

収量・品質の向上と安定生産のための

# 大豆づくりQ&A

増補改訂



社団法人 全国農業改良普及支援協会

## はじめに

平成22年3月に「食料・農業・農村基本計画」が策定され、その中で大豆について平成20年産の26万ト（15万ha）から平成32年産60万ト（30万ha）へと大幅な増産計画が明記されました。しかし、大豆作は稲作等に比べ気象条件等の影響を受けやすく、収量や品質が変動する傾向にあります。また、収量水準は、過去10年（平成13～23年）の間に平成32年の目標（200kg／10a）を上回った年はなく、10年間平均172kg／10a（都府県のみ161kg）で平成32年の目標に比べ30kg／10a程度低位にあります。そのため、前記基本計画において、（独）農業・食料産業技術総合研究機構が中心となり開発した各地域の気象条件や土壌条件に応じた新たな増収・安定生産技術や省力化技術（いわゆる大豆300A技術）等の普及が必要であるとされています。

当協会では、これまで大豆300A技術の普及・定着を目指し、大豆関係者向けの普及指導資料として平成19年3月に「収量・品質の向上と安定生産のための大豆づくりQ&A－大豆300A技術を導入した大豆生産に向けて－」、平成20年3月には「収量・品質の向上と安定生産のための大豆づくりQ&A－病害・虫害・雑草・鳥獣害対策編」を刊行し、普及指導センター等関係機関に配布してきました。

本年度は、大豆300A技術等新技術の普及・定着の促進を目指し、前記2冊を増補改訂して「収量・品質の向上と安定生産のための大豆づくりQ&A 増補改訂」を取りまとめました。編集に当たっては、Q&A様式を継続しつつ、既刊刊行後の技術進歩や生産現場における新たな課題を踏まえて増補改訂することとし、既刊のQ&Aについて改正、継続、削除、及び新たな設問について、7つの大豆主要生産県における普及事業関係の大豆生産技術の専門家からご意見を提出して頂き、この意見を踏まえ編集委員会で既存回答の改正要望や新規質問を決定しました。

本書が大豆生産現場における問題・課題を解決し、収量・品質の向上と安定生産や実需者へのニーズに対応した安定供給の一助になれば幸いに存じます。

最後に、本書の作成に当たり、ご多忙のなか多大なご尽力をいただいた編集委員、執筆者の方々に厚くお礼申し上げますとともに、ご協力・ご支援いただいた大豆主要生産県の回答者、（独）農業・食品産業技術総合研究機構、農林水産省、（財）日本豆類基金協会に心から感謝申し上げます。

平成24年3月

社団法人 全国農業改良普及支援協会  
会 長 井 上 清

# 目 次

## I 大豆300A技術編

### 1 収量・品質の向上と安定生産に係るQ & A

|      |                                                                       |    |
|------|-----------------------------------------------------------------------|----|
| Q 1  | 大豆の特徴から見て、300kg/10 a を取るためのキーポイントはなんですか？                              | 2  |
| Q 2  | 農産物検査における品質向上を目指すための重要なポイントは？                                         | 6  |
| Q 3  | 近年、きっちりと水田輪作を行っているのにも関わらず、以前よりも大豆の生育が小さくなり、収量も取れなくなってきました。その原因と対策技術は？ | 8  |
| Q 4  | 田畑輪換体系における水稲作も考慮した新たな排水対策技術は？                                         | 10 |
| Q 5  | 排水が不十分な圃場での営農排水技術や栽培法は？                                               | 14 |
| Q 6  | 土壌種類別の土壌理化学性の特徴と大豆の生産性との関係は？                                          | 18 |
| Q 7  | 大豆栽培に適した土づくりのための有機質資材の種類と施用法は？                                        | 20 |
| Q 8  | 大豆作における地力向上対策としての冬作緑肥の使い方は？                                           | 22 |
| Q 9  | 収量と品質を向上させる窒素施肥のポイントは？                                                | 24 |
| Q 10 | 収量と品質を向上させる窒素以外の施肥管理技術は？                                              | 26 |
| Q 11 | 収量・品質から見た品種の早晚性の選定基準は？                                                | 28 |
| Q 12 | 水田における輪作間隔は何年程度必要？                                                    | 32 |
| Q 13 | 大豆の出芽・苗立ちに影響する土壌の特性（クラスト）とその対策は？                                      | 34 |
| Q 14 | 根粒菌の接種はどのようなときに必要ですか？<br>接種にあたり留意すべき点は？                               | 36 |
| Q 15 | 湿害による出芽不良の原因は何ですか？                                                    | 40 |
| Q 16 | 湿害による出芽不良を回避する技術にはどんなものがありますか？                                        | 42 |
| Q 17 | 大豆を降雨の合間に播種しなければいけないときの判断基準は？<br>出芽率の低い圃場における播種期の早晚別播き直し可否基準は？        | 44 |
| Q 18 | 水害にあうと大豆にはどのような被害が生じますか？<br>また、被害軽減の方法は？                              | 48 |
| Q 19 | 中耕培土は必ず必要ですか？<br>行う際の留意点は？                                            | 50 |
| Q 20 | 水田転換畑で灌水を実施すべき時期の判定法と灌水方法は？                                           | 52 |
| Q 21 | 青立ち（莢先熟）の原因と対策は？                                                      | 54 |
| Q 22 | コンバインで収穫出来る高水分の限界と汚粒対策は？<br>また、青立ち株のコンバイン収穫での留意点は？                    | 56 |
| Q 23 | コンバイン収穫ロスの原因は？<br>ロスを減らす有効な方法がありますか？                                  | 58 |
| Q 24 | 高水分大豆の乾燥調製で品質低下を防ぐ乾燥方法は？                                              | 60 |
| Q 25 | 品質低下がなく、更に省エネ・省力が図れる小麦混合常温貯留乾燥とは？                                     | 64 |
| Q 26 | しわ粒の発生要因と防止技術は？                                                       | 66 |
| Q 27 | 根粒の着きが悪い水田転換初年目大豆のタンパク質含量を向上させる肥培管理は？                                 | 68 |
| Q 28 | 豆腐の加工適性を左右する要因は何でしょうか？                                                | 70 |

### 2 大豆300A技術における播種、栽培技術

|     |                     |    |
|-----|---------------------|----|
| i   | 播種・栽培技術の特徴と概要       | 72 |
| ii  | 大豆の密植遅播き「田植後播種」栽培技術 | 78 |
| iii | 有芯部分耕栽培技術           | 82 |
| iv  | 立毛間播種技術             | 86 |



|      |                |     |
|------|----------------|-----|
| v    | 不耕起狭畦密植栽培技術    | 88  |
| vi   | 小明渠浅耕播種栽培技術    | 92  |
| vii  | 耕うん同時畝立て播種栽培技術 | 96  |
| viii | 小型不耕起密条播種技術    | 100 |
| ix   | 一工程耐天候型播種技術    | 102 |

## II 病害・虫害・雑草・鳥獣害対策編

### 1 病害に係るQ & A

|     |                             |     |
|-----|-----------------------------|-----|
| Q 1 | 紫斑病の発生の原因と防除法は？             | 106 |
| Q 2 | ダイズ白絹病の発生原因と防除対策は？          | 108 |
| Q 3 | 黒根腐病の発生生態と防除法は？             | 110 |
| Q 4 | 茎疫病の病徴と診断法、伝染経路、発生原因、防除対策は？ | 112 |
| Q 5 | 葉腐病の発生生態と防除法は？              | 114 |
| Q 6 | 農薬の飛散を防止する対策は？              | 116 |

### 2 虫害に係るQ & A

|      |                                                 |     |
|------|-------------------------------------------------|-----|
| Q 7  | ウコンノメイガの被害の実態と防除法は？                             | 118 |
| Q 8  | フタスジヒメハムシの被害の実態と効果的な防除法は？<br>また、オオクロコガネ幼虫の防除法は？ | 120 |
| Q 9  | 大豆を加害するカメムシ類の発生予察法や防除法は？                        | 122 |
| Q 10 | ハスモンヨトウの発生予察法と防除対策は？                            | 124 |
| Q 11 | ダイズサヤタマバエの生活史と防除方法は？                            | 126 |
| Q 12 | アブラムシによって媒介されるダイズわい化病への対処方法は？                   | 128 |
| Q 13 | タネバエの発生予察法と被害回避方法は？                             | 130 |
| Q 14 | 病害虫抵抗性品種には、どんなものがありますか？                         | 132 |

### 3 雑草に係るQ & A

|      |                                                           |     |
|------|-----------------------------------------------------------|-----|
| Q 15 | 土壌処理剤の効果的な使用方法は？                                          | 136 |
| Q 16 | 中耕培土と生育期茎葉処理剤の処理適期は？<br>また、降雨等で中耕作業が遅れた場合の対処法は？           | 138 |
| Q 17 | 不耕起播種栽培での効果的雑草防除法は？                                       | 140 |
| Q 18 | ベントザン液剤（大豆バサグラン液剤）を使う時に注意すべき点は？                           | 142 |
| Q 19 | 注意すべき雑草種は？<br>また、その対処方法は？                                 | 146 |
| Q 20 | 大豆作雑草の幼植物の見分け方は？                                          | 150 |
| Q 21 | 生育期における省力的で効果的な除草剤の畦間・株間処理法は？                             | 152 |
| Q 22 | リビングマルチやカバークロップを利用した雑草防除とは、どういうものですか？<br>どのような場合に利用できますか？ | 154 |

### 4 線虫に係るQ & A

|      |                                 |     |
|------|---------------------------------|-----|
| Q 23 | ダイズシストセンチュウによる連作障害の予防法と発生時の対策は？ | 156 |
|------|---------------------------------|-----|

### 5 鳥獣害に係るQ & A

|      |                         |     |
|------|-------------------------|-----|
| Q 24 | 大豆栽培で注意すべき野生獣の種類と被害対策は？ | 158 |
| Q 25 | 大豆栽培で注意すべき鳥の種類と被害対策は？   | 160 |

## III 大豆関連ホームページの紹介

## IV 執筆者及び編集委員一覧





# I 大豆 300 A 技術編

# 1 収量・品質の向上と安定生産に係るQ & A

I-1

収量・品質の向上と  
安定生産に係るQ & A

**Q 1** 大豆の特徴から見て、300kg/10a を取るためのキーポイントはなんですか？

**A**

水稲に比べると大豆は生産性が低く安定しない作物といわれています。しかし、全国豆類経営改善共励会では、今までに 500kg/10a 台の単収をあげた農家は数多くあり、気象条件からみると全国で 300kg/10a を達成することは可能です。大豆で 300kg/10a を取るための最も重要なポイントは、地力向上、土壌水分管理、出芽苗立ちの確保です。いずれも播種前から播種時までが大きな勝負時です。

## 1. 大豆の特徴

### (1) 子実生産には多くの光合成産物と窒素が必要

大豆はタンパク質と脂肪をたくさん子実を含むために子実の生成に多くのエネルギーが必要で、同じ光合成産物から作られる子実は水稲が 500kg/10a とすると大豆ではおよそ 300kg/10a になります。また、大豆の子実はタンパク質に富むため窒素の集積量が多く、300kg/10a を得るには約 22kg/10a の窒素が必要です。大豆は根粒が窒素固定を行うものの土壌からもたくさんの窒素を吸収します。大豆は吸収した窒素の約 7 割を子実に転流して最終的には圃場から持ち出しますし、収穫後の植物残渣も少ないため、基本的に地力を消耗させる作物です。また、大豆はカリやカルシウムの吸収も多く、これら施肥への配慮も重要です。

### (2) 安定多収を可能とする地力向上

世界一の大豆産地アメリカ合衆国では、日本の約 200 倍の面積で 290kg/10a 程度の収量をあげていますが、その多収要因として、大豆と輪作されているトウモロコシ栽培時の窒素施肥の多投と豊富な収穫残渣による地力向上が関係しています（図 1）。



図 1 アメリカ合衆国のトウモロコシ収穫跡

トウモロコシでは収穫残渣が非常に多いために土壌中の炭素や窒素が増える。（イリノイ州 2010 年 9 月撮影）



図 2 耕盤の有無による大豆の生育の違い

同一圃場内で右は耕盤が約 12cm 深に形成されていた箇所、左は耕盤をブラウで破碎した箇所で生育した。

一方、日本の大豆生産の中心である田畑輪換体系では、水田を畑地化することにより微生物の働きが活発化して土壌有機物が減少しますが、その際、地力窒素の低下だけでなく、土壌孔隙の減少、保水力や通気性の低下など、土壌物理性も悪化していきます。また、日



本でも大規模化により耕作機械が大型化していますが、このことにより以前よりも耕盤が浅く硬くなる傾向にあることが指摘されています。アメリカ合衆国の大豆主産地であるコーンベルト地帯の大豆は根系が1 m以上の深さに達しますが、日本の水田輪換畑は一般に湿潤な土壌環境にあり、耕盤も存在するため根系の分布がかなり浅くなりやすい傾向にあります(図2)。さらに耕作機械の大型化と水田輪換での土壌有機物減少による物理性の悪化は、大豆の根系の発達を抑制して養水分吸収の低下を招き、近年のわが国の大豆作の不安定さに大きく関係していると考えられます。

全国豆類経営改善共励会の多収事例では積極的な土作りが行われています。大豆で安定多収を達成するには、堆厩肥撒布や緑肥鋤込みなどの有機物投入による土壌の化学性と物理性の改善が最も基本です。有機物投与は単に地力窒素の増大だけでなく、土壌物理性改善による保水力と通気性の向上をもたらすので、後述する根粒窒素固定にも好都合です。また、圃場の耕耘は土壌有機物の分解を促進するので、不耕起、浅耕、無中耕・無培土などの栽培法により、地力低下をなるべく抑制する栽培法の導入も検討する価値があると考えられます。

### (3) 根粒窒素固定を活かすことが大切

大豆は窒素施肥に反応しないので生育制御が困難な‘気難しい’作物と言われていますが、根粒が着生しない大豆系統では他の作物と同様に窒素施肥量に伴い増収しますので、‘気難しい’のは根粒であるといえます。普通の水田輪換畑では大豆が生育期間中に利用できる土壌由来の窒素量は10kg/10aに満たないので、これだけでは120kg/10a程度の収量しか上げることはできません。そのため、大豆の安定多収化を図る上では根粒による窒素固定能力を最大限に発揮させることが大切です。

大豆の根粒窒素固定能力は豆科作物の中でもずば抜けて高く、好適環境下では30kg/10a以上の窒素を大気から固定して大豆に供給できます。近年の研究から、根粒窒素固定は根粒菌が勝手に行っているのではなく、大豆植物体自体が細かく根粒窒素固定量を制御していることが明らかになってきました。例えば大豆植物体の窒素栄養条件が少しでも改善されると、根粒数や根粒重が変化しない短時間内に根粒内への酸素供給を減らすことによって根粒活性を抑えています。このような制御によって好適環境下の大豆植物体の窒素含有率は、生育全般を通じてほぼ一定に保たれています。大豆は根から吸収する窒素を優先的に利用し足りない分を根粒でまかなっており、そのため、窒素施肥により大豆が増収しないことが多いのは、施肥窒素が根粒固定窒素に単に置き換わっているだけだからだと考えられます。

### (4) 環境に大きく左右される根粒窒素固定

大豆の根粒窒素固定の潜在的能力は極めて高いのですが、実際はその能力はなかなか発揮されていません。なぜなら、根粒菌は細菌のために環境に極めて敏感であり、特に地温および土壌中の水分や酸素の影響を強く受けるためです。

#### 1) 地温の影響

根粒窒素固定は1日の中でも刻々と変化していますが、それは地温と同調しています。根粒菌は地温が15℃だとほとんど窒素固定ができず、10℃上昇すると窒素固定は2倍以上に増大します。このように根粒窒素固定は地温の影響が著しく大きいので、北海道など、冷涼な地域では根粒窒素固定が十分には働きにくく、地力や追肥窒素の効果が大きくでま



す。一方、九州などの暖地では根粒窒素固定はたいへん活発なので、根粒だけで相当量の窒素を供給でき、乾湿害などで根粒の働きが弱いとき以外は通常は窒素追肥効果はみられません。

## 2) 土壌の水分と酸素の影響

大豆の根粒は豆科作物の中でも干ばつに著しく弱いので、わずかな干ばつでも窒素固定は低下します。大豆の根粒窒素固定は開花期以降に低下する現象がしばしば見られますが、それは大豆が本来持っている特性ではなく夏期の干ばつによるものです。実際、夏期に干ばつに遭わなければ成熟後半まで根粒窒素固定量は高く維持されます(図3)。

大豆は畑作物ですが、要水量は水稻よりも多く、窒素固定、光合成を高めて多収をあげるには十分に水を吸収させることが不可欠です。生育期間の前半が梅雨に遭遇する地域では根系が浅くなりやすいので、夏期には干ばつの発生が懸念されます。畦間かんがいは、葉のしおれなど外観に顕著な症状が出た際に落花・落莢を防ぐために行われることが一般的ですが、土壌水分不足で気孔が閉じて光合成が半分になっていても外観上は全く変化がみられません。大豆でしおれが生じた時は光合成、窒素固定はすでに著しく低下しており、これでは多収は望めません。そのため、梅雨明け後は土壌を乾かせ過ぎないように本暗渠を閉じて土壌水分の維持に努めたり、暖かい地域で無降雨期間が1週間以上続く場合は、畦間かんがいをを行うなどの対処が必要です。水田輪換畑では代かきによる耕盤形成が大豆主根の伸長を阻害することもあるので、可能であればプラウによる耕盤破碎を行ったり、播種溝直下だけにロータリー爪で亀裂を入れるなどして地中への主根伸長を促すことが大切です。なお、不耕起栽培は土壌の保水力に優れているので、干ばつ抑制効果が期待されます。

大豆の根粒は好氣的呼吸によるエネルギーで窒素固定を行っているため、根圏への酸素供給と窒素固定は密接な関係にあり、湿害圃場では根粒が十分に働かず、通気性が良い圃場で根粒窒素固定が高まります。

以上のように根粒窒素固定は土壌の水分欠乏と酸素不足にたいへん敏感に反応することから、根粒窒素固定が発揮できる土壌水分の範囲はかなり狭いことがわかります(図4)。そのため、根粒窒素固定を発揮させるためには土壌水分管理が

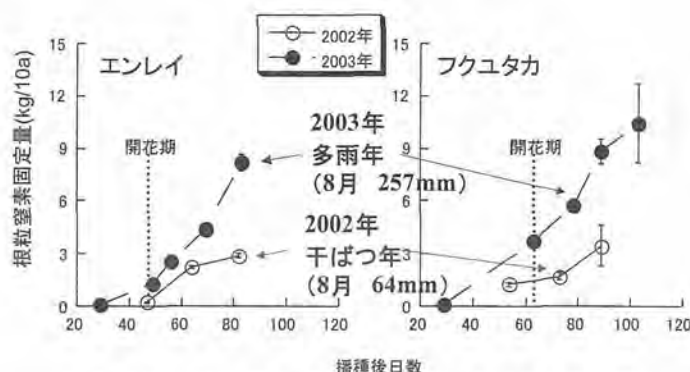


図3 根粒窒素固定量の推移に及ぼす夏の降水量

図中の値は平均値(n=3) 縦棒は標準誤差。  
淡色黒ボク土普通畑圃場での結果。  
＜出所＞野原努ら(2006) 日作紀 75:350-359。

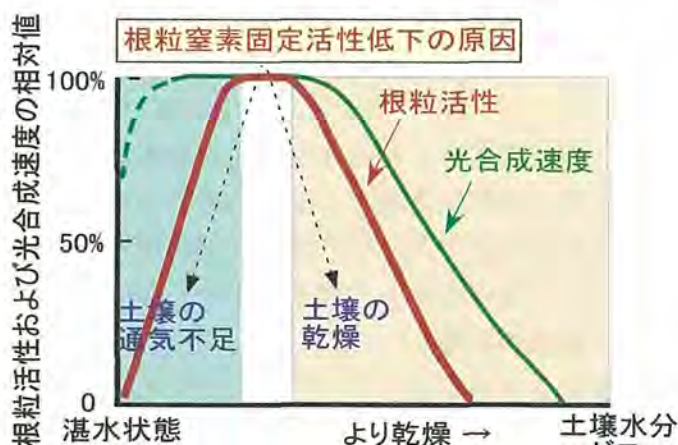


図4. 土壌水分と根粒窒素固定活性および光合成速度の関係の模式図(短期間の影響)  
(島田 2004)



とても重要です。言い換えれば、土壌水分をうまく管理すると、大豆では窒素はかなりの量を自前でまかなえることを意味しています。

以上のように根粒は地温、土壌の過湿、過乾に著しく影響を受けるので、栽培地の環境条件を良く考えた上で窒素の肥培管理を考えるべきです。地力向上は全国共通で大切ですが、その他に一般的には寒地、寒冷地は地力向上の他に窒素施肥（追肥、緩効性肥料など）が、温暖地、暖地は梅雨の湿害と梅雨明け後の干ばつの回避が、それぞれ安定多収をあげる上で重要な栽培管理となります。水田輪換畑において土壌通気性を向上させる方法の一つとして、基盤整備や営農排水の他に、各種の畝立て栽培があげられます。降雨後、根粒が着生している土層の水位を速やかに下げて根粒に酸素を供給することが大切です。地下かんがいによる好適地下水位の維持は、土壌水分と通気性の両立を可能にするために、根粒窒素固定を活かすのに優れた方法です。

## 2. 播種が勝負時

大豆は種子が大きく、出芽の際に子葉が土塊を突き破らなければならいために出芽時のストレスが大きい作物です。苗立ち不良は欠株による減収だけでなく雑草の繁茂を引き起こすので、良好な出芽苗立ちの確保が300kg/10aを達成するには必須です。苗立ちがうまくいけば、その大豆作は半分以上成功したといえるでしょう。出芽苗立ちの阻害要因は地域や圃場により異なりますが、特に著しい出芽不良を引き起こすのは、播種適期が梅雨と重なる関東地域以西の湿害です。その対策として、播種床を上げる畝立て栽培の他に、出芽苗立ち不良の原因となる病害の軽減に効果がある種子処理殺菌剤\*が開発されてきています。

