

強湿田・造成畑等不良土壌の改良対策と管理技術の改善

誌名	農業技術
ISSN	03888479
著者	山根, 忠昭
巻/号	44巻2号
掲載ページ	p. 57-60
発行年月	1989年2月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



強湿田・造成畑等不良土壤の改良対策と管理技術の改善

—第44回農業技術功労賞受賞記—

山 根 忠 昭

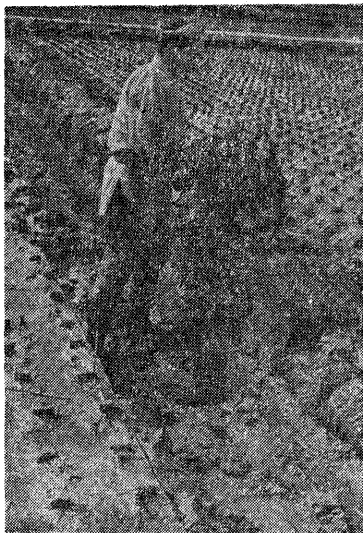
はじめに

農業生産の基盤である土壤を地域的な広がりで見ると、自然的小よび人為的要因によって生産力の明らかに劣るいわゆる不良土壤が分布している。このような不良土壤の生産力を引き上げ、その状態を維持するために、各々その時代に相応しい改良対策と管理技術の改善が要請されてきた。

筆者は強湿田、造成畑、鉍毒地等の不良土壤の改良による生産の高位安定化にとりくみ、実用的な改良対策と管理技術を開発し、普及または事業に移した。

このたび、これらの業績が評価され、伝統ある農業技術功労賞受賞という栄誉に浴することができ、大変感激している。

今回の受賞は、諸先輩の御教示と課題ごとの研究スタッフの熱心な御協力の賜物であり、これらの方々から心からお礼申し上げます。さらに、御推薦いただいた多くの関係者の各位に対し改めて深甚なる謝意を表する。



高畦作業状況

1. 強湿田の改良対策

島根県は湿田の占める割合が高く、地力保全基本調査によればグライ土が62%を占め、ことに出雲平野では92%に達し、大部分が湿田であった。本地方には独特の高畦作りが行われていたが、乾田化後には消失した。

Tadaaki YAMANE: Countermeasures and Managements of Poor Soils Such as Poorly Drained Paddy Field, Made Land, etc. 農業技術 44 (2), 1989.

(1) 湿田における高畦の効果

高畦作りの目的は、水稻の肥料となるモクシユク（ウマゴヤシ）とムギ類、ナタネなどの裏作をするためであったが、水稻の増収手段としても重視されていた。この作業は稲の収穫後から翌春にかけて行われ、10 a 当り180 t 前後の土を積み上げねばならない重労働であった。そこで重労働と多くの労力を要する高畦の効果について解析的な一連の研究を行った。

1) 高畦作成効果の解析

高畦の水稻に対する効果を湿田と乾田とで比較すると、前者が勝ることを認め、その要因として無機化窒素量が湿田で多いことと関連のあることを指摘した。高畦の形式は農家や地区により異なるので、代表的な7種類について比較したところ、高さの高い、空気との接触面の大きいほど効果が高く、次いで底掘りをしたものであった。このことから高畦の効果は乾土効果が主で、それに次いで深耕の効果であると考えた。また高畦を作成することにより、腐植は減少するが、腐朽物質が減少し、腐植酸の占める割合が増加することから高畦は部分的な乾田化であると理解した。

この地方の高畦は主に12月から4月の間に作られるので、12月から1カ月ごとに高畦を作成し、時期別の土壤の理化学性の変化を追跡した。高畦を崩す前に土壤水分を測定すると、高畦を遅く作るほど水分の減少が大きく、乾燥しやすいことが分かった。これは早く作るとこの時期に雨の多い山陰では土塊表面の土壤が雨滴によって分散し、土塊間のすき間に土砂が詰まり、一度切断されていた毛細管が連結して、水が上昇するようになる。遅く作ったものは、春先の天候が比較的よいこともあって、毛細管が切れたままで、水の上昇が止まりよく乾くことがわかった。水が高畦の土塊内を毛管上昇しても、土壤水分はほ場含水量程度に落ち着き、早く作った高畦ほど土塊土壤の酸化が進み、乾田的な土壤条件に変るため畑作物の栽培に適するようになる。水稻に対する土壤窒素の活用を主たる目的とする場合は、4月までは遅く作った高畦ほど窒素の発現が多く、有効であることを明らかにした。

