

Crotalaria juncea の緑肥利用, 特に生育ならびに窒素の動態に関する基礎的研究

大段秀記*・大門弘幸

(大阪府立大学農学部, *現在九州農業試験場水田利用部)

クロタリヤ属植物 (*Crotalaria*) は多数の種が熱帯を中心に分布しているマメ科植物である。代表的な種である *C. juncea* はインドなどで繊維作物として栽培されており, 大量の有機物を生産することから, 熱帯地域では緑肥としても利用されている。本属植物を緑肥として様々な作付体系に導入するためには, 各作付体系における前後作の生育や窒素吸収に関する知見を得ることが重要である。著者ら (Daimon et al., 1995; Yano et al., 1994) は, 本属植物の我が国への緑肥作物としての導入を試みているところである。本稿では, いくつかの作付体系を想定し, せき薄土壌, 水田転換土壌, 窒素集積土壌におけるクロタリヤ (*C. juncea*) の地上部および地下部の生育と前後作間における窒素の動態について調査を行い知見を得たので紹介する (Ohdan et al., 1995; 大段・大門, 1998a, 1998b, 1999)。

1. せき薄土壌における生育および後作コムギの生育と窒素吸収

C. juncea ならびに *C. pallida* とは異なる生育パターンを示す *C. pallida* の2種を供試し, 窒素分の少ない土壌を充填した 1/5000a ワグナーポットを用いて, せき薄土壌への有機物源, 窒素源としての評価を行った。いずれの種も旺盛に生育し, 高い乾物生産を示した (第1表)。施肥窒素に対する反応は種間で異なった (第1表)。また, 全窒素含有量に占める固定窒素量の割合が約 90% と高い値を示したことから, 両種ともに高い窒素固定能を有しており, 窒素分の少ない土壌では窒素固定に依存して旺盛な生育をすることが明らかとなった。

第1表 播種後70日目および100日目の *C. juncea* と *C. pallida* の地上部の乾物重, 全窒素含有量, 固定窒素量 (大段・大門, 1998a)。

| 作物 | 窒素処理区 | 乾物重 (g/ポット) | | 全窒素含有量 (mg/ポット) | | 固定窒素量 (mg/ポット) | |
|-------------------|-------|-------------|-------|-----------------|------|----------------|-----------|
| | | 70日 | 100日 | 70日 | 100日 | 70日 | 100日 |
| <i>C. juncea</i> | N-0区 | 44.1 | 96.5 | 794 | 1598 | 770 (97) | 1565 (98) |
| | N-3区 | 50.6 | 156.7 | 847 | 2735 | 733 (87) | 2544 (93) |
| | | * | ** | NS | ** | NS | *** |
| <i>C. pallida</i> | N-0区 | 18.7 | 68.9 | 290 | 1282 | 266 (92) | 1249 (97) |
| | N-3区 | 24.0 | 73.8 | 425 | 1388 | 346 (81) | 1224 (88) |
| | | ** | NS | * | NS | NS | NS |

N-0区は窒素無施肥区を, N-3区は0.3g/ポット施肥区を表す。

*, **はそれぞれ5%水準, 1%水準で有意差あり。NSは有意差なし。

第2表 クロタリヤの地上部をすき込んで栽培したコムギの収穫期のポットあたりの地上部の乾物重, 全窒素含有量, 子実重。(大段・大門, 1998a)。

| 窒素処理区 | すき込み処理区 | 乾物重 (g) | 全窒素含有量 (mg) | 子実重 (g) |
|-------|---------------------|---------|-------------|---------|
| N-0区 | <i>C. juncea</i> 区 | 14.7 | 70 | 5.5 |
| | <i>C. pallida</i> 区 | 18.8 | 122 | 6.4 |
| | 対照区 | 3.4 | 16 | 1.1 |
| | LSD (0.05) | 2.2 | 11 | 1.4 |
| N-15区 | <i>C. juncea</i> 区 | 72.5 | 847 | 21.3 |
| | <i>C. pallida</i> 区 | 84.0 | 1012 | 21.9 |
| | 対照区 | 68.1 | 739 | 22.3 |
| | LSD (0.05) | 11.1 | 87 | 5.2 |

