外国文献抄録

除草剤の土壌微生物に及ぼす影響(その1)

Effect of Herbicides on Soil Microorganisms

Brown, A.W.A.: Ecology of Pesticides JOHN WILEY & SONS (1978) pp383~390.

1) 一般的個体群と硝化微生物の感受性

選択性除草剤として土壌に施用された化合物は全微生物相に変化を与えず，一時的な減少に止まる。いわゆる土壌消毒剤と言われるものでも一時的な減少は現われるが，すぐに回復する。しばしば初期の減少につづいて除草剤を分解する遺伝子を持つ微生物が増加し優勢になる。アミトロール，PCP，DNBP，クロルプロハム，EPTCの施用によってしばしばある種の微生物の著しい一時的な減少が起ることがある[1]。

多くの除草剤によって*Nitrobacter*, *Nitrosomonas*, *Nitrosococus*族の硝化細菌の一時的な減少が誘発される。一方，豆類の根粒に生息する*Phizobium*は影響を受けず[2]，窒素固定細菌*Azotobacter*は実際に刺激される。アンモニアは植物にとり肥料であるが，硝酸塩および亜硝酸塩は植食動物に対し有害であり，硝化作用の抑制は作物にとって三要素の良いバランスを達成するために実際に有益である[3]。アンモニア肥料の生物的変換を抑制するのに有効なNitrapyrin (N−Serve)のような農薬がある。

除草剤の土壌微生物相に対する作用についての概観が Audus によって圃場での施用割合における影響について的確に示されている[4]。Dinoseb と dalapon は2～3カ月，全細菌数に影響を与えるが，PCPとEPTCは一時的な減少を引き起すだけである。一方，endothall は細菌数が増加する細菌に利用される。*Azotobacter* による窒素固定はPCP, DNOC, propham により減少するが，フェノキシ系除草剤は若し Rhizobium 細菌がいなければ，豆類の根粒化を抑制する。アンモニア化は水田土壌へのPCPの施用によってのみ減少するが，endothall, EPTC, propham によって増加する。硝酸化はフェノール系化合物，PCP，DNOC，dinoseb，塩素酸ナトリウム，TCA，dalapon，トリフルラリンなどの圃場施用によって阻害されやすい。プロパニルは硝酸化に影響を与え，亜硝酸の蓄積をもたらす。除草剤に対する糸状菌の感受性の範囲の中で，*Sclerothium rolfsii* および Pythium spp. などのある植物病源性種はとくに多くの除草剤に感受性が高いが，*Toricho-derma* と *Penicillium* は抵抗性を示すことがよく知られている。大部分の植物病源性 Fusarium は感受性であるが，*F. Oxysporum* は例外である[5]。

微生物のグループあるいは種間の感受性の違いを示すために，培養液または土壌の浸透液を用いた実際の農業慣行よりもより苛酷な条件下の試験が行われた。非常に粗い目の子算では毎日1ポンド／アールの施用では土壌の表層の除

草剤濃度は1ppmないし2ppmとなる[6]。作物圃場の土壌中の除草剤濃度が3ppmを越えることは少ない。

Alexander[7]によって硝酸化を阻害する除草剤がつぎのようにまとめられている。カッコ内は阻害濃度ppmである。

PCP	(5)	Chlorpropham	(12)
DNBP	(10)	Monuron	(25)

一方，つぎのような除草剤がカッコ内の濃度で阻害しないことが示されている。

Propham	(25)	EPTC	(50)
TCA	(29)	Dalapon	(150)
2,4－D	(50)	Arsenite	(500)

土壌中の細菌の大部分は硝化細菌と同様に感受性が低い。

除草剤の藻類への影響は畑作物にとっては重要ではないが，水稲栽培では重要である。藻類は除草剤に非常に敏感であり，アトラジンは0.5ppmで*Chlamydomonus reinhardii*の生長を完全に阻害する。2,4－Dとトリフルラリンは雑草防除に必要な濃度よりも低濃度で窒素固定藻類*Tolypothrix tenuis*の生長を阻害する[8]。