湿田は土壤が軟弱過ぎて、各種の作業に支障を来たすことも多い。高畦の作成は土壤の水中沈底容積を減少さ

せ、地耐力を高めるが、その効果は畦の高さが高いほど大きいことを明らかにした。

2) 高畦跡における水稻の生育

水稻の生育・収量は畦間(溝跡)、畦跡(台跡)で明らかながいがあり、波状の生育を示すため高畦田に特有な生育状況がみられる。その原因を知るため検討した。

高畦の上部に裏作した場合も裸地の場合も溝跡で生育が勝った。溝跡と台跡のEhは前者が高く、酸化的に経過することがわかった。これは高畦によって易分解性有機物が減少したこと、生育初期に土塊が多く、水の移動が容易であったこと、活性の鉄、マンガンが酸化型に変化していたことなどによるもので、このような根圏耕土層では根の活性が維持される。この他に窒素の無機化もあげられよう。

3) 高畦の簡易化と畑作物

本地域は非稲作期間もほとんどが湛水状態またはそれに近い強湿田であり、畑作は不可能であった。しかし、高畦を作ることで畑作を可能にした。畑作物の十分な生育を保証するためには台から40cm以上の高さを有する高畦が必要である。このような高畦は在来型では普通であったが、畜力利用の高畦用犁では十分ではなく、ムギ類、ナタネ等はある程度収量を犠牲にせねば高畦の簡易化は困難であった。また在来型の高畦ではムギ、ナタネの生育は良好であっても、土地利用率が1/2~1/3と低く、多収は困難であったが、利用率の割合に高い収量が得られた。

(2) 湿田の乾田化と土壤管理

高畦は出雲平野を中心にその周辺に及び、最高時には12,000haを超えた。しかし1954年頃からこの地帯で湿田の乾田化の気運が高まり、1960年頃には高畦の姿はほとんど消えた。一方湿田の乾田化によって地力が低下するのではないかと懸念されていた。そこで乾田化によって土壤がどのように変化するか、もし地力が低下する恐れがあれば、どのようにして防止するか、土壤管理技術の確立が大きい問題となった。

1) 田面水の地下浸透と水稻の生育収量

湿田を乾田化すると土壤がどのように変化するか、高畦の研究によってある程度は予測できた。しかし、高畦と明らかに異なる点がある。それは従来と違って乾田化によって田面水の地下浸透量が増加することである。乾田化は水稻の生育収量に対して正の効果をもたらす反面、負の結果を来すこともあった。このような現象はある程度浸透速度と関連があるように考えられた。そこで浸透速度と水稻の生育収量との関係を検討した。浸透速度が極端に大きい場合は有効成分の流亡が大きく減収

を招くが、適度の浸透は無浸透よりも根の活力が高まり、養分吸収も良好となるので、生育、収量に好影響を与えることが明らかになった。

2) 浸透に伴う有効成分の流亡

浸透水量が増加すると土壤中の有効成分の流亡量も増加するが、その量は成分の種類によって大きい差異があった。流亡量の多い順に並べると石灰>珪酸>苦土>鉄>マンガン>カリウム>窒素>リン酸となり、石灰、珪酸、苦土、鉄などの流亡が大きいことから、乾田化後にこれらの成分の補給が必要であることを示唆する結果が得られた。

3) 浸透時期の違いと水稻の生育、収量

養分の流亡が少なく、土壤中に有害物質が多く生成する時期に適度の浸透をさせることが増収上有効であると考え、浸透時期の違いが水稻の生育、養分流亡に及ぼす影響を検討した。初期の浸透は窒素、カリの流亡が大きく、特に窒素の流亡は水稻減収の直接的な要因となった。中期の浸透は肥料成分の流亡が少なく、根の活性を高め、養分吸収を良好にし、増収が得られた。後期浸透により、りん酸、鉄、マンガンの流亡は相対的に増加したが、量的には少なかった。