N-0区は窒素無施肥区を, N-15区は1.5gN/ポット施肥区を表す。

第3表 クロタリヤの地下部が残存した土壌で栽培したコムギの収穫期のポットあたりの地上部の乾物重, 全窒素含有量, 子実重。(大段・大門, 1998a)。

| 前作窒素処理区 | 前作物区 | 乾物重 (g) | 全窒素含有量 (mg) | 子実重 (g) |
|---------|---------------------|---------|-------------|---------|
| N-0区 | <i>C. juncea</i> 区 | 29.6 | 186 | 10.7 |
| | <i>C. pallida</i> 区 | 18.7 | 76 | 5.3 |
| | トウモロコシ区 | 2.6 | 13 | 0.6 |
| | LSD (0.05) | 6.8 | 29 | 3.2 |
| N-15区 | <i>C. juncea</i> 区 | 35.9 | 216 | 13.5 |
| | <i>C. pallida</i> 区 | 29.4 | 182 | 10.1 |
| | トウモロコシ区 | 2.5 | 16 | 0.7 |
| | LSD (0.05) | 7.5 | 74 | 3.8 |

N-0区は前作窒素無施肥区を, N-3区は前作0.3gN/ポット施肥区を表す。

両種の地上部のみをポットに同量すき込んで後作コムギを生育させたところ、窒素吸収量は、窒素無施肥の場合 (N-0 区) には、すき込みを行わなかった対照区よりも有意に多く (第 2 表)、すき込み試料からの明確な窒素の供給があった。また、両種間で比較すると *C. pallida* すき込み区が *C. juncea* すき込み区よりも多く、すき込み試料の特性の差異が示された (第 2 表)。1.5gN/ポット施肥した場合 (N-15 区) では、すき込み区と対照区との間に明確な差異は認められなかった (第 2 表)。一方、両種の地上部を刈り取り、クロタラリアの地下部のみが残存した土壌で栽培したコムギは、トウモロコシの地下部が残存した土壌で栽培したコムギに比べて高い窒素吸収量を示した (第 3 表)。このことから、せき薄な土壌においては地下部からの窒素の供給も大きいと推察された。また、両種間では前作の地上部の生育が旺盛であった *C. juncea* 区のほうが生育量は多かった (第 3 表)。

2. 異なる地下水位条件下における生育と後作ホウレンソウの窒素吸収

水田転換畑への緑肥としての導入を検討するために、大型コンテナポットを用いて異なる地下水位条件を設定し、その生育について、すでに導入が試みられているセスパニア (*Sesbania cannabina*) と比較した。両作物ともに高水位条件下では低水位条件下よりも生育量は減少したが、減少程度には両作物間で大きな差異は認められなかった。また、すき込み時の乾物生産量はクロタラリアがセスパニアよりもやや少なかった。

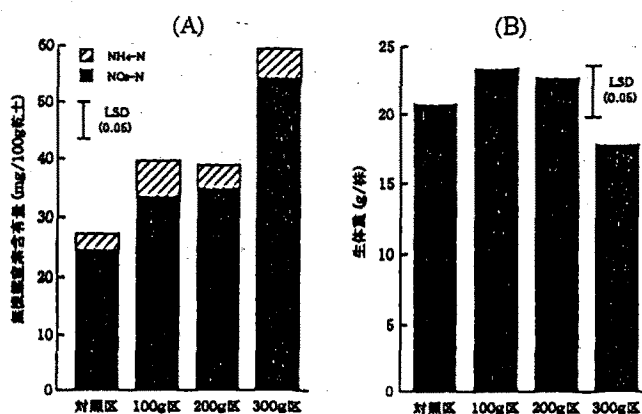
両作物の地上部を栽培していた土壌に全量すき込んで、後作ホウレンソウの窒素吸収を重窒素標識肥料を用いて調査したと

第4表 後作ホウレンソウのコンテナあたりの収量ならびに窒素吸収 (大段・大門, 1998b)

| 前作 | 収量 | 全窒素含有量 | 肥料由来窒素量 | 土壌および緑肥由来窒素量 | 肥料利用率 | |
|-----------|-----|--------|---------|--------------|-------------|------|
| すき込み作物 | (g) | (mg) | (mg) | (mg) | (%) | |
| クロタラリア | 高水位 | 659 | 2569 | 365 (14.2) | 2204 (85.8) | 10.2 |
| | 低水位 | 524 | 1998 | 225 (11.3) | 1773 (88.7) | 6.3 |
| セスパニア | 高水位 | 714 | 3020 | 335 (11.1) | 2685 (88.9) | 9.3 |
| | 低水位 | 553 | 2225 | 291 (13.1) | 1934 (86.9) | 8.1 |
| 前作休閑区 | 低水位 | 415 | 1997 | 155 (7.8) | 1842 (92.2) | 4.3 |
| LSD(0.05) | | 58 | 157 | 99 | 134 | 2.7 |

ころ、後作ホウレンソウの収量ならびに窒素吸収量は、すき込みによって増大し、いずれの緑肥作物のすき込みにおいても、すき込み量の少なかった前作高水位区において多かった (第 4 表)。そこで、地上部のすき込み量が後作ホウレンソウの生長に及ぼす影響を 1/5000a ワグナーポットを用いて調査したところ、土壌中の無機態窒素量はすき込み量が多くなると増大したものの、ホウレンソウの生育量は必ずしも増大せず、すき込み量の最も多い区で最も少なかった (第 1 図)。このことから、すき込み試料から生育障害物質が放出されたことが考えられた。

