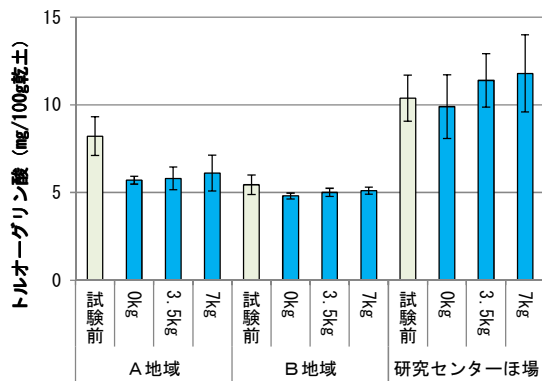


図6 減肥栽培3年経過後の有効態リン酸量
エラーバーは標準偏差

さらに、減肥栽培継続3年後の有効態リン酸量に、施肥量による違いはほとんど見られませんでした(図6)。

圃場からのリン酸収奪量は、稲わらすき込みを前提とした場合、毎年、収量による3.5~4kg/10aと試算されます(収量540kg/10aの場合)。水稻の生育を見る限り大幅なリン酸減肥が可能と考えられますが、長期的な視点から、収奪量程度の施肥(3.5kg/10a)、すなわち、50%低減施肥が推奨されます。

肥が推奨されます。

(ii) リン酸50%低減による施肥コストの削減

新潟県におけるコシヒカリの標準的施肥量からリン酸成分量を50%にすると、10a当たりの肥料費が4,827円から3,900円に約2割削減できることとなります(化成肥料での比較)。

5) カリウム減肥の基本的な考え方

(1) カリウム減肥しても水稻収量が確保できる。

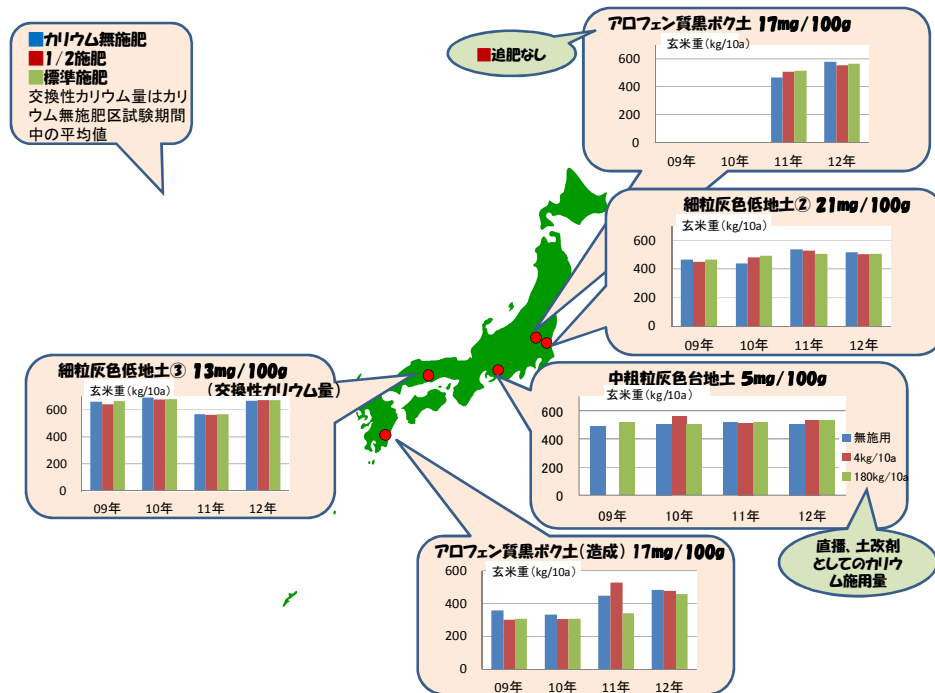


図7 各地のカリウム減肥試験における玄米収量

各地で4年間カリウムを減肥する水稻栽培試験を継続実施しました。交換性カリウム (K_2O) が20mg/100g前後 (試験開始時の値) の圃場を準備し、カリウム無施肥、標準の1/2 (アロフェン質黒ボク土では2/3) に減肥した処理、標準施肥で栽培試験を継続しました。その結果、試験開始時に交換性カリウムが20mg/100g前後より高ければ、大きく減肥しても、生育量と収量が低下することはほとんどありませんでした (図7)。なお、この栽培試験では、稲わらは全量圃場に還元しました。本稿で述べるカリウムの減肥に関しては、稲わらは全量圃場に還元することを前提としています。