## 3. 生育期の留意点

雑草や病虫害の防除は安定多収の基本であり、発生様相を把握しながら適期の防除が必要です。近年は帰化雑草などの新たな雑草発生もみられ、その1つであるアサガオ類は畦畔から圃場内へ侵入してくるので畦畔管理が重要です。また、天候不順により年ごとに病虫害の発生様相が異なることも多く、栽培暦に準じた防除だけでは病虫害を十分に抑えきれない年もでてきました。特に子実害虫の多発は、減収だけでなく、青立ちの原因にもなっています。そのため、以前よりも圃場における発生状況を把握しながら適期防除を行う重要性が増してきています。

倒伏は受光態勢を悪化させるだけでなく、コンバイン収穫における収穫ロスや汚粒発生を招き、収穫量と品質を低下させる大きな原因です。耐倒伏性品種の選定や培土による倒伏防止などの方策が求められます。

水稻や麦類では、生育期の窒素追肥により収量や品質に対するプラスの制御がかなり可能ですが、大豆の場合は根粒の存在により窒素追肥による制御はあまり効果的ではなく、生育期はもっぱらマイナス要因（病虫害、雑草、倒伏など）の除去が中心になります。

このように他の作物とは異なる大豆の特性を理解し、大豆の生産性を最も左右する播種前の土作りと排水対策、播種時の出芽苗立ちの確保を中心とした栽培技術の構築によって、300kg/10a水準の達成が可能となるでしょう。

（島田信二）

\*：農薬の使用に当たっては最新の農薬使用基準を参照すること。

### <参考文献>

- 1) 「わが国における食用マメ類の研究」(2003)、中央農業総合研究センター総合農業研究叢書 44
- 2) 島田信二 (2011) 生理・生態、国分牧衛編、豆類の栽培と利用、朝倉書店、29-59



Q

2 農産物検査における品質向上を目指すための重要なポイントは？

A

大豆は、煮豆、納豆などのように粒の状態で食されることがある作物です。被害粒が少なく粒の揃ったものが高値で取り引きされるため、農産物検査法に基づく外観品質による検査が実施されています。その品位規格は、普通大豆の1、2、3等、特定加工用大豆、および規格外があります。この等級により交付金の単価が異なるため、農家収益の向上には生産物の検査等級が高く格付けされることが大切です。検査規格では、粒度、形質と被害粒、異種穀粒、異物の混入割合によって格付けされます。2004～2006年において、普通大豆の3等に格付けされた主な原因として、被害粒が48.0%、形質に関するものが46.9%でした。被害粒ではしわ粒（23.4%）、汚損粒（12.5%）、未熟粒（4.9%）、虫害粒（4.7%）など、形質では粒のそろい、充実度、光沢などに問題があるものが落級の主な原因でした。

### 1. 被害粒の原因と対策

大豆の主な被害粒とその原因を以下に述べます。なお、しわ粒についてはI・1のQ26を参照してください。

#### (1) 汚損粒

汚損粒は、写真のように子実の表面に土や草の汁などが付着したもので、コンバイン収穫時に土のかみこみ、雑草混入、青立ち株、高茎水分、露に濡れている時刻での収穫などによって引き起こされます。刈り取り高さを調節し、コンバイン



写真 汚損粒

の刈り取り時に土を巻き込まないように注意します。また、茎が太い大型雑草や青立ち株は事前に抜き取るとともに、早朝の刈り取りは避け、茎水分が50%以下になってから刈り取りましょう。詳しくは「大豆のコンバイン収穫マニュアル」を参照ください。

#### (2) 未熟粒

未熟粒は子実の肥大が不十分なもので、湿害、登熟後期における台風などの障害、土壌伝染性病害やダイズシストセンチュウによる枯れ上がりの早期化、子実害虫等による落莢後、遅れて新たに莢が形成されて子実肥大が十分に行えなかった場合などにより発生します。また、大豆を作付けする毎に土壌中の有機物は減耗して地力が低下するので、大豆の作付頻度が高い圃場では、地力低下に伴う生育後半の凋落が原因となっている可能性もあります。対策としては、しっかりと輪作を行い、土壌伝染性病害、ダイズシストセンチュウを回避するとともに、堆厩肥や緑肥の投入による地力涵養を行います。

#### (3) 虫害粒

虫害粒には、マメシンクイガ、シロイチモジマダラメイガなどの食害によるもの、カメムシ類による吸汁痕によるもの、フタスジヒメハムシの食害痕に雑菌が感染して発生する黒斑などがあります。いずれも莢形成期から子実肥大型における殺虫剤の適期防除によって防止できます。莢への加害による被害なので、殺虫剤を散布する際は、莢まで良く薬剤がかかるように配慮してください。

#### (4) 病害粒

病害粒のうち、発生が多いのは紫斑粒と褐斑粒です。紫斑粒は糸状菌（カビ）によって引き起こされる病害で、子実の表面が紫色に変色します。対策としては、健全種子に殺菌



剤を粉衣するとともに、開花から3週間～6週間後の間に有効な殺菌剤を散布します。耐性菌が出現し易いので、各地域の耐性菌に関する情報に留意するとともに、同一薬剤の継続使用は避けましょう。褐斑粒はダイズモザイクウイルス、アルファルファモザイクウイルスなどの感染によって発生します。対策としては、ダイズモザイクウイルスに対しては抵抗性品種がありますので、発生地帯では抵抗性品種を作付けするとともに、無病種子を使用し、アブラムシの防除を行います。葉にモザイクやちりめんなどの症状がでた株が発生したら速やかに抜き取り、他への伝搬を防ぎます。

#### (5) 皮切れ粒

裂皮粒とも呼ばれ、収穫前に大豆植物体の生理的要因により種皮が部分的に裂ける場合と、高温通風などの乾燥調製過程における急激な乾燥によって引き起こされる場合があります。裂皮程度には大きな品種間差がありますので、難裂皮性の品種を選定することにより、大幅に裂皮は低減させることができます。また、開花・着莢時期に虫害や干ばつによって莢数が減ると、残った莢内の子実は大きくなるため種皮が裂けやすくなります。そのため、カメムシ類、マメシンクイガなどの子実害虫の被害を防ぐことが大切です。また、乾燥調製過程において、急激に子実が乾燥すると裂皮が非常に発生し易くなります。そのため、調湿乾燥を行い、子実の急激な水分低下を防ぐことにより、乾燥調製時の裂皮を回避できます。詳しくは「大豆乾燥調製マニュアル」を参照ください。

#### (6) 腐敗粒

コンバイン収穫の前に、すでに莢内で子実にカビが発生し、腐敗していることがあります。腐敗粒は、成熟期に降雨が続いてコンバイン収穫が遅れると多発し、年次によっては品質や生産量を大きく低下させる原因になっています。腐敗を発生させる菌は、圃場ではどこにでも存在している菌で、昆虫の食害や強風による莢同士の擦れによって生じた莢の傷から内部へ侵入し、腐敗を引き起こします。特に成熟期前約5日間に降雨と高温が重なると激増します。腐敗粒を防ぐには、成熟したら速やかに収穫するのが一番です。また、莢に傷がないと菌は内部へ侵入しないので、子実害虫防除による抑制効果が大きく、台風によって莢に傷があるときは殺菌剤\*（アミスター20フロアブル、ベルコートフロアブル）の散布により被害を軽減できます。

### 2. 形質低下の原因と対策

形質は、充実度、粒形、色沢、粒ぞろい等に関して、標準品との比較で判定されます。成熟期後に圃場に長く放置したときや乾燥時に過乾燥になると色沢が悪化することがあります。粒が扁平になったり、粒面に凹凸が生じた場合も評価が低下しますが、これらは霜害や登熟後半の台風などにより、登熟が正常に終了しない場合に発生し易いと考えられます。これらに留意した対応が大切です。

（島田信二）

\*：農薬の使用に当たっては最新の農薬使用基準を参照すること。

#### <参考文献>

- 1) 農林水産省農産園芸局畑作振興課編（1999）、大豆のコンバイン収穫マニュアル、  
[http://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/daizu/d\\_combine/index.html](http://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/daizu/d_combine/index.html)
- 2) 全国農業改良普及協会編（2000）大豆乾燥調製マニュアル、  
[http://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/daizu/d\\_kansou/index.html](http://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/daizu/d_kansou/index.html)



Q

3

近年、きっちりと水田輪作を行っているのにも関わらず、以前よりも大豆の生育が小さくなり、収量も取れなくなってきました。その原因と対策技術は？

A

### 1. 水田転換畑における大豆生産の実態

1971年に米の生産調整が始まって、40年が経ちます。現在では、水田面積240万haに対して、水稻が作付けされる面積は170万ha、それ以外の70万haのうち約43万haに、大豆、飼料作物、野菜等の転作作物が作付けられています。1998年以降、夏期に転作作物が作付けられた水田は、ほぼ同じ面積で推移しています。多くの水田が転換畑状態の履歴を持つことになりました。

2011年産大豆では、全作付面積14万haのうち水田転換畑の大豆が11.7万ha（84%）です。1980年代には4、5年に1度巡ってきた大豆転作が、最近はまだ少し短いサイクル、場合によっては、2、3年に1度という現地もあると聞きます。

それでは、この間、水田転換畑における大豆生産力はどうなったのでしょうか。1980年代に入り、水田転換畑での排水対策などの大豆生産技術が普及し始めると、水田転換畑の大豆の多収性が目を引くようになりました。一方で、大豆作後の復元田で水稻を栽培すると倒伏しやすく、高タンパクになりやすいことがわかり、特にコシヒカリ栽培地帯では大きな問題となりました。しかし、最近では、水田転換畑の大豆の収量が低下し小粒化の傾向にある、という現場からの声があがってきています。また、復元田の水稻が倒伏しにくくなり、コシヒカリでも安心して栽培できるようになったという声さえ聞こえてきます。農業者や県の技術者達の「長年の水田転作に伴う地力低下の懸念」です。

### 2. 水田転換畑における大豆の収量低下の原因

大豆の吸収窒素の大部分（収量200kg/10aの場合に約16kg/10a）が子実として持ち出されることから、たとえすべての収穫残さを還元し、慣行的な窒素施肥（基肥3kg/10a程度）をしても、大豆生産の窒素収支はマイナスになり、土壌窒素の減耗が進むことになります。また、水田では、作土層の通気が不十分なため、土壌微生物による有機物の分解が抑制されますが、転換畑として利用すると有機物の分解が促進されて土壌窒素が減耗します。さらに、水田利用再編対策による汎用化水田の

整備が進んだことから、乾田化による土壌有機物の分解促進が生じたことも想定されます。実際に、全国各地で、過去十数年における転換畑利用回数（畑地化率）に応じて水田の窒素肥沃度の指標である可給態窒素が減少していることが認められ（図1）、「長年の水田転作に伴う地力低下の懸念」が裏付けられています。そして、粗粒質の土壌が広がり地力の

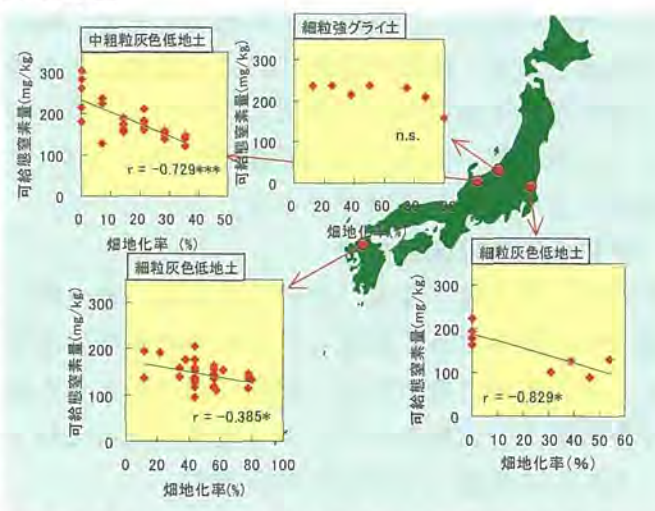


図1 各地の生産者水田の畑地化率と可給態窒素量の関係

＜出所＞新良力也ら(2010)農研機構研究成果情報



低下が著しいとみられる富山県において、生産者圃場の土壌をポットに詰めて実施した栽培試験から、過去の大豆作付回数が多い畑地化率の高い土壌で、可給態窒素量の小ささが、大豆の子実収量の低下と強く関係があることが示されています（図2）。

水田転換畑の大豆が、当初、多収となるのは、水田として蓄積された土壌窒素に依存した可能性が高く、土壌窒素の減耗とともに、徐々に収量が低下してきたものと考えられます。したがって、持続的生産のためには、土壌窒素の減耗を補うような肥培管理に目を向ける必要があります。

### 3. 水田転換畑における大豆の収量低下の対策技術

土壌窒素の減耗を補うような肥培管理として、まずは、家畜ふん堆肥の施用が有効と考えられます（図3）。福岡県筑後地区では、水稻－麦－大豆－麦の輪作体系が増加し、大豆作の頻度が高まるにつれ、土壌の可給態窒素量の低下とともに大豆収量の低下も認められるようになりました。そこでは、10 アールあたり牛ふん堆肥 1.5 トンの施用により、可給態窒素量と大豆収量が増加しています。

堆肥が容易に得がたい地域にあつては、緑肥の活用が有効です。富山県農業研究所では、ヘアリーベッチやエンバクをすき込むことで、転作畑の土壌窒素の供給能の低下を抑制し、大豆収量が増加する結果を得ています。

さらに、輪作体系についても考慮することが重要です。東北地方の寒冷地において、大豆2作に対して水稻3作の作付けでは、稲わら堆肥 10 アールあたり2トンの連用が、土壌の可給態窒素の維持に有効と東北農業研究センターから報告されています。

これまで、水田転換畑の大豆作には有機質資材がほとんど投入されてきませんでした。あくまでも食味の良い米づくりに主眼が置かれている水田輪作では、あと効きしやすい有機物の投入は避け、耕盤を維持したまま大豆が生産されてきたのは必然かもしれません。しかし、水田での麦、大豆等の本作化を目指すためには、水田輪作という土地利用体系のなかで、水稻の高タンパク化は抑えつつ、大豆の収量が維持できるように、堆肥施用、緑肥すき込み、など地域条件にあった効果的な土づくりをしていく必要があります。

（住田弘一・新良力也）

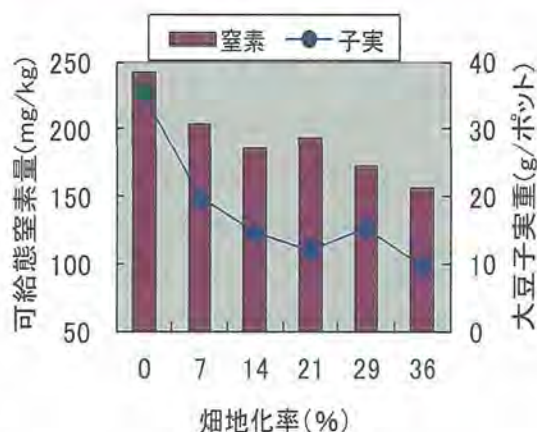


図2 畑地化率と可給態窒素量及び大豆子実重の関係

＜出所＞廣川智子ら(2011) 富山県農研研報

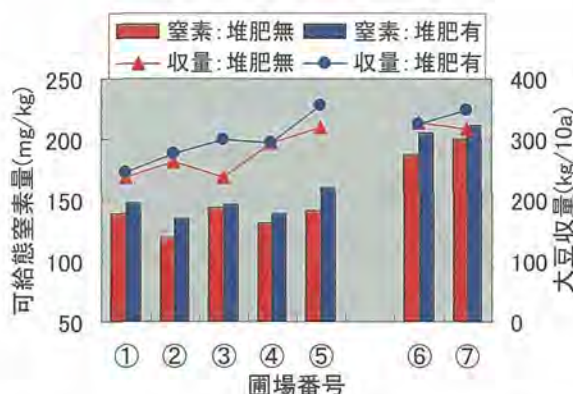


図3 福岡県H生産組合圃場における堆肥連用の有無が土壌可給態窒素量と大豆収量に及ぼす効果

＜出所＞新良力也ら(2010) 農研機構研究成果情報



Q

## 4 田畑輪換体系における水稻作も考慮した新たな排水対策技術は？

A

レーザープラウとレベラーを用いた圃場面緩傾斜化による表面排水・灌漑の迅速化技術、地下水位制御システム「<sup>フ</sup><sup>オ</sup><sup>エ</sup><sup>ア</sup><sup>ス</sup>」による地表・地下水位の確実な制御技術、暗渠掘削において石混じりや重粘土などの土壌条件に左右されずに畦際の施工も可能なベストドレーン工法、油圧ショベルを利用する補助孔形成装置、圃場内からの漏水と地区外からの浸入水防止技術、及びマグネシア系土壌硬化剤「マグホワイト」を利用した畦畔補強、漏水防止、抑草、土壌浸食防止など、水田において田畑輪換を効率的に行うための数々の技術を開発しています。

## 1. 既存技術の課題

転換畑で降雨や隣接水田からの漏水等による湿害に対処する方法としては、明渠と弾丸暗渠が一般的です。しかし、これらの技術は適正な施工と維持管理が十分でないと効果を発現できません。明渠では掘削土の処理や一定勾配の維持、明渠網と落水口との連結が重要で、また、農業機械走行時の落輪に注意を要します。弾丸暗渠では、本暗渠の疎水材部分との確実な接続や適正な施工間隔（粘質な土壌では1 m間隔）、ほ場末端までの施工が重要です。一方、これらの施工が水稻栽培時の漏水原因になるとの懸念がありますが、明渠では畦際のトラクタ車輪等による十分な踏み固め、弾丸暗渠では本暗渠水閘の閉鎖と排水路水位の堰上げにより漏水防止が図れます。いずれにしても、農区単位（排水路で囲まれた範囲）における栽培作物の統一化を図ることが重要です。

## 2. レーザーレベラー等による圃場面緩傾斜化による表面排水と灌漑の迅速化

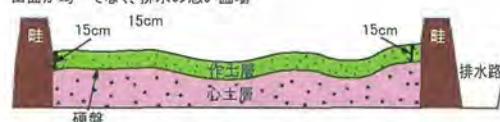
傾斜化はレーザープラウで表土層を予め設定した傾斜度で反転耕起し、この表土が乾燥した後レーザーレベラーで傾斜を付ける方向に前進と後進を繰り返して運土・整地作業を行うのが一般的で



写真1 レーザーレベラー

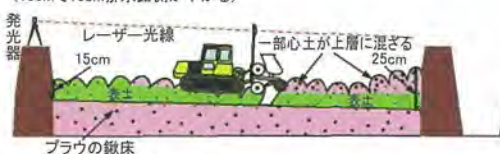
## 1) 現状

田面が均一でなく、排水の悪い圃場



## 2) 反転 耕起

傾斜をつけたレーザー光線に沿って、傾斜に反転耕起（100mで10cm排水路側が下がる）



## 3) 傾斜 均平

傾斜をつけたレーザー光線に沿って、傾斜に均平（100mで10cm排水路側が下がる）



図1 圃場面緩傾斜化の手順



す（写真1、図1）。傾斜が増すにつれて排水時間は短縮されますが、必要以上の傾斜は表土に心土が混じることや水平に復帰する際に時間を要すること、及び表土の流出も予測されるため好ましくなく、1/1000(100mで10cm)程度が最善です。なお、額縁明渠を施工すればさらなる排水性改善につながります。

傾斜化は、収量のアップを期待する技術ではなく、大雨に伴う湛水で生育障害が発生し、時として全滅するなどのリスクを回避するものです。また、速やかな表面排水によって圃場面の乾燥時間が短縮され、各種農作業が適期に行えるメリットがあります。なお、新たに作業時間の短縮や時々刻々の均平精度把握、レーザー機器の普及に伴う光線の錯綜問題に対応できるGPSレベラーが実用段階にあります。

### 3. 地下水位調節システム「FOEAS」による湿害と干ばつ対策

#### (1) FOEASの構成

圃場に埋設した有孔管等による幹線・支線パイプ及び補助孔に対して用水を供給し、田面排水機能を兼ね備えた用排水ボックスと地下水位を制御する水位制御器等を独自のレイアウトで配置することにより、畑作時の暗渠排水と地下水位制御の両立、稲栽培時の水管理の適正化、省力化を実現しています（図2）。

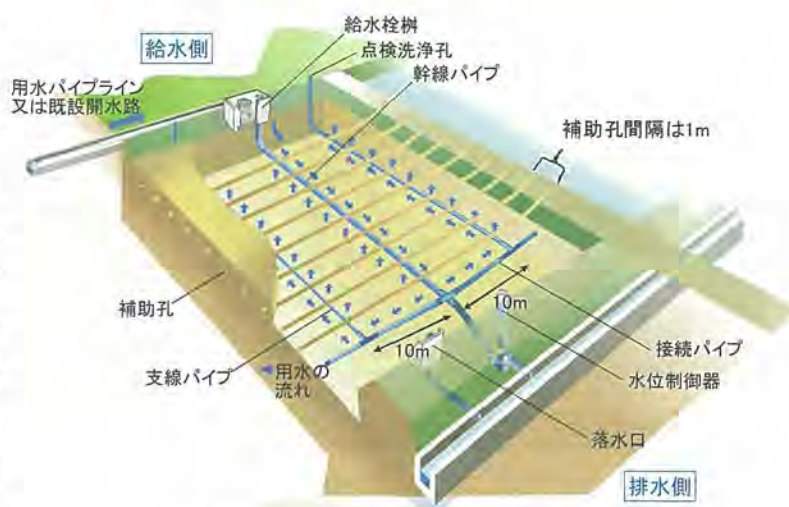


図2 「FOEAS」の全体構成

#### (2) メリット

導入に伴う畑作時のメリットは、①湿害と干ばつを回避でき、作物の安定生産が図れること、②田畑輪換によって暗渠疎水材のモミガラは湿潤と乾燥を繰り返すため非常に腐り易くなり、極端な事例では2年間で陥没が発生していますが、地下灌漑によってモミガラを水に浸しておくと腐食が防止でき、暗渠機能が長く持続すること、③転作を続けると畦畔や下層土に亀裂が入り、水田に戻したときには水持ちが悪くなりますが、地下灌漑を行うことにより水田としての機能が持続すること、④用水側に設置する用排水ボックスからも排水ができることから、迅速な排水が行えること、などの数多くの利点があります。