さらに深さ別の流亡状況を知るため、5段階の深さに採水管を設置したライシメーターに、代表的な3種の土壤を詰め、水稻作付区と裸地区を設け肥料成分の移動状況を追跡した。裸地では表層からかなり多量の窒素の流亡が認められる土壤でも、稲作をすれば初期に流亡があるのみで、中期以降著しく減少した。また初期に表層から流亡した窒素も次層で吸着され、根の伸長によって吸収されるものと、さらに下層へ流亡損失するものがあり、この量はCECの小さい土壤や吸着強度の弱い土壤(火山灰土)で大きかった。

4) 地下水位とコムギの生育

裏作物の代表としてコムギを用い地下水位と生育との関係を水位が自動的に一定になる粋試験で検討した。

水位が表面下15cm以内であれば土壤Ehが低下し、2価鉄が多く、コムギは湿害を受け、生育不良で、春先に枯死するか、かろうじて生存しても実質的な収穫皆無となった。水位が20~33cm間では前者よりも酸化的で2価鉄も微量となり、外観上異常は認められないが、生育が劣り、収量もかなり低かった。水位が40cm以下になると、土壤は酸化的で、2価鉄は検出されず、生育は正常で収量も普通の水準に接近し、湿害はほとんど問題とならないことを明らかにした。

5) 非かんがい期の水位と土壤肥沃度

非かんがい期間の水位の違いが土壤の肥沃度に及ぼす

影響を知るため1960年から10年間試験を継続した。地下水位の高い水田は、窒素供給力が高いが、施肥効果が低く、水位の低い水田はこの逆となることを明らかにした。土壌有機物含量は堆肥の施用量が多いほど増加するが、水位が低いとその増加量が減少した。石灰、苦土の流亡は水位が低いほど大きく酸性化も進む。鉄、マンガンの流亡は半湿田的な中間水位で最も大きく、乾田化の初期に鉄、マンガンの流亡が大きいことを裏付けた。

以上の研究は乾田化後の適切な土壌管理技術として、地力低下を防止し、生産の安定化に役立った。

2. 造成畑の土壌改良

島根県では中山間地を中心に2,300haの農地造成が行われており、各導入作物の中核的生産団地に発展すると見込まれている。しかし土壌的な問題が多く、早期解決が求められている。

(1) マサ土を中心とした造成畑の特徴

本県の造成畑は改良山成工法によるもので、数メートル～十数メートルまでの上部土層が削られ、極端に肥沃度の低い下層土が露出している。この地帯には花崗岩の風化した粘土含量の少ないマサ土と呼ばれる土壌が広く分布している。これらの土壌は保肥力、保水力が劣り、各種養分が乏しく、かつ降雨により侵食を受けやすい。このような造成畑の熟畑化には土壌の腐食含量を高めることが必要で、これによって多面的な効果が期待できる。

しかし、マサ土は粒度が粗く、透水性、通気性は極めて良好で、粘土含量が低いため有機物を施用しても腐植が集積しにくい。したがって、粘土と有機物を併用すれば、腐植含量を高め、種々の理化学性が改善でき、熟畑化促進に有効であると推定した。

(2) 有機物とゼオライトの併用効果

マサ土の改良対策に用いる粘土として、陽イオン交換容量(保肥力)が大きく、莫大な埋蔵量のあるゼオライトに着目した。有機物としてはこの地域で入手しやすいパーク豚ぶん堆肥を用い、これらの資材の単用と併用の効果をキャベツ、ダイコン、コカブを用いて検討した。施用量はゼオライト200kg/a、パーク豚ぶん堆肥を初年目に400kg/a、2年目を以降は200kgずつ施用した。

マサ土にゼオライト、パーク豚ぶん堆肥を施用すると、腐植や窒素含量が高まり、保肥力(CEC)、保水性、塩基含量などが改善され作物の増収効果が認められた。これらの資材を併用すると、土壌の理化学性の改善効果がさらに高まり、2～3年後には作物の増収効果も高まることを明らかにした。このような効果は他のマサ土地帯や砂質土壌にも適用でき得ると考えられる。またベント