(2) ナトリウムの代替吸収が生じないようにカリウムを施肥する。

水稻ではカリウムの吸収量がある限度以下になるとナトリウムを代替吸収する現象が報告されています。このナトリウムの代替吸収が生じるのはカリウムの潜在的な欠乏だと考えられますので、代替吸収が生じないことを指標にしてカリウム施肥をすることを新たな指針としました。

6) カリウム減肥指針の具体的策定例

(1) 岡山県における新たなカリウム減肥指針

(i) 新たなカリウム施肥指針の作成

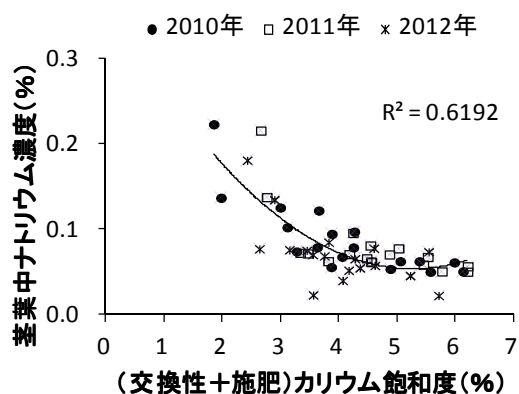


図8 「(交換性+施肥)カリウム飽和度」と成熟期の茎葉中ナトリウム濃度との関係

交換性カリウム量を異にする水田へ、それぞれカリウム施肥量を変えた試験区を設け、水稻 (品種: ヒノヒカリ) の栽培試験を実施しました。その結果、4年間栽培を続けても収量や食味等の玄米品質に試験区間の差は認められませんでした。

ところが、土壌の交換性陽イオン保持容量CECに占める交換性カリウムと施肥カリウムが全て交換性になると仮定して算出した交換性カリウムの含量の割合「(交換性+施肥)カリウム飽和度」が4%を下回ると水稻茎葉中のナトリウム濃度が直線的に高まる現象を確認し (図8)、4%を下回る領域をカリウムの潜在的欠乏領域と定義しました。そして、施肥前土壌のカリウム飽和度が4%以上ではカリウム無施肥、4%を下回った場