#### (3) コスト

10a当たりの施工価格は、田面下に岩石等がなく施工条件が良好な場合、30a区画で18万円程度となり従来の暗渠施工代とほぼ同額です。暗渠に各種機能が付加されているにもかかわらず低コストである理由は、支線パイプの田面下60cm水平施工と新たに開発したベストドレーン工法の採用にあります。

### 4. ベストドレーン工法とアーム式補助孔形成装置による施工性改善と低コスト化

#### (1) ベストドレーン工法

田面下に石がある場合や堅い土質の場合は、前処理としてアーム式ガイド掘削機で障害



物を除去した後、本機によって敷設床を形成しながらパイプと疎水材を同時埋設します。本機は施工する地区の規模によって2タイプから選ぶことができます（写真2、3、4）。



写真2 アーム式ガイド掘削機



5ha以上のまとまりのある団地に対応

写真3 ベストドレーン機



小規模団地や点在農地に対応

写真4 アーム式ベストドレーン機

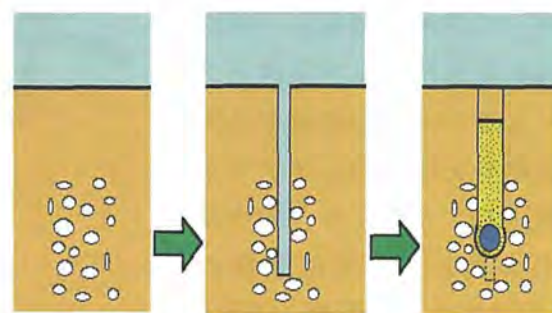


図3 施工時の石の移動状況

特徴は、①石がある土質、硬い土質、軟弱土でも施工できること、②掘削幅が9cmと狭く施工できることから、モミガラが腐食した場合でも表土の陥没の危険性が低くモミガラ使用量も少ないこと、③作業員数は4人に半減できること、④コストはバックホー掘削の30%以上削減、トレンチャー掘削の10～20%削減、等のメリットがあります（図3、4）。

## (2) アーム式補助孔形成装置

油圧ショベルのブーム先端に取り付けた補助孔形成装置によって、掘削長最大5mで予め設定した深さ（40cm）の亀裂と口径10cmの管状の間隙を形成します（写真5）。本法により従来のトラクタ牽引の弾丸暗渠施工では不可能であった田面外から掘削を始めることが可能で、上部水田や地区外からの湧水処理にも適しています。さらに、地下灌漑で最も問題となっていた畦畔沿いや排水路沿いの最も乾燥しやすい部分への送水が可能になります。

幹線パイプ  
硬質PE有孔管

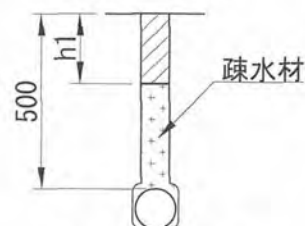


図4 施工断面



写真5 補助孔形成装置



## 5. 水田内からの漏水及び地区外からの浸入水防止技術

排水路側畦畔からの漏水防止対策として遮水シートが効果的です（図5）。

水田に水が貯まらない原因の大部分は畦畔漏水で、ネズミやモグラなどの小動物の掘削孔に起因するものと、泥炭土や砂質土などの透水性の高い土に起因するものがあります。また、深い排水路も漏水につながります。一方、傾斜地では上流部水田からの漏水、背後が山地、天井川など

の場合は湧水によって田面がぬかるんだり部分湛水することがありますが、この場合には法尻部分への土中溝（有孔管＋疎水材）施工や明渠施工が有効です（図6、写真6）。

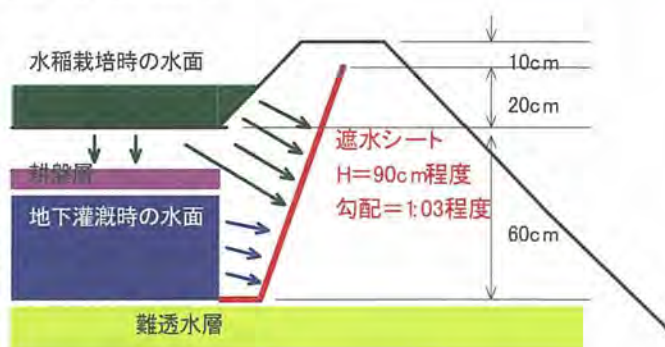


図5 遮水シートによる漏水防止対策

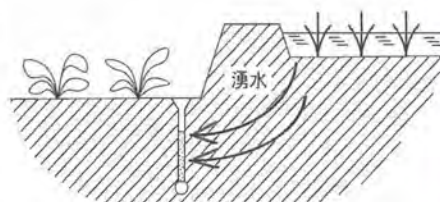


図6 土中溝による法尻の湧水処理



写真6 明渠による湧水処理

## 6. 土壌硬化剤「マグホホワイト」による畦畔の補強、雑草抑制、土壌浸食防止技術

軽焼マグネシアとリン酸肥料または炭酸塩、及びクエン酸といった肥料や食用物を原料としています。固化物は不要になれば土に戻すことができます（図7）。



図7 マグホホワイトによる土の固化原理

固化した土のpHは中性域であり、メダカやアサリ、スサビノリなどに対する生育試験を行っていますが死滅例はありません。また、穀物や野菜に直接噴霧しても生育に影響を与えません。有機性土壌や河川、湖沼、ため池の底泥など高含水土壌も固めることが可能です。さらには、土壌に含まれる有害物質を封止することができ、固めた土壌は再利用が可能です。本固化剤を用いて、畦畔下層の漏水防止や表面崩壊防止、雑草抑制、降雨に伴う土壌浸食の抑制等を図ることができます。（藤森新作）



Q

## 5 排水が不十分な圃場での営農排水技術や栽培法は？

A

## 1. 未整備圃場における排水技術と栽培法

圃場整備未実施地区では、降水は排水溝で地表から迅速に排除してください。湛水が見られる圃場では畝立て栽培で対応してください。

## (1) 営農排水技術

水田の畑利用を推進するため、暗渠排水をはじめとして、圃場の整備が進められています。しかし、依然として多くの基盤整備が不十分な圃場が残されており、営農的な排水対策が必要です。

## 1) 地表からの排水

降雨によってもたらされた水は、地表から排水されると同時に、土壤中に浸入します。土壤中の水の移動は極端に遅く、しかも、大きな間隙中の水しか重力によって排除できません。そのため、圃場からの排水の基本は、地表からの排水を促進することです。

地表からの排水を促進するため、畦畔際にオーガトレンチャなどの溝掘機で、深さ20～30 cmの排水溝(明渠)を掘ります。畦畔に沿って掘られた排水溝を周囲(額縁)明渠と呼びます。一般に、四隅の排水溝の接続は人力で行われますが、排水溝の底が水平か、排水路側に傾斜を持って丁寧に行ってください。最近では、オフセット機構を持った溝掘機が市販され、四隅も容易に作溝できるようになりました。排水溝は圃場の落水口(水じり)に確実に接続します。水稻を対象に整備された古い水田では、その落水口の敷高は、田面下5～10cm程度の高い位置にある場合が多く、20～30 cmの深さで掘られた排水溝では、落水口の高さが排水のネックとなります。落水口を30 cm程度の深さに施工し直すか、新しく落水口を設ける必要があります。

粘質な土壌で暗渠が無い圃場では、地表の残留水や作土の過剰な水を地表から排水するため、排水溝を約10m間隔で施工したり(写真1)、排水溝と連結した浅い(深さ25 cm前後)弾丸暗渠や心土破碎を2～3 m間隔で施工します(写真2)。なお、弾丸暗渠や心土破碎は排水持続効果が短いので毎年施工するのが望ましいです。

## 2) 地下排水(暗渠排水)

最近では、溝を切りながら暗渠管や疎水材を同時に敷設できる機械が普及してきました。そのため、暗渠が無い圃場でも、常時の排水路の水位が50 cm以下にある場合、深さ50 cm程度の浅い暗渠を簡易に施工でき、地下排水性の改善も容易になっています。一方、暗渠はあるが暗渠からの排水がみられない場合、その多くは疎



写真1 10m 間隔で施工した排水溝



写真2 浅い弾丸暗渠の施工



水材(モミガラ)の不足、腐敗による減少のため、暗渠直上の透水性が悪化していることが多いといえます。この場合、暗渠に直交して暗渠疎水材とつながる深さで弾丸暗渠、心土破碎、モミガラ簡易暗渠などの営農排水技術を導入することによって地下排水性は改善されます。粘質な土壌では、弾丸暗渠や心土破碎は2～3 m間隔で、モミガラ簡易暗渠は10m程度の間隔で施工します。

## (2) 栽培法

### 1) 前作物での対応

大豆栽培の前作が稲の場合、水管理が重要です。中干し時には、水田溝切機で江立てし、排水を強化します。収穫後には、冬期間に降水量が多いところでは、土壌の乾燥時をねらって畦畔際に排水溝を設置します。土壌が湿潤状態では、トラクタによる溝切作業は、土壌を練返したり、わだちを作るなど、圃場の排水性を悪化させます。このような場合、秋は小型の溝切機で長辺方向に5 m間隔で溝を切るにとどめます。本格的な排水溝は土壌が乾燥する春先に行います。なお、稲の乾田直播、不耕起栽培などの栽培方法は、土壌の透水性を改善し、乾燥を促進させます。

冬作物としての麦作は、蒸散による春先の乾燥を進めるとともに、根穴などによって土壌の透水性を改善させます。また、麦作時に耕耘・播種と同時に行われる排土板などを用いた小排水溝や播種後に施工される排水溝は、麦作時の排水改善を進めるとともに、大豆作の初期の排水条件を改善します。冬作物として、イタリアンライグラスやヘアリーベッチなどを作付けることによって土壌の物理性が改善されるという報告もみられます。

### 2) 大豆の栽培法

排水条件が極端に悪い場合の湿害対策技術の一つとして畝立て栽培があげられます。大豆の畝立て栽培の事例として、耕耘同時畝立て播種技術や小明渠作溝同時浅耕播種技術があげられます(I・2のvi、vii参照)。前者は、ロータリ爪の向きを変えることによって畝を作り、後者はロータリの両サイドに設けたサイドディスクで溝を切り、浅耕と組み合わせることによって広幅(約2 m)の畝を作ります。畝間(小明渠)は地表排水を促進します。畝は大豆の根圏環境の排水性、通気性を改善します。また、耕耘・播種作業などを適期に同時に行うことによって、降雨による作業の遅れや湿害の危険性が回避できます。畝の高さは、降雨時に冠水しなく、畝間の水が容易に排水できる条件下では、10 cm程度でも効果は大きく出ます。表面湛水の危険性が高い地域では、畝の高さは30 cm程度必要です。なお、畝間は畦畔際に設けられた排水溝に接続しなければなりません。

### 3) 各種農作業の注意事項

作付け切替期に降水量が多い地域では、作業の適期が短く、過剰な水分条件下で各種農作業が行われることが多くなります。これら作業は、農作業機械による踏圧や練返しによる土壌の透水性の悪化やわだちを作り、地表面の残水を多くします。農作業は、できる限り適期で適切な土壌水分条件で行わなければなりません。

耕耘作業においては、耕耘の深さが同じになるように注意しなければなりません。場所によって耕耘の深さが異なる場合、深く耕耘された場所は残水の発生につながりやすいので、耕盤や田面の均平が地表の残水を少なくするポイントです。



## 2. 整備圃場における排水技術

圃場整備が実施されていても、整備から年数が経過している地区では、暗渠の効きが悪く、排水不良になっています。対策例として、暗渠疎水材であるモミガラを補充技術および各種の補助暗渠技術があります。なお、地表排水対策はこのケースでも必要です。

### (1) 暗渠排水機能回復技術

#### 1) モミガラ補充技術

暗渠施工時には、暗渠管の上に排水性確保のための疎水材としてモミガラが充填されます。しかしながら、水田で稲作と畑作（大豆など）を繰り返すうちに、モミガラは分解して泥が混じり、暗渠の排水性が低下するとともに、充填したモミガラの上部が空洞化し、トラクタ走行時の脱輪など作業の支障となる場合もあります。このような原因で生じる排水不良や農作業の効率低下への対策として、従来は暗渠の再施工、トレンチャによるモミガラ簡易暗渠の施工（(1)－2）など費用と労力のかかる方法しかありませんでした。

この問題に関して、近年、トラクタに装着して空洞部分のモミガラを補充（再充填）するアタッチメントが開発され、実用化しているので紹介します。

写真3に機械の全景と施工の様子、写真4に暗渠管上にモミガラが充填されている様子を示します。動作の内容は、トラクタを暗渠に沿って走行すると、アタッチメントが45 cm程度の深さに土を切り開き、そこにホッパーに搭載したモミガラが落下・充填するというものです。はじめに暗渠の埋設位置を確認しておけば、トラクタがその線上からズレないように工夫されています。落下したモミガラを突き固める作業やトラクタに並走してモミガラを運搬する者を含めると、作業人員は約7～8人です。作業時間は暗渠1本（約100m）当たり10分程度ということです。小石を多く含む土壌以外に広く適用が可能です。なお、本作業は、水稲作から畑作に切り替える前に行うのが良いとされます。水が入ってしまうと、モミガラが分解してできた空洞に土が入りやすくなるからです。



写真3 モミガラ再充填機の走行時全景



写真4 モミガラ再充填の様子

#### 2) 補助暗渠技術

上記したモミガラの補充によって暗渠の直上付近の排水性は回復しますが、暗渠から離れた場所の排水性が良くない場合も多く見られます。この対策として、(1)－2)に紹介されている弾丸暗渠が一般的ですが、土壌の性質によっては弾丸暗渠がすぐに潰れてしまい、排水改善効果が持続しない場合もあります。以



下では、弾丸暗渠以外の補助暗渠技術を紹介します。

写真5はトレンチャ式の無材暗渠を施工している様子、写真6は施工後の土壌の断面図です。この技術は、写真6のように地表からの水を集める縦溝の幅が広いために潰れにくく、排水改善効果が長持ちするのが特徴です。この技術は泥炭土や粘質土に適しており、施工間隔を約5～10mとすることが排水改善に有効です。



写真5 トレンチャー式  
無材暗渠施工



写真6 施工後の土壌断面



写真7 穿孔式無材暗渠施工



写真8 施工後の土壌断面

写真7は穿孔式の無材暗渠を施工している様子、写真8は施工後の土壌の断面図です。この技術は、写真8のように写真6と比べて縦溝やその下の空洞がさらに広く、地表から浸透した水を集める能力が高い上、排水改善効果がさらに長持ちします。この技術は

幅広い土壌に適用でき、施工間隔を約5～10mとすることが排水改善に有効です。牽引抵抗が大きいため、現在では写真7のように馬力のある建設機械で施工していますが、近い将来トラクタで施工できるような改良がなされる見込みです。

このように、補助暗渠にもいろいろなタイプがあり、土壌の性質に応じて使い分けることができます。

(足立一日出・原口暢朗)





6

## 土壌種類別の土壌理化学性の特徴と大豆の生産性との関係は？



### 1. 土壌種類別の土壌理化学性の特徴

大豆が作付けされている畑、水田転換畑の土壌には、黒ボク土、赤・黄色土、褐色低地土、灰色低地土、グライ土等があり、それぞれ異なった理化学的特徴を持っています（表1）。土壌の色は、含まれている鉄が酸化～還元状態（ $\text{Fe}^{3+} \sim \text{Fe}^{2+}$ ）で示す色に、腐植の黒、褐色が混ざったものが目に見えているといえます。生産現場の土壌理化学性を正確に把握するには、都道府県で整備されているデジタル土壌図（<http://ss.niaes.affrc.go.jp/inventory/soil/TEITENsokuho/chiba43> 農耕地土壌の分布と特性が容易に検索できる「耕地土壌情報データベース」千葉県農業総合研究センター）や、印刷物の土壌図から判別する方法が確実です。

表1 土壌種類別の理化学的特徴と農業利用の留意点

| 土 壌     | 理化学的特徴                                                                                                                         | 農業利用上の留意点                                              |
|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| 黒 ボ ク 土 | 火山灰を母材とする場合が大部分で酸性土壌が多い。腐植含量が多く、保水性、透水性、通気性に優れ、保肥力も大きい。リン酸吸収係数が大きく、可給態リン酸含量も少ない。                                               | 石灰資材、リン酸肥料の施用が必要。                                      |
| 黄 色 土   | 第三紀層、洪積層上に分布することが多い。腐植含量が極めて少なく、土壌が緻密で物理性が不良で透水性が小さく、多雨時に湿害、少雨乾燥時には早ばつ害が発生しやすい。化学性ではCa、Mg、リン酸などの養分含量が低く酸性土壌が多い。                | 堆肥等の有機物や土壌物理性を改良する資材、石灰資材、リン酸肥料の施用が必要。湿害、早ばつ害両方の対策が必要。 |
| 赤 色 土   | 第三紀層、洪積層の上に分布する場合が多い。腐植含量が極めて少なく、土性は粘質～強粘質であるため透水性が悪い。保水力が小さく、多雨時に湿害、少雨乾燥時には早ばつ害の発生する危険性が高い。                                   | 堆肥等の有機物や土壌物理性を改良する資材の施用が必要。湿害、早ばつ害両方の対策が必要。            |
| 褐色低地土   | 沖積地のうち、比較的排水が良好なところに分布し、ほぼ全層が黄褐色～褐色の土層からなる土壌である。排水が良く作業性には優れるが、表土の腐植含量は少なく、肥沃度や養分含量は中～少である場合が多い。                               | 堆肥等の有機物の施用を行うことが重要である。また、寡雨乾燥時の灌水が必要。                  |
| 灰色低地土   | 沖積地のうち、比較的排水が不良なところに水田として分布し、ほぼ全層が灰色～灰褐色の土層からなる土壌である。全国的に分布面積が最も広い土壌である。全般的に生産力が高いが、転換畑では土壌有機物の消耗、養分の溶脱が起きやすく、多雨時に湿害を受ける恐れがある。 | 排水対策を必要とする。転換畑では堆肥等の有機物を施用し、地力の消耗対策が必要。                |
| グ ラ イ 土 | 河川、湖岸及び海岸沿いの沖積平野等の低地に水田として分布し、青灰色のグライ層が全層または作土直下から出現する強グライ土と、グライ層がやや深い位置（30～80cm）に出現するグライ土がある。排水不良で地下水位が高い湿田が多い。               | 排水対策を最も必要とする土壌。湿害、土壌の通気性不良による根腐れをまねきやすい。               |

### 2. 土壌理化学性と粘土鉱物

土壌の物理性、化学性、保水性、肥沃度は、土壌に含まれる粘土鉱物と腐植に大きく影響を受けます。都道府県ごとの低地土壌の結晶性粘土鉱物組成をみると、スメクタイトは東北、関東、北陸地方に組成割合の高い県が分布し、カオリン鉱物は中国、四国地方に組成割合の高い県が分布していました（図1）。スメクタイトをはじめとする14Å鉱物は、粘土鉱物の層間に水等が出入りすることができ、吸水すると膨潤し、乾燥に伴って収縮します。この特性から、スメクタイトの割合の高い水田は転換畑にすると土壌に亀裂構造ができ、通気性、透水性が確保されやすくクラストも問題になりません。これに対してカオリン鉱物は吸水、乾燥による膨潤、収縮が小さいため転換畑にしても土壌の通気性、透水性が変化しにくく、降雨によるクラストができやすく、大豆に限らず直播作物の発芽阻害の要因となります。農研機構では、各地域の土壌、粘土鉱物組成に応じて、耕耘同時畦立て播種、有芯部分耕播種、不耕起播種、浅耕同時作溝播種、覆土前鎮圧播種の各方式の施



肥播種機を開発しております。

### 3. 土壌種類別の大豆の生産性向上対策

#### (1) 黒ボク土

物理性が良く、問題となる場合は少ないのですが、畑地帯で播種以降に乾燥すると出芽率の低下、出芽遅れが起きる場合があります。対策としては播種位置を深くする、鎮圧を強めることが有効です。水田転換畑で地力窒素の無機化量が多い場合は、徒長（蔓化）と倒伏が低収要因になるので、窒素施肥量を減らします。徒長した場合には開花期の摘芯が有効です。

#### (2) 赤・黄色土

梅雨期にクラスト形成、湿害による出芽率の低下、台風の大雨による湿害を起こしやすい反面、寡雨時には早ばつ害を発生しやすい土壌です。早ばつ害として顕在化する以前に、水欠乏ストレスは光合成を阻害して低収要因となるので、暗渠、明渠の整備を行って多雨時の速やかな排水、寡雨時の灌水が有効です。土壌に含まれる粘土鉱物は CEC が小さく保肥力に乏しいこと、腐植含量が少なく地力窒素量が少ないことも低収要因ですので、堆肥等の施用、適正な施肥管理が必要です。

#### (3) 褐色低地土

比較的排水が良好であり、水欠乏ストレスが低収要因となりやすいので、寡雨時の灌水が有効です。表土の腐植含量は少なく、水田転換畑では消耗が促進されるので、堆肥等の施用が重要です。