ナイトについても同様な効果が認められたが、ゼオライトよりも劣った。

3. 鉍毒地の土壌改良

島根県では各種の鉍山が分布しており、その下流において水稲に激しい生育障害が発生し、このような水田を持つ農家は永年にわたり苦しんできた。作物の生育障害の原因は銅、ヒ素、モリブデンの過剰に起因するものである。

(1) 銅の過剰害と対策

代表的な銅汚染地として県東部の旧宝満山鉍山付近の農用地がある。この地域は可溶性銅(0.1N塩酸)が最高810ppm、平均338ppmである。この地域の水稲は、移植3～4週間後に葉が黄化し、生育が著しく不良となるが、後半になると次第に回復し、葉は暗緑色となる。激甚な場合は出穂期に至るも回復せず、生育が著しく劣り、実質的には収穫皆無に近くなった。このような障害は、銅過剰によって根の機能が弱まり、窒素をはじめとする主要成分の吸収低下と鉄の過剰害に起因することを明らかにした。生育中期の回復は、土壌還元により銅の溶出が低下するためである。

銅過剰害の応急的対策として、湛水状態を保てば初期に若干障害が現れるが後半に回復し、被害は回避されることがわかった。この状態を続けることは、機械化を妨げ、普通水田並の収量水準を保つことは困難であり、水不足により土壌が乾けば障害が発生する。

石灰は銅過剰害対策として古くから奨励されてきたが、過用すると被害が発生する恐れもある。炭カルでpH6.5に是正したところ、時々土壌が乾く状態で明らかに石灰施用の効果がみられた。ただし一般水田に比べると収量水準は低く、根本的対策にはなり得ないが、当面の対策として有効であるといえる。

可溶性銅が600～700ppmの水田で客土厚と収量との関係を検討した。常時湛水では客土厚に関係なく高い収量が得られたが、節水栽培や水不足で作土が時々乾く状態では著しく減収した。そのような水不足状態でも客土厚を増すと増収した。客土によって作土の銅濃度を変え、収量との関係を見ると高い相関があり、減収率を10%未満に抑えるためには作土の可溶性銅125ppm以下に希釈する必要があることを提唱し、実施に移した。

(2) ヒ素汚染水田の改良

島根県には鉍山を汚染源とする3地域のヒ素汚染地を抱えており、被害防止対策の確立が強く求められていた。本研究は、これらの汚染地を対象に被害防止対策の確立を目的に実施した。

当面の対策として種々の資材を添加し、その効果を検討した。石灰の施用は pH7 以上となるとヒ素が溶出すること、石灰型ヒ素が増加し、溶解性が高まるため減収の原因となり、好ましくないことがわかった。リン酸多施、苦土添加の効果もみられなかった。鉄剤添加の効果を硫酸第一鉄、硫酸第二鉄、転炉滓を用いて検討した。水溶性鉄塩添加で初期生育は抑制されたが後半回復し、ヒ素障害防止効果が認められた。しかし転炉滓ではほとんどその効果は認められなかった。

水管理によるヒ素障害防止効果を検討し、稲作期間作土からかろうじて 2 価鉄が検出される程度まで酸化的に保ち、しかも干害にならないような水管理が有効であることを明らかにした。この対策は鉄剤添加よりも効果が高く、しかも実用的であるが、多くの労力と良好な水利条件が必要であり、応急的対策として位置づけた。