合には4%を目標にカリウム施肥を行う、という新たなカリウム施肥指針を策定しました(図9)。

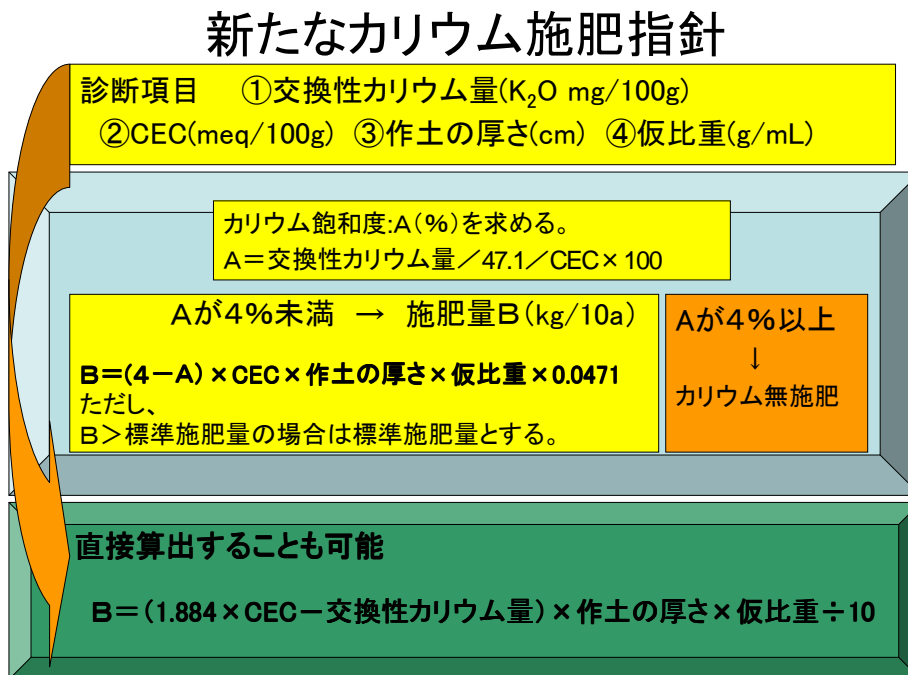


図9 新たなカリウム施肥指針

(ii) 岡山県南部水田地帯におけるカリウム施肥削減効果

岡山県南部の児島湾干拓地を中心とする水田地帯では、土壌調査の結果、カリウム飽和度が4%を上回る水田、すなわち、前述のカリウム施肥指針を適用すると、カリウム無施肥栽培が可能と判定される水田が約8割あることが明らかになりました(図10)。多くの水田で、カリウム施肥量をゼロにして、肥料費を約10%削減することが可能です。

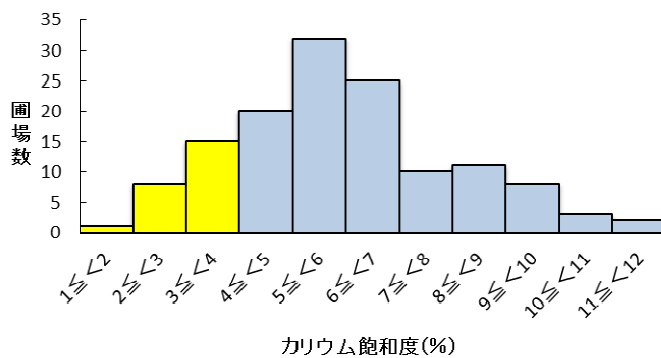


図10 岡山県南部水田のカリウム飽和度 (2006-2010年132筆の調査)

7) その他 (参考資料等)

1. 寒冷地低地土水田におけるリン酸50%低減栽培

http://www.s.affrc.go.jp/docs/project/genba/pdf/120102_21102.pdf

2. リン酸減肥栽培による水稻生育への影響

<http://www.ari.pref.niigata.jp/nourinsui/seikal2/katuyou/23/120223.html>

3. 水稻栽培におけるカリウム減肥基準の策定

http://www.pref.okayama.jp/uploaded/life/291700_1161395_misc.pdf

8) 担当者・問い合わせ先

研究担当者

(独)農研機構 中央農業総合研究センター、東北農業研究センター、九州沖縄農業研究センター

新良力也・西田瑞彦・土屋一成・高橋智紀・吉田光二・原嘉隆

山形県農業総合研究センター

塩野宏之・熊谷勝巳・横山克至・布山美恵・水戸部昌樹・今野陽一・齋藤寛・
中川文彦

新潟県農業総合研究所作物研究センター

金井政人・南雲芳文・土田徹・東聡志

茨城県農業総合センター農業研究所

池羽正晴・宮本寛・橘恵子・佐藤潤次・桐原俊明・折本美緒・小山田一郎・
塚本心一郎・坪井真樹・田中研一

栃木県農業試験場

吉澤比英子・出口美里・鈴木未来・廣澤美幸・鈴木隆浩・宮崎成生

愛知県農業総合試験場

林元樹・福田充洋・船生岳人・井手康人・奥野綾子・坂紀邦・伴佳典・東野敦・
本庄弘樹・牧田尚之・久野智香子・遠藤征馬・谷俊男・田中雄一・武井真理・
吉川那々子・杉浦和彦

岡山県農林水産総合センター農業研究所

赤井直彦・石井恵・鷺尾建紀・山中基恵・芝宏子

宮崎県総合農業試験場

有簾隆男・上田重英・赤木康

鹿児島県農業開発総合センター

古江広治・長友誠・上菌一郎・白尾吏・三浦伸之・井上健一・餅田利之・有村恭平
・時村金愛

東北大学・大学院農学研究科

伊藤豊彰

問い合わせ先

(独)農研機構 中央農業総合研究センター土壌肥料研究領域

〒305-8666 茨城県つくば市観音台3-1-1 電話 029-838-8532

2. 畑土壤中リン酸の現場型評価法に基づく施設キュウリでのリン酸減肥

1) 背景

作物栽培に欠かせない主要養分のうち、リン酸に関しては、これまでの土づくりや施肥によって畑土壤中に蓄積してきており、施設栽培土壌の場合、有効態リン酸の全国平均値は、35年近く前の時点で既に150mg/100g弱であり、その後も上昇してきました(図1)。