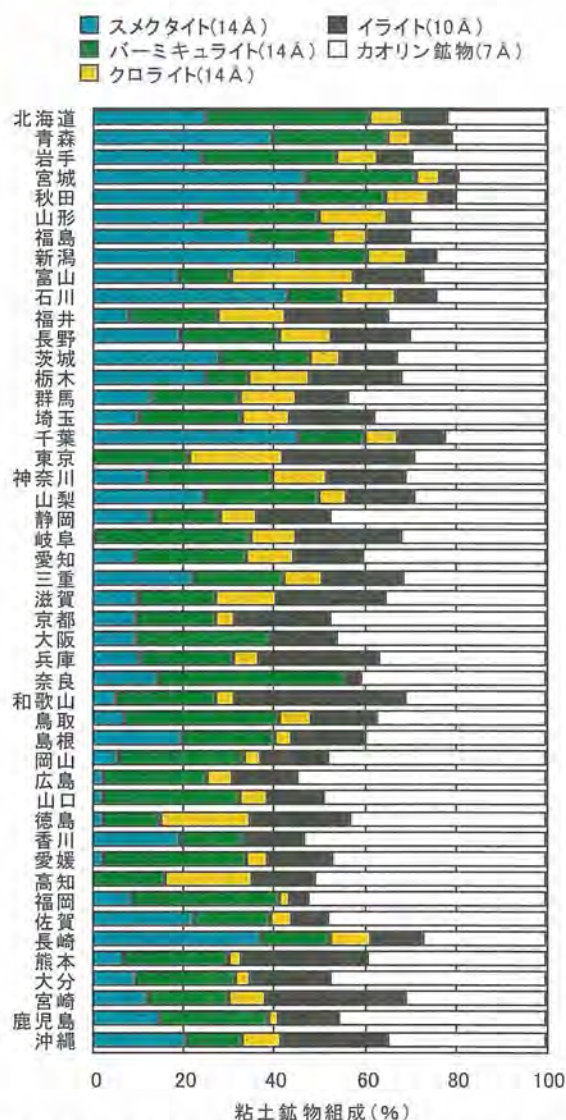
#### (4) 灰色低地土

梅雨期に湿害による出芽率の低下、台風時の滞水による湿害が低収要因となるので、暗渠、明渠の整備による排水対策が必須です。水田転換畑で地力窒素の無機化が多い場合は、徒長（蔓化）、倒伏が低収要因になるので、窒素施肥量を減らす必要があります。徒長した場合は黒ボク土と同様に、開花期の摘芯が有効です。

#### (5) グライ土

排水不良、通気性不良が低収要因であり、排水対策を最も必要とする土壌です。湿害、通気性不良により根粒着生・根粒活性が低下したときは、対症療法として 窒素追肥が有効です。

（増田欣也）



原図：農業環境研究成果情報 第13集（平成8年度成果）  
わが国の低地土壌における粘土鉱物組成の類型化と地域的特徴

図1 都道府県ごとの低地土壌の  
結晶性粘土鉱物組成



Q

7 大豆栽培に適した土づくりのための有機質資材の種類と施用法は？

A

大豆は地力窒素を多く吸収するので、土づくりのためにも有機質資材の施用が効果的です。施用量は牛ふん堆肥や豚ふん堆肥なら1～2t/10a、発酵鶏ふんなら100～200kg/10a、籾殻堆肥なら1～2t/10aが良いでしょう。なお、前作が麦類の場合、麦わらをすき込むと初期生育が抑制される場合がありますので、500kg/10a程度までとし、基肥の速効性窒素質肥料を増肥すると良いでしょう。

### 1. 大豆作付による地力の消耗とそれに伴う有機質資材の必要性

水田転換畑大豆の歴史の長い富山県では、収量が以前より低下していて、特に、有機物の少ない扇状地の砂質土壌で目立っており、土壌窒素肥沃度の低下が早く、そのため、大豆作付期間が長くなるにつれて減収しやすい傾向にあります。また、東北の稲・大豆輪作体系の水田でも大豆作付割合の増加につれて土壌窒素肥沃度が低下しています。これらは大豆が地力を消耗しやすいため、地力を高めるような方策、すなわち、有機質資材の投入や緑肥の鋤込みなどが必要と考えられます。実際、東北地域では稲わら堆肥を2t/10a施用し、大豆2作に対して水稻3作の割合で作付けすると、土壌窒素肥沃度が維持されることが示されています(図1)。

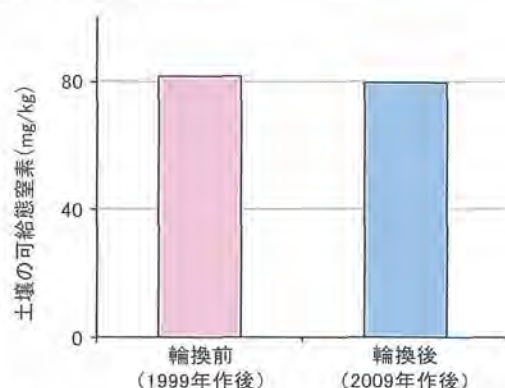


図1 稲わら堆肥2t/10a連用、大豆2作：稲3作の作付けで地力窒素は維持できる

(出所) 西田瑞彦ら(2010)

また、有機質資材は大豆の生育後期、特に、開花期から登熟期にかけて旺盛に生育する大豆にとって多量に必要な窒素を補給する地力窒素の維持増進だけではなく、強粘質の土壌での透水性や通気性の改善、砂質土壌の保水力や保肥力の増大が期待でき、根粒活性を高める働きもあります。その結果、気象変動に左右されにくくなるので、有機質資材は大豆の収量・品質の安定化には不可欠と言えます。なお、堆肥は新鮮有機物よりも窒素含有率が高く、無機態窒素も多いため、施用量によっては根粒着生を抑制する事例も見られますので注意が必要です。さらに、大豆の窒素施肥効果は収量水準が高い場合には少ないのですが、有機物施用と組み合わせると、効果が認められた事例もあり、それぞれの単独施用でなく組み合わせによる相乗効果をねらった方が良いでしょう。

### 2. 堆肥施用量の目安

有機物無施用で麦－大豆体系の転換畑利用を続けると、4年目には土壌肥沃度が徐々に低下しますが、大豆残渣や麦稈を鋤込むことにより土壌肥沃度を維持できます。さらに、堆肥を連用すれば土壌養分と保肥力は増大し、物理性も良好になります。中国農業試験場では麦稈800kg/10aと堆肥2t/10aを施用すると、大豆収量が3～11%増加したという報告があります。富山県などの事例から大豆に対する有機物施用の目安としては、牛ふん堆肥や豚ふん堆肥なら1～2t/10a、発酵鶏ふんなら100～200kg/10a、籾殻堆肥なら1～2



t/10aが良いでしょう（表1）。九州や北海道でも有機物施用は、1～2 t/10aの堆肥を大豆播種前に投入しており、転換畑では畑転換後の地力窒素の発現が期待できるため、畑作大豆の標準施用量の2 t/10aと比べると少ない傾向が認められます。ちなみに、2002～2004年の7/10頃に九州北部で大豆品種「サチユタカ」を用い、1/2000aポットで牛ふんペレット堆肥を1.6 t/10a相当施用した事例では、牛ふん堆肥施用により莢数、子実重が増加しました。

### 3. 麦稈施用の留意点

転換畑では大豆前作として麦類を導入することが多く、麦稈の施用が有機物資源の有効利用の面からも推奨されています。しかし、麦稈は窒素含有率が0.5～0.7%程度と低く、炭素含有率は40～45%程度なのでC/N比が60～80と高いため土壤に施用すると、土壤微生物によって分解された無機態窒素が微生物菌体に取り込まれ、作物にとっていわゆる「窒素飢餓」が起こるため、基肥窒素を増肥する等の対策が必要となってきます。一般的には麦稈をすき込んだ場合、大豆の初期生育が抑制され、主茎長が短く、麦稈施用量が多い場合には子実の小粒化の傾向も見られ、土壤中の無機態窒素含有率は低下し、大豆茎葉窒素含有率も低く推移しますので、500kg/10a程度までとし、基肥の速効性窒素質肥料を増肥するのが安全でしょう。また、堆肥と異なり施用量が多いと土壤が乾燥しやすいため、その乾燥程度により生育中・後期に畦間灌漑をするなどして登熟を高め、小粒化等の防止に努めると良いでしょう。

### 4. 緑肥作物のすき込み

大豆の前作物として、ヘアリーベッチ等の緑肥作物のすき込みが富山県で推奨されており、収量の向上、しわ粒率の低下、土壤腐植含量の増加が認められています。ただし、積雪期間が長く、緑肥作物の生育量が小さい年は十分に生育量を確保してからすき込むように指導されています。

（土屋一成）

表1 大豆栽培に適した土づくりのための  
有機質資材の種類と施用量

| 有機質資材 | 施用量           |
|-------|---------------|
| 牛ふん堆肥 | 1～2t/10a      |
| 豚ふん堆肥 | 1～2t/10a      |
| 発酵鶏ふん | 100～200kg/10a |
| 籾殻堆肥  | 1～2t/10a      |
| 麦わら   | 500kg/10a程度   |

（出所）富山市農業普及指導センター（2006）、  
橋本鋼二（1980）

#### <参考文献>

- 1) 有原丈二(2005)収量漸減の要因と多収・高品質生産の課題、農林水産技術会議編(2005)農林水産研究開発レポートNo. 13 大豆の安定・多収を目指して、47-50
- 2) 草佳那子ら(2004)微量要素資材および牛糞堆肥施用が大豆の収量と品質に及ぼす影響、日本土壌肥科学会2004年度大会（講演要旨集）：50、131
- 3) 富山市農業普及指導センター(2006)大豆技術情報第1号
- 4) 西田瑞彦ら(2010)寒冷地の水稻－ダイズの田畑輪換田における可給態窒素の維持技術、平成21年度東北農業研究成果情報
- 5) 橋本鋼二(1980) 有機質肥料・有機物の施用、斉藤正隆ら(1980)「大豆の生態と栽培技術」、農文協、127-128
- 6) 脇本賢三(2002) 有機物施用、農林水産技術会議編（2002）「農林水産研究文献解題No. 27 大豆自給率向上に向けた技術開発」、農林統計協会、246-248





8

大豆作における地力向上対策としての冬作緑肥の使い方は？



### 1. 緑肥を導入する目的

緑肥作物は、動力散布機で播種ができるため、堆肥等の有機物資材に比べて手軽に土づくりが行える利点があります。一方で、緑肥作物が上手に育たないとその効果は得られなくなります。また何のために緑肥を導入するのかを良く考えないと、コストがかかったにも関わらず、得られる効果が良く分からないということになります。そのため、導入を考えているほ場の土壌がどのようなものかを良く吟味する必要があります。

地力と言うと土壌窒素の肥沃性が第一に考えられがちですが、転換畑の場合は物理性の改善の方が重要であることが多々あります。そのため、肥沃性を向上させるのか、物理的要因を改善させるのかにより、導入すべき作物が変わります。一般的には、窒素肥沃度を向上させるためにはマメ科作物を導入するのが効果的で、物理性を改善するためには乾物生産量が高いイネ科作物を導入するのが効果的と言えます。

### 2. 緑肥作物の効果

#### (1) 窒素肥沃度の向上に対する効果

レンゲやヘアリーベッチ等の緑肥作物は、根粒窒素固定により窒素含有率が3～4%程度と高く、炭素と窒素の割合（C/N比）も11～15程度と土壌と同程度となります（表1）。一方、非マメ科の冬作緑肥作物は、ムギ類では窒素含有率は1%程度かそれ以下となり、C/N比はおおむね40を超え、アブラナ科のナタネでも、開花期を過ぎればC/N比は30近くなります（表1）。また、主要な緑肥作物のすき込み時の炭素含有率は40～45%程度で大きな変化はありませんが、窒素含有率はすき込み時にどのような生育ステージにあったかに大きく影響されます。早い段階でのすき込みとなるほど、窒素含有率が高めとなる傾向にありますので、すき込む緑肥作物の生育ステージに注意して下さい。また、これらは大豆の播種時期や緑肥作物の生育ステージによって変わるので、地域により適切な品種を選定して下さい。

#### (2) 土壌物理性の改善に対する効果

窒素肥沃度が高いと考えられる水田土壌の多くは、排水が不良で、湿害に陥りやすいです。こういう条件では無理に窒素肥沃度を高める目的で緑肥作物を導入する必要はありません。こういう排水不良条件では、土壌物理性の改善を目的とし、緑肥作物が春先に盛んに蒸散を行うことで、緑肥作物が作付けされていないほ場よりも土壌が乾燥しやすくなります。また、すき込まれた緑肥作物は、すき込み当初は土壌の孔隙率を上げ、排水性を高めるのに効果があり、大豆作付け時にも作業がしやすくなります（図1）。これらの効果は、土壌中での分解に従って小さくなりますが、イネ科のエンバク等では、おおむね1ヶ月程度は効果が持続すると考えられます（図2）。また、土壌水分が多い条件でも、緑肥がすき込まれている方が、培土作業も容易になります。

### 3. 緑肥栽培のポイント

冬作緑肥作物はほとんどが湿害に弱いため、ほ場の排水性を十分に良好にしておく必要があります。特に転換畑で、前作が水稻の場合には、十分な排水対策が必要となります。暖地では、水稻収穫後、額縁明渠の施工や作溝により、表面排水を良好にした上で、播種



を行います。しかし、寒地では越冬前に生育を一定以上確保しなければならないため、早く播種をしなければならず、水稻の立毛中に播種するような状況にもなってきます。

播種は、不耕起のままでも可能ですが、耕起した方が出芽は安定します。耕起する場合は大豆播種前のすき込み時の耕深より浅く設定します。これは、冬期間にできる滞水面が大豆の湿害を助長することになるため、すき込み時にこの滞水面を壊せるようにするためで、大豆に対する湿害を回避しやすくなります。

#### 4. 緑肥のすき込み

イネ科緑肥作物はロータリーでは絡み付きが多くなるため、フレールモア等で裁断を行わないとすき込みが困難です。一方、マメ科緑肥作物は繊維が比較的軟らかい段階ですき込むため、ロータリーで直接すき込むことも可能ですが、一度にすき込むことは難しく、やはりフレールモア等で裁断を行う方が無難です。また、プラウ等によりすき込む場合は、すき込みから大豆の播種までの期間が短いと、播種作業に支障を来すことがありますので、間隔を空けたり、裁断を行ったり等の考慮が必要になります。

(大野智史)

表1 緑肥の生育量、窒素、炭素蓄積量

| 処理      | 乾物重<br>gDW/m <sup>2</sup> | 乾物率<br>% | T-N<br>% | T-C<br>% | C/N比 | N蓄積量<br>gN/m <sup>2</sup> | C蓄積量<br>gC/m <sup>2</sup> |
|---------|---------------------------|----------|----------|----------|------|---------------------------|---------------------------|
| ヘアリーベッチ | 354                       | 11.3     | 4.26     | 44.9     | 10.5 | 15.1                      | 159                       |
| エンバク    | 453                       | 22.6     | 1.02     | 43.2     | 42.4 | 4.6                       | 196                       |
| レンゲ     | 326                       | 13.6     | 3.56     | 42.7     | 12.0 | 11.6                      | 139                       |
| ナタネ     | 314                       | 17.9     | 1.55     | 42.6     | 27.5 | 4.9                       | 134                       |

\*富山農技セ。播種は2003/10/20、2004/5/24 調査時

播種量は、10a 当たりヘアリーベッチ 4kg、エンバク 8kg、レンゲ 4kg、ナタネ

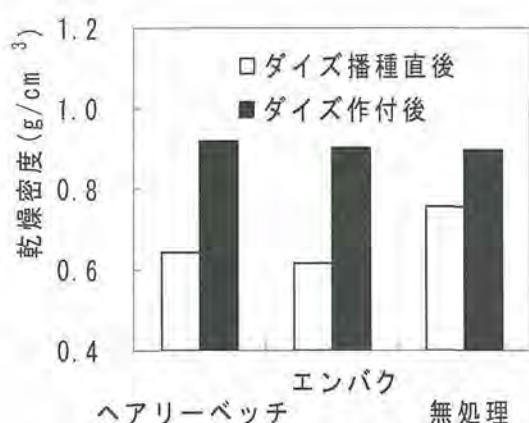


図1 緑肥すき込み後の土壌の乾燥密度

<出所>大野智史ら(2005)日土肥講要 51:124

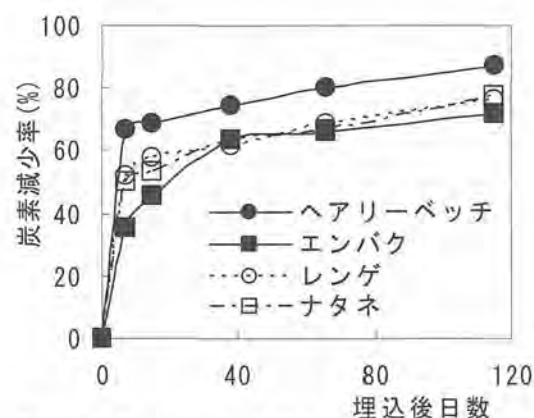


図2 炭素の減少から見た緑肥の分解の推移

<出所>大野智史ら(2005)日土肥講要 51:124



Q

## 9 収量と品質を向上させる窒素施肥のポイントとは？

A

## 1. 大豆の窒素吸収

大豆の窒素吸収は、根粒の活性がそれほど高くない生育初期では緩やかですが、その後は地域や品種によって異なるものの、開花期頃には根粒による窒素固定が増加し、急激な増加が認められ、生育後半になると再び鈍化します（図1）。根粒の着生しない変異体と比較すると、開花期前後から最大繁茂期頃に根粒による窒素固定の効果が高いことが伺えますが、一方で生育後半では根粒による窒素固定の効果が減少します。また、大豆の根粒は固定した窒素を主にアラントイン等のウレイド態窒素に代謝して、茎葉に輸送しますが、このウレイド態窒素の推移を見ても同様の傾向が認められます（図2）。すなわち大豆の窒素施肥は、根粒による窒素固定を上手に利用し、その効果を妨げないことが重要なポイントとなります。

## 2. 基肥窒素

大豆の基肥窒素は、他の畑作物や水稻よりも少ないのが一般的です。しかし、基肥窒素が少ないからと言って、必要ないわけではありません。基

肥窒素が不足すると、初期生育が不足し、主茎長も短く、着莢位置が低くなり、刈取時の損失も増加します。また、生育初期が梅雨時期にかかる地域では、湿害に対する抵抗も弱くなると同時に、この時期の窒素不足は分枝の発生が少なくなり、主に有限伸長型の大豆を作付けする日本では、総節数が少なくなり、着莢数が抑制されるリスクを抱えることになります。

大豆は、土壌中の硝酸態窒素濃度が高いと根粒中の窒素固定酵素は失活することが

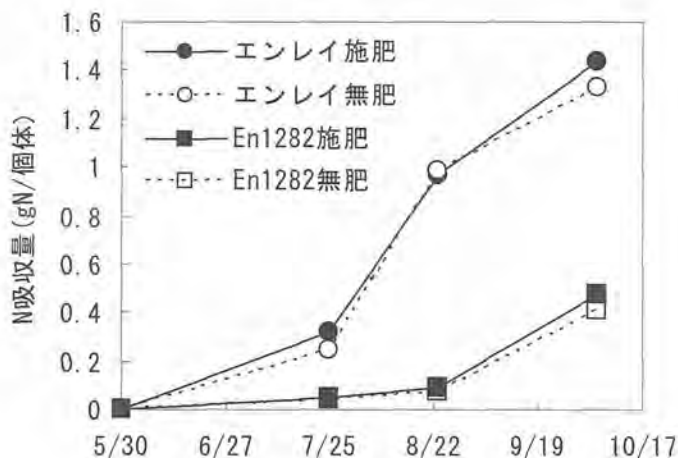


図1 エンレイと根粒非着生系統En1282との窒素吸収の比較

\* 根粒非着生系統En1282：(生物資源研 赤尾 作出)  
<出所>大野智史ら(2007)日土肥講要53

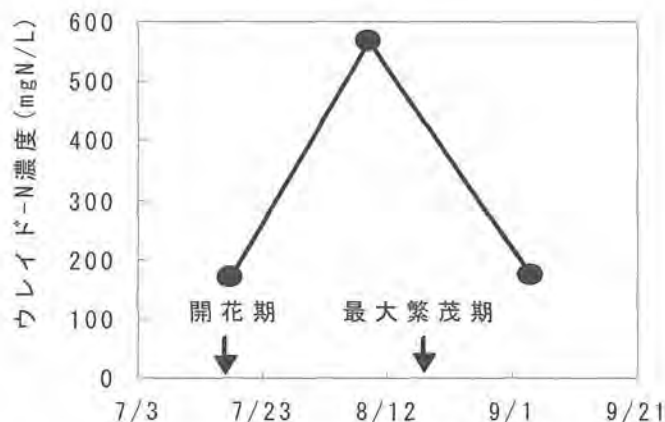


図2 ウレイド態窒素濃度の推移

<出所>大野ら(2003)日土肥講要50:272



知られており、施肥窒素量を多くするとこの酵素が失活するリスクが高まります。特に保肥力が小さい粗粒質の土壌では、よりリスクが高くなります。また、初期生育が大きすぎると蔓化して、倒伏するため、大豆の窒素施肥量は、他の作物より少なめに設定されています。しかし、近年は転換畑大豆においても初期生育の不足が懸念されているため、施肥窒素量をやや増加した方が良い場合もあります。この場合も大豆の主茎長の伸長状況や分枝の発生状況を考慮すると同時に、根粒が失活していないかどうかにも念頭に置く必要があります。活性のある根粒はレグヘモグロビンが存在するため薄い赤色をしています。

### 3. 窒素の追肥

窒素追肥は概ね必要がありませんが、初期生育が不足している場合等、状況によっては高い効果を示す場合があります。特に湿害により窒素欠乏になっている場合には、窒素の追肥により回復が認められるケースが多いようです。しかし、窒素を追肥しても湿害の原因を除去しなければ、効果は一時的なもので終わってしまいます。そのため、排水対策を再度確認した上で追肥を行う必要があります。施肥量は、地域や品種によって異なりますが、根粒の窒素固定の妨げにならないように、おおむね2 kgN/10 a程度でとどめておく方が無難です。

### 4. 緩行性窒素肥料の効果

近年は、被覆尿素等の緩行性窒素肥料を含む大豆用の肥料が市販されています。これらの肥料は基肥として施用される場合は、根粒の窒素固定活性を妨げないように、活性の高い時期は肥料の溶出が抑制され、活性が少し低下してきた頃から溶出するタイプのものが多いようです。期待される効果は着莢の状況等により多少異なる場合がありますが、おおむね収量の増加が期待できます（高橋ら2002）。また、日本海側で近年多発しているしわ粒の内、ちりめんじわ粒は栄養凋落による老化の進行が原因であろうことが明らかになってきています（I・1のQ26参照）。老化の抑制に最も効果が高い元素は窒素であり、根粒による窒素固定活性が低下した後まで窒素供給がなされる被覆尿素等の緩行性肥料の施用により、しわ粒が抑制されたケースも認められています。但し、これらの肥料は温度依存性により肥効が調節されており、また土壌水分の影響も受けやすいため、使用にあたっては、播種時期等を十分に考慮して使用することが効果を高めるポイントとなります。