2) 糸状菌と細菌に対する影響

フェノキシ酸類

2,4－D酸，アミン類またはエステル類は実際に圃場で使われる施用量，0.25～4ポンド／アールの処理で，27の調査の全部で全微生物数または酸素消費または炭酸ガス生成などによって判断される活性に影響が認められなかった[9]。微生物活性に初期の阻害が現われたが，一時的であった。人為的な実験室における試験により好気性細菌は嫌気性細菌よりも低い濃度で阻害され[10]，グラム陽性細菌は2,4－Dおよび2,4,5－Tに対しグラム陰性細菌よりも感受性が高く[11]，胞子形成菌は無胞子形成菌よりも感受性であった[12]。2,4－Dを圃場に慣行施用した後の硝化作用についてFletcher[13]は3例は影響が認められなかったが，他の3例は一時的な減少があったことを提示している。浸透試験において，浸透液中の2,4－D濃度が50ppmに達した時に二段階の硝酸化成の全部が阻害されるが，若干の時間経過後，硝化が再開された[14]。2,4－Dを土壌と混ぜるとアンモニア生成微生物は硝化微生物が阻害される濃度の2倍以上でも阻害されない[15]。2,4－Dの土壌中濃度が100ppmで，硝酸化は約10%減少するが，アンモニア化はいくらか刺激される[16]。2,4－Dは土壌中濃度500ppm以上で*Azotobacter*を阻害するが，Fletcher[13]が取り上げた11の調査例の中に2,4－Dの圃場施用によって窒素固定細菌を抑制する例はなく，実はその中，3例は刺激された。豆科植物の根粒に生息する*Rhizolium*のある種は2,4－Dの慣行濃度では影響を受けないが，*Phaseolus verlgaris*は0.01ポンド／アールのような低い濃度で阻害される[17]。2,4－Dは極端に高い濃度[18]あるいは土壌浸透液[19]中で土壌原生動物を抑制することにより細菌数を増加させる。2,4－Dの非殺菌土壌中のジャガイモへの施用は未同定のactinomyceteの出現をもたらす[20]。2,4－Dの慣行施用量および2,4－Dと2,4,5－Tの慣行量以上の施用は土壌中の糸状菌の生長を増強する。*Aspergillus niger*は2,4－Dに最も耐性の種の一つであり，その存在は有益である[21]。*Trichoderma*およびPenicilliumのある種もまた2,4－DとMCPAに耐性である[22]。

MCPAの施用は土壌微生物を抑制しないという調査例があり，2,4,5－Tの慣行施用では

不利な影響はないとする6調査例がある[23]。他のフェノキシ系化合物の中で2,4－DPおよび2,4－DBは微生物数を減少しない。一方，silvexは50ポンド／アール施用で*Streptomyces*に影響を与えず，圃場における施用量で硝酸化成を減少しない[24]。

S－トリアジン類

シマジン，アトラジン，プロパジン，プロメトリンおよび他のアミノトリアジン類は慣行の圃場施用量で，処理土壌による炭酸ガス生成から判断される全微生物相の活性を阻害しない[25]。シマジンを処理された土壌は正常な炭酸ガス生成を続け，*Streptomyces actinomycetes*および*Aspergillus*と*Penicillium*族糸状菌の旺盛な分離をもたらす[26]。シマジン2～3kg／haの施用は細菌と糸状菌の全数に影響を与えないが，*actinomycetes*はいくらか減少する[27]。シマジンおよびアトラジンによって硝酸化成の促進または窒素固定する*Azotobacter*の数の増加が観察されている[28]。シマジンの6kg／haの施用で*Nitrosococus*と*Nitrosomonas*が刺激される[29]。シマジンは6ppmで土壌層を浸透した時，Nitrobacterの生長を阻害するが，*Nitrosomonas*を阻害しない[30]。同じような結果がシマジン5ppmで処理したインド土壌でえられている[31]。これはNitrobaterは増強された亜硝酸の生成を酸化するために必要なので問題があるかもしれない。シマジンの施用はそれを分解できる*Empedobater*, *Achromobater*, *Microbacterium*, *Bacterium*およびArthrobacterなどの土壌細菌には好都合である[32]。シマジンの慣行施用によって糸状菌もまたその全数への影響は受けないが，種の構成が片寄るであろう[33]。

