

2 土壌pH・ECの診断

1) 土壌pH(水素イオン濃度)の測定

pHは土壌中の水素イオン濃度H⁺の指標として逆数の対数で表し、5.0以下が強酸性、5.0~5.5が酸性、5.5~6.0が弱酸性、7.0が中性、7.0以上がアルカリ性です。

通常は、降雨と共に石灰質が溶脱して酸性化が進み、4.0以下の強酸性ではアルミニウムイオンが活性化して根に障害が発生します。また、酸性化が進行すればN、P、K、Ca、Mg、B、Moが吸収低下による欠乏症、Fe、Mn、Znの可溶化による過剰症を引き起こす要因となります。逆にアルカリ化になるとMn、Fe、Zn等は吸収低下して欠乏症の要因となります。一般的にはpH5.5~6.5が適正域になっています。



図 pHと養分吸収との関係

土壌pHは乾土1に対して、水2.5の割合の懸濁液pHと規定され、pH(H₂O)と表します。水の代わりに1N塩化カリウム液を用いる方法もありpH(KCl)と表し、pH(H₂O)より0.5~1.0程度低くなります。pH(H₂O)は未風乾の新鮮土または風乾細土で測定しますが、実際の状況を良く反映しているのは未風乾土です。一般的には風乾土を用いて測定します。

<測定手順>

風乾土20gを100ml容量のポリビンにとり、水50mlを加えて30分間振とうする。

しばらく（できれば1時間程度）放置した後、軽く振って懸濁液とする。

あらかじめ調整しておいたpHメーターのガラス電極を懸濁液に浸す。

数値が安定したら（安定しない場合は30秒後）値を読み取る。

続けてECを測定する場合は、さらに水50mlを加えて振とうしEC測定する。

測定終了後は電極をよく洗って乾かさないように保存する。

pHを1上げるには！	砂質土 炭カル 100kg/10a・10cm
	粘質土 炭カル 200kg/10a・10cm
	黒ボク土 炭カル 350kg/10a・10cm
pHを1下げるには！	砂質土 硫黄華 55kg/10a・10cm
	粘質土 硫黄華 80kg/10a・10cm
	黒ボク土 硫黄華 240kg/10a・10cm

アレニウス氏表による酸性矯正炭酸カルシウム施用量

(矯正目標pH6.5(H₂O)に要する10a当たりkg、深さ10cm)

土性	腐植量	pH												
		4.0	4.2	4.4	4.6	4.8	5.0	5.2	5.4	5.6	5.8	6.0	6.2	6.4
砂壤土	含む	424	390	356	323	289	255	221	188	154	120	86	53	15
	富む	634	581	533	480	431	379	330	278	229	176	128	75	26
	すこぶる富む	986	908	829	750	671	593	514	435	356	278	199	120	41
壤土	含む	634	581	533	480	431	379	330	278	229	176	128	75	26
	富む	844	776	709	641	574	506	439	371	304	236	169	101	34
	すこぶる富む	1,268	1,166	1,065	964	863	761	660	559	458	356	255	154	53
填土	含む	844	776	709	641	574	506	439	371	304	236	169	101	34
	富む	1,054	971	885	803	716	634	548	465	379	296	210	128	41
	すこぶる富む	1,549	1,425	1,301	1,178	1,054	930	806	683	559	435	315	188	64
填土	含む	1,054	971	885	803	716	634	548	465	379	296	210	128	41
	富む	1,268	1,166	1,065	964	863	761	660	559	458	356	255	154	53
	すこぶる富む	1,830	1,684	1,538	1,391	1,245	1,099	953	806	660	514	368	221	75
腐植土		2,063	1,898	1,733	1,568	1,403	1,238	1,073	908	743	570	413	248	83

注)消石灰使用の際は0.74を掛けた量を施用する。火山灰土のばいは普通土壌(鉱質土壌)より比重が小さいので、この量より30%くらいを減じた

2) EC (電気伝導度) の測定

EC (電気伝導度) は、土壤中の水溶性塩類の総量を示し、塩類濃度の指標としてミリジーメンス (mS/cm) で表します。通常、硝酸態窒素含量との間に正の相関関係がみられるので、土壤中の硝酸態窒素含量の推定にも有効です。土壤中に硝酸態窒素が多いと、pHが低下して塩基成分が溶出しやすくなるため濃度障害を生じやすく、ECを高めすぎない管理が必要となります。また、ECが低すぎると土壤中の肥料成分が少なく、生育不良になります。

< 測定手順 >

風乾土10gを100ml容量の振とう瓶にとり、水50mlを加えて振とう器で30分間振とうする。懸濁液を測定液として電気伝導度計で測定する。

土壤浸出液における水の添加割合は、一般的に5倍量(1:5)が行われています。

なお、pH測定は1:2.5の添加割合なので、pH測定後に水を添加して測定するか最初から1:5としてpH測定し、そのままEC測定しても大きな問題はありません。

簡易にECから土壤中の硝酸態窒素量を求めるには!