### 5. 土づくり

大豆は比較的施肥反応が鈍い上、根粒による窒素固定が重要なポイントになるため、化学肥料の施肥だけでコントロールするのが困難です。そのため、堆肥の施用等、土づくりをしっかりと行うことが重要となり、その上で上記のように状況を把握しながら施肥を行うことが、収量、品質を高めることとなります。堆肥等の土づくり資材は連用していくことで、その効果が明瞭になってきます。

（大野智史）

#### <参考文献>

- 1) 高橋能彦ら(2003)シグモイド型被覆尿素側条施肥によるダイズの増収効果、日土肥誌 74(1):55-60



Q

**10** 収量と品質を向上させる窒素以外の施肥管理技術は？

A

根粒菌の活性を高めるために土壌 pH(H<sub>2</sub>O)は 6.0～6.5 程度となるよう矯正しましょう。

大豆はリン酸、カリウム、カルシウム、マグネシウムの養分要求量が多いため土壌診断に基づき施肥を確実に行いましょう。また、砂質土壌、造成地、大豆作付け回数が多い圃場では微量元素も不足しやすいので考慮しましょう。

### 1. 土壌 pH の矯正

大豆の吸収窒素のうち根粒由来の窒素固定量は約 4～8 割を占めるため、根粒菌の活性を高めるための土壌環境を整えることが大切です。根粒菌の窒素固定活動の至適な土壌 pH(H<sub>2</sub>O)は約 6.0～6.5 です。酸性土壌では石灰質肥料、苦土石灰等のアルカリ性肥料で矯正しましょう。但し、土壌 pH がアルカリ域に達すると、微量元素のマンガン、ホウ素などの可給性が低下します。田畑輪換回数が多い圃場で畑作時ごとに石灰施用を続けると、石灰が残存し土壌 pH が高まる事例が報告されています(参考文献 8)。土壌診断をして適切な肥料、量を設定して下さい。アルカリ性を示す土壌については、アルカリ分を含まない硫酸カルシウム(石膏)等を施用しましょう。

### 2. ミネラル元素

大豆の生産に必要な元素は炭素、酸素、水素、窒素以外に現在 13 種類あると言われています。子実収量 100 kg/10 a を得るのに作物体が吸収するリン酸、カリ、カルシウム、マグネシウムの必要量は、それぞれ 1.5、4.2、4.0、1.6 kg/10 a 程度必要で、水稻、小麦などと比べ収量 100 kg 当たりの必要量が高いとされています(参考文献 1、2)。その内、表 1 に示した値に収量を乗じた量のミネラル元素が子実の持ち出しにより土壌から収奪されるので、農産物の生産を持続的に維持していくためには少なくとも持ち出し分は肥料等で補う必要があります。

表1. 大豆子実(エンレイ)100kg 中のミネラル成分含量  
(2003年産、関口等、未発表)

| 多量成分     | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | CaO | MgO |     |
|----------|-------------------------------|------------------|-----|-----|-----|
| kg/100kg | 1.4                           | 1.7              | 0.3 | 0.4 |     |
| 微量成分     | B                             | Mn               | Cu  | Fe  | Zn  |
| g/100kg  | 4.2                           | 3.9              | 1.6 | 8.3 | 4.8 |

施肥量は収量水準や土壌条件によっても異なります。紙面の都合上ここでは、リン酸、カルシウム、マグネシウム及び微量元素複合肥料の効果について取り上げました。ミネラル元素の詳細については参考文献 7 を参照して下さい。

#### (1) リン酸

土壌の可給態リン酸は、野菜畑や樹園地等では蓄積する傾向にありますが、水田利用の多い土壌群(北陸や東北以北の水田地帯等)や、リン酸固定力が強い黒ボク土が分布する地域では低い傾向があります(参考文献 3)ので、このような地域では確実な施肥を心がけましょう。

#### (2) カルシウム、マグネシウム

カルシウム、マグネシウムの不足は着莢数の減少や根粒の窒素固定活性の低下を招くことが報告されています。カルシウムに関しては不足により、ちりめんじわ、亀甲



じわ(参考文献6)とも、高まることが認められています。図1には消石灰と大豆用配合肥料を施用する慣行施用(対照)に対し、消石灰を施用せずに連作した場合、整粒重の低下とちりめんじわ粒率が増加した事例を示しました。また、カルシウムは病害抵抗性との関連も指摘され、大豆茎疫病は体内カルシウム濃度が高いほど発病抑制効果が高いことが報告されています(参考文献4)。

### (3) 微量ミネラル元素

モリブデンは大豆根粒中の窒素固定に関わるニトロゲナーゼや硝酸還元酵素の活性に関わり、ホウ素は細胞壁の構造の安定化や欠乏すると不稔莢が増加するなど、微量ミネラル元素は作物の生育に必要不可欠な元素です。特に砂質の圃場、造成地等ではモリブデン、ホウ素、マンガンなどの可給態微量元素が潜在的な欠乏状態にある可能性があります。また、一般に大豆用の肥料には微量元素が含まれていないことが多いので、大豆の作付け回数が多い圃場では、土壤中の可給態微量元素が不足する可能性があります。ここでは、大豆を連作している砂壤土、造成地の圃場に微量要素複合肥料を施用した結果、収量、稔実莢数が向上し、縮緬じわが軽減された事例を示します(表2)。注意点としては、微量元素は至適濃度範囲が狭く、施用し過ぎると過剰害が発生し易いので、土壤、作物診断などに基づいて施肥を行きましょう。(関口哲生)

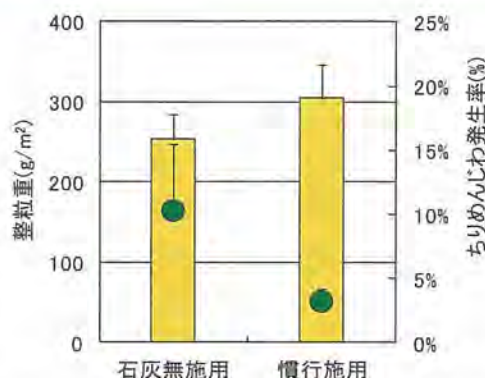


図1. 石灰肥料無施用による連作大豆(エンレイ)の収量(■)、ちりめんじわ発生率(●)に及ぼす影響

消石灰無施用5年目。  
栽培後土壌pH(H<sub>2</sub>O): 5.2(石灰無施用), 6.8(慣行施用)  
(関口等、未発表)

表2. 生産現地における微量要素複合肥料の施用が大豆(エンレイ)の収量、しわ粒発生率に及ぼす影響

| 圃場名 | 試験区                | 整粒重              | 稔実莢数             | 百粒重  | ちりめんじわ率 | 亀甲じわ率 | 栽培条件               |
|-----|--------------------|------------------|------------------|------|---------|-------|--------------------|
|     |                    | g/m <sup>2</sup> | 個/m <sup>2</sup> | g    | %       | %     |                    |
| A   | 対照                 | 271              | 516              | 31.3 | 23      | 7     | 大豆連作5年目            |
|     | 微量要素 <sup>※)</sup> | 286              | 584              | 31.4 | 12      | 6     | 細粒質表層灰色グライ低地土(造成)  |
|     | 有意差(t検定)           | n.s.             | n.s.             | n.s. | *       | n.s.  |                    |
| B   | 対照                 | 279              | 603              | 24.4 | 11      | 16    | 転作初年目              |
|     | 微量要素 <sup>※)</sup> | 334              | 713              | 25.0 | 4       | 16    | 粗粒質表層灰色グライ低地土(砂壤土) |
|     | 有意差(t検定)           | n.s.             | †                | n.s. | *       | n.s.  |                    |

※) 微量要素複合肥料(B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:9%, Mn:19%, Mo, Cu, Zn: 0.20~0.44 % 含有)をA,B 圃場に各々 6, 8 kg/10a を全層施用した。†, \* はそれぞれ10%, 5% 水準で有意差。2006年産(関口ら未発表)。

#### <参考文献>

- 1) 有原文二(2000)「ダイズ安定多収の革新技术」農文協
- 2) 石井和夫(1983) 農業および園芸: 1500-1502
- 3) 小原洋等(2004) 日本土壤肥料学会誌: 59-67
- 4) 杉本琢真(2010)「農家が教える石灰、上手な使い方 生かした方」別冊現代農業 農文協:108-112
- 5) 関口哲生等(2008) 日本土壤肥料学会講演要旨集: 158
- 6) 増田欣也等(2005) 日本土壤肥料学会講演要旨集: 75
- 7) 中央農総研農業総合研究センター(2003) 総合農業研究蔵書第44号「わが国における食用マメ類研究」第6章 土壤肥料、376~403
- 8) 新潟県農総研研究成果(2007)「田畑輪換ほ場における地力の低下防止のための土壌pHのめやす」新潟県農総研





## 11 収量・品質から見た品種の早晚性の選定基準は？



### 1. 品種選定のための一般的なポイント

大豆の品種選定の一般的なポイントとしては、①奨励品種等に指定されているか、②栽培予定地域で多発する病虫害に対し抵抗性を持っているか、③栽培予定地の作付体系に適合するか、④成分や外観品質などが実需者等のニーズに対応できるか、⑤難裂莢性や耐倒伏性など十分な機械化適性を有しているか、⑥収量性は十分か、⑦リポキシゲナーゼ欠失等特殊用途品種の場合は実需者等の売り先が決まっているか、等があります。このうち奨励品種等に選定されている場合は②以下をカバーしているものが比較的多いのですが、在来品種や特殊な品種を導入する際には個別に判断する必要があります。

主な品種については表1に示しましたが、詳しくは農林水産省ホームページの「国産大豆の事典([http://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/daizu/d\\_ziten/](http://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/daizu/d_ziten/))」や各県の普及関係情報を参照してください。

### 2. 早晚性について

大豆の早晚性は日長及び温度によって左右され、同一品種でも、栽培地の違いにより成熟期が大きく異なります。一般に緯度の高い地域の品種を低い地域で栽培すると生育期間が短縮し、極端な場合は主茎長が20cm程度で成熟する場合があります。逆に低緯度の品種は高緯度では成熟に達する前に降霜により枯死することもあります。

一般に早生品種は栽培期間が短いことから冬作物との輪作に有利ですが、生育期間が限られることから播種遅れに際しては減収しやすく、また晩生品種に比べて青立ちの発生が多い傾向にあります。

早晚性の要因として、これまでに開花期に関与する8個の遺伝子が報告されています。これらの遺伝子は日長反応や基本的栄養成長の促進により開花の促進・遅延を引き起こし、成熟期の早晚性に影響します。また開花期が同じでも成熟期が異なることも多く、熟性だけに關与する遺伝子もあると考えられています。一般的に開花期が同じでも大粒の品種は小粒品種より晩生の傾向にあります。

### 3. 早晚性の選択ポイント

実際大豆の早晚性選択では、病虫害や気象災害の回避、作付体系等を考慮して最適なものを選択します。莢伸長期～成熟期に害虫が多発する地域や台風・長雨による倒伏被害・莢腐敗被害が多発する地域では、これらを避けることができる熟期の品種選択が重要です。大豆の作期は水稻や麦の作期との関係で栽培可能期間が限定されていることが多いので、生育期間がこの期間内におさまるかどうか判断基準となります。これらの条件は地域ごとに異なるので、以下に各地域毎の品種選定のポイントについて詳述します。

#### (1) 北海道における品種選定のポイント

北海道における大豆作は大豆単作が多く、前後の作付を考慮せずに品種を選定できますが、早霜や積雪の害を避けるため5月中に播種し、なるべく9月中下旬までに成熟する品種を選びます。降雨等により播種が遅れた場合は早生の品種を選んだ上で6月上旬までに播種する必要があります。この場合は播種密度を1.5～2倍程度にすることである



程度反収低下を防げますが、小粒化等品質低下の恐れがあります。

また、道東・道北地域では数年に一度発生する冷害を避けるため、耐冷性品種の選定が優先されます。特に十勝・オホーツク・上川地域など冷害が多発する地域では、「ユキホマレ」「トヨハルカ」など耐冷性が強く、品質が高い品種を選ぶ必要があります。

比較的温暖な道央・道南地域では冷害が少なく、10月に成熟するやや晩生の「ツルムスメ」「いわいくろ」などを選定することが可能です。わいか病を回避するために晩播栽培技術も開発されていますが、晩播栽培は「ユキホマレ」などの早生品種でなければ成熟期に降霜や積雪害に合う危険性が高くなります。

#### (2) 東北地域における品種選定のポイント

東北地域は南北に長く、地域により状況は異なります。北部は大豆単作となりますが、降雪の危険がある山沿いの地域では「おおすず」「リュウホウ」等の早生品種を選択しましょう。平地では「タチユタカ」等のやや晩生の品種の選択も可能です。5月上旬～6月上旬が播種適期ですが、地域によって早播限界、晩播限界に違いがあります。

大豆後の麦作が可能な地域は中部以南ですが、限界地帯では「ユキホマレ」等の極早生品種の導入や立毛間播種技術の活用が必要です。中南部では「ミヤギシロメ」等の晩生品種の栽培も可能ですが、地域によりモザイク病の発生が多発するため、「スズユタカ」「里のほほえみ」等のモザイク病抵抗性品種の栽培を優先しましょう。また中南部の日本海側では成熟期の長雨被害の可能性があるので、10月上旬以前に成熟するような極端な早生品種の導入は避ける必要があります。

#### (3) 北陸地域における品種選定のポイント

北陸地域では台風害とその後の長雨による腐敗粒の発生が品質を著しく低下させます。腐敗粒は莢への雑菌の侵入により引き起こされ、登熟期の長雨が被害を助長するので、被害回避の点から9月中に成熟する品種は避けます。また11月以降に成熟する晩生品種も地域によっては降雨により収穫作業が困難になります。降雨状況は年により異なるため、主力品種の「エンレイ」と晩生の「あやこがね」「オオツル」「シュウレイ」などを組み合わせることによって危険分散を図ることも重要です。播種は5月下旬から6月上旬が適していますが、これより遅れた時は密植で栽培しましょう。成熟期の天候が不安定な地域のため、成熟後は早めに収穫して品質劣化を避けます。

#### (4) 関東・東山地域における品種選定のポイント

この地域では大豆の播種可能期間は長くなりますが、麦との輪作を行う場合、麦跡播種、麦播種前収穫のできる品種の選定が必要となります。また北陸地域と同様に10月上旬に成熟する品種では、長雨による腐敗粒発生・品質低下が大きな問題となります。目安として「タチナガハ」より早生の品種は品質低下の危険が高くなるのでなるべく選択しないようにしましょう。

「タチナガハ」は麦播種前に収穫が可能ですが、6月中に播種する必要があり、秋雨が長引いた場合にやはり品質低下が著しくなります。麦を播種しない場合は「タチナガハ」の7月上旬播種でも収量低下はそれほど目立ちませんが、「ナカセンナリ」「サチユタカ」など晩生品種を播種する方が収量性の面から有利です。「フクユタカ」は関東では極晩となり南部でのみ栽培が可能で、過繁茂による倒伏を避けるため7月に播種します。「納豆小粒」は6月下旬～7月上旬に播種しますが、晩播すると莢数の確保ができ



ず、極小粒の比率が低くなり生育量も確保できないため、栽植密度を高めましょう。

#### (5) 東海地域以南における品種選定のポイント

東海地域以南では稲麦大豆体系が多く、麦収穫後に播種する6月中旬～7月中旬播種が主となります。播種期が梅雨にあたるため、播種遅れが目立つ地域です。また虫害の発生が多い地域でもあり、虫害回避のために団地化してなるべく大規模に栽培することが重要です。また早生品種は虫害の集中により収量・品質の低下が激しくなりますので、十分な防除ができない場合はなるべく選択しないようにします。反面、降霜・降雪の心配が少ないので、冬作がない場合は「丹波黒」などの極晩生品種の選択も可能です。

近畿・中国地域では6月中旬に播種できる「サチユタカ」等の品種が適していますが、成熟期に比較的高温・晴天が続く地域では裂莢性程度が少ない品種を選択しましょう。「タマホマレ」は蛋白含量が低い上に粒大もそれほど大きくないので、需要がある場合にのみ作付けましょう。

「フクユタカ」は6月中旬に播種すると生育量が大きくなりすぎ、倒伏により収量が低下する傾向がありますので、7月に入ってから播種します。早播により倒伏が懸念される場合は摘心技術が有効です。また東海地域では裏作がないことから、成熟後に圃場に長く放置するケースも見られますが、「フクユタカ」は裂莢しやすいので、自然裂莢等による落粒が多発し、大きく減収することがありますので注意が必要です。

播種期の降雨等により播種が7月下旬以降にずれ込んだ場合は生育量確保のために半日でも早く播種し、場合によっては播種密度を高くします。播種限界は九州地域で8月上旬頃です。播種遅れには耐倒伏性の高い「サチユタカ」の密植栽培も有効です。

かつて西日本で広く栽培されていた夏大豆は栽培面積が減少したことにより、虫害が集中し品質・収量の低下傾向が激しいので、地域ぐるみでの取り組みなどを除き選択しないようにします。

(羽鹿牧太)

表1 主要品種の特性一覧

| 品種名   | 品種の主な特徴                                     | 主な栽培地域 |
|-------|---------------------------------------------|--------|
| ハヤヒカリ | 耐倒伏性強、裂莢性難、早生、耐冷性強、臍色暗褐、蛋白低、S<br>CN・SDV抵抗性弱 | 北海道東北部 |
| キタムスメ | 耐冷性強、着莢位置高、倒伏やや易、臍色暗褐、蛋白低、SCN<br>・SDV弱、裂莢性易 | 北海道東北部 |
| トヨムスメ | 耐倒伏性強、SCN抵抗性、蛋白低、耐冷性中、わいか病弱                 | 北海道    |
| トヨコマチ | 耐倒伏性強、SCN抵抗性強、着莢位置高、耐冷性やや強、蛋白<br>低、SDV抵抗性弱  | 北海道    |
| ユキホマレ | 耐倒伏性強、SCN・茎疫病抵抗性、耐冷性強、蛋白低、わいか<br>病弱         | 北海道    |
| スズマル  | 小粒、耐倒伏性強、着莢位置高、SCN抵抗性弱                      | 北海道中南部 |
| ツルムスメ | 極大粒、耐倒伏性強、SDV抵抗性やや強、SCN抵抗性弱                 | 北海道中南部 |
| いわいくろ | 黒大豆、極大粒の小、SDV抵抗性やや強、SCN抵抗性弱                 | 北海道中南部 |
| おおすず  | 耐倒伏性強、大粒、SMV・SCNなど病虫害抵抗性弱、蛋白中               | 東北北部   |
| リュウホウ | やや早生、耐倒伏性強、裂莢性やや難、SCN抵抗性、蛋白中、<br>SMV抵抗性中    | 東北北中部  |



表1 主要品種の特性一覧 (続き)

| 品種名    | 品種の主な特徴                              | 主な栽培地域          |
|--------|--------------------------------------|-----------------|
| ミヤギシロメ | 大粒、晩生、倒伏易、SMV・SCNなど病害虫抵抗性弱           | 東北中部            |
| タンレイ   | 耐倒伏性強、密植栽培適性、SMV・SCN抵抗性弱、蛋白中         | 東北中部            |
| スズユタカ  | SMV・SCN抵抗性、多収、中粒、蛋白中、やや倒伏易、着莢位置低     | 東北南部            |
| ふくいぶき  | 耐倒伏性強、多収、イソフラボン含量高、SMV・SCN抵抗性強、蛋白中   | 東北南部            |
| エンレイ   | 蛋白高、大粒、青立ち・腐敗粒等の気象被害大、SMV抵抗性中        | 北陸              |
| あやこがね  | 耐倒伏性強、SMV抵抗性強、蛋白中、SCN抵抗性弱            | 東北南部、北陸         |
| ナカセンナリ | 耐倒伏性強、SCN抵抗性強、蛋白中、裂皮やや易、SMV抵抗性中      | 東山              |
| ギンレイ   | 耐倒伏性強、SMV抵抗性強、蛋白低、SCN抵抗性弱            | 東山              |
| タチナガハ  | 耐倒伏性強、着莢位置高、大粒、蛋白やや低、青立易、SMV・SCN抵抗性弱 | 関東              |
| 納豆小粒   | 極小粒、納豆加工適性高、晩播適応性、倒伏易、SCN抵抗性弱        | 関東              |
| オオツル   | 大粒、紫斑病抵抗性、蛋白中、倒伏やや易、SMV・SCN抵抗性弱      | 北陸、近畿           |
| サチユタカ  | 耐倒伏性強、蛋白高、多収、裂皮易、裂莢性易、SMV抵抗性弱        | 関東南部、近畿、中国、九州北部 |
| 丹波黒    | 極大粒、外観品質良、煮豆・枝豆加工適性高、倒伏易、病害虫抵抗性弱     | 近畿、中国           |
| フクユタカ  | 蛋白高、多収、淡褐目、裂皮易、やや倒伏易、SMV抵抗性中         | 東海、四国、九州        |