かなり多くの作物について、リン酸を施肥しなくても収穫量に違いがみられない有効態リン酸の上限水準は100mg/100g程度と考えてよいことから、今後はこうした土壌蓄積リン酸を土壌診断によって評価し、リン酸減肥につなげていくべきといえましょう。

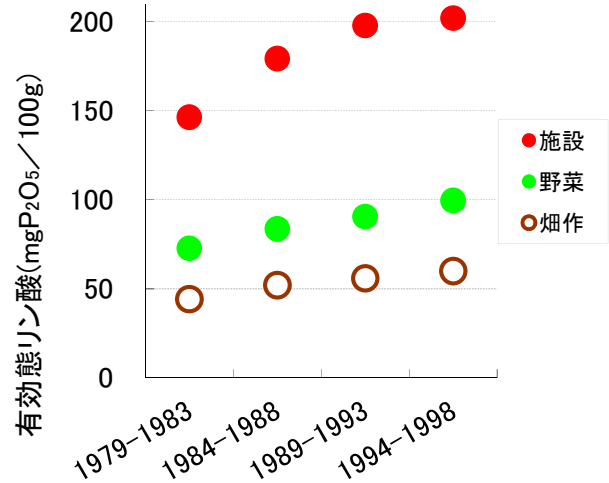


図1 土壌中有効態リン酸(全国平均値)の推移(土壌保全調査事業成績書から作図)

2) 安全・簡便な畑土壤中リン酸の現場型評価法

土壌中有効態リン酸測定における従来法(トルオーグ法)は、まず強酸を含む抽出液及び振とう用の専用機械を用いて土壌からリン酸を抽出し、次に強酸や重金属を含む試薬を用いて化学反応を行ったのち機器分析を行うもので、現場で簡便に活用できるものではありません(図2左パネル)。一方、現場向きの簡便法もこれまでにいくつか実用化されてきましたが、結果を出すには精度はやや劣る色見本との比較によるか、少なくとも数万円の装置を用いて数値化する必要があります。

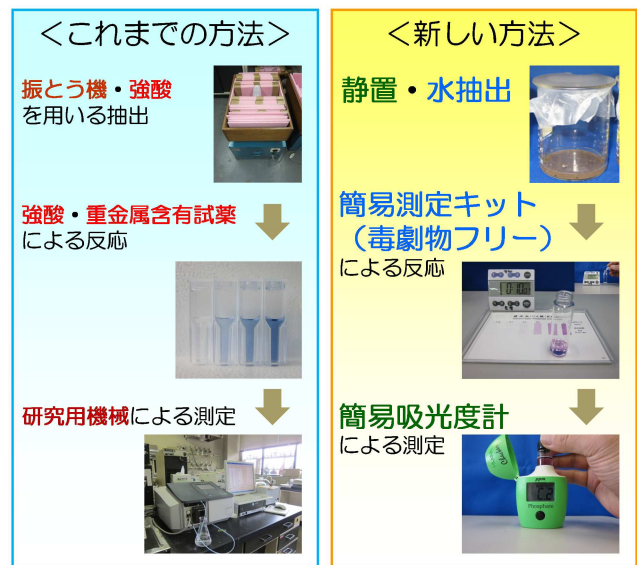


図2 現状の土壌診断法(リン酸)と新たな現場型評価法の概要・特徴

こうしたことから、農業生産現場において誰でも安全に、簡単に、またコストのあまりかからないように、土壌蓄積リン酸をある程度の精度で把握できる方法を新たに開発し（図2右パネル）、リン酸施肥量が多い施設キュウリを対象にリン酸減肥の指標を示すこととしました。

土壌中リン酸の評価にあたり、まずは土壌からリン酸を抽出します。現場での活用を考えると、安全な抽出剤がのぞましく、また、振とう機といった実験機器の利用は避けたいところです。そこで、振とうを行わない水抽出法（不振とう水抽出法）を検討したところ、

