

簡易土壌診断による飼料作物の収量性向上技術の確立

—飼料用トウモロコシの簡易成分分析法と簡易土壌分析法の検討—

本澤延介¹、島田 研

¹栃木県経営技術課

要 約 作物体の硝酸態窒素及びミネラル含量を簡易に推定するため、トウモロコシの硝酸態窒素及びミネラル成分を部位別に小型反射式分光光度計で分析し、作物体全体の含量との相関関係について検討した。出穂前、絹糸抽出期、乳熟期、黄熟期に試験圃場より生育中庸の個体 1 株を刈取り、分析用サンプルとし、葉 9 箇所、茎 3 箇所、子実 1 箇所の硝酸態窒素及びミネラル (Ca、P、K、Mg) 含量を測定した。硝酸態窒素含量は LS (下位茎)、P 含量は UL-E (上位葉先端)、ML-M (中位葉中部)、LL-E (下位葉先端)、LL-M (下位葉中部)、E (子実)、Mg 含量は、UL-E (上位葉先端)、UL-M (上位葉中部)、LL-B (下位葉基部) で有意な相関が得られた。従って、これらの部位を小型反射式分光光度計で測定することにより、作物体全体の成分含量を推定できる可能性が示唆された。

さらに、簡易土壌分析技術を確立するため、土壌抽出液採取法 (前処理法) 測定機器別の測定誤差について検討した。前処理法として従来の公定法、水抽出法、酢酸ナトリウム溶液抽出法及び土壌溶液について検討し、測定機器として簡易反射式光度計、改良型簡易反射式光度計 (以下 RQ)、簡易分光光度計 (以下 NOVA) 等の測定を試みた。その結果、土壌の pH を把握する上で携帯式 pH メーターは、公定法と同じ測定値は得られないもののある程度活用できると推察された。また、土壌抽出液 EC を把握する上で、携帯式 EC メーターは十分活用でき、土壌溶液の測定も有効であることが示された。硝酸態窒素では、土壌抽出液及び土壌溶液における液クロ測定値と RQ 測定値の相関係数は各々 0.996、0.999 (危険率 1% 水準で有意) と高く RQ の有効性が示された。交換性 K_2O では、水抽出法及び酢酸ナトリウム溶液抽出法との有意な相関が認められ各々相関係数は、0.711、0.976 (危険率 1% 水準で有意) であった。NOVA による測定は、水抽出及び土壌溶液では原子吸光光度計による測定値と高い相関係数が得られ、各々 0.994、0.998 (危険率 1% 水準で有意) であった。交換性 MgO では、水抽出法及び酢酸ナトリウム溶液抽出法との相関係数は、各々 0.515 (有意でない)、0.756 (危険率 1% 水準で有意でない) で、酢酸抽出法の有用性が示された。測定機器別の測定では土壌溶液の測定において、RQ プラス及び NOVA は原子吸光光度計による測定値と高い相関が得られ (各々 0.988、0.988、危険率 1% 水準で有意)、交換性 MgO 推測法としての有用性が示唆された。交換性 CaO と抽出法の違いによる CaO は、水抽出法及び酢酸ナトリウム溶液抽出法との相関係数は、各々 0.556 (有意でない)、0.810 (危険率 1% 水準で有意) で、酢酸抽出法の有用性が示された。土壌溶液の測定において RQ による測定は、原子吸光光度計による測定値と高い相関が得られ (0.978、危険率 1% 水準で有意)、交換性 CaO 推測法としての有用性が示唆された。

いずれの手法も、全ての成分を簡易に精度高く推定することは困難であるため、両方の簡易法を組み合わせてシステム化することはできなかった。

緒 言

家畜ふん尿の過剰施用は自給粗飼料の品質や収量を著しく低下させるため、土壌分析、作物栄養診断に基づいた堆肥や化成肥料を適正に施用する肥培管理が必要である。土壌分析は各普及センターや試験場で実施しているが、より簡便で現地でも行える簡易分析システムを確立することにより、家畜ふん尿の適正施用と飼料作物の収量及び品質の向上が期待される。