火山灰土 硝酸態窒素量kg = $3.8 \times EC\text{値 (mS/cm)} - 1.0$
沖積土 硝酸態窒素量kg = $4.4 \times EC\text{値 (mS/cm)} - 1.5$
砂土 硝酸態窒素量kg = $2.9 \times EC\text{値 (mS/cm)} - 5$

(藤原、2008を一部改変)

ECが1mS/cmの場合は、20kg/10a・10cm程度 ($28 \times$ 仮比重0.7) の窒素があることになり作物に応じた減肥が必要となります。

ECが高くなっている施設土壤では、石灰等が集積してイオン種が変化しているため、硝酸態窒素との関係がみられない場合もありECからの推定には注意が必要です。

EC値による基肥施用の目安

区分	基準量施用	2/3~1/2に減肥	1/2以下に減
砂質土～壤質土	< 0.3	0.4 ~ 0.5	0.6 <
粘質土	< 0.3	0.4 ~ 0.7	0.8 <
黒ボク土	< 0.3	0.4 ~ 0.9	1.0 <

< EC診断による減肥の事例 >

鳥取県中部のハウスホウレンソウ栽培は、これまで栽培基準よりかなり多い施肥がされていました。そこで、土壤EC測定結果に基づいて減肥量を定めて栽培実証を行ったところ、大幅な減肥を行っても収量に影響のないことが確認されました。

これを基に、1作ごとにEC診断を実施して次作の施肥量を決定する技術の普及を図りました。

ECに基づいて施肥量を決めることによって、ECが高いほ場では施肥量半減～無肥料での栽培が可能となり、肥料代は慣行の20,000円/10a程度から無肥料だと改良資材等だけの7,000円程度にまで低減できました。

当初は施肥量を半減または無肥料ということに不安がありましたが、実証圃を設置して展示したところ、

収量は従来体系とほぼ同等で品質についても差は認められないことが少しづつ理解されました。

その結果、ほぼ半数の栽培者から次作にあたってEC測定の依頼があり、減肥量と合わせて示すことで徐々に施肥改善が進んでいます (倉吉普及2009)

表 EC診断によるホウレンソウの減肥基準(4～9月)

EC	施肥量(ハウスあたりのkg)	
	有機複合(7-4-3)	有機複合(8-10-11)
0.5 >	20	10
0.5 ~ 0.6	15	7.5
0.6 ~ 0.7	10	5
0.7 ~ 0.8	4	2
0.8 ~ 0.9	0	0
0.9 ~ 1.0	0	0
1.0以上	0	0

3) 緩衝曲線によるpH調整資材施用量の決定

土壤毎に調整資材を段階的に加えて目的のpHになる資材の量を決めます。

<酸性土壌改良の場合>

100mlのポリ瓶7個に試料風乾土をそれぞれ20gを採取する。

0.1M水酸化ナトリウム液を0, 2, 5, 10, 15, 20, 25, 30mLと段階的に加える。

純水を全量が50mLとなるように加えてふたをし、時々振り混ぜながら24時間放置する。

pHを測定する。

目標とするpHの石灰必要量を求める。

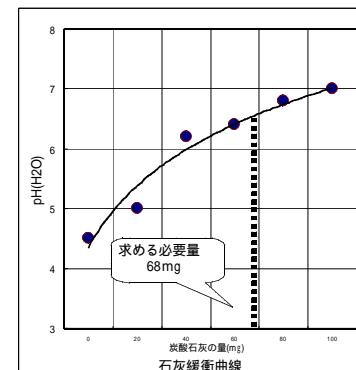
緩衝曲線から読みとった目標pHに相当する

炭カルの量をA mgとすると $10a \times$ 深さ10cm当たり

の炭カル施用量は、土壌の仮比重(0.9 ~ 1.2程度)をBとすれば

$A \text{ mg} : 20 \text{ g} = \text{kg} : 1,000 \text{ m}^2 \times 0.1 \text{ m} \times B$ なので
炭カル施用量(kg/10a) kg = $A \times B \times 5$

注1) 0.1M水酸化ナトリウム液1mLは
炭酸カルシウム5mgに相当。



<アルカリ性土壌改良の場合>

100mlのポリ瓶に試料風乾土をそれぞれ20gを採取する(湿土なら30g程度)。

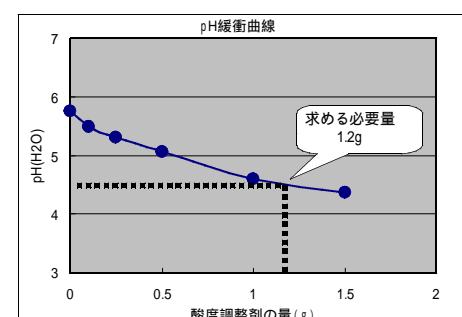
酸度調整剤を0, 0.1, 0.25, 0.5, 1.0, 1.5gと段階的に加える。

