

野菜の連作障害防止のための土壌管理

千葉県農業試験場 勝木田 博 人

はじめに

野菜類は、穀類やイモ類などの一般畑作物に代って栽培が増加し、しかも収益性が高いため連続して栽培される傾向がある。その上、野菜は集約的栽培が普通であり、また、高度な栽培技術が要求されるため1農家で栽培する作目が少なくなりがちである。限られた種類の野菜を栽培する中では連作は避けることができず、連作を原因とする多くの栽培上の問題が発生している。

連作障害とは、同じ種類の作物を同じ圃場に2年以上続けて栽培したときに起る作物の生育不良や収量の低下することを言う。連作障害を回避する方法はいろいろ考えられるが、ここでは主に土壌管理面からの対策について考えてみたい。

連作障害の要因

作付体系が単純化するほど連作の程度が強くなる。野菜産地における作付体系をみると、野菜を導入した当初は一般作物との輪作が行われるが、野菜産地として定着すると年2作型や周年型の連

表2 連作障害の原因別割合 (%)

病 害 虫		土 壤 要 因				原 因 不 明	そ の 他	出 典
病 害 線 虫	養分欠乏	塩類集積	土壌反応	土壌物理性				
35	16	12	5	7	5	18	3	農林水産技術会議 (1977)
65	6	5	2	1	5	2	12	野 菜 試 (1978)
33	17	8		3	10	3	25	千 葉 県 (1978)
66	26	16	4	15	—	8	5	農水省統計情報部 (1983)

表1 野菜の作型と障害

栽 培 型	作 付 体 系 の 1 例	連作障害など
野菜導入始	カンショー麦, ニンジンー休閒	ニンジン=しみ症
年2作型	スイカーハクサイ, ニンジンーネギ パレイショーダイコン	スイカ=葉枯症 パレイショ=亀の子症
年3作型	キャベツースイカーダイコン	ダイコン=赤しん
周年型	ホウレンソウーホウレンソウ, カブーカブ	キャベツ=根こぶ病

作があたりまえになる。表1は連作の型と作付体系の例を示したものである。一般作物+野菜、野菜+休閒の作付体系から、野菜専作では、年2作型・年3作型更に年間をとおして同一種類を栽培する周年型のものなどがある。

スイカの葉枯症、ニンジンのしみ症、キャベツの根こぶ病、ゴボウのやけ症、パレイショの亀の子症、その他多くの生育不良や収量低下の障害が野菜の連作地でみられる。

連作障害の要因は五つに整理することができ、

- ①土壌養分の過剰や欠乏
- ②土壌反応の高・低
- ③土壌の透水性や固さなどの悪化
- ④土壌病虫害の高密度化
- ⑤毒物の集積

などが挙げられる。これらの原因の割合をアンケート調査(農林水産技術会議)の結果でみると(表2)、土壌病虫害が51%、土壌の理化学性悪化が29%、不明が18%である。また、千葉県で行なったアンケート調査では、土壌の悪化を原因とする回答が42%を占め、その内容は、有機物の不足や

土壌養分の過不足・下層土壌の不良・排水不良・土壌酸性などが主なものであった。

有機物の施用と連作障害

有機物の施用効果

連作障害の要因として最も大きいものは、病害虫であるとの認識は一般的であるが、土壌の理化学性に関係するとするものも少なくない。土壌の養分や物理性を原因にあげる中では、有機物を十分に施用しなかったことが、連作障害を引き起した遠因と考える例がかなりみられる。しかし、連作障害と有機物の施用の関係は十分に明らかでなく、有機物を施用すれば連作障害が解決するほど簡単ではない。

畑土壌は水田土壌とは異なり、根圏に酸素をより必要とする作物を栽培するので、土壌の孔隙に空気を多く保持しなくてはならない。また、同時に、作物が利用できる水分を保持することも必要である。このように、作物にとって望ましい通気性と保水性は、土壌の団粒化によって達成できるもので、このことは有機物の施用に負うところが大きい。