☞ 広い容器を用いて、土壌が薄い層になるようにして抽出すれば、振とうしなくても連続的に振とうした場合と同様に水溶性リン酸が抽出される

☞ 抽出に用いる水の量を少なめにすれば、抽出時間や温度の影響を受けにくくなる

といった特徴が明らかとなり、現場で利用できる抽出条件を設定することができました。

抽出の次のステップは分析です。ここで問題なのが分析試薬です。不揮発性の硫酸を用いている点では抽出段階でのトルオーグ法も同様ですが、従来の分析法（モリブデン青法）ではこれよりもはるかに濃厚な硫酸やアンチモンを含有する混合薬品を用いており、劇物としての扱いが必要となります。そこで、市販の毒劇物フリーのリン酸簡易測定キット（以下、酵素法。）の利用を検討したところ、

☞ 不振とう水抽出リン酸は、酵素法でもモリブデン青法とほぼ同様に評価できる

☞ 反応時間の延長などにより、モリブデン青法よりも広範囲の測定ができる

☞ 市販の簡易吸光度計を用いて簡単に数値化できる

といった特徴が明らかとなり、現場で利用できる分析条件を設定することができました。

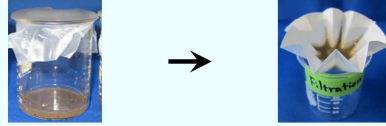
以上の操作のながれを図3に示します。この方法にかかるコストとしては、簡易吸光度計（ハナインスツルマンツ・ジャパン(株)の Checker HC シリーズ吸光度計/リン酸塩/HI 713 型（¥7,800、税別）に、はかりやストップウォッチといった汎用品を含めた合計でも初期投資で 18,000 円弱、ろ紙や試薬（(株)共立理化学研究所のパックテスト®/りん酸（低濃度）/WAK-P04(D)（¥4,000 / 40 検体分、税別））といった消耗品については1検体あたり 120 円程度と見込んでおり、比較的少額の負担で実施可能であり、現場で活用いただけるよう、別途、他の分析項目への応用も盛り込んだ分析法中心のマニュアルもインターネットで提供中です（→ 4）その他（参考資料等）を参照）。

<抽出から分析までの操作のながれ>

● 不振とう水抽出法

風乾細土:水=1:2.5(重量:容量)で水抽出¹⁾、ろ過。

1) 風乾細土4gを200mL容のビーカーなどへはかりこみ、精製水10mLを添加・混合し、6~18時間静置。



● 酵素法によるリン酸の現場型測定法

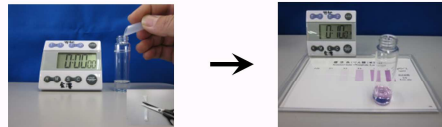
ろ液を精製水で20倍に希釈²⁾。

2) ろ液0.5mLをとり、水を加えて10mLとして20倍に希釈。



希釈したろ液1.5mLに試薬を加えて反応開始³⁾。

3) 希釈液1.5mLをとり、リン酸簡易測定キットの試薬を添加、混合。5分経過時にリン酸イオン用の色見本と照合。



[1ppm以上であるようにみえる場合] 25分以上そのまま反応。

[1ppm未満にみえる場合]

希釈前のろ液0.5mLを追加、混合して25分以上反応。



● 簡易吸光度計を用いた数値把握法

精製水を追加して10mLとし、測定。計算⁴⁾。

4) 水溶性リン酸含量(mg P₂O₅/100g 風乾細土) =
 [測定値] × 13.4(そのまま反応)、または
 [測定値] × 1.74(希釈前のろ液を追加)

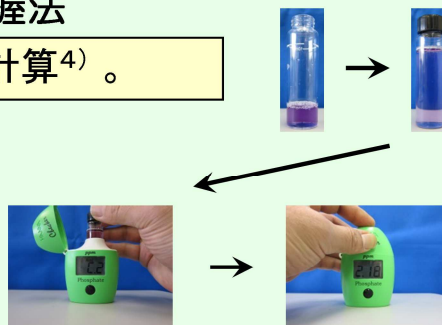


図3 新たな現場型評価法の実施手順

3) 施設キュウリにおけるリン酸減肥

新たな水抽出法によるリン酸減肥指標を設定するにあたり、数多ある作物の中から施設キュウリを対象としたのは、概してリン酸施肥量が多い施設栽培作物であり、かつ作付面積が大きく、リン酸消費量が大きい作物だからです。そして、様々な作物栽培圃場の土壌診断結果から、有効態リン酸の過剰蓄積例の多さではトップクラスの作物とみられるほか、共同研究を実施している群馬・神奈川・高知の各県による現地実態調査でも極度に蓄積した圃場が多数認められました（図4の左）。