そこで、園芸作物で実用化している簡易栄養診断システムを参考に、作物体の成分含量の簡易推定法並びに簡易土壌分析技術を確立し、組み合わせて自給粗飼料の収量性向上と高品質化を図ることを試みた。

I 飼料用トウモロコシの簡易成分分析法の検討

材料及び方法

1. 供試作物

平成 11 年 6 月 7 日に播種した (6.75m²×3 カ所、畦幅 75 cm×株間 20 cm、1 本立) トウモロコシの遅播き専用品種 SH8915 及び NS95A、を供試した。施肥管理は N・P₂O₅・K₂O 各 1 kg/a、堆肥 300 kg/a を播種前に施用した。

2. 分析方法

(1) 試料の採材

出穂前、絹糸抽出期、乳熟期、黄熟期に試験圃場より生育中庸の個体1株を刈取り、分析用サンプルとした。測定部位は上位葉（雄穂直下節の葉、ULと略す。）、中位葉（雌穂付着節の葉、MLと略す。）、下位葉（地上根直上節の葉、LLと略す。）、上位茎（雄穂直下節、USと略す。）、中位茎（雌穂付着節、MSと略す。）、下位茎（地上根直上節、LSと略す。）及び子実（Eと略す。）とした。

(2) 試料の前処理及び分析方法

各部位の硝酸態窒素及びミネラル（Ca、P、K、Mg）含量は、各々の部位を2～5mm程度に細切し40～80mlの蒸留水に一昼夜浸漬後、5Aの濾紙で濾過し、抽出液を小型反射式分光光度計及び原子吸光度計で測定した。

葉は先端（-E）、中部（-M）、基部（-B）に分け分析した。作物体全体の硝酸態窒素は乾燥、粉碎後、1～2gを50ml程度の蒸留水に一昼夜浸漬後、5Aの濾紙で濾過し、抽出液を小型反射式分光光度計で測定した。作物体全体のミネラル含量は粉碎サンプルを乾式灰化し、原子吸光度計で分析した。

結果及び考察

1. 供試作物の生育概要

採材月日と供試作物の乾物重の推移を表1に示した。2品種ともほぼ同じ時期に採材し、分析サンプルを調製した。SH8915は黄熟期まで順調に生育したものの、NS95は湿害の影響で、葉色が薄く、桿長、乾物重（表1）がやや低いサンプルであった。

表1 採材月日及び供試作物の乾物重の推移

単位：g/株

品種名	出穂前		絹糸抽出期		乳熟期		黄熟期		備考
	採材日	乾物重	採材日	乾物重	採材日	乾物重	採材日	乾物重	
SH8915	8月9日	97	8月16日	111	9月7日	269	9月22日	291	
NS95A	8月9日	99	8月11日	113	9月7日	261	9月22日	198	湿害

2. 小型反射式分光光度計による測定

部位別硝酸態窒素含量は水準が低く、小型反射式分光光度計の測定レンジ（3～90mg/l）の下限付近の測定値が多かった。抽出液の作成に当たっては、加水量及びサンプル量を調整し、測定レンジを上げる必要があると思われた。Kは、測定レンジ（0.25～1.20mg/l）が高すぎて、ほとんどの部位が測定できなかった。また、Mgは小型反射式分光光度計では分析できないため、K、Mgの測定値は、同じ抽出液を原子吸光度計で分析した数値を用い、以下の検討材料とした。

3. 生育に伴う成分の推移

表2、3に硝酸態窒素及びミネラル含量の推移を示した。湿害を受けたNS95Aは、SH8915に比べ全般に、硝酸態窒素含量が低く、P、Mgが高い傾向にあった。硝酸態窒素含量（現物中）は黄熟期に最も高く、P含量（現物中）は乳熟期に著しく高くなる傾向を示した。その他の成分含量は、生育による大きな変化は認められなかった。

表2 SH8915の硝酸態窒素及びミネラル含量

(mg/現物kg)

ステージ	NO ₃ -N	Ca	P	K	Mg
出穂前	40	393	277	5134	296
絹糸抽出期	136	398	215	4094	290
乳熟期	58	495	1250	6532	319
黄熟期	353	452	612	6193	382