連作は、同一種類の作物の栽培を繰返すために、その作物によって吸収される土壌養分がかたよったり、更に、同一な施肥が繰返されるので特定な養分の過剰や不足・塩基のアンバランス・微量元素欠乏などを生じやすい。このような土壌養分の過不足を調整する面でも、多量要素ばかりでなく微量元素もバランス良く含んでいる有機物の施用は効果が高い。

また、土壌の緩衝能を増すことや土壌微生物の多様化などの働きも有機物を施用することによ

表3 堆厩肥・おがくず堆肥の成分平均値

成分	堆厩肥	おがくず堆肥		
		牛ふん	豚ふん	鶏ふん
水分	75.1	50.2	56.1	52.6
C	7.9	19.2	18.4	15.3
N	0.39	1.14	1.17	0.91
P ₂ O ₅	0.19	1.05	1.44	2.70
K ₂ O	0.70	0.92	0.72	1.35
CaO	0.45	1.53	1.63	8.19
MgO*	0.13	0.46	0.48	0.19
MnO*	248	240	233	143
B ₂ O ₃ *	1.9(B)	70	38	38
Cu**	—	27	184	19
Zn**	—	78	301	138
Fe	—	0.26	0.20	0.08
Na	0.13(Na ₂ O)	0.23	0.16	0.19

(堆厩肥 橋元ら1965), (おがくず堆肥 千葉県農化研1983) 値は原物% ※はppm

て期待される。

これらの点を総合してみると、有機物の施用は連作障害を直接的に解消すると言うよりも、作物の生育にとって望ましい土壌の化学的・物理的・生物的な環境を作る上で効果があるものと考えられる。

堆厩肥類の施用

堆厩肥類と一括した呼び方をしたが、ここでは、一般的な堆肥や厩肥のほかにおがくず家畜ふん堆肥を含めてみた。これらの平均的成分は表3のとおりであり、それぞれに特徴があるものの、成分値は変動が大きい。

堆肥や厩肥は6カ月程度の堆積で完熟するが、おがくず堆肥では未熟のことが多い。おがくず堆肥は家畜ふんの種類によって内容に差がみられ、肥料成分は牛ふん<豚ふん<鶏ふんの順に高く、炭素率では逆の傾向となる。堆厩肥は窒素やリン酸に比べてカリの含量が高く、おがくず堆肥の中では鶏ふんのリン酸と石灰含量が高い。

(t/10a) 野菜類に対する堆厩肥類の一般的

な施用量は表4のとおりである。

肥料と同様に堆厩肥類も施用量を多くすれば効果も高くなると考えられて、多施用となる傾向がある。実際に、数作の施用ではかなり多量に施用しても効果が高いことはよく体験する。しかし、堆厩肥類といえども過剰施用は望ましいことではなく、適正な施用を心がけることによって

表4 堆肥等の施用量 (千葉県)

堆肥等種類	ハウス					露地・トンネル				
	果	菜	果	菜	葉	根	菜	イモ類		
堆厩肥	2~3		1~2		1~2	1~2		1		
牛ふん	生	2.5~6		2~2.2		3~3.5		2~3.5		2~4.5
	乾	0.9~1.4		0.5~0.8		1.1~1.3		0.7~1.3		0.9~1.6
	おがくず堆肥			1~2		1~2		1~2		1~2
豚ふん	生	1.4~3.4		1~1.3		1.7~2		1~2		1~2.5
	乾	0.6~1.4		0.5		0.5~0.8		0.5~0.8		0.5~1
	おがくず堆肥			1~1.5		1~1.5		1~1.5		1~1.5
鶏ふん	生	0.5~1		0.4~0.5		0.6~0.7		0.4~0.9		0.4~0.9
	乾	0.2~0.5		0.2		0.3~0.4		0.2~0.3		0.2~0.4
	おがくず堆肥	1		1		1		1		1

良好な土壌環境が維持される。

堆厩肥類の施用に当っては、その種類により成分含量を考え、窒素やカリ・石灰などが過剰となったりアンバランスにならないように注意する。

養分が過剰となったときは、成分によっては施肥量で調整が可能である。しかし、過剰となる前に作物の養分吸収量や土壌診断による合理的な肥培管理を行うことがより望ましい。

また、施用に当っておがくず家畜ふん堆肥の場合には腐熟度に注意する。現在、腐熟度の判定法として確立したものはないが、現場的には臭いや色・堆積期間・切返し回数・原料形の残存程度などから判断することが可能である。