さらに客土の効果について検討し、適切な客土量(厚)とその後の管理がよければ高い効果が期待でき、根本的対策となり得ることを明らかにした。客土の方法は汚染作土の上へ非汚染土(山土)を上乗せする方法と汚染作土を排し、それに相当する山土を客土する方法とがある。増収効果は客土厚がほぼ同じ場合、上乗せ客土が多少勝る場合が多い。その理由としてヒ素濃度が低下すると、次は他の要因、特に窒素肥沃度の影響が強まるからである。ヒ素は排水良好な土壤では下層へ移動するが、伏流水があるような強グライ土では表層にヒ素が移動し、再汚染の恐れがあるので排水改良と併行して客土を行うことを提案し、そのように実施された。客土厚の決定法を確立するため、汚染度の異なるほ場で客土量を変え作土の可溶性ヒ素濃度と収量との関係を調べたところ高い負の相関 ($r = -0.945^{**}$) が得られた。ヒ素濃度と収量の回帰式から減収率を 10% 以下に抑えるためにはヒ素濃度が 15ppm となり、非汚染土の客土でそれ以下に希釈する必要があることを指摘し、他の 2 地域でもこの値が妥当であることを実証した。

(3) モリブデン汚染土壌の改良対策

県東南部の中国山地にある小馬木鉱山付近の水田で、水口部を中心に水稻が下位葉から上位葉に向かって黄化し、生育が不良となり、出穂、登熟が遅延する特異な障害が発生し問題となった。原因究明の手掛りを得るため、土壤および稲体のモリブデン濃度を水口から水尻に向かって調べると、土壤のモリブデン濃度は規則的に水口から離れるほど低下した。このことはかんがい水によってモリブデンが運ばれ、水口から土壤の汚染が進んだことがわかった。水稻莖葉のモリブデン濃度は土壤中モリブデン濃度を反映して水口部で著しく高く、そこから離

れるほど減少した。水稻のモリブデン濃度は土壤よりもはるかに高く、生物的濃縮が認められた。稲体のモリブデン濃度は下位葉ほど高く、下位から黄化葉が発生することと符合した。また 1 枚の葉でも先端部がモリブデン濃度が高く、黄化が葉の先端から発生することと一致した。以上の事実から本地区における水稻の生育障害はモリブデンの過剰害であると判定した。

水中におけるモリブデン酸イオンは、pH5 以上では MoO_4^{2-} として存在することから、硫酸イオン SO_4^{2-} が同じ 2 価の陰イオンであることに着目し、水稻のモリブデン吸収に対して拮抗的作用を期待し、硫酸根添加の効果を試験した。用いた資材は硫酸第一鉄、イオウ華、石膏を S として 10kg/a 施用した。これらの施用によって、黄化葉の発生を抑え、生育は良好となり著しく増収した。わらのモリブデン濃度も明らかに低下し、特に硫酸第一鉄で顕著であった。

チタン滓として硫酸第二鉄が安価に入手できることがわかったので、硫酸第二鉄(80%炭カル中和)の効果を被害の激しいほ場で確かめたところ、黄化葉の発生はなく、生育は良好で、対照区の 3 倍近い増収が得られ、稲体のモリブデン濃度も激減した。これは MoO_4^{2-} と SO_4^{2-} の拮抗作用だけでなく、土壤溶液中の pH が低下し、モリブデン濃度が低く推移することから pH の影響であることがわかった。さらに硫酸第二鉄の施用量を 1/3 位に減少し炭カルを併用しないで同様の効果があげられ、経費の大幅な節減と実用的な対策を確立することができた。

おわりに

強湿田の土壤改良は専ら高畦を作り、緑肥を栽培して行われてきた。1955年から乾田化が進み、以後急に高畦が消えていった。乾田化後は土壤改良資材、稲わら、堆きゅう肥の施用、その他の肥培管理により地力が維持されてきた。今後輪換畑として高度利用が進めば、地力の減耗が再び問題となるであろう。新しい営農は絶えず地力の維持を意識して展開されねばならない。

造成畑の早期熟畑化には有機物投入が基本である。そのためには地域ごとに入手しやすい有機物の確保と有効利用を図る必要がある。ゼオライトと有機物の併用もその一つであり、価格の面で問題が残されている。

鉱毒地の改良対策は近年急速に進み、復元田の生産は付近の非汚染田のレベルに迫ってきている。しかし一部に管理が悪く改良対策の成果が十分に発揮されていないところもみられる。客土に使われる土壤の多くは山土の下層土が使用されており、地力の速やかな回復と合理的施肥が望まれる。(高根県農業試験場環境保全科長)