以降上記と同様

緩衝曲線から読みとった目標pHに相当する酸度調整剤の量をA gとし、土壌の仮比重(0.7 ~ 1.2程度)をBとすれば深さ10cm当たりの施用量は

酸度調整剤施用量(kg/10a) kg = $A \times B \times 500$

注) 速効性の酸度調整剤が対象です(硫黄華・ピートモスは適用不可)



硫黄華はpHが下がるまで1か月程かかり数年は維持できます
ピートモスは容量比で30%程度混合でpH0.2 ~ 1.0下がります

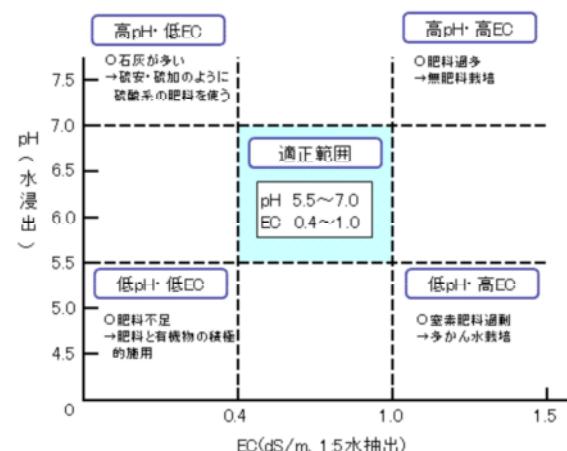
pHとECから推測できること

高pH・高EC
窒素分と塩基分が十分で
アンモニアのままか?

高pH・低EC
塩基分が十分だが
窒素が不足か?

低pH・高EC
窒素分が多くて
硝化成が進んでいるか?

低pH・低EC
窒素分と塩基分とも
不足しているか?



3 交換性塩基 (CaO、MgO、K₂O) の診断

1) 交換性塩基 (石灰CaO、苦土MgO、カリK₂O) の測定

交換性塩基の抽出は、通常pH7酢酸アンモニウム1mol/Lを用いて置換溶出して測定します。ここでの全農式簡易法では塩化ナトリウム・酢酸ナトリウム緩衝液を用いて抽出（標準法への補正あり）し、アンモニアも含めて溶出した成分の測定が可能です。試薬は全農式試薬を使用します。

< 塩基成分の抽出 >

供試土壌1gを計って100mlのポリ瓶に入れる。

塩基抽出試薬20ml(4倍に希釈して使用する)を加え、30分間振とうする。

100mlの三角フラスコにロート(ろ紙6)を取り付け、振り混ぜた液をろ過する。
(ポリ瓶の口に直接折ったろ紙をのせてろ過してもよい。ただし液漏れに注意必要。)

< カルシウム (石灰CaO) の測定手順 >

発色試薬5ml(試薬A:B=1:10に混合)を試験管にとる。

抽出ろ液0.2mlを加えて混ぜた後、5分間静置する。

標準液(CaO:150mg/L)とプランク(抽出液)も0.2mlを加えて混ぜ同様に5分間静置する。
分光光度計(波長530nm)で吸光度を測定する。・・・・・・2時間安定

< マグネシウム (苦土MgO) の測定手順 >

発色試薬5mlを試験管にとる。

抽出ろ液0.2mlを加えて混ぜた後、20分間静置する。

標準液(MgO:30mg/L)とプランク(抽出液)も0.2mlを加えて混ぜ同様に20分間静置する。
分光光度計(波長470nm)で吸光度を測定する。・・・・・・6時間安定

< カリウム (カリK₂O) の測定手順 >

抽出ろ液1mlを試験管にとる。

標準液(K₂O:50mg/L)とプランク(純水)も1mlを加えて混ぜ同様に測定する。

発色試薬Aを1mlを加えてよく混ぜた後、5分間静置する。

発色試薬Bを1mlを加えてよく混ぜた後、15分間静置する。

純水2mlを加えて混ぜる。

すみやかに分光光度計(波長530nm)で吸光度を測定する。・・不安定なのですぐ測定

分光光度計の測定は、プランクを0に調整した後、標準液、試料を測定する。
(0にならない場合は後で吸光度を引いて計算する)