青刈作物の導入と効果

輪作の効用

土壌に施用する有機物として腐熟の進んだ堆厩肥類の利用について述べてきたが、ここでは青刈作物を導入する方法について考えてみたい。

野菜栽培を安定して継続するためには圃場外から有機質資材を導入するだけでなく、輪作体系を取り入れて圃場内で有機物を確保することも重要である。輪作体系を実施することの効用は、有機物資材が得られるばかりでなく、①種類の異なる作物を導入し根系のちがう作物を栽培することによって施肥や養分吸収のかたよりを避け、跡地土壌の養分状態をバランスのとれたものにする。②病害虫が共通でない作物を栽培するので、病害虫の発生を抑制する。③得られた有機物をすき込むことによる土壌改良などが挙げられる。

導入できる青刈作物

有機物の確保を念頭においた輪作体系としては、乾物生産量が高い作物が望ましいことからイネ科作物が導入される。野菜栽培の間隙に導入するイネ科作物の利用形態は、青刈作物をすき込む方法である。

導入する青刈作物は、野菜と輪作体系を組むことができるもので、栽培期間が短くて乾物生産量の多い、栽培が容易で、共通の病害虫の少ないイネ科の作物が適している。このような条件に適合するものとして、ソルガムやトウモロコシ・エンバク・オオムギ・ライムギ・イタリアンライグラ

スなどがある。

作付する野菜の種類によって導入する青刈作物も異なるが、春播き・夏播きのイネ科作物としては、ソルガムとトウモロコシが適している。秋播きのものとしては、ムギ類・イタリアンライグラスが適当である。

青刈作物の栽培とすき込み

乾物生産量をできるだけ多くするためには、出穂するまで栽培することが望ましい。夏播きの場合は、播種期が遅くなるほど乾物生産量が低くなるので、8月下旬播きでは播種量を多くする必要があるのである。青刈作物の有機物としての質は、刈取るときの生育ステージによって大きく変わるので、利用に当って注意しなくてはならない。

青刈作物の刈取り・すき込み適期は、乾物生産からみると出穂期であるが、すき込み後、野菜を作付するまでに少なくとも1カ月以上分解をはかる期間が必要となるので、このことからすき込み時期を考慮する必要がある。

すき込み後の分解は葉身部は早く、茎や稈は遅い。また、青刈りオオムギは、すき込み1カ月後ころから窒素の無機化が起るが、トウモロコシでは窒素を固定することもある。若刈りしたものをすき込んだ場合は窒素の無機化が早く起る。

すき込み後の分解を促進するために、10aに窒素を1kg添加すると効果がある。夏期すき込んだ後、乾燥が著しいときは灌水した方が分解は早くなる。

すき込み方法はロータリやフォレージハーベスタで切断したあと、ロータリまたはプラウで耕耘する。ただし、ロータリ耕はすき込みが浅いため青刈作物が表面に出ることがあり、このようなときは10日ほど置いて再度ロータリで耕耘するとよ

表5 青刈作物すき込みと土壌の三相分布

(千葉農試1978)

処理区(層位)		固相	液相	気相	孔隙率	
		cm	%	%	%	
無	処 理	0-5	20.8	34.8	44.4	79.2
		10-15	22.7	39.3	38.0	77.3
堆	肥	0-5	18.5	33.0	48.5	81.5
		10-15	22.3	38.0	39.8	77.7
青刈トウモロコシ		0-5	17.6	31.5	50.9	82.4
		10-15	19.5	36.8	43.7	80.5
青 刈 大 麦		0-5	18.0	34.5	47.5	82.0
		10-15	20.6	44.3	35.1	79.4