※NO₃-Nは小型反射式光度計、その他は原子吸光度計による分析値。

表3 NS95Aの硝酸態窒素及びミネラル含量

(mg/現物kg)

ステージ	NO ₃ -N	Ca	P	K	Mg
出穂前	7	498	402	3281	349
絹糸抽出期	11	487	355	5030	334
乳熟期	38	424	1167	5284	411
黄熟期	71	417	724	4820	417

※NO₃-Nは小型反射式光度計、その他は原子吸光度計による分析値。

表 4 硝酸態窒素及びミネラルにおける作物体全体含量と部位別含量の相関係数

部位 (n)	NO ₃ -N	Ca	P	K	Mg	備考
UL-E (n: 8)	-0.165	-0.113	0.817**	0.756*	0.805**	
UL-M (n: 8)	-0.271	-0.064	0.780*	0.541	0.889**	
UL-B (n: 8)	-0.683*	-0.245	0.730*	0.406	0.784*	
ML-E (n: 8)	-0.612	-0.169	0.769*	0.583	0.581	
ML-M (n: 8)	-0.577	-0.061	0.830**	0.407	0.620	
ML-B (n: 8)	-0.638*	-0.145	0.678*	0.290	0.661*	
LL-E (n: 8)	-0.272	-0.154	0.849**	0.457	0.487	
LL-M (n: 8)	-0.331	0.099	0.940**	0.487	0.412	
LL-B (n: 8)	0.433	-0.228	0.753*	0.330	0.854**	
US (n: 8)	-0.223	-0.264	0.748*	0.515	0.463	
MS (n: 8)	0.137	-0.209	0.416	0.327	0.599	
LS (n: 8)	0.980**	-0.064	0.617	-0.188	0.468	
E (n: 6)	-0.226	-0.055	0.926**	-0.672	-0.806*	

** : 1%水準で有意 * : 5%水準で有意

※K、Mg は原子吸光度計による分析値との相関を示した。

※UL-E : 上位葉先端、 UL-M : 上位葉中部、 UL-B : 上位葉基部、
ML-E : 中位葉先端、 ML-M : 中位葉中部、 ML-B : 中位葉基部、
LL-E : 下位葉先端、 LL-M : 下位葉中部、 LL-B : 下位葉基部、
US : 上位茎、 MS : 中位茎、 LS : 下位茎、 E : 子実

4. 作物体全体含量と部位別含量の相関係数

硝酸態窒素含量はLS、P含量はUL-E、ML-M、LL-E、LL-M、E、Mg含量は、UL-E、UL-M、LL-Bで有意な相関が得られた(表4)。従って、これらの部位を小型反射式分光光度計で測定することにより、作物体全体の成分含量を推定できる可能性が示唆された。しかし、

その他のCa、Kは有意な相関が得られず他の分析法を検討する必要がある。また、K、Mgは小型反射式分光光度計で測定できないため、他の簡易分析計や試験紙を用いた測定法を検討する必要がある。

II 簡易土壌分析法の検討

材料及び方法

1. 前処理方法

(1) 公定法

風乾土10gに蒸留水50mlを加え1時間振盪後EC、pHを測定後ろ過し、ろ液を硝酸分析サンプルとした。可給態りん酸は風乾土1gに1規定硫酸抽出液(pH3)200mlを加え30分振盪するトリオーグ法により抽出液を採取し供試サンプルとした。交換性塩基は風乾土5gに酢酸アンモニウム抽出液(pH7)100mlを加え1時間振盪しろ液を供試サンプルとした。