標準液(CaO:150mg/L)は土壌含量CaO 300mg/100gに相当

標準液(MgO:30mg/L)は土壌含量MgO 60mg/100gに相当

標準液(K₂O:50mg/L)は土壌含量K₂O 100mg/100gに相当

濃度計算

試料のCaO含量(mg/100g) = 300 ÷ 標準液CaOの吸光度 × 試料の吸光度 × 1.18(抽出補正値)
試料のMgO含量(mg/100g) = 60 ÷ 標準液MgOの吸光度 × 試料の吸光度 × 1.05(抽出補正値)
試料のK₂O含量(mg/100g) = 100 ÷ 標準液K₂Oの吸光度 × 試料の吸光度 × 1.1(抽出補正値)

標準液のつくり方

CaO 150 mg/L: 市販標準原液(Ca 1,000ppm)を3mlとり蒸留水25mlに混ぜる。

MgO 30 mg/L: 市販標準原液(Mg 1,000ppm)を2mlとり蒸留水109mlに混ぜる。

K₂O 50 mg/L: 市販標準原液(K 1,000ppm)を10mlとり蒸留水231mlに混ぜる。

2) 各塩基のはたらき

土壤ではカルシウム、マグネシウム、カリウムは総称して塩基類と呼ばれ、窒素、リンと並ぶ植物に必要な多量要素であり、不足すると作物生育に影響が現れます。また、カリウムが多いとカルシウムやマグネシウムの吸収を抑制するなどの拮抗作用があり、濃度ばかりでなく他の塩基とのバランスも重要になります。

表 各塩基の生理作用と過不足による障害

元素名	肥料成分表示	各塩基の生理作用	過不足による障害
カルシウム	石灰(CaO)	細胞壁の成分と結合 細胞膜の形成に関与 根の成長促進	欠乏すると尻腐れ果(トマト)、心腐れ(ハクサイ、キャベツ)等が発生 過剰害は出にくい
マグネシウム	苦土(MgO)	葉緑素の構成成分 光合成に関与	欠乏すると葉脈間黄化症(トマト)等が発生 過剰害は出にくい
カリウム	カリ(K2O)	炭水化物の蓄積に関与 開花結実の促進	欠乏すると青枯れ、赤枯れ(水稻)、葉縁やけ(キュウリ)等が発生 過剰だとマグネシウム欠乏になりやすい



最近は過剰による濃度障害や拮抗作用による吸収阻害が起こりやすくなっています

3) 塩基濃度と飽和度の関係

土壤診断における塩基含量の基準値は、CEC で表される全体容量に対して各成分が何%くっついているかで示されています。例えば、石灰の基準値は CEC の 60 ~ 70% が石灰で占める量とされています。また、苦土なら 10 ~ 15%、カリなら 2 ~ 5% となっており、合計として 70 ~ 90% が基準値となっています。ところで、実施した土壤診断が 100% を超える結果になっている場合がたまにあります。これはくっついている養分がかなりいっぱいになり、周辺の水にもイオンとなって存在しており、これらが合わさって測定されているためです。なお、適正值は作物毎に設定されていますのでそれに従ってください。

飽和度の計算例

CECが25meq	K ₂ Oが35mg/100g	MgOが60mg/100g	CaOが250mg/100gの場合
K ₂ Oの当量 = 35mg/47.1 = 0.74meq			
K ₂ Oの飽和度 = 0.74 / 25 × 100 = 3.0%			
MgOの当量 = 60mg/20.15 = 2.48meq			
MgOの飽和度 = 2.48 / 25 × 100 = 9.9%			
CaOの当量 = 250mg/28.04 = 8.92meq	塩基バランスが重要！！		
CaOの飽和度 = 8.92 / 25 × 100 = 35.7%	CaO / MgO (当量比) · · 3 ~ 7		
塩基飽和度 = 3.0 + 9.9 + 35.7 = 48.6%	MgO / K ₂ O (当量比) · · 2 ~ 6		

土壤診断プログラム(鳥取県版)における交換性塩基の診断設定値(2010)

項目	水稻	普通畑	砂丘畑	施設畑	樹園地(ナシ)	樹園地(ブルーベリー)
CaO飽和度	50 ~ 70%	60 ~ 70%	60 ~ 80%	60 ~ 70%	60 ~ 70%	15 ~ 25%
MgO飽和度	10 ~ 15%	10 ~ 15%	10 ~ 15%	15 ~ 20%	10 ~ 15%	3 ~ 7%
K ₂ O飽和度	2 ~ 5%	2 ~ 5%	3 ~ 7%	4 ~ 10%	3 ~ 7%	3 ~ 6%
MgO / K ₂ O	2 ~ 6	2 ~ 6	2 ~ 5	2 ~ 5	2 ~ 5	1 ~ 2
塩基飽和度	70 ~ 90%	70 ~ 90%	70 ~ 100%	70 ~ 90%	70 ~ 90%	20 ~ 40%