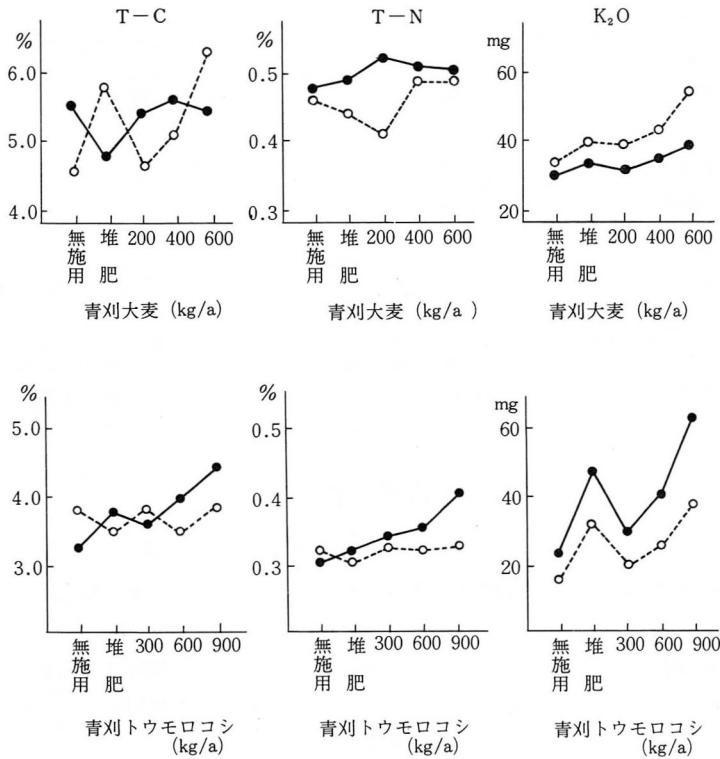


図1 青刈作物3年連用野菜跡地土壌の炭素・窒素・カリ含量
(千葉農試1978)

い。出穂前のイタリアンライグラスやすき込みの浅いソルガムでは、株の再生が起きやすいので、すき込みに留意する。

すき込みと土壌管理

青刈作物をすき込んだ場合、土壌に及ぼす影響はいろいろあるが、表5と図1は土壌の物理性と化学性をみたものである。青刈作物のすき込みによって土壌の孔隙率が高くなり、その結果、土壌の通気性や排水性・保水性などが改善される。

化学性では、置換容量や置換性塩基の増加が認められ、中でも置換性カリの増加が著しい。更に、全炭素や全窒素の含有率も高くなり腐植の増すことが認められた。

表6 青刈作物のすき込みと野菜の適応性

増収効果の期待できる野菜	ホウレンソウ、ハクサイ、キャベツ、ニンジン、こかブ、ショウガ、ゴボウ、メロン、スイカ、食用トウモロコシ(青刈大麦すき込み2作目)、パレイショ(2作目)、イチゴ、トマト、キュウリ、ナス(以上4種の果菜は施設)
増収効果の明らかでない野菜	ピーマン、ナス(以上露地栽培)
増収効果の劣る野菜	サトイモ、ダイコン、カンショ、ヤマトイモ、食用トウモロコシ(青刈トウモロコシすき込み2作目)(ただし、サトイモ、ダイコン、カンショはすき込み後2作目では効果が低い)

青刈作物は、すき込むときの性質によって野菜に対する影響が異なる。青刈作物のすき込み量は生草重としてa当たり500~1000kgが適量であり、毎年1回か2年に1回のすき込みで効果がみられる。なお、毎年すき込む場合は4年目ころから累積効果が表われる。

青刈作物をすき込んだ場合の野菜に対する施肥量は、標準量とする。しかし土壌中の無機態窒素が多いと生育が過繁茂になりやすい野菜を栽培するときは、若刈りしたものや窒素含有量の多い青刈作物のすき込みはひかえめにするか、施肥窒素量を減量する。また、黄熟した炭素率の高い物をすき込み、窒素固定の起ることが考えられる場合、窒素を多く必要とする野菜を作付けるときは施肥窒素量を多くする。

イネ科作物をすき込むと土壌中のカリは増加する傾向がみられるので、塩基バランスやカリ過剰に注意し、必要に応じてカリ施肥量も調整する。

すき込みと野菜の適応性

それぞれの野菜に対する青刈作物すき込みの適応性は、表6のとおりである。地上部を収穫する葉菜類では青刈作物をすき込む効果が高い。一方、根部を収穫する根菜類やイモ類では、青刈作物をすき込み後、分解が十分でないと岐根や裂根及び形状不良などの品質低下が起る。これらの中には、すき込み初年目より2年目に効果がみられるものもある。