括弧内の数字は全窒素含有量に対する割合 (%) を表す。

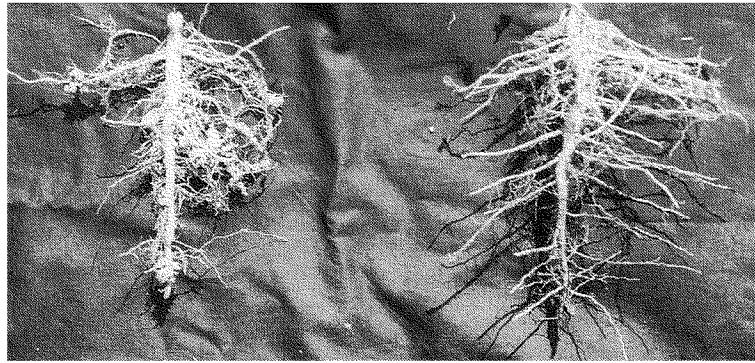


第 1 図 クロタラリアの地上部すき込み後 30 日目の土壌の無機態窒素量(A)とその土壌で栽培したホウレンソウの地上部生体重(B)。(横軸の区は 1/5000a ワグナーポットあたりのすき込み量を示す。対照区はすき込みをしていない区を示す。) (大段・大門, 1998b)

3. 窒素過剰施肥条件下における生育と窒素吸収

窒素集積土壌におけるクリーニング作物として導入するための基礎的知見を得るために、窒素施肥量の異なる火山灰土壌を充填した大型コンテナポットで栽培し、重窒素標識肥料を用いて窒素吸収量を由来別に調査し、トウモロコシと比較した。播種後 60 日目の地上部の乾物重と全窒素含有量は、両作物ともに過剰施肥区 (70gN/m²) が少量施肥区 (3gN/m²) よりも多く、施肥区間の差はトウモ

ロコシで著しく大きかった。作物間で比較すると過剰施肥区では乾物重、全窒素含有量ともにトウモロコシがクロタラリアよりも多く、乾物重ではクロタラリアの約 3.5 倍、全窒素含有量では約 1.8 倍であった。クロタラリアの地上部の全窒素含有量に占める固定窒素の割合は、少量施肥区では約 75% であったが過剰施肥区では 1% 未満であり、根粒の着生はほとんど認められなかった（第 2 図）。過剰施肥区におけるクロタラリアの根から吸収された窒素量は 1 m²あたり換算で約 35g となり、トウモロコシには及ばないものの、窒素集積土壌においては多量の窒素を吸収することが示された。



N-3 区

N-70 区

第 2 図 異なる窒素施肥条件下における播種後 60 日目のクロタラリアの根粒着生の様相 (大段・大門, 1999)

4. すき込みによる抑制現象の解明

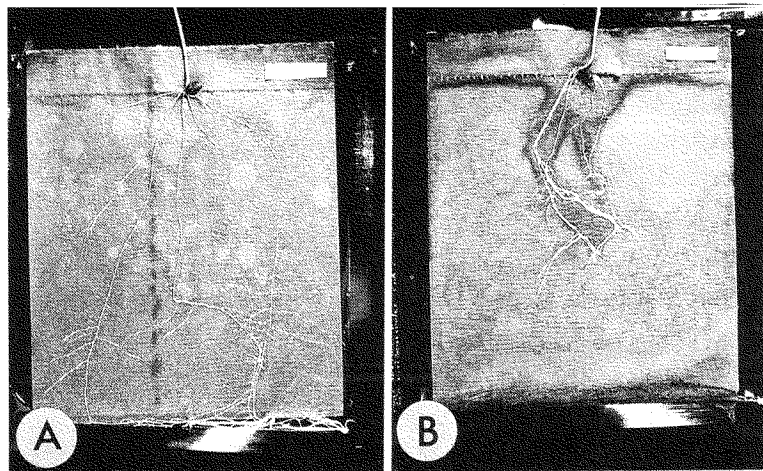
水田転換土壌において地上部を大量にすき込んだ場合に、後作物の生育に抑制が認められたので、グロースポーチを用いて、クロタラリア数種の地上部の搾汁液がコムギの初期生育に及ぼす影響を調査した。葉の搾汁液はコムギの根の伸長を抑制し、特に最長根長と総根長が対照区に比べて著しく低い値を示した（第 5 表）。しかし、コムギの根系は搾汁液の施用によって著しく変化した（第 3 図）ものの、根系の複雑さの指標の一つであるフラクタル次元 (Tatsumi et al., 1989) には明確な違いは認められなかった。また、葉の搾汁液は茎の搾汁液よりも抑制程度が大きく、いずれの器官の搾汁液においても搾汁する組織量が多いほど抑制程度は大きかった。これらの結果から、クロタラリアの地上部には、破碎後に短時間に認められる抑制物質を含有する可能性が高いと考えられた。