注) SMV: モザイク病、SDV: わいか病、SCN: シストセンチュウ

表2 最近の育成品種の特性一覧

| 品種名    | 品種の主な特徴                                 | 主な栽培地域 |
|--------|-----------------------------------------|--------|
| ユキシズカ  | 小粒、耐倒伏性、臍周辺着色抵抗性強、SCN抵抗性強、茎疫病抵抗性強、小粒    | 北海道    |
| トヨハルカ  | 低温抵抗性強、耐倒伏性強、最下着莢位置高、密植による増収効果高い        | 北海道    |
| ゆきぴりか  | イソフラボン含量高、中生の早、耐冷性強、臍周辺着色抵抗性中、SCN抵抗性    | 北海道    |
| ユキホマレR | ユキホマレのシストセンチュウ抵抗性を強化、その他の特性はユキホマレとほぼ同じ  | 北海道    |
| タマフクラ  | 晩生、極大の中、SCN・SDV抵抗性弱、煮豆・納豆・甘納豆用          | 北海道南部  |
| ゆめのつる  | 晩生、耐倒伏、極大の小、SCN抵抗性強、SDV病抵抗性やや強、煮豆用      | 北海道南部  |
| 里のほほえみ | 耐倒伏性、最下着莢位置高い、SMV抵抗性、紫斑病抵抗性、高蛋白、大粒・良質   | 東北南部   |
| シュウレイ  | 耐倒伏性、エンレイよりやや晩、蛋白含量高、モザイク病抵抗性           | 北陸     |
| 華大黒    | 耐倒伏性、丹波黒系の黒大豆、極大粒、SMV抵抗性                | 北陸・東山  |
| ことゆたか  | 耐倒伏性、SMVのA2系統抵抗性、成熟期の落葉揃い良好、高蛋白         | 近畿     |
| あやみどり  | 青大豆(種皮色、へそ色、子葉色が緑)、耐倒伏性、紫斑病強、SMV抵抗性     | 近畿・東山  |
| クロダマル  | 黒大豆、極大粒、新丹波黒よりやや早生でやや多収、煮豆加工での製品歩留まりが高い | 九州     |
| すずかれん  | 小粒、葉焼け病抵抗性、ハスモンヨトウ抵抗性、裂莢性難、紫斑病抵抗性       | 九州     |

現在栽培されているか奨励品種等になっているものから抜粋



Q

12 水田における輪作間隔は何年程度必要？

A

土壌病害虫の観点からは水稻栽培を3年以上、大豆栽培は2～3年以内で輪作を行うことが望ましいです。大豆を連作する場合、ダイズシストセンチュウ対策として抵抗性品種、浅耕栽培や対抗植物を取り入れましょう。

### 1. 連作障害の原因と輪作間隔

大豆は連作障害が発生しやすい作物であると考えられています。連作による減収の要因としては、地力の低下の他に土壌病害虫の発生が考えられ、土壌病害虫の例としては、ダイズシストセンチュウ、ダイズ黒根腐病、ダイズ茎疫病などが挙げられます。ダイズシストセンチュウは大豆の根に寄生し、養分を搾取するため、大豆の生育が悪く葉は黄色くなります。大豆を引き抜くと根に形成されているシストが肉眼でも確認できます(写真1)。ダイズ黒根腐病は、生育後半に発病し登熟が早まり収量が低下します。収穫期には茎の節部にオレンジ色の子のう核が形成されます。ダイズ茎疫病は湛水した場合等に発生することが多く、胚軸が侵され茶褐色になり枯死に至ります。排水性の悪い圃場においては特に幼苗期に多く発生します。

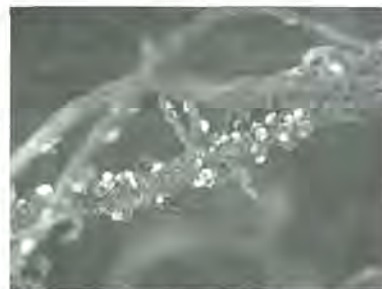


写真1 大豆根に形成されたシスト

水田転換畑における水田期間と畑期間の輪作間隔を考える際には、

- ① 畑作物の生産性が回復するために必要な年数(水田期間)
- ② 大豆の生産性が持続する年数(畑期間)

を考慮する必要があるでしょう。水田転換畑を水田に戻すことで、土壌病害虫の密度低下を図ります。ダイズシストセンチュウのシストは水稻栽培(3～4ヶ月の湛水)により減少しますが、2年間ではやや不十分であり、3年間継続すると線虫密度はほぼ被害許容水準以下にまで低下します(図1)。また、ダイズ黒根腐病の防除には田畑輪換の有効性が高く、水稻栽培を2年以上行くと発病度は減少し、その効果は後作の大豆2作まで持続します(図2)。これらから、土壌病害虫防除の観点からの連作年数は水稻は3年以上、大豆は長くても2～3年以内とすることが望ましいと考えられます。なお、ダイズ茎疫病は菌密度や水分条件によっては1～2年目から発病する場合があるので、注意が必要です。

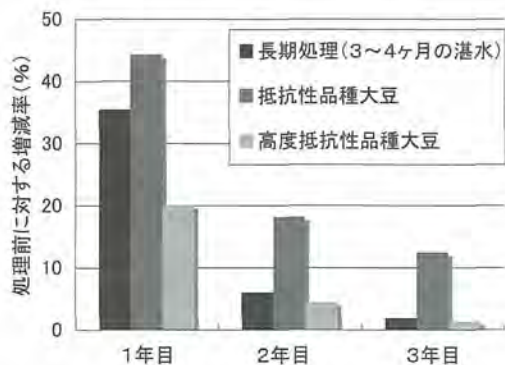


図1 湛水処理期間および年数と土壌中のシストの推移  
(酒井ら、1987: 71-72より作図)

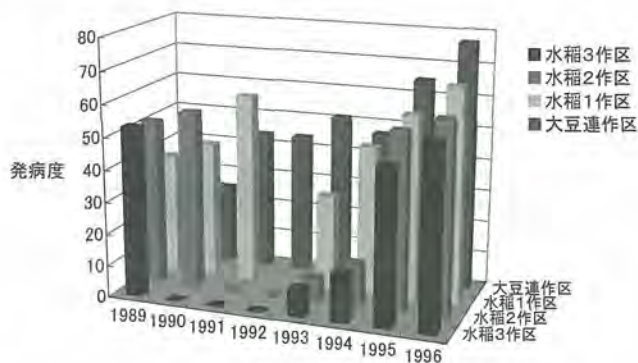


図2 水稻作付け年数とダイズ黒根腐病発病度の推移  
(斉藤ら、1996: 99-100より作図)



## 2. 連作する場合の対策

水田転換畑における大豆栽培では、ブロックローテーションをはじめとする輪作が基本ですが、やむを得ず連作する場合は、ダイズシストセンチュウや黒根腐病菌等を圃場に持ち込まないようにすることが重要です。これらは機械や長靴等に付着した土壌により移動・伝播するので注意する必要があります。ダイズシストセンチュウ汚染圃場では、ダイズシストセンチュウ抵抗性品種を用いることにより、線虫密度を低く抑えることができます。但し、抵抗性品種であっても線虫密度が高い場合は被害を受けることがあります。また、浅耕栽培（表層5cm程度耕起する）では通常の耕起栽培に比べダイズシストセンチュウは低密度で推移します（図3）。さらに、ダイズシストセンチュウ対抗植物としてクロタリヤやアカクロバなどが知られており、これらを栽培すると高い密度低減効果がみられます（図4）。これらを組み合わせ、線虫密度を低く保つことにより、被害の軽減を図ることができます。

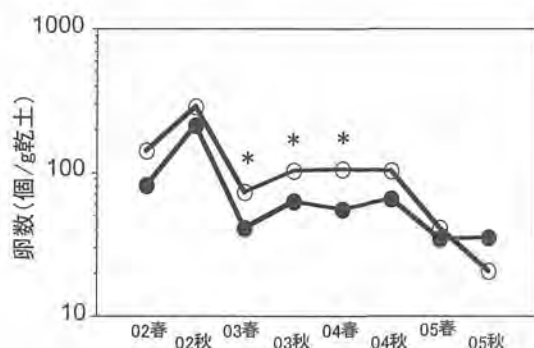


図3 大豆連作地におけるダイズシストセンチュウの卵数推移（0-15cm）。

○：ロータリ耕 ●：浅耕

\*はt検定（5%）で有意差有り

（田澤ら、2006）

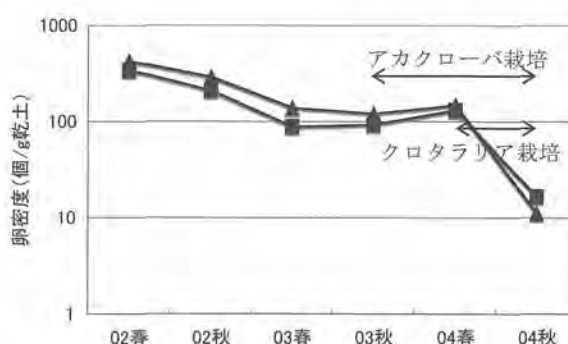


図4 対抗植物のダイズシストセンチュウ密度低減効果。

■：クロタリヤ（矢印以外の期間は大豆を栽培）

▲：アカクロバ区（矢印以外の期間は大豆を栽培）

ダイズ黒根腐病に対しては登録薬剤や抵抗性品種がないので、排水対策を十分に行い、発生株は早めに引き抜く等伝染源をなるべく土壌中に残さないようにします。ダイズ茎疫病は近年アミスブルロム剤やメタラキシル混合剤などの種子粉衣剤が農薬登録されています\*。排水対策はやはり重要です。また高畦栽培等も効果的です。

（田澤純子）

\*：農薬の使用に当たっては最新の農薬使用基準を参照すること。

### <参考文献>

- 1) 斉藤初雄、佐藤剛、萩原廣、西和文（1996）平成8年度研究成果情報
- 2) 酒井真次、村上昭一、長沢次男、橋本鋼二（1987）日本作物学会東北支部会報
- 3) 田澤純子、山本泰由、臼木一英、三浦重典（2006）平成17年度成果情報





## 13 大豆の出芽・苗立ちに影響する土壌の特性（クラスト）とその対策は？



### 1. クラストはどうやって出来るのか

クラストは降雨で地表面の土壌粒子が分散して細かい粒子となり、地表面に膜状に拡がることにより出来ます。このような膜自身は土膜と呼ばれ、そのうちの固くなったものをクラストと呼ぶのが普通ですが、ここでは硬さに関係なく土膜全般をクラストと呼びましょう。

クラストは土壌によって出来やすさが異なります。300A北陸大豆研究チームで全国から31点の土壌を集めて検討した結果では、耐水性団粒がよく発達している土壌ではクラストがほとんど出来ません。そして、粘土含量25%付近の土壌で団粒の安定性が低くクラストが出来やすいという結果が得られています。

また、地表面の状態・降雨強度によりクラストの出来やすさが異なります。乾燥した土塊を水につけるとすぐに崩壊（弗化、スレーキング）するタイプの土壌があります。このような土壌では地表面が乾燥している場合、降雨があると速やかに表層の土塊が崩壊して、表層部に細粒子が詰まったクラスト層が出来ます。土壌内部は湿っていても、裸地状態の地表部分は好天が続くと容易に乾燥するため、播種後多くの圃場で地表部は乾燥状態になると考えられます。一方、地表面が湿った状態では、雨滴の衝撃で表層の土塊・小団粒が壊れて、細粒子が孔隙に流れ込んで、孔隙を埋めるようにクラストを作ります。降雨強度については、雨滴の大きさと落下速度、単位時間あたりの雨量が指標にされますが、雷雨のような大粒の雨がある程度の時間継続するような場合に最も出来やすく、霧雨のような細かい雨の場合は出来にくいといえます。



写真1 クラストの亀裂から出芽する大豆

### 2. クラストはどのように発芽を阻害するのか

#### (1) 乾燥して固くなる

固いクラストのために大豆の胚軸が折れてしまうなど物理的に出芽を阻害します。クラストが軟らかかったり大豆の上に亀裂が出来たりする場合には大豆は出芽できますが、ある一定以上の硬さになると発芽率が低下します。その値について、北海道立農試の成績書によると、転換畑土壌ではクラスト硬度計で10mm（4kgパネ使用時、硬度約350kPa）以上で出芽阻害が始まるとされ、300A東海大豆研究チームでは、クラスト硬度370～570kPaのクラストが出来た圃場で出芽不良が認められています。また北海道の畑地の改良に関係して、クラスト硬度800kPa以下と言う改良判定値も提案されて



写真2 畑のクラストと硬度計



います（横井 2006）。

## （2）湿害を助長する

緻密な土膜に覆われるため、土壌の通気性が悪化し過湿状態が継続しやすくなり、種子が障害を受けることが問題になります。強い降雨によりクラストが出来て、さらにその後の乾燥が進まない場合、土膜が水で飽和された状態が続き湿害状態が維持されやすく、そのため、クラストが出来ない場合に比べて大豆生育に悪影響を及ぼすと考えられます。

## 2. クラストによる被害を避けるための方策は

クラストによる出芽阻害が各地で問題になり、様々な対策が提案されています。その主なものを表1に示しました。

地表面の土塊が細かいほどクラストが出来やすいことから、砕土率を抑える対策が必要です。しかし、砕土率が低すぎると土壌と種子の接触が少なくなり、十分な水分が種子に供給されなくなるため、最適条件についてはまだ定説がありません。そのほか、①土壌表面を乱さないことで土壌の構造を安定させるとともに作物残差によるマルチ効果を加味した不耕起栽培、②有機物の多い表層のみを耕し固くならないようにする浅耕、③クラストが出来ても種子の上にひびを入りやすくして大豆を出芽させる山型鎮圧等が提案されています。

生物的な対策としては、出芽を早めるために、播種深度を浅めに調整すること等が検討されています。また大豆播種法では、福岡県において3粒播きにして出芽力を強化し、大豆がクラストを破って出芽できる方法が提案されています（岩渕ら 2006）。

物理的な対策では、稲・麦わらなどのマルチをすると雨滴の衝撃が直接土壌表面に加わらないようにできます。北海道では粘土質の圃場で固いクラストが出来て問題となっていますが、軽石質の砂土を客土混入して粘土含量を下げ、クラストが出来ても固くならないような対策を検討しています。

化学的な対策としては、団粒化を促進するポリマー等の土壌改良資材や土壌粒子の凝集力を高める効果をねらったリン酸石膏の施用も効果があると言われています。

（小原洋）

表1 クラストによる出芽阻害の主な防止策

| クラスト対策 | 具体的事例                                                                        |
|--------|------------------------------------------------------------------------------|
| 機械的    | 砕土率を上げすぎない。<br>土壌表面を乱さないことで土壌の構造を安定させる。<br>有機物の多い表層のみを耕す。<br>種の上に亀裂が入りやすくする。 |
| 生物的    | 出芽を早める。<br>複数の種子を播く。                                                         |
| 物理的    | 有機物残さでマルチ。<br>砂質素材客土による土性の改良。                                                |
| 化学的    | 土壌改良資材などによる団粒化促進。                                                            |

### <参考文献>

- 1) 田中 樹(1994) 土壌クラストとその形成条件、農業技術体系 土壌肥料編、農山漁村文化協会、第3巻 8の2
- 2) 有原丈二(2000) 「ダイズ安定多収の革新技術」、農文協、69-80

### <引用文献>

- 1) 横井義雄(2006) 土壌の物理性 103：3-12
- 2) 岩渕哲也ら(2006) 日作紀 75(2)：132-135



Q

14

根粒菌の接種はどのようなときに必要ですか？  
接種にあたり留意すべき点は？

A

### 1. 根粒菌の接種が必要なとき

大豆にとって根粒菌は、空気中から窒素を固定し、それを窒素栄養分として供給してくれるありがたい存在です。しかも根粒からの窒素は莢や子実へ転流され、大豆の生育に効果的に使われるため根粒の着生は大豆生産の鍵であります。根粒菌は作物と共生することで土壌中の菌密度が高まることから根粒菌接種技術の普及した今日では、水田転換初年畑や新規開墾畑を除き、大豆の栽培履歴がある場合には根粒形成に十分な密度の根粒菌が土壌に定着していると考えられます。実際に大豆の作付面積に対する根粒菌粉衣（接種）を行った耕地面積の割合をみると、東北を除く都府県では皆無に近いですが、基肥としての化学肥料投入面積の割合が低い東海や中国四国地域でも窒素栄養分を供給してくれる根粒菌を接種しなかったことで大豆の生育不良などが問題視されることはないようです（図1）。一方、北海道では接種割合が高く、道央の水田地帯などの水田転換初年畑では根粒着生不良を問題視する事例をしばしば目にします（写真1）。道央の転換畑では、大豆栽培後の水稻導入期間が5年以内であるならば根粒菌密度の低下に及ぼす影響が小さいようです（表1）。都府県の水田転換初年畑においても接種効果が認められる報告があり、やはり大豆の初作畑や長期の複田跡では接種の効果が大きいようです。

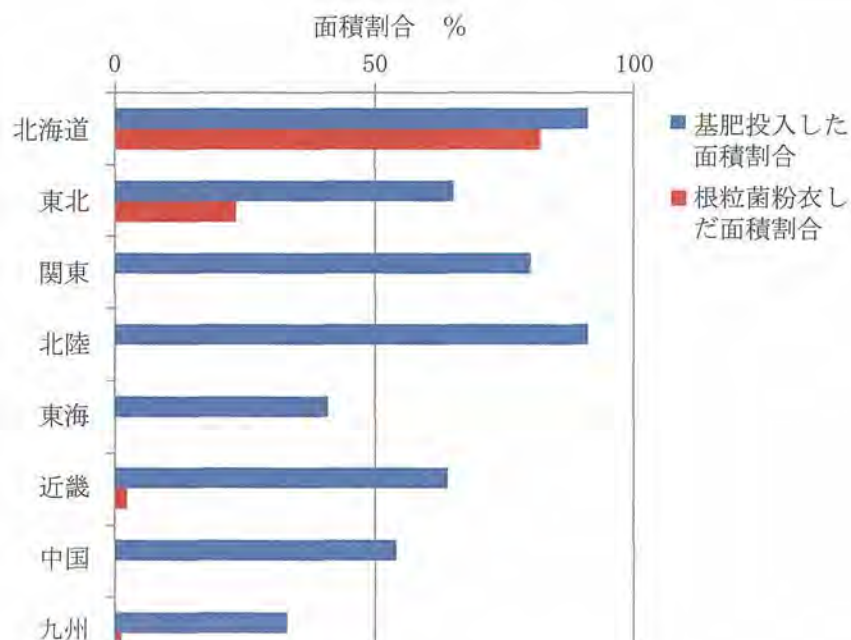


図1 大豆栽培における基肥投入と根粒菌粉衣作業の実施状況

（出所）農林水産省生産局農産振興課「大豆の関する資料 平成14年7月」より作図



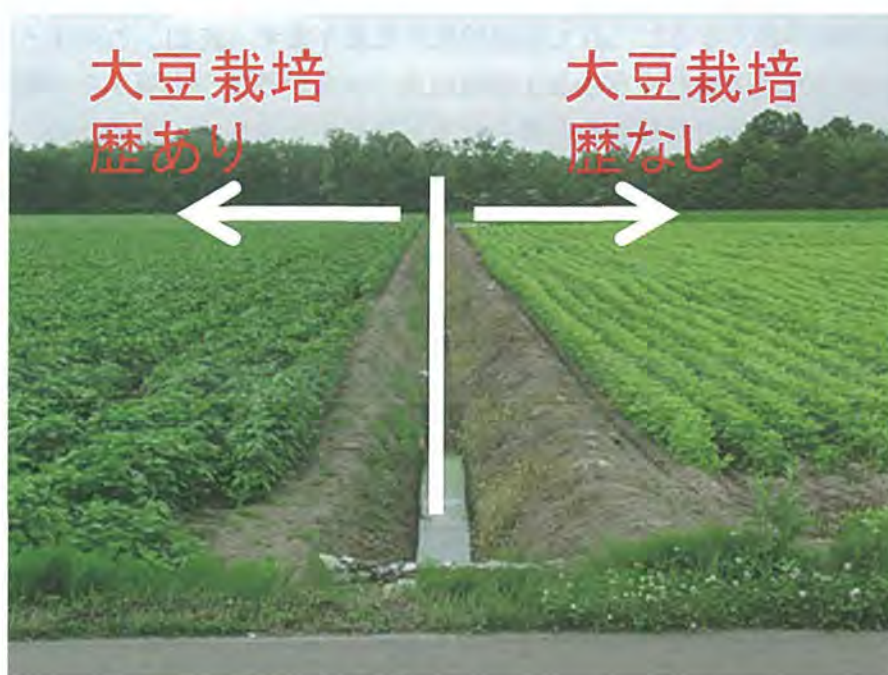


写真1 北海道道央における大豆初作の水田転換畑初年畑

表1 寒地（北海道）の転換畑における大豆栽培後の水稲導入期間の長短が根粒菌密度に及ぼす影響

| 作付け前歴 |       |       |       |       |                 | 根粒菌密度 <sup>2)</sup> |
|-------|-------|-------|-------|-------|-----------------|---------------------|
| 平成 10 | 平成 11 | 平成 12 | 平成 13 | 平成 14 | 平成 15           |                     |
| 水稲    | 水稲    | 水稲    | 水稲    | 水稲    | 水稲              | $7 \times 10^0$     |
| 大豆    | 水稲    | 水稲    | 水稲    | 水稲    | 水稲              | $1 \times 10^3$     |
| 大豆    | 水稲    | 水稲    | 水稲    | 水稲    | — <sup>1)</sup> | $1 \times 10^1$     |
| 水稲    | 水稲    | 大豆    | 水稲    | 水稲    | 水稲              | $10 \times 10^4$    |
| 水稲    | 水稲    | 水稲    | 水稲    | 大豆    | 水稲              | $8 \times 10^4$     |
| 水稲    | 水稲    | 水稲    | 水稲    | 大豆    | 水稲              | $4 \times 10^5$     |
| 水稲    | 水稲    | 水稲    | 水稲    | 大豆    | 水稲              | $1 \times 10^5$     |
| 水稲    | 水稲    | 水稲    | 水稲    | 大豆    | 水稲              | $9 \times 10^4$     |
| 水稲    | 水稲    | 水稲    | 水稲    | 大豆    | 水稲              | $3 \times 10^5$     |
| 水稲    | 水稲    | 水稲    | 大豆    | 水稲    | 大豆              | $1 \times 10^5$     |

1) 根粒菌密度を平成15年度5月に調査。

2) 根粒菌密度は1)を除き平成16年度5月に調査（菌体数/乾土1g）。

（出所）平成16年度研究成果情報「寒地転換畑の大豆根粒菌密度と根粒着生に及ぼす作付け前歴の影響」

また、畑圃場において根粒菌の接種を行わなくても根粒が着生する場合でも、接種効果が認められる場合があります。輪作で大豆を栽培している畑圃場では土着の根粒菌が存在します。しかし、土着根粒菌のなかには良く着生するが窒素固定の働きが良