以上のとおり、青刈作物を導入した野菜の輪作体系では、すき込んだ青刈作物の性質と野菜の適応性に留意することが大切である。

有機物施用と 土壌病虫害

連作と土壌病虫害 の関係

有機物の施用が期待されるもう一面に、土壌病虫害に起因する連作障害の回避がある。連作障害に関係のある病虫害と

言っても、それらは皆個性があり、有機物に対する反応もそれぞれ異なる。

土壌中に未分解の有機物があればそれをエネルギー源として増殖するもの、抵抗力の弱くなった植物根や新鮮な有機物に一時的に寄生するもの、生きている特定の作物の根にだけ障害を起すものなどさまざまである。

そしてこれらは、寄主植物が枯死した後は長期間安定して生存できる形態となって、土壌中にひそんでいる。連作した場合、土壌中の病虫害密度が高まるのは、このことが理由であり、罹病作物を土壌にすき込むことの危険性もここにある。

有機物施用の功罪

土壌中の微生物の活動と有機物の施用とは関係が深い。有機物施用による土壌病虫害の防止効果が過大に評価されるのは、害作用のない微生物の活動をも盛んにするであろう有機物の効用に対する期待と病虫害による連作障害の被害の大きさが重なるためであろうか。

しかし、現在までに行われた多くの試験によると、有機物施用による土壌病虫害の防除効果は非常にまちまちで、しかも、病虫害の密度が高いところや連作土壌では効果が出にくいといわれる。

防除効果が不安定であるのは、有機物の種類や腐熟度が異なれば、適応する微生物も異なること、土壌の種類や肥培管理方法が違えば微生物相も変ること、更に、野菜の種類によっても対応する微生物が違うことなどが理由である。

このように、病虫害に対する有機物施用の防除効果は、有機物の種類や土壌の性質・野菜の違いなどによって差がある。表7には、病虫害防止に有効な施用例をあげた。誤った施用をすればかえっ

表7 病害・虫害防除に有効な資材の1例

施用資材	対象病害	備考
C/Nの高い麦稈	インゲン根腐病	未熟なものは発生助長
青刈施用・成熟物施用	インゲン茎腐病	拮抗放線菌の増殖
アブラナ科茎葉すき込み	エンドウ・インゲン根腐病 ゴマ根腐病	分解物中のS化合物の効果
C/N高い有機物施用	コムギ立枯病	高CO ₂ 濃度
キチン、カニ殻	フザリウム菌	
マリーゴールド 乾燥豚・鶏ふん	キタネグサレセンチュウ	3.5~4.5t/10a 毎作施用 0.5t/10a
ローズグラス生茎葉 豚ふん(脱水)・鶏ふん(乾)	ネコブセンチュウ	果菜 5t/10a

て被害を大きくすることもあるので、有機物類の施用にあたっては十分に注意する。

深耕や施肥改善

連作による土壌の特理的な条件の悪化としては、圧密や硬盤形成がある。これらの改良法として深耕や心土破碎などを行うが、深耕の場合は下層のやせた土壌が混層されることがあるので、その改良も合わせて考えておく。排水不良や過湿害の対策には、暗きょの施工が望ましい。

土壌養分の過剰や欠乏は、先ず、施肥改善によって対応する。養分の過剰は、施肥の過剰が大きく影響するので、栽培する野菜に合った適施肥量を心がける。微量養分の欠乏症は、土壌のpHが不適当なため起ることが多くある。塩基のアンバランスとして問題となるのは、苦土/カリ・石灰/苦土・石灰/カリなどである。

以上のような、土壌養分の過剰や不足に対しては、土壌診断を活用して好適な土壌条件を維持することに努める。

おわりに

野菜栽培にとって連作障害を解決することは、重要な課題である。対策の一つとして輪作を取り入れることがあるが、収益上の点から実行はなかなかむずかしい。しかし、それぞれの産地には、長期的な安定生産を目指して、自ら工夫した輪作体系によって連作障害を解決している優秀な生産者がいることも事実である。

これからも、輪作体系を基本として対策を求めべきものと思う。