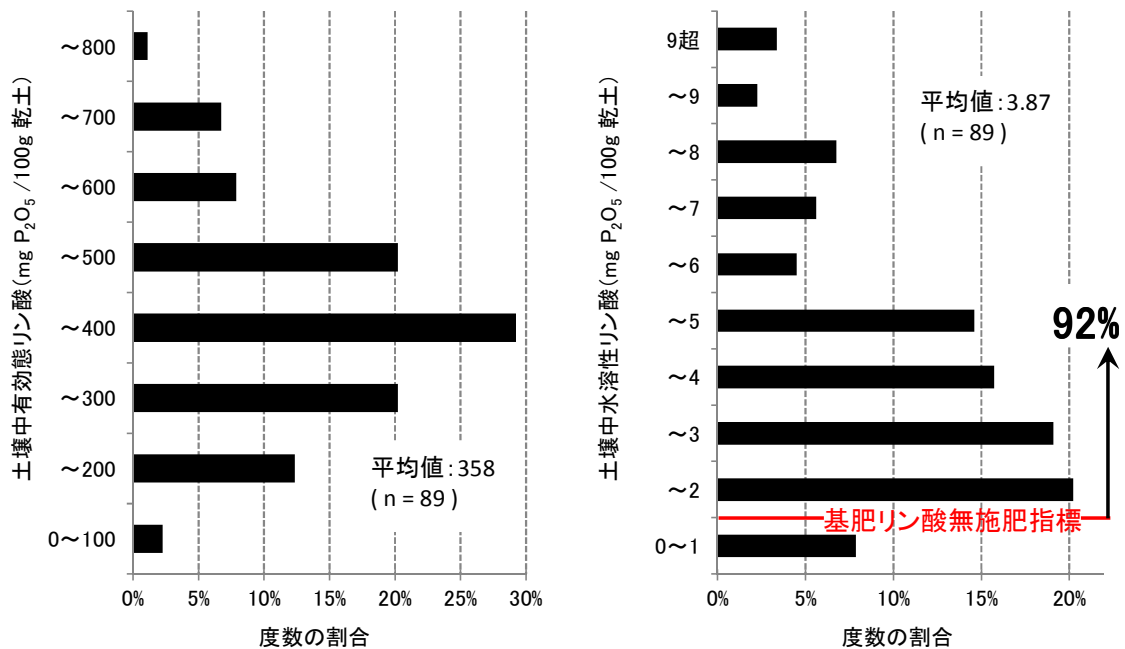


図4 3県の施設キュウリ現地圃場の土壌中有効態リン酸の度数割合の分布
(左) トルオーグ法、(右) 不振とう水抽出法

上記各県の農業研究センターでは、場内や現地圃場においてリン酸減肥を行った場合と行わなかった場合とで施設キュウリの収量などを比較してきました。施設キュウリはリン酸施肥量が多い一方、吸収量も極めて多い（図6）ため、減肥による減収の可能性も予見されましたが、標準施肥区の収量に対するリン酸減肥処理区の収量の比（収量指数）は0.87~1.23とばらついたものの（図5左）、減肥による減収は明らかではありませんでした。しかし、これらの収量指数のデータを不振とう水抽出リン酸の水準によってグループ化すると、