くないものも含まれていることがあります。そのような根粒は小さいものが多く、大豆栽培後の期間が長くなるにつれて接種効果が高まります（表2）。このように根粒菌密度が低い圃場だけではなく有効な土着根粒菌の少ない圃場や土壌からの窒素供給が少ない場合には根粒菌の接種効果が得られる可能性があります。そのため、根粒着生程度によって根粒菌接種の要否を判断するのではなく、地域性や土壌の特性、圃場の利用履歴を勘案して根粒菌接種の要否を判断する必要があります。

表2 寒地（北海道）の畑圃場における大豆栽培後の期間が根粒菌着生に及ぼす影響

| 大豆作付け暦 <sup>1)</sup> | 根粒菌接種の有無 | 着生根粒重 g/株 | 接種効果 <sup>2)</sup> |
|----------------------|----------|-----------|--------------------|
| 4 作前                 | 有り       | 425       | 132%               |
|                      | 無し       | 323       | —                  |
| 3 作前                 | 有り       | 556       | 106%               |
|                      | 無し       | 527       | —                  |
| 2 作前                 | 有り       | 585       | 102%               |
|                      | 無し       | 573       | —                  |
| 前作に大豆                | 有り       | 649       | 96%                |
|                      | 無し       | 680       | —                  |

1) 「大豆—馬鈴しょ—小麦—てん菜—大豆」の輪作体系

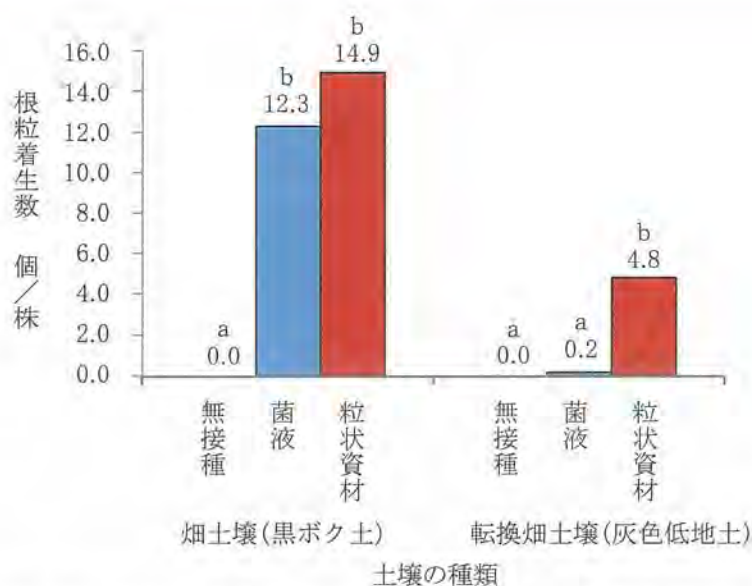
2) 接種無しに対する接種有りの根粒着生割合

## 2. 接種にあたり留意すべきこと

### (1) 圃場の土壌水分や気温

圃場では環境要因が根粒菌の生息に及ぼす影響は大きいですが、水田転換畑で根粒着生程度に関連が深かった要因は、根粒菌数に影響を及ぼす大豆の作付け頻度であったことが報告されています（石井、1990）。この原因としては、転換初年目は水田土壌特有の還元的性質を残しているため、特に排水不良のグライ低地土では好気性細菌である根粒菌の生息には不利な環境条件にあるためと考えられています。また、土壌水分が根粒着生や肥大に関与し、湿性火山灰土では含水比 22～45%、低位泥炭土では含水比 32～38%が根粒の着生・肥大が認められる水分範囲であることが報告されています（星・桑原、1986）。このように土壌の還元状態、過湿や過乾が接種根粒菌の生存や根粒着生を左右することが知られています。特に水分が低い場合には温度が高まっても着生が劣ることがあるので適切な方法で根粒菌の接種を行うことが好ましいです。低温や過湿・過乾といった不良環境への対策としては、接種位置を根域全体にすることで環境からうける影響を緩和することができます。近年、肥料と混合して利用できる粒状の接種資材が開発され、根域全体に拡散するように接種することが可能となりました。このような粒状の接種資材は水田転換初年畑のような根粒の生息に不利な場合においても十分な根粒着生を示すことがわかっています（図2）。





同一アルファベット間に Fisher's PLSD 5%水準で有意差がない。  
畑土壤として黒ボク土（芽室研究拠点圃場）、転換畑土壤として灰色低地土（美唄市農家圃場）の土を滅菌して用いた。

図2 根粒着生に及ぼす土壌と接種資材の違い

## (2) 接種資材の保管方法や農薬との併用

根粒菌は乾燥や高温、直射日光に弱いため、根粒菌の吸着処理を行った大豆種子や種子粉衣剤、粒状の接種資材は冷暗所で保管する必要があります。なお、種子粉衣剤を接種した種子は、すぐに播種することが望まれます。また、根粒菌は生き物ですので農薬の影響を受ける場合があります。殺菌剤、殺虫剤や除草剤と接種資材や接種後の種子を接触させたときは根粒着生が阻害されるおそれがあります。市販の接種資材の注意書きに従い、紫斑病予防のためのベノミル剤、タネバエ防除や鳥害の忌避剤としてのチウラム剤、アブラムシ防除のためのチアメトキサム剤の種子処理を行う場合には、先に薬剤処理を行ってから種子粉衣剤を利用するなどの注意が必要です\*。

（臼木一英）

\*：農薬の使用に当たっては最新の農薬使用基準を参照すること。

### <参考文献>

- 1) 星忍・桑原真人（1986）ダイズの栄養状態と根粒着生および窒素固定能の関係「マメ科作物の根粒形成および窒素固定機構の解明」グリーンエネルギー成果シリーズⅡ系 No. 8, 農林水産技術会議事務局
- 2) 石井忠雄（1990）北海道における大豆根粒菌の生態と有効利用に関する研究, 北農試報 73



Q

15 湿害による出芽不良の原因は何ですか？

A

日本の大豆の8割以上は排水不良の水田輪換畑で栽培されています。また、大豆の生育初期は特に湿害に弱いので、梅雨期に播種される大豆では湿害によって出芽不良になりやすい問題があります。出芽不良の主な原因として、種子の急激な吸水による子葉の損傷や圃場のクラスト化、酸素欠乏による生理的障害および土壌微生物が挙げられます。

### 1. 急激な吸水による子葉の障害

図1はタチナガハを冠水処理した際の水分動態と子葉の損傷を観測したMRI画像です。大豆の種皮は薄くて透水性が高いので、吸水すると子葉の表層全体から水が浸透して種子表層部が急速に膨らみます。一方、種子内部への水の浸透は緩慢で、冠水処理した場合でも種子中心部の葉脈に水分が到達するまでに半日以上の時間を要します（図1）。このため、冠水処理などして水分の多い圃場で種子が急激に吸水すると、

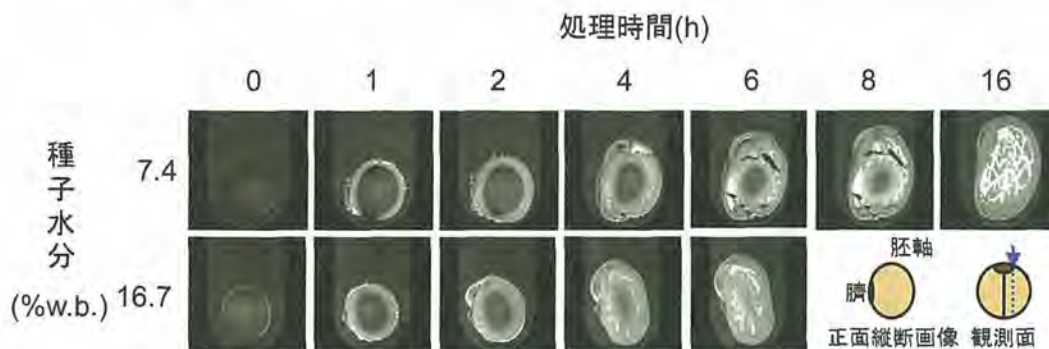


図1 MRIを利用した大豆乾燥種子の水分動態

<出所>国立卓生ら(2009) 農機誌 71(6) : 115-120.

種皮と種子内部の膨らみ方に大きな差ができ、維管束（図1の子葉内部の網目状の組織）が断裂しやすくなります。また、乾燥した種子ほど組織が硬いため、その傾向が顕著になります。物理的に破壊された種子は正常な発芽・苗立ちは期待できず、たとえ出芽したとしても、幼植物の生長は大きな阻害を受けます。さらに、組織が壊れた種子は細胞内から栄養分が溶け出して雑菌が繁殖しやすくなるので、微生物の影響を受けやすくなります。

### 2. クラスト化

播種後、強い降雨があった場合には土壌表面の細かな土壌粒子が大きい粒子の隙間を埋めてクラストと呼ばれる固い層を土壌表面に形成することがあります（I・1のQ13参照）。土壌の種類によって出芽時にクラストを形成した圃場では発芽した苗が固いクラスト層を突き破って出芽することが困難なため、出芽時に土壌表面がより固い条件下ほど出芽不良になります。保存状態が悪い種子は出芽勢が弱く、その傾向が顕著になります。また、クラスト化した圃場では一般に大粒品種のほうが出芽が低下します。

### 3. 酸素欠乏と微生物

大豆は冠水状態でもかなり長期間生存できます。無菌状態で大豆を8日間水に漬けても、水から大豆を取り出すと生長します。しかし、冠水状態では生理的な活性が弱まり、微生物の感染に対する防御反応が鈍くなり、微生物による出芽不良の影響を受けやすくなります。

播種後に冠水して土壌水分が高くなった場合の出芽不良には、土壌微生物が大きく関与します。滅菌していない土壌に播いて冠水処理した大豆は出芽率が著しく低下しますが（図2）、滅菌した土壌では出芽率が低下しません。一方、滅菌していない土壌でも卵菌類（微生物のグループの一つで、コンブやワカメなどの褐藻に近縁）に効果のある殺菌剤を種子処理した大豆を播種すると、冠水しても出芽率が低下しにくくなります。

出芽不良を起こす卵菌類として苗立枯病菌（*Pythium spinosum* や *P. ultimum* var. *ultimum*）や茎疫病菌（*Phytophthora sojae*）が知られていますが、それ以外にも病原性の弱い様々なピシウム属菌やフィトフトラ属菌があります。苗立枯病菌は播種後の地温が低く、低温期間が長いほど出芽不良を増加させます。しかし、病原性の弱い卵菌類は大豆が冠水しない限り、出芽不良を起こすことはほとんどありません（図3）。

（加藤雅康・国立卓生・中山則和）



図2 非滅菌土と滅菌土に播種して冠水処理した大豆の出芽  
＜出所＞加藤雅康ら（2011）平成22年度関東東海北陸地域成果情報

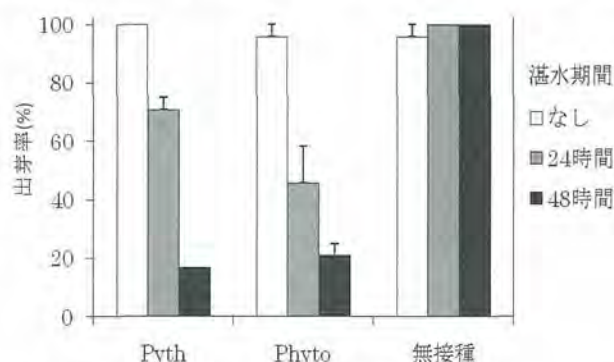


図3 冠水期間が大豆の出芽率に及ぼす影響

Pythはピシウム属菌を Phytoはフィトフトラ属菌を種子に接種。

＜出所＞加藤雅康ら（2011）平成22年度関東東海北陸地域成果情報

#### ＜参考文献＞

- 1) 国立卓生ら（2009）農機誌 71：115-120
- 2) 中山則和ら（2004）農林技術 61(9)：391-395
- 3) 清水基滋・児玉不二雄（2010）北日本病虫研報 61：43-46
- 4) 加藤雅康ら（2011）平成22年度関東東海北陸地域成果情報



Q

16 湿害による出芽不良を回避する技術にはどんなものがありますか？

A

降雨後3～4日以内の湿った圃場での播種や播種後当日に降雨が予測される中で出芽不良を軽減するには、種子水分を15%程度に高めた調湿種子を使用することが有効です。調湿種子は降雨後乾燥してクラスト化した圃場でも出芽率を向上させることができます。播種後翌日から出芽期にかけても降雨があり、圃場が湿っている条件下では、卵菌類に効果のある殺菌剤を種子塗沫することで出芽不良を抑制することができます。

### 1. 調湿種子

大豆を冠水処理などして水分の多い圃場で種子を急激に吸水させると、種皮と種子内部の膨らみ方に大きな差ができ、過度に乾燥した種子ほど子葉の維管束が断裂したり、亀裂が入ったりして、出芽や出芽後の成長に影響を及ぼしやすくなります。

そこで、通常、播種に用いられている10%前後の種子の代わりに、種々の方法によって予め種子全体を水分15%前後に調整した後、さらに種子内の水分均一化のために調湿処置期間、および保管期間を含めて3～4日経過した種子（調湿種子）を使用すると、湿った圃場で吸水させても種子組織が壊れにくく発芽力の低下が少ないので、乾燥種子をそのまま播種した場合と比べて出芽率を大幅に向上させることができます。特に、播種後乾燥してクラスト化しやすい（出芽時に土壌表面硬度が高まった）圃場では、調湿種子を使用することで出芽率の改善効果が高まります（図1、図2）。



図1 クラスト発生圃場における調湿種子の出芽  
(乾燥：水分10.4%、調湿：同15.0%)

＜出所＞国立卓生ら(2010) 日作紀 79(4)：476-483.

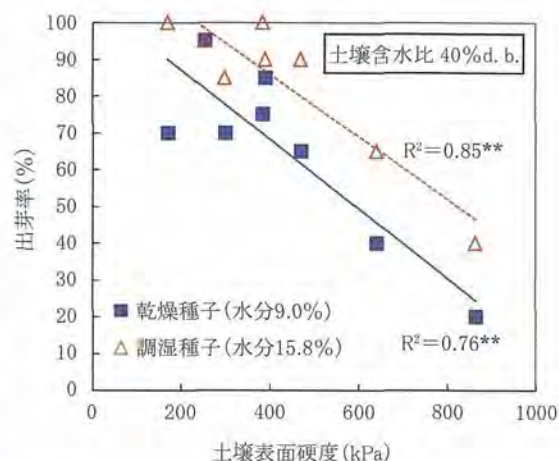


図2 湿潤播種土壌において出芽時の土壌表面  
硬度が出芽率に及ぼす影響

＜出所＞国立卓生ら(2010) 日作紀 79(4)：476-783.

### 2. 種子処理殺菌剤の効果

一方、播種後も土壌の過湿状態が続いた場合は卵菌類などの微生物が繁殖しやすく、この場合でも調湿種子を使用すると乾燥種子をそのまま播種したときと比べて出芽率が有意に向上します（図3）。しかし、調湿種子のみでは出芽率は大きく低下し、調湿種子に種子粉衣殺菌剤を併用すると出芽率が大幅に高まります。現在、卵菌類に効



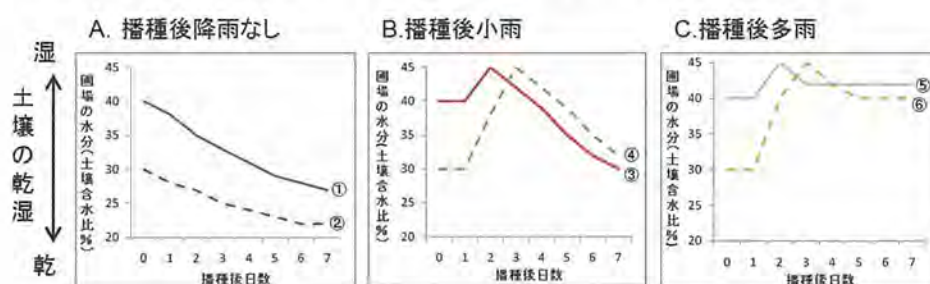
果のある種子処理殺菌剤としてランマンフロアブル、クルーザーMAXX、ボルテックスFSがあります\*。

播種後の多雨などにより圃場の湿った状態が長期化すると種子粉衣殺菌剤の効果は低下し、調湿種子と種子粉衣殺菌剤を併用しても出芽率は著しく低下します。このため、大豆の出芽の安定化では、調湿種子や種子粉衣殺菌剤の有無を問わず、圃場の排水対策が必須です。併せて、より効果の高い種子粉衣殺菌剤の開発が湿害時の大豆の出芽の安定化に不可欠です。

図4は、上記した内容を一覧にした図です。播種時における圃場の水分と播種後の降雨をもとに圃場水分のパターンを6通りに分け、各々における調湿種子と種子粉衣殺菌剤の出芽改善効果を◎～×で示しました。例えば、播種時の圃場水分と出芽時の土壌表面硬度ともに高いケース（①や③）では、調湿種子によって高い出芽改善効果が期待できます。一方、播種後圃場が湿ったケース（③～⑥）では種子粉衣殺菌剤が出芽率の改善に有効です。但し、播種後長期間圃場が湿っていると（⑤や⑥）、調湿種子と種子粉衣殺菌剤を併用しても出芽率は著しく低下しやすく、種子処理の有無を問わず、圃場の排水対策が出芽の安定化に必須です。

（国立卓生・加藤雅康）

\*：農薬の使用に当たっては最新の農薬使用基準を参照すること。



| 圃場の水分パターン | 播種時、播種後<br>当日の土壌乾湿 | 出芽時の土壌<br>表面硬度 | 出芽の安定化 |         |       |
|-----------|--------------------|----------------|--------|---------|-------|
|           |                    |                | 調湿種子   | 種子粉衣殺菌剤 | 両者の併用 |
| A         | ①                  | 湿              | ◎      | △～×     | ◎     |
|           | ②                  | 乾              | ×      | ×       | ×     |
| B         | ③                  | 湿              | ◎～○    | ◎       | ◎     |
|           | ④                  | 乾              | ×      | ◎～○     | ◎～○   |
| C         | ⑤                  | 湿              | △～×    | ○～△     | ○～△   |
|           | ⑥                  | 乾              | ×      | ○～△     | ○～△   |

◎：出芽率の高い改善効果が期待できる、○：出芽率の改善効果が期待できる、△：出芽率の改善はあまり期待できない ×：出芽率は改善されない。

図4 調湿種子と種子粉衣殺菌剤による圃場水分パターン別の出芽改善効果（国立、未発表）



Q

17

大豆を降雨の合間に播種しなければいけないときの判断基準は？  
出芽率の低い圃場における播種期の早晚別播き直し可否基準は？

A

### 1. はじめに

大豆を降雨の合間に播種し、まき直しの可否を知ろうとするのは、安定した収量を確保しようとする意欲の表れであり、実需者も望んでいることです。この回答では収量の年次変動が少ない事を目標とします。そこで、播ける日はいつでも播き、極力単収を取ろうとし、播き直しは厭わない、という考え方で記します。種子の量は播き直しのために多めに要ることとなります<sup>3)</sup>。

転作大豆における生産組織が受託する播種方式は、一つは他人の圃場の播種を行うため、もう一つは播き直し作業の負担があるため、播種の実行に慎重になりがちで、適期播種を逃し、減収しやすくなります。

そこで、急激に単収が下がる地域にて単収を高位安定化させる改善方策として、土壌水分の計測と、当日の気象予報に基づく播種行動「攻めの播種」を提案します。積極的な性格を持っています<sup>4)</sup>。

以下では事例として、九州北部の筑紫平野を対象に、7月にフクユタカ、サチユタカを播種する中粗粒または細粒灰色低地土の場合における播種行動について説明します。

### 2. 判断が後手に回らないための、播種スケジュールの組み立て

「播種適期を過ぎて播種されていない、あるいは出芽率が低い圃場が多く、播き直しても、もう高収量が期待できない」という状況を極力避けるよう行動しなければならないと言ったことを起点にします。大豆は播種後、出

芽状況の判明には、1週間程度待つ必要があります。そのうちに播種適期を過ぎてしまうことを回避する努力がないと、安定化には至りません。そのためには播種適期のうちに播き直せることが必要です。生産組織ならば、オペレータたち、あるいは各委託者に、事前の準備（耕起、畦草刈りなど）は早めに終わらせる態勢を整えてください。

さらに、的確な対応の基礎として、単収が下がり始めるおおよその日付、その地域におけるその品種の1日あたりの減収量を把握する努力をして下さい。具体的には、図1のグラフを現地にあわせて作り、「？」部分を埋めて下さい。すると、より自信を持って判断できます。

地域、品種によって状況は異なるでしょうが、ある時期以降、単収は着実に日に日に下がるようになります。これは、大豆は播種日にかかわらず毎年一定の時期に開花して、それ以降は成長しないため、播種が遅れると、単収を確保することは難しくなるためで

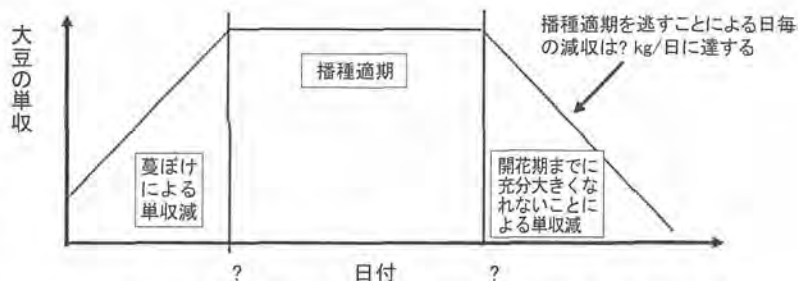


図1 的確に播種を実施する基礎となる概念図

(事例から筆者の試算では適期の日付は7月11日～23日 日毎の減収は9kgとする)