まとめ

クロタラリア (*C. juncea*) はいずれの土壌条件においても旺盛な生育を示した。このことには高い窒素吸収力と窒素固定能が

第 5 表 クロタラリアの葉の搾汁液を施用して生育させたグロースポーチ置床後 21 日目のコムギの最長根長、総根長、根系のフラクタル次元 (Ohdan et al., 1995)

| 供試種 | 最長根長 (cm) | 総根長 (cm) | フラクタル次元 |
|------------------------|-----------|----------|---------|
| <i>C. brevidens</i> | 15.9 | 200 | 1.27 |
| <i>C. juncea</i> | 11.3 | 180 | 1.32 |
| <i>C. lanceolata</i> | 15.2 | 228 | 1.33 |
| <i>C. pallida</i> | 16.0 | 193 | 1.35 |
| <i>C. sessiliflora</i> | 15.1 | 260 | 1.29 |
| <i>C. spectabilis</i> | 13.4 | 215 | 1.35 |
| 対照区 | 24.4 | 320 | 1.32 |
| LSD (0.05) | 3.3 | 61 | 0.04 |



第 3 図 グロースポーチ置床後 21 日目におけるコムギの根系の様子。(A: 対照区, B: 搾汁液施用区) (Ohdan et al., 1995)

関与していると考えられた。すなわち、窒素供給力が低い土壌では窒素固定、高い土壌では根からの窒素吸収に依存して生育しており、土壌の窒素濃度には幅広い適応性を有していることが明らかとなった。また、湿潤土壌条件にも耐性を有していると考えられたことから、様々な作付体系においてクロタラリアを緑肥作物として導入できる可能性が示された。後作物の生育に及ぼすすき込みの影響は土壌の種類によって異なり、窒素供給力の低い土壌ではすき込み試料から明らかに窒素が供給され、後作物の生育は増大したが、肥沃な水田転換土壌では必ずしもすき込み量と後作物の生育量は一致しなかった。このことには、生育抑制物質の存在も要因の一つとして示唆され、後作物の生育に及ぼす作用機作の解明が望まれる。また、このような生育抑制作用を利用した雑草防除技術の開発は環境保全的な栽培技術の確立に貢献できるであろう。クロタラリアには線虫密度の低減効果がある（大林，1990；大島，1988）ことが報告されており、今後、有機物源としてだけでなく線虫対策、旺盛な根系発達を利用した土壌改良、過剰養分のクリーニングなど多面的な利用について研究が進められることを期待する。

引用文献

- Daimon, H., S. Takada, M. Ohe and H. Mimoto 1995. Interspecific differences in growth and nitrogen uptake among *Crotalaria* species. *Jpn. J. Crop Sci.* 64 : 115–120.
- 大林延夫 1990. 拮抗植物を利用した有害土壌線虫の制御技術. *農業技術* 45 : 450–454.
- Ohdan, H., H. Daimon and H. Mimoto 1995. Evaluation of allelopathy in *Crotalaria* by using a seed pack growth pouch. *Jpn. J. Crop Sci.* 64 : 644–649.
- 大段秀記・大門弘幸 1998a. クロタラリア属植物の窒素固定量の評価とそのすき込みが後作コムギの窒素吸収に及ぼす影響. *日作紀* 67 : 193–199.
- 大段秀記・大門弘幸 1998b. 異なる地下水位条件下におけるクロタラリアとセスパニアの生育と後作ホウレンソウの窒素吸収. *日作紀* 67 : 467–472.
- 大段秀記・大門弘幸 1999. 窒素過剰施用条件下におけるクロタラリアの生育と窒素吸収. *日作紀* 68 : 296–300.
- 大島康臣 1988. 農作物の線虫害と防除 (3). *農業技術* 43 : 395–400.
- Tatsumi, J., A. Yamauchi and Y. Kono 1989. Fractal analysis of plant root systems. *Ann. Bot.* 64 : 499–503.
- Yano, K., H. Daimon and H. Mimoto 1994. Effect of sunn hemp and peanut incorporated as green manures on growth and nitrogen uptake of the succeeding wheat. *Jpn. J. Crop Sci.* 63 : 137–143.

Title: Crop Growth and Fate of Nitrogen in Several Cropping Systems including *Crotalaria juncea*.

Authors: Hideki OHDAN and Hiroyuki DAIMON