

飼料作物の連作障害

—— トウモロコシ、ソルゴーについて ——

中国農業試験場 阿江 教 治

1. はじめに

わが国の主要酪農地域で通年サイレージ方式が導入されるにつれて、粗飼料生産はより集約的な傾向をみせている。すなわち永年牧草からトウモロコシやソルゴーなどの夏作を取り入れた輪作体系への移行である。これら長大作物は、毎年連続栽培されることは明らかである。また両作物は吸肥力が強いという特徴をもち、したがって連作による生育障害や土壌への影響について注意をはらう必要がある。ソルゴー連作障害の実態や被害の程度についての研究は、トウモロコシのそれと比較して非常に少ない。ここではトウモロコシを中心に連作障害の原因と対策について考えてみたい。

2. トウモロコシ連作障害の実態

連作障害が生じる原因、および連作による作物の減収程度についてのアンケート調査が農林省によって、昭和45年に全国的な規模で行われた。その結果を要約すると、トウモロコシに連作障害が見られると記載された調査件数は3件にすぎない（ちなみに、トマトは23件で最高であった）。その被害面積は605 ha、減収率は40%であった。考えうる障害の原因とみなされる項目には、土壌の酸性化(1件)があげられている。同時に、連作障害のみられない作物についても調査されており、トウモロコシは8件であった。この調査件数はコムギのそれと同じであった。トウモロコシに感染する病原菌のなかで大きい被害を与える例は報告されていないので、上記のアンケート調査結果から判断すると、トウモロコシは連作による生育障害が比較的軽く、栽培しやすい作物と思われる。

一般的に連作障害の原因として次の5つが考え

られている。

- 1) 土壌 pH の低下
- 2) 土壌養分の消耗
- 3) 土壌物理性の悪化
- 4) 土壌毒素の蓄積
- 5) 土壌微生物（病原性菌を含む）

しかし、トウモロコシの場合、4)と5)の原因については、ほとんど無視してよいと思われる。

3. 土壌 pH の低下および土壌改良の効果

トウモロコシやソルゴーは、一作あたりカルシウムで約6 kgの収奪量があり(表-2参照)、これは他作物と比較して多い。また、日本の降雨量からみて土壌の酸性化は避けられない。したがって、それに見合う石灰資材の投入が必要で、少なくとも6.0以上にpHを保ちたい。

石灰資材の投入のほかには土壌改良資材の施用効果の必要性が認められる一例を次に示す。K畜産試験場内圃場の一部でソルゴーの生育障害(葉にアントシアンが生じ、幼植物の生育が停止する)が観察された。表-1に、K畜試のA圃場(生育障害土壌)の理化学的性質と、そこでのソルゴー幼植物の化学組成を示した。また対照として障害のみられないB圃場の土壌とソルゴーの化学組成も示した。A圃場では土壌が酸性に傾いており、またリン酸吸収係数が2,300もあり、明らかにリン酸が欠乏している。一方、ソルゴー中のリン酸およびマグネシウム含量については、B土壌と比較してA土壌で共に低い値であった(リン酸:A 0.17%, B 0.23%, マグネシウム:A 0.17%, B 0.33%)。A土壌をポットに詰め、リン酸およびマグネシウム資材として、リン酸吸収係数の10%に相当する燐燐を施用した結果、ソルゴーの幼植物はB土壌のそれと同様の健全な生育を示した酸性

表1 ソルゴー栽培圃場 (K 畜産試験場：火山灰土壌) の理化学的性質とソルゴー幼植物の化学組成

圃場	pH	EC (mmho/cm)	無機態-N (mg/100g)	有効態リン酸 (P ₂ O ₅ mg/100g)	リン酸吸収 係 数	乾物重 (g)	ミネラル組成 (%)				生育障害 の有無
							P	K	Ca	Mg	
A	5.8	0.4	5.1	3.5	2,290	1.23	0.17	2.58	0.40	0.17	アリ
B	6.2	0.4	16.9	16.9	1,820	2.46	0.23	2.56	0.49	0.33	ナシ