☞ 不振とう水抽出法で概ね 1.00mg P₂O₅ / 100g 風乾細土

を下回る場合、収量指数が 1 未満となる例がやや多い（図5右）ことから、これをリン酸減肥栽培の可否の判定指標としました。

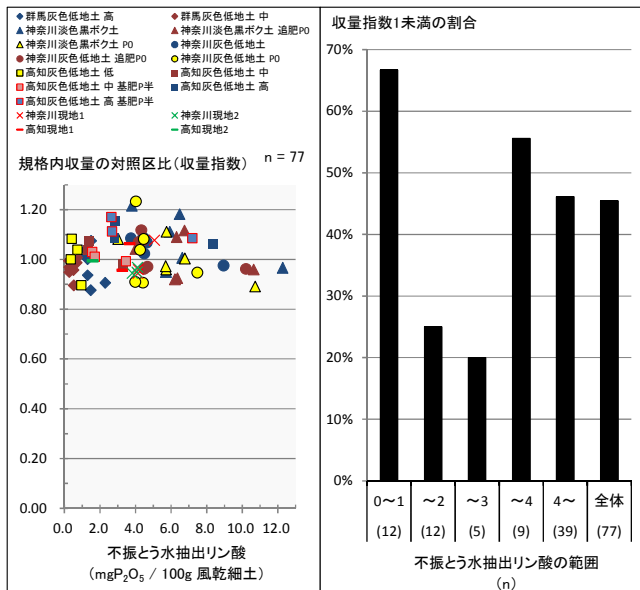


図5 施設キュウリのリン酸用量試験結果

(高P、中P、低P：土壤中可給態リン酸が各々高水準、中程度、低水準の試験区、追肥P0、P0、基肥P半：各々追肥リン酸無施肥、リン酸無施肥、基肥リン酸半量施肥。その他の場内用量試験では基肥リン酸無施肥、現地試験では基肥10~95%減肥。)

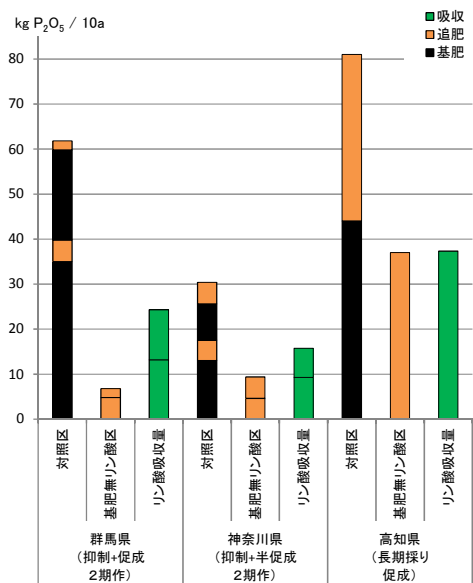
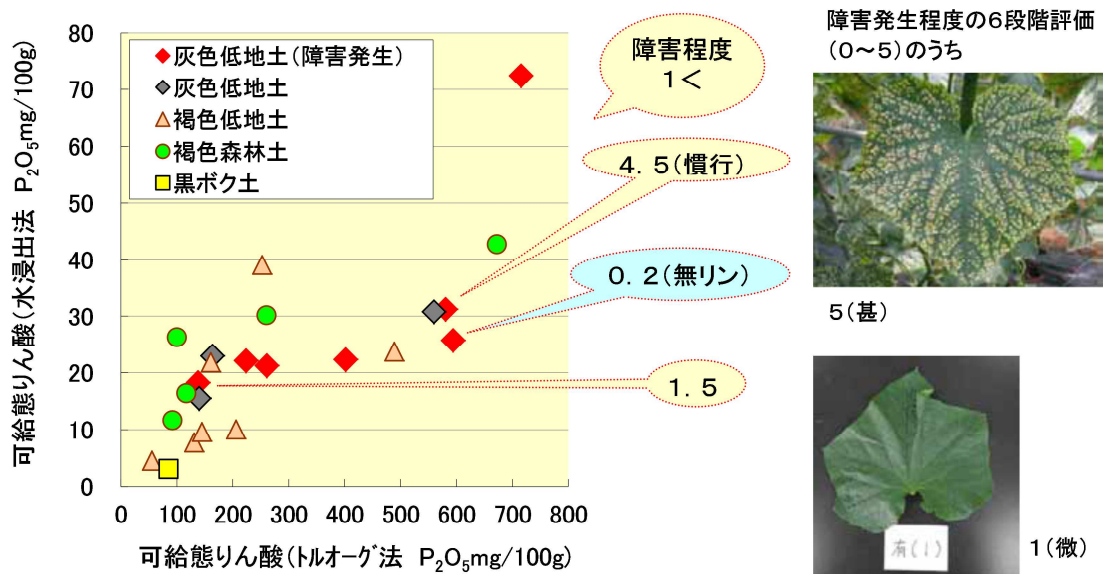