アトラジンは実験室における試験では*Arthrobacter*, *Corynebaterium*および*Pseudomonas flavescens*を阻害しないが，*Bacillus subtilis*のコロニーの初期生長率を減少させる[34]。糸状菌についてアトラジンは20ppmで植物病源性の*Sclerotium rolfsii*を阻害するが，80ppm位の高い濃度で*Trichoderma virida*の生長を刺激する。他の実験室の試験でアトラジンの*T. virida*に対する刺激的影響が確かめられている[35]。試験した29種の糸状菌の中で，*Epicoccum nigrum*は140ppmまでの全濃度で刺激される唯一の種であった[36]。しかし，*Fusarium roseum*は正常よりも10ppmのアトラジン中の方が生長が早いことは記憶に止めておくべきであろう[37]。糸状菌として*T. lignorum*や*Penicillium*に隣接する*F. oxysporum*はPCPと同じようにトリアジン系除草剤にも耐性である[38]。

プロメトリンとアメトリンは*Nitrobacter*を阻害するが，土壌中100ppmと言う不当に高い濃度でも*Nitrosomonas*を阻害しない[39]。ある種のトリアジン化合物は植物病源性糸状菌に対し十分毒性が強く，芝やまたねぎの殺菌剤として市販されている。これはアニリノトリアジン，anilazine（Dyrene）と呼ばれており，土壌細菌によって容易に分解するが，ブルーギル（淡水魚）に対し，他の除草剤よりも毒性が高い[40]。（次号につづく）　（金沢　純　訳）

引用文献

1) National Academy of Sciences. 1968. Weed Control. (Vol. 2 of Plant and Animal Pest Control.). Nat. Acad. Sci. (Washington) Publ. 1597. 471pp.

2) E.P. Dunigan, J.P. Frey, L.D. Allen.

and A. McMahon. 1972. Herbicidal effects on the nodulation of *Glycine max*. Agron J. **64** : 806~808.

3) C.A.I. Goring. 1970. Nutrient cycling implications of pesticides. In Pesticides in the Soil. International Symposium, Mich. State Univ., East Lansing. pp. 51~57.

4) L.J. Audus. 1970. The action of herbicides on the microflora of the soil. Proc. 10th Br. Weed Control Conf. **3** : 1036~1051.

5) 4)に同じ.

6) W.W. Fletcher. 1960. The effect of herbicides on soil microorganisms. In Herbicides and the Soil. Eds. E.K. Woodford and G.R. Sagar. Blackwell Scientific Publications, Oxford. pp. 20~62.

7) M. Alexander. 1969. Microbial degradation and biological effects of pesticides in soil. In Soil Biology : Reviews of Research. UNESCO, Paris (Place de Fontenoy 75, Paris−7e). pp. 209~240.

8) C.S. Helling, P.C. Kearney and M. Alexander. 1971. Behavior of pesticides in soils. Adv. Agron. **23** : 147~240.

9) W.B. Bollen. 1961. Interactions between pesticides and soil microorganisms. Annu. Rev. Microbiol. **15** : 69~92.

10) W. A. Worth and A.M. McCabe. 1948. Differential effects of 2,4−D on aerobic, anaerobic, and facultative anaerobic organisms. Science **108** : 16~18.

11) A.S. Newman and C.E. Downing. 1958. Herbicides and the soil. J. Agric. Food Chem. **6** : 352~353.

12) C. Stapp and R. Freter. 1952. Effect of 2,4−D in soils : reaction of soil bacteria to the growth substance. Phytopath. Z. **19** : 20~33.

13) W.W. Fletcher. 1960. The effect of herbicides on soil microorganisms. In Herbicides and the Soil. Eds. E. K. Woodford and G.R. Sagar. Blackwell Scientific Publications, Oxford. pp. 20~62.

14) R.A. Slepecky and J.V. Beck. 1950. The effect of 2,4−D on nitrofication in soil. Soc. Am. Bacteriol., proc. **50** : 17~18.