化したA圃場では、石灰施用による酸性矯正が可能となるが、この場合潜在的なマグネシウム不足が原因となって、初期の幼植物がリン酸を吸収利用できなくなるものと思われた。またA圃場には無機態窒素もあり(5.1 mg/100 g)、家畜ふん尿の施用も行われているようだが、さらに固形状厩肥(液状厩肥や尿にはリン酸含量は少ない)の増投も必要とみられる。

4. 土壌養分の消耗

多肥性のトウモロコシを栽培する上で、もっとも懸念すべき項目といえよう。表-2に飼料作物の年間あるいは一作あたりの刈り取り部分の養分収奪量を示した。窒素については、イタリアン周年栽培や混播牧草では年間に10 aあたり30~40 kgと多く、トウモロコシやソルゴーは一作に約20 kg収奪する。またカルシウムやマグネシウムなどはイタリアン周年栽培とほぼ同程度収奪される(カルシウム6 kg, マグネシウム3~4 kg)。

施肥窒素については、化学肥料を用いた場合その利用率は30~40%程度であり、せいぜい施用窒素量の半分とみなせる。施肥窒素の残り半分は脱窒による揮散や浸透水による溶脱、有機化などとなって消失する。トウモロコシ一作に化学肥料窒素を20 kg施用した場合、窒素の利用率を50%と仮定し単純な計算を行ってみよう。作物体中に存在する16 kgの窒素のうち、10 kgは化学肥料から、残り6 kgは土壌中の有機物から供給されることに

表2 各種飼料作物による養分収奪量

作物	乾物収量 (t/10a)	N P K Ca Mg Fe (kg/10a)					
		混播牧草(年間)	1.5	30	7.5	45	7.5
イタリアン周年栽培(年間)	1.5	40	4.5	52	7.5	3.0	0.5
トウモロコシ(糊熟期)	1.2	16	2.4	19	6.0	3.6	0.9
ソルゴー(乳熟期)	1.5	17	3.0	18	6.0	4.5	0.3
大麦(出穂期)	0.8	13	2.4	16	3.2	0.8	-

(標準飼料成分表より算出)

なる。窒素を含む土壌有機物は土壌微生物により分解作用を受け、アンモニア態や硝酸態などの無機態窒素が生成する。この無機態窒素の形で作物は窒素を取り込む。6 kgの窒素を供給する土壌有機物量を算出すると(土壌有機物のC/N比を10, 有機物中の炭素含量を40%と仮定)、約150 kgに相当しよう。すなわち、トウモロコシを連作することは、毎年土壌窒素や有機物が減少しつづけることであり、これを補うためにも堆厩肥の投入が重要となる。

さらに、これら長大作物は残根量や刈り株量が少ないという共通点をもっており、いっそう土壌有機物含量の減少が促進される。表-3に飼料作物における土壌還元部分(刈り株や残根)の乾物量を示した。トウモロコシ、ソルゴーの土壌還元部位は150~70 kg/10 aと少なく、またその中に含まれる窒素含量も2~1 kg/10 a程度である。この窒素量はトウモロコシ一作が土壌から収奪する窒素量(6 kg)に満たないことが理解される。一方、オーチャードグラスやイタリアンには刈り取り残渣中に15~10 kg以上もの窒素があり、残渣量は乾物で1 t近くになる。したがって、これら永年牧草が前作に栽培された場合、土壌は肥沃化していくと考えられる。図-1に、トウモロコシを連作した場合と、前作にオーチャードグラスなどの牧草残渣、あるいはその窒素量に相当する堆厩肥を施用した場合とについて、それぞれ窒素の土壌中での収支を示した。

表3 飼料作物の刈り取り残渣量および残渣中の窒素含有量

作物	刈り株 根 計 乾物重(kg/10a)			刈り取り残渣中の窒素 (kg/10a)
	イタリアンライグラス	365	578	
オーチャードグラス	1,120	285	1,405 ²⁾	35.8
トウモロコシ	87	70	157 ³⁾	2.0
ソルゴー	-71	-	71 ¹⁾	1.1