図6 施設キュウリのリン酸施肥量とキュウリによる吸収量の例

そこで、この新指標を超えるときは基肥を無リン酸栽培とした場合の効果をおおまかながら試算してみました。図4の右に示すように、不振とう水抽出リン酸が1.00 mg P₂O₅ / 100g を超える圃場は92%でした。冬春キュウリの作付面積3,040ha(H24年産)のうち92%が基肥無リン酸栽培可能ならば、該当するのは約2,800ha、冬春キュウリの施肥基準(全国平均値(平成25年12月調べ))34.7kg P₂O₅ / 10aのうち削減対象の基肥は31.1kgなので、総量では870トン程度の節減と見込まれます。重焼りんの価格を39万円/ P₂O₅ トンとすれば、年約3億4千万円に相当し、また、面積あたりの施肥コストでは1.6万円程度(約3割) / 10a が節減可能と見積もられました。

土壌蓄積リン酸を活用するメリットは、肥料コスト低減の面のみではなく、土壌の健全性確保の面でも重要です。リン酸について、かつては過剰症が認められにくい養分でしたが、現在は作物によっては病害や生理障害の原因となることが明らかになりつつあり、過度のリン酸蓄積はリスクであることを認識する必要性が高くなっています。図4に示した3県の実態調査においてはリン酸過剰症が疑われる事例は認められていませんが、キュウリについても、リン酸過剰症(図7右)の存在は試験的に明らかにされていたほか、疑わしい例も散見されており、これまではつきり問題として認識されてこなかったものの、近年、リン酸過剰症が現地圃場で認められ(図7左)、リン酸減肥によって増収した例も知られています。(http://www.naro.affrc.go.jp/org/narc/seika/kanto22/10/22_10_02.html)



長野県 平成21年度 普及に移す農業技術(第2回)
 普及技術「りん酸蓄積ほ場でのきゅうりの土壌および葉柄搾汁液りん濃度測定に基づく
 りん酸施肥の要否判定技術」(長野県南信農業試験場)から作成

図7 露地キュウりのリン酸過剰症事例

肥料価格高騰を受け、施肥節減のための条件整備はかつてなく進捗し、低リン・低カリの肥料銘柄の供給のほか、広域土壌診断体制の整備など、組織的な土壌診断がより身近になってきています。一方で、意欲ある農業者の中には簡易ながらも自ら土壌肥沃度を評価し、活用する取り組みが従来も存在し、また、今後も新規の農業の担い手を中心に自ら実践できる土壌肥沃度評価のニーズが見込まれます。こうした実践者は測定結果を次の作付けの参考としているのみではなく、経年的な変化を観察・記録している場合があります。これには簡素でありつつもある程度の精度で数値化できる方法が望ましいでしょう。ここでご紹介した現場型評価法がその一助になることを期待しています。

4) その他(参考資料等)

(独)農研機構・中央農業総合研究センター 土壌肥料研究領域 (2013年10月)

「簡易測定用試薬と簡易吸光度計を用いた畑土壌分析マニュアル (Ver. 1.2)」

(http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/files/dojyoubunsekimanyuarul-2.pdf)

(独)農研機構・中央農業総合研究センター 土壌肥料研究領域、群馬県農業技術センター、神奈川県農業技術センター、高知県農業技術センター (2014年1月)

「安全・簡便な畑土壌中リン酸の現場型評価法に基づく施設キュウリ栽培での

リン酸減肥マニュアル」

(http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/laboratory/narc/049971.html)

5) 担当者・問い合わせ先

研究担当者

(独) 農研機構 中央農業総合研究センター

金澤健二、駒田充生、高橋茂、加藤直人

群馬県農業技術センター

小柴守、鶴生川雅己、高坂真一郎、川田宏史、染矢和子

神奈川県農業技術センター

上山紀代美、竹本稔、岡本保、小勝淑弘、曾我綾香、伊藤喜誠、重久綾子

高知県農業技術センター

速水悠、森永茂生、恒石義一、大崎佳徳、安岡由紀

問い合わせ先

(独) 農研機構 中央農業総合研究センター 土壌肥料研究領域

〒305-8666 茨城県つくば市観音台 3-1-1 電話 029-838-8829