(2) 水抽出法

可給態りん酸及び交換性塩基用抽出液の代わりに、水を抽出液として使用しろ液を供試サンプルとした。加水量、振盪時間は公定法と同じとした。

(3) 酢酸ナトリウム溶液抽出法

塩基用抽出液の代わりに、酢酸ナトリウム溶液(pH5.2)を抽出液として使用しろ液を供試サン

プルとした。加水量、振盪時間は公定法と同じとした。

(4) 土壌溶液法

風乾土の抽出液を供試する代わりに、ほ場の生土を5号プラ鉢に採取し底面灌水後ポラスカップにより土壌溶液を採取し供試サンプルとした。

2. 測定機器

(1) pH及びEC

pHについてはガラス電極法pHメーター及び携帯式pHメーター、ECについては電気伝導率計及び携帯式ECメーターを用いて測定した。

(2) 硝酸

硝酸はpH測定用抽出液及び土壌溶液について、高速液体クロマトグラフィ(以下液クロ)及び簡易反射式光度計(以下RQ)で測定した。

(3) りん酸

りん酸は土壌抽出液及び土壌溶液について分光光度計及びRQで測定した。

(4) カリ、マグネシウム及びカルシウム

カリ及びマグネシウムは土壌抽出液及び土壌溶液について、原子吸光光度計、RQ 及び簡易分光光度計（以下NOVA）で測定した。なお、マグネシウ

ムについては一部改良型簡易反射式光度計（以下RQ+）による測定を試みた。カルシウムは原子吸光光度計及びRQによって測定した。

結果及び考察

1. 供試土壌性状

供試土壌の概要と性状及び土壌溶液性状を、各々表5, 6に示した。

表5 供試土壌の概要と性状

No.	採取地（作物）※	土壌種別	採取月日	pH	EC	硝酸態 N	可給態 P ₂ O ₅	交換性塩基		
								K ₂ O	CaO	MgO
1	試験地1 (IR)	黒ボク土	2月25日	6.65	.100	3	31	57	345	52
2	試験地2 (IR)	黒ボク土	2月25日	6.68	.120	6	21	49	334	55
3	試験地3 (IR)	黒ボク土	2月25日	6.97	.097	4	29	64	512	103
4	試験地4 (IR)	黒ボク土	2月25日	6.54	.094	4	31	73	438	73
5	試験地5 (IR)	黒ボク土	2月25日	6.76	.112	4	28	72	518	107
6	試験地7 (MG)	黒ボク土	2月25日	6.45	.078	5	16	66	415	61
7	試験地9 (OG)	黒ボク土	2月25日	6.40	.096	3	16	42	416	67
8	展示ほ (TF)	黒ボク土	2月25日	6.89	.091	4	62	71	409	61
9	展示ほ (WC)	黒ボク土	2月25日	6.80	.080	7	43	72	336	60
10	転作田 (C跡)	黒ボク土	3月1日	6.10	.109	27	7	39	202	28
11	転換畑 (W)	黒ボク土	3月1日	5.46	.230	69	47	60	241	40
12	転作田 (C跡)	黒ボク土	3月1日	6.78	.228	59	11	99	349	70
13	野草地	黒ボク土	3月1日	5.61	.108	22	10	59	159	26

※IR:イタリアライグラス、MG:混播牧草、OG:オチャードグラス、TF:トルフェスク、WC:白クローバ、C跡:トウモロコシ跡地、W:小麦
単位: EC (mS/cm)、可給態P₂O₅、交換性塩基 (mg/風乾土100g)

表6 土壌溶液性状

No.	採取地（作物）※1	pH※2	EC	硝酸態N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
1	試験地1 (IR)	6.7	0.176	1	0.20	16	6.1	8
2	試験地2 (IR)	6.4	0.210	4	0.20	13	7.8	9
3	試験地3 (IR)	6.9	0.192	6	0.20	11	6.4	9
4	試験地4 (IR)	6.5	0.197	7	0.16	17	6.0	8
5	試験地5 (IR)	6.8	0.270	7	0.20	17	8.6	12
6	試験地7 (MG)	7.1	0.175	4	0.00	12	5.3	7
7	試験地9 (OG)	7.0	0.200	3	0.12	16	5.9	7
8	展示ほ (TF)	7.0	0.185	3	0.33	18	5.7	7
9	展示ほ (WC)	7.1	0.108	3	0.41	15	4.3	4
10	転作田 (C跡)	7.1	0.470	39	0.25	32	16.1	15
11	転換畑 (W)	6.5	1.190	107	0.12	74	119.4	53
12	転作田 (C跡)	6.8	0.790	48	0.20	82	54.2	29
13	野草地	6.7	0.480	30	0.20	73	13.0	13