す。適期のうちの播きなおしも可能なように、出芽率が充分かどうか判明する1週間前(事例なら16日迄)に、播種がひととおり終わっていることが求められます。集団ではさらにそこから播種にかかる日数を逆算して、播種開始日を決定すべきです。その合間の雨も考慮すると、結局播種適期の少し前からでも「土が乾けばいつでも播種を始められる態勢になっていること」が必要です。つまり、逆算して適期に播種を終われる態勢を整える努力が、単収安定のために必要です。

### 3. これから播く場面における、播くべきか否かの簡単な判断基準

さて、播種を始める態勢が整っているとします。現場では今日は大豆が播けるか否かを判断しなければなりません。この判断には二つの問題があります。

一つの問題はどのくらい高い土壌水分までは、播種した種子が十分に発芽するのかわということです。事例では、現地の大豆生産組合の慣行は、土壌の体積含水率<sup>1)</sup>が概ね39% (ここで言う39%とは生産者の目視による判断を数字に置き換えたもの) 以下であり、かつ翌日まで降雨の予報がないことが播種の条件です(表1左側)。03~05年の播種適期(7/11~23)における現地の播種可能日をこの条件で試算すると、04年は9日、05年は6日ですが、03年は0日になってしまいます。

生産者の判断だけでは、必ずしも慎重な判断が生産量の確保に結びつくわけではないのです。よりの確な判断のための材料は、土壌水分計を用いた圃場の土壌水分の把握です。圃場毎の差を前提に判断ができます。土壌水分計は、地域の圃場と降水量の関係を理解してください。

事例として、筆者が細粒及び中粗粒灰色低地土にて得られた判断を、あくまで一例として申し上げます。その他の土では、異なる結果となります。

体積含水率が播種時

から出芽するまで41%

以下であることを推奨

します。図2は39~50

%まで様々な土壌水分

の土(れき質灰色低地

土を使用)を用意し、

どのくらい高い体積含

水率まで大豆が出芽するかを試験し

た結果です。品種はサチユタカを用

いています。試験結果から、中粗粒

灰色低地土では土壌の「体積含水率」

が43%まで(言い換えると、湛水し

ない上限まで)は出芽率が80%以上

と高く、出芽も早い事が分かっています。

また、体積含水率が41%の時点

にて実際に播種したとき、トラク

タ、接地輪が満足に動き、良好な出

芽が得られ、最終的に単収が232kg/

表1 「慣行」と「攻め」の播種行動の特徴

| 「慣行」の播種                                 | 「攻め」の播種                                       |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 播種日朝、圃場状態を見て実施(概ね体積含水率39%以下)            | 土壌水分 播種日朝、計測して体積含水率41%以下にて実施                  |
| 播種日朝、翌日までの気象予報に雨マーク或いは50%以上の降水確率がある場合断念 | 気象予報 播種日朝、当日の気象予報に雨マーク或いは50%以上の降水確率の予報がある場合断念 |
| 播種後の湛水に対して播き直さない                        | 播き直し 播種後湛水に対して、播種7日後出芽が少ないことを確認し、7月中ならば播き直す   |

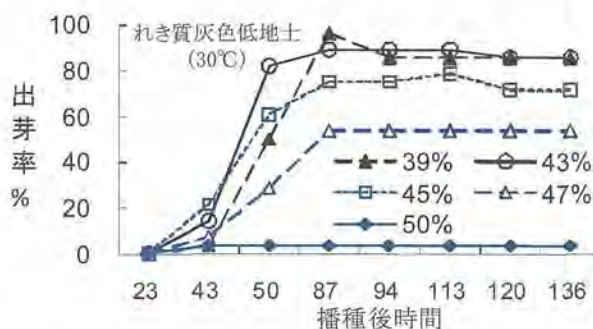


図2 体積含水率と出芽率の関係

(れき質灰色低地土は中粗粒、細粒灰色低地土より土壌が湛水しやすい)



10aとなったデータがあります。したがって、控えめに見ても播種する際の土壌水分の上限を41%まで高めても問題はないと言えます。

もう一つの問題は播いた後の降雨リスクにどう対処するかということです。播種後、出芽前に大量に雨が降れば、播種は失敗です。しかし、梅雨時期だからといって、それを恐れていつまでも播かないことによっても確実に減収する、それが降雨の合間の大豆播種の最も難しいところです。リスク負担の考えが現場にないと、指導ができません。なお、研究の限界として、天気予報と降水量の予報が必ず当たる時代が来るまでは、降雨リスクを完全に克服できる方法はありません。くれぐれも留意していただいた上で、筆者の提案をご検討ください。

降雨リスクに対応する具体的な筆者からの提案を述べます。①判断を播種日の朝など、作業直前に行ってください。つまり、足腰軽く播種に着手できる組織が、優れた大豆産地を作れるということになります。当日の天気予報は概ね当たりますが、明日、明後日と先になるほど当たる確率が下がるからです。②「攻めの播種」でも、作業当日の天気予報で雨の確率が高い場合は、播種を控えるということを忘れないで下さい。③一番判断が難しいところですが、播種日は晴天だが、翌日以降、出芽するまでの天気予報にて雨マークがある場合が、「攻めの播種」では播き直しを厭わず、播種をします。なぜなら、天気予報が外れる、あるいは、当たっても被害が出ない程度の降水量である可能性があるからです<sup>2)</sup>。④播かれた大豆が降雨による被害をうける、即ち出芽率が低下する可能性があります。その時は、素早く播き直すことで、慎重に好天が続く日を待つよりも、被害を軽減することができる可能性があります。なお、九州であれば、播種後50時間もすれば出芽が進み、降雨時には危険な時期を脱していることもあります。

#### 4. 低出芽率である圃場における播種期の時期別の播き直し可否基準

次は、播種後の出芽率が低いと判明した際、播き直すべきか、そのままであるべきかについての基準です。収量最大化のためには播き直すか、そのままにしておくかは、その日が冒頭の図1におけるどの時点にあるかによって答えが異なります。

圃場の水分が高い状態が続き、適期以降に播き直すか否かの判断に迫られる場合、生産側の所得減を最小限にするためには、播き直した場合に「単収×価格－播き直し費用」が、現在の圃場の状況にて期待される「単収×価格」を上回るとき、播き直すべきだと考えられます。地域ごとの図1が作られていれば、それに基づいて自ずと判断できます。もし、契約した生産量の確保を重視すべきであれば、また明らかに壊滅状態であれば、土壌水分の低下を待って播き直しをするしかありません。

#### 5. 試算による播種行動の比較

最後に、実際の2003～2005年7月の天気予報と降水量、土壌水分に対して、表1に示す「攻め」の播種行動と、現地の「慣行」の播種行動の違いが、単収量へどう影響するか比較する試算をしたものを提示しておきます。具体的にはこれら二つの播種行動の減収程度や播き直し回数を算出し、大豆作に関わる収支を比較します。

両播種行動の試算に共通する前提を以下に示します。播種日は気象予報と、現地圃場の体積含水率に基づき決定します。データの取得は九州北部で、土は中粗粒灰色低地土にて行っています。適期は7月11～23日とし、11日から播種を開始しようとし、播



播種による収量を280kg/10aとして、2003、2006年の現地における筆者が入手した圃場別収量データにもとづき、播種日が適期以降1日遅延するごとに9kg/10aずつ減収するとします。また、播種後に降雨があった場合の減収の程度は2003年の現地における播種後の降雨被害の実態から、降雨翌日までに一度でも湛水する場合、大豆収量は2割低下するとします。土壌の体積含水率が44%以上では湛水することにより、一方、播き直しは、出芽率が低いことが確認できる播種1週間後以降に実施しますが、8月にずれ込む場合は実施しません。

表2 「慣行」、「攻め」の試算結果の比較

|       | 慣行    |     |          | 攻め    |     |          |        | 収量(kg/10a)      |     |     |    |
|-------|-------|-----|----------|-------|-----|----------|--------|-----------------|-----|-----|----|
|       | 播種開始日 | 終了日 | 降雨害に遭う回数 | 播種開始日 | 終了日 | 降雨害に遭う回数 | 播き直し回数 | 慣行              | 攻め  | 増減  |    |
| 03年7月 | 28    | 8/2 | 1        | 16    | 31  | 1        | 1      | 03年             | 196 | 230 | 34 |
| 04 〃  | 15    | 18  | 0        | 14    | 17  | 0        | 0      | 04 <sup>注</sup> | 280 | 280 | 0  |
| 05 〃  | 16    | 21  | 1        | 15    | 23  | 0        | 1      | 05              | 266 | 280 | 14 |

注)04年は台風等により不作であるが、播種時は順調である。

試算したところ、表2の通り、「慣行」より「攻め」への播種行動の転換は、播種日が全体に早まり、収量の安定性が高まります。2003年は、「慣行」においては196kg/10aまで収量がかかなり低下する一方、「攻め」の播種行動では平均収量は230kg/10aを確保できるという結果になりました。なお、播種直後に圃場が湛水状態になる日は、3年間で1日だけ「攻め」が「慣行」と比べて多いという結果になっています。

適期以降の1日あたりの減収量など、データは地域差がありますが、考え方は各地域で通用すると思います。より出荷量の安定した大豆産地を作って、実需者からの信用を勝ち得ることに寄与できれば、著者としては嬉しく思います。

(笹原和哉)

注1) 土壌水分の指標には体積含水率と含水比の二つの概念があり、混同しないように注意して下さい。本稿で用いる体積含水率とは、土壌の水分の体積を土壌全体の体積で割ったものです。なお、TDRポータブル土壌水分計を用いれば、土壌に突き刺して10秒程度で体積含水率が表示されます。

注2) 気象庁の降水確率は指定された時間帯の間に1ミリ以上の降水の降る確率と定義されています。1ミリの降雨により、上述の土壌水分(体積含水率)は約1%上がります。つまり播種時の体積含水率が30%であれば、播種後10mmの降雨があった後は40%であり、無事に発芽するからです。

注3) なお、本稿の方針はどこでも通じる栽培法ではなく、播種適期を過ぎると日ごとに単収が大きく下がる地域を想定しています。特に九州のような暖地は適期を過ぎると日毎に単収が大きく下がります。九州北部では2006年7月末に播種した場合の、1日あたり12kg/10aの減収というデータがあります。

注4) ここでは播き直しの可否基準を一つ示していますが、生産者や指導機関が地域ごとの経験と調査結果を活かした方法を形成する上での、一対処方針の提案だご理解下さい。本質的にはどんな産地づくりが目標なのかという考え方に従うべきものでしょう。

#### <引用文献>

- 1) 笹原和哉・久保田哲史(2006)大豆生産組合の播種行動の規定要因と収量安定化方策の提案、農業経営通信 227号

#### <追伸事項>

農協の方には、播種適期の前から種子を生産者に渡すこと、また種子の量を多めに確保していただき、「安定した量を取るために、播き直しをどうぞ。」というフォローをしていただけると助かります。



Q

18

水害にあうと大豆にはどのような被害が生じますか？  
また、被害軽減の方法は？

A

大豆の安定多収には、排水対策の徹底による湿害防止が重要であり、転換畑では、圃場の団地化や圃場内の周囲明渠や弾丸暗渠などの営農排水対策が行われています。ところが、大豆の生育期間中に台風や集中豪雨等により、数時間～数日に渡って圃場が浸水（土壌表面が水で覆われる）または冠水（作物体が完全に水没）した状態が続くと大豆に甚大な被害が生じます。

### 1. 水害が大豆に及ぼす影響

水害の結果として大豆に生じる障害としては、葉の黄変・枯死、茎の成長点の枯死、根及び地上部の生育量の減少、根粒の減少、落花・落莢、不稔莢の発生等が認められており、最悪の場合は植物体の枯死に至ります。また、水害の間接的な影響として、植物体の生育停滞や欠株の発生による雑草害の拡大、病虫害の蔓延等も懸念されます。そして、これらが複合的に発生した結果、子実収量が著しく低下するとともに、腐敗粒、未熟粒、しわ粒等被害粒の発生や小粒化により子実の外観品質も大きく損なわれることがあります。また、登熟が不均一となり、莢先熟症状（青立ち）が著しくなるという事例も報告されています。しかし、水害による被害の現れ方は、その時々々の条件、すなわち、水温の高低、水の清濁、流水か停滞水か、冠水か浸水か（浸水の場合は大豆のどの高さまで水没したか）、どの生育時期に水害に遭遇したか、水に覆われた期間の長さ、土砂流入の有無、圃場の土壌のタイプ、栽培している品種等により大きく異なり、一様ではありません。そのため、水害に遭遇した場合の被害の程度を予測することは極めて困難です。研究事例によると、壤土よりも埴土の方が大豆に生じる障害の程度が大きな傾向があることから、粘土質の高い転換畑圃場では被害が大きくなる可能性があります。また、生殖生長期（開花期以降）の方が、栄養生長期（開花期まで）よりも障害の程度は大きく、さらに、冠水期間が長くなるほど障害が大きくなる傾向にあり、生育時期によっては12時間を超える冠水で著しく収量が低下することが示されています（図1）。しかし、これらは一定の条件下での試験データであり、実際の場面では、短時間の浸・冠水であっても、それにより倒伏が併せて生じた場合などは被害が大きくなると考えられますので、実際の状況によって被害程度は異なります。

### 2. 水害に遭遇した時の対策

まず、圃場の排水性を確保しておくことが必要です。増水時には、安全が確保された条件の上で、排水口、暗渠水閘を閉じ、圃場への水の流入をできるだけ防ぎます。冠水期間が長くなるほど障害の程度も大きくなることから、退水後、可能な限り速やかに圃場からの排水に努めることが肝要です。また、排水後は明渠の補修を行うなど、表面排水の機能回復にも努めます。なお、排水後、数日たつと茎疫病による被害も明瞭になってきますので、被害程度が大きく大幅な減収が見込まれる場合、時期を考慮して、再播種やそばなど他作物への転換を検討します（他作物への転換をする場合は、交付金の扱いも含めて事前に市町村などの関係機関と相談しましょう）。

排水後の対策として、本葉展開～開花期頃に水害に遭遇した場合は、中耕培土を行うこ

とで、雑草害の軽減を図れるとともに、土壌の通気性が改善され、根の生育回復が見込まれます。特に雑草に関しては、水害の影響により大豆の生育が停滞し雑草害が甚大になったという報告があるので、雑草の発生状況によっては、茎葉処理剤も活用して除草を行います。また、根粒の機能回復が見込まれない場合（地表面が水で覆われて根粒に酸素が供給されなくなると、根粒は一時的に機能を停止し、退水後に再び回復しますが、冠水時の土壌が還元状態にあり、さらに、水温が高い場合は、退水後も根粒機能が回復しないことが分かっています）は、窒素の追肥が生育回復と収量低下の軽減に有効となります。

水害の影響により病害虫の発生が助長されたり、大豆の生育に遅れが生じ、当初計画した防除時期のタイミングとずれが生じる場合もあるので、十分圃場を観察し、適期に防除を行います。大豆に生育抑制が見られた場合は、コンバイン収穫時の地際の刈り残しが増加することもあるので、刈り取り高さの設定等の機械の調整も必要になります。

（中山則和・岩津雅和）

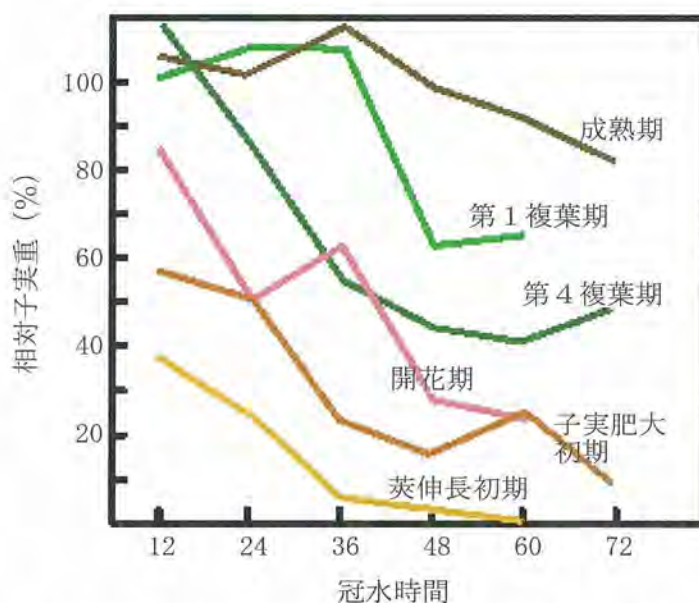


図1 生育時期別の冠水処理が個体あたりの子実重に与える影響  
品種「秋大豆1号」。相対子実重は、冠水処理をしなかった  
個体の子実重を100とした時の相対値。

<出所> 時政文雄（1951）日作紀20：103-105.

#### <参考文献>

- 1) 小綿寿志ら（2003）日作東北支部報46：89-91
- 2) 時政文雄（1951）日作紀20：103-105
- 3) 新潟県三条農業振興事務所（2004）7.13梅雨前線豪雨災害
- 4) 松田裕之ら（2011）日作紀80：207-211
- 5) Maekawaら（2011）Plant Prod. Sci. 14：349-358
- 6) Scott, H.D. ら（1989）Agron. J. 81：631-636





19

中耕培土は必ず必要ですか？  
行う際の留意点は？



日本では大豆作における中耕培土作業は基本的な技術として広く定着しており、全国の7割以上の圃場で中耕培土が実施されています。コンバインの普及により過去10年間で大豆の作業時間は半分となりましたが、残りの作業時間の約4割を占めている中耕・除草と培土作業の省力化が今後の大きな課題となっています。

### 1. 中耕培土の意味

諸外国の大豆作では、除草のために中耕は実施するところがありますが、培土は一般的ではありません。日本で行われている培土は、台風による倒伏防止と水田転換畑での排水の容易化が主目的といえます。中耕と培土ではその目的と効果が多少異なります。

#### (1) 中耕の目的と効果

中耕の主目的はうね間の除草ですが、大豆は広葉作物のため抑草効果はかなり高く、輪作体系における雑草の埋土種子低減、適切な除草剤の利用、狭畦栽培などにより除草目的の中耕は省くことも可能です。また、中耕は土壌を膨軟化して通気性を改善したり、北海道では地温上昇の効果もみられます。肥沃な圃場では土壌の攪拌により土壌有機物分解が促進されて、硝酸などの植物が吸収できる養分量も増大させますが、堆肥などの有機物投入を伴わない限り、長期的には地力消耗を加速させています。開花期近くになると畦間にすでに根が伸びているため、中耕による断根で減収を引き起こすことがあるので、中耕は生育初期に限定することが肝要です。

#### (2) 培土の目的と効果

培土は中耕を行いながら茎元に土を寄せる作業です。培土の効果として、土寄せ部分からの不定根の発生、倒伏防止、排水、畦間灌水の良好化などがあげられます。

##### 1) 不定根の発生

培土による不定根発生は播種後20～35日の培土によって最も多くなり、それ以前では土寄せにより茎の成長が抑制されることがあります。また、土寄せ部分からの不定根発生には適度な土壌水分が不可欠であり、乾燥条件下では培土を行っても不定根が発生しないので培土効果は期待できません。この不定根は新根で養水分吸収力に優れるため、結莢や子実生産に有効に機能しますが、培土部分の土壌肥沃度が低い場合はその効果は小さいと考えられます。

##### 2) 培土部分への根粒の着生

培土部分の不定根にも根粒が着生し、増収に貢献します。ただし、根粒着生も適度の土壌水分が必要で、土壌が過湿や過乾では酸素不足や干害により着生や活性が低下します。培土部分より下層では培土前に比べて通気性が低下して根粒活動には不利になるので、培土部分に根粒を良く着生させることが培土効果を高める上で重要です。そのため、培土後、しばらくの間は培土部分の土壌水分を乾かせすぎないことが不定根発生や根粒着生を促し、培土効果を高める条件といえます。

##### 3) 倒伏防止

培土による倒伏防止効果は、主茎基部の支持や不定根発生によるもので、多くの場合、



大きな効果がみられます。ただし、降雨により土壌の支持力が低下しやすい土質での実施や、徒長、まん化しやすい品種では茎基部が培土により支持されても、それより上部ではたわんで倒れてしまい、培土効果が見られない場合もあります。

#### 4) 表面水管理の容易化

培土による作畦は、排水や畝間灌水時の水路となるため圃場表面水の管理を容易とします。しかし、これは明渠作溝や播種前、播種時の作畝などで代用可能です。

#### (3) 中耕培土の方法

中耕培土の適期は不定根発生促進と断根回避から播種後20～35日頃であり、生育が早い暖地ではやや早めに、遅い寒地ではやや遅めに実施するのが基本です。また、除草を主目的とする場合は土壌が乾いた時に実施し、多収化を図る場合は不定根発生を促進するため、培土後はしばらく土壌が湿った状況になるように作業時期の土壌水分と天候に留意する必要があります。コンバイン収穫を考えると高培土は収穫作業を困難とし、汚粒発生や収穫ロスを増大させます。中耕培土の回数は適期に1回、培土高を15cm以内とするのが基本です。茎元まで土がかからない培土では不定根発生が期待できず、さらに株元に溝が生じるとそこに水がたまり病害発生の原因となることがありますので、培土した土が茎元まできちんと覆う山型とすることが重要です。近年、湿潤な土壌条件下でも土を練らず株元まで精度良く培土ができ、作業速度も速いディスク式中耕培土機が開発され、急速に普及しています(図1)。本機種は除草性能も高く、安定した中耕培土効果が期待されます。



図1 ディスク式中耕培土機

農研機構生研センター 後藤隆志氏提供

#### 2. 見直しが迫られている中耕培土作業

中耕培土は基本的な栽培管理技術として位置

づけられてきましたが、その増収効果は常に期待できるものではなく、過去に実施された主な中耕培土試験事例で増収が認められるのは半分程度です。実施時期や土壌、気象条件によっては減収する場合があります。一般に土壌が粘質で地下水位が高く地下へ根が十分に伸長できない条件下では中耕培土の効果は高く、他方、干ばつ条件下では増収効果が見られない場合がほとんどです。また、作付品種の耐倒伏性向上や地力低下に伴う大豆生育量の減少などにより、培土による倒伏防止の必要性も薄れてきています。他方、培土による圃場の凹凸化はコンバイン収穫時