15) L.W. Johes. 1956. Effect of Some Pesticides on Microbial Activities of the Soil. Utah Agric. Exp. Stn. Bull. 390, 17pp.

16) G. Lenhard. 1959. The effects of 2,4−D on certain physiological aspects of soil microorganisms. S. African J. Agric. Sci. **2** : 487~497.

17) M.G. Payne and J.L. Fults. 1947. Some effects of 2,4−D, DDT and Colorado 9 on root nodulation in the common bean. Am. Soc. Agron. J。 **39** : 52~55.

18) E. H. Rapoport and G. Cangioli. 1963. Herbicides and the soil fauna. *Pedobiologia* **2** : 235~238.

19) A.J. Ilijin. 1962. Concerning the effect of the herbicide 2,4−D on soil microorganisms, Microbiology **30** : 1050~1051.

20) J.R. Warren, F. Graham, and G. Gale. 1951. Dominance of an actinomycete in the soil microflora after 2,4−D treatment of plants. Phytopathology **41** : 1037~1039.

21) L. Calancea and G. Illyes. 1954. The effect of 2,4−D on the production

of citric acid by *Aspergillus niger*. See chem. Abstr. **52**, item 12068.

22) L. Klyuchnikov and A.M. Petrova. 1960. The effects of frequent of herbicides on the soil microflora. *Mikrobiologiya* **29**: 238~241. (Soils Fertiliz. **23**: 1663).

23) 13)に同じ.

24) M.G. Hale, F.H. Hulcher, and W.E. Chappell. 1957. The effect of several herbicides on nitrification in a field soil under laboratory conditions. Weeds **5**: 331~341.

25) W.B. Bollen. 1961. Interactions between pesticides and soil microorganisms. Annu. Rev. Microbiol. **15**: 69~92.

26) O.C. Burnside, E.L. Schmidt, and R. Behrens. 1961. Dissipation of simazine from the soil. Weeds **9**: 477~484.

27) K. Steinbrenner, F. Naglitsch, and I. Schlicht. 1960. Die Einfluss der Herbizide Simazin auf die Bodenmi Kroorganismen und die Bodenfauna. Albrecht Thaer Arch. **4**: 611~631.

28) J. Guillemat, M. Charpentier, P. Tardieux, and J. Pochon. 1960. Interactions entre une chloro-amino-triazine herbicide et la microflore fongique et bacterienne du sol. Ann. Epiphyt **11**: 261~290.

29) 27)に同じ.

30) F.H. Farmer. R.E. Benoit, and W.E. chappell. 1965. Simazine, its effect on nitrification and its decomposition by soil organisms. N.E. Weed Contri., Proc. **19**: 350~354.

31) V.K. Nayyar, N.S. Randhawa, and S. L. Chopra. 1970. Effect of simazine on nitrification and microbial populations in a sandy loam. Indian J. Agric. Sci. **40**: 445~451.

32) P. Kaiser, J.J. Pochon, and R. Cassini. 1970. Influence of triazines on soil microorganisms. Residue Rev. **32**: 211~233.

33) 28)に同じ.

34) J. Sobieszczanski, 1969. The effect of herbicides on growth and morphology of some species of bacteria. Acta Microbiol. Polon. Ser. B. **1**: 99~104.

35) R.W. Couch, J.V. Gramlich, D.E. Davis, and H.H. Funderburk. 1965. The metabolism of atrazine and simazine by soil fungi. Southern Weed Conf., Proc. **18**: 623~631.

36) L.T. Richardson. 1970. Effects of atrazine on growth response of soil fungi. Can. J. Plant Sci. **50**: 594~596.

37) 35)に同じ.

38) E. Valaskova. 1968. Die Empfindlichkeit von Bodenpilzen gegenuber Herbiziden. Pflanzenschutz Berichte(Wien) **38**: 135~146.

39) H.D. Dubey. 1969. Effect of picloram, diuron, ametryne, and prometryne on nitrification in some tropical soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc. **33**: 893~896.

40) D. Pimental. 1971. Ecological Effects of Pesticides on Non-target Species. Office Sci. Technol., Exec. Office President, Gov't. Printing Office, Washington, D.C. 220pp.