1) 出井ら 2) 萬田ら 3) 大久保のデータから作製

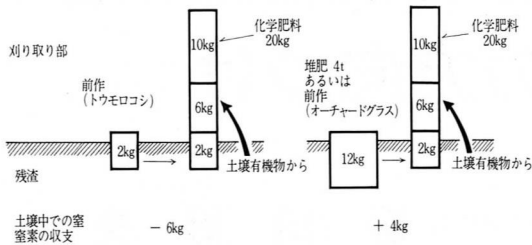


図1 トウモロコシを連作した場合と、前作に刈り取り残渣量の多い牧草あるいは堆肥を投入した場合での窒素の由来と土壤中での収支（模式図）

5. 土壌物理性の悪化

長大作物の栽培に伴う土壌有機物の損耗については前に述べた。土壌有機物は窒素の供給源としてだけでなく、土壌の団粒形成を促し、その結果土壌の空気孔隙率を多くし、通気性や保水性を改善させる効果をもつ。トウモロコシを約10年間連作した時、土壌の空気孔隙率と収量との関係を表-4に示した。これによるとマメ科を含む4年輪作区（トウモロコシ-エンバク-アルファルファ-オーチャードグラス）と3年輪作区（トウモロコシ-エンバク-スイートクローバー）の空気孔隙率が高く（18.6%、20.7%）、トウモロコシの収量は47.7、41.5ブッシェル/エーカーと良好であった。次に2年輪作区（トウモロコシ-エンバク、トウモロコシ-ダイズ）がこれにつづき、トウモロコシ連作区の収量は最低（25.7ブッシェル/エーカー）で、また空気孔隙率も低かった（13.5%）。土壌物理性の側面から考えても、土壌有機物の消耗を回避するために堆肥の投入が必要となる。

傾斜地でトウモロコシやソルゴーを栽培した場合、牧草と異なる点は土壌浸食が生じやすいことである。牧草は全面ばらまきであるから地表面を被覆してしまう。したがって雨滴の衝撃が著しく

表4 作付体系の差による土壌空気孔隙率の変化とトウモロコシの収量（Page and Willand：1947）

輪作作物	空気孔隙率 (%)	トウモロコシ収量 (ブッシェル/エーカー)
トウモロコシ-エンバク-アルファルファ-オーチャードグラス (2年間)	18.6	47.7
トウモロコシ-エンバク-スイートクローバー	20.7	41.5
トウモロコシ-エンバク	16.8	37.0
トウモロコシ-ダイズ	14.8	29.7
トウモロコシ連作	13.5	25.7

表5 作物の種類と土壌浸食（北岸）

植	生	流亡土量 (1年間)* kg / 10a
裸	地	4,500
トウモロコシ		2,000
コムギ		750
牧草	草	7.5

* 傾斜10度の畑

弱まると共に、流去水中の土壌粒子をすくいとめる役割をする。長大作物では地表面が露出しており、雨滴が直接土壌粒子に伝わり土砂の流亡となりやすい（表-5参照）。ただし、長大作物を不耕起栽培（あるいは無耕起栽培）することにより、地表面を牧草残渣などでマルチを行い土壌浸食を防止する方法もある。

6. おわりに

以上、トウモロコシを中心に連作障害の原因と家畜ふん尿の施用効果について述べた。さいわいにも、これらトウモロコシやソルゴーなどの長大作物は家畜ふん尿の土壌への多量還元に適した作物といえる。たとえば、固形状厩肥（牛ふんイナワラ堆肥）を18 t / 10 a、あるいは自然流下式液状厩肥を30 t / 10 aそれぞれ基肥として多量施用し、トウモロコシを作付したところ、その乾物収量（糊熟期刈り取り）は1.4~1.8 t / 10 aとなった。さらに、飼料品質については、硝酸含量も少なくサイレージ発酵品質は優（フリーク評点85~100）であった。綿羊による採食試験の結果も、消化率については化学肥料区、液状厩肥区、固形状厩肥区の三区の間でほとんど差がなく、飼料価値の安定していることが明らかになった（草地試：1979）。

しかし、畑作物を長期間にわたり連作することは土壌だけでなく病害虫の集積を促し不安定な作付の原因となってくる。その極端な現われ方は、野菜地域にみられる産地移動であろう。長期的な視野からみれば、家畜ふん尿を媒介とした土-草-家畜という栄養循環系を健全に維持するためにも、長大作物と共にマメ科や牧草を含めた輪作体系が確立が望まれる。