※1 IR:イタリアライグラス、MG:混播牧草、OG:オチャードグラス、TF:トルフェスク、WC:白クローバ、C跡:トウモロコシ跡地、W:小麦

※2 携帯式pHメーターによる測定値

単位: EC (mS/cm)、P₂O₅、塩基 (ppm/風乾土中)

2. pH及びEC

ガラス電極法 pH メーター及び携帯式 pH メーター による土壌 pH は、携帯式 pH メーターによる値が高

くなる傾向を示し相関係数は 0.79 (危険率 1%水準で有意) であった。土壤溶液 pH と土壤 pH に有意な相関は認められなかった。電気伝導率計及び携帯式 EC メーターによる土壤抽出液の EC は、ほぼ同程度の値が得られ相関係数は 0.997 (危険率 1%水準で有意) であった。また土壤溶液 EC は、土壤抽出液 EC に比べ高い測定値が得られ相関係数 0.922 (危険率 1%水準で有意) であった。

この結果から、土壤の pH を把握する上で携帯式 pH メーターは、公定法と同じ測定値は得られないもののある程度活用できると推察される。また、土壤抽出液 EC を把握する上で、携帯式 EC メーターは十分活用でき、土壤溶液の測定も有効であることが示された。

3. 硝酸態窒素

測定機器による測定値の精度は、土壤抽出液及び土壤溶液における液クロ測定値と RQ 測定値の相関係数は各々 0.996、0.999 (危険率 1%水準で有意) と高く RQ の有効性が示された。また、土壤溶液硝酸態窒素濃度と土壤中硝酸態窒素の相関係数は 0.944 (危険率 1%水準で有意) と高く、土壤溶液は土壤中硝酸態窒素を推定する上で有用であることが示された。

4. P_2O_5

土壤中りん酸は、水抽出あるいは土壤溶液では十分に回収できず、可給態りん酸との相関は全て認められなかった。

5. K_2O

交換性 K_2O と抽出法の違いによる K_2O は、水抽出法及び酢酸ナトリウム溶液抽出法との有意な相関が認められ各々相関係数は、0.711、0.976 (危険率 1%水準で有意) であった。しかし、土壤溶液測定値との相関は低く (0.321)、交換性 K_2O 推定には利用できないと判断された。測定機器別の測定では、RQによる測定は測定レンジが高く (0.25g/l 以上) 実質上測定不可能であった。NOVAによる測定は、公定法による抽出では発色阻害物質が存在するため利用できないものの、水抽出及び土壤溶液では原子吸光光度計による測定値と高い相関係数が得られ、各々 0.994、0.998 (危険率 1%水準で有意) であった。

6. MgO

交換性 MgO と抽出法の違いによる MgO は、水抽出法及び酢酸ナトリウム溶液抽出法との相関係数は、各々 0.515 (有意でない)、0.756 (危険率 1%水準で有意) で、酢酸抽出法の有用性が示された。また、土壤

溶液中の MgO との相関係数も 0.255 と低く、交換性 MgO 推定には利用できないと判断された。測定機器別の測定では、RQ プラス及び NOVA は公定法による抽出法による測定では、有意な相関が得られず利用できないと判断された。しかし、土壤溶液の測定では原子吸光光度計による測定値と高い相関が得られ (各々 0.988、0.988、危険率 1%水準で有意)、交換性 MgO 推測法としての有用性が示唆された。

7. CaO

交換性 CaO と抽出法の違いによる CaO は、水抽出法及び酢酸ナトリウム溶液抽出法との相関係数は、各々 0.556 (有意でない)、0.810 (危険率 1%水準で有意) で、酢酸ナトリウム溶液抽出法の有用性が示された。また、土壤溶液中の CaO との相関係数も 0.385 と低く、交換性 CaO 推定には利用できないと判断された。RQ による測定では、測定レンジオーバーあるいは原子吸光光度計による測定値との相関が低く利用できないものと判断された。しかし、土壤溶液の測定では原子吸光光度計による測定値と高い相関が得られ (0.978、危険率 1%水準で有意)、交換性 CaO 推測法としての有用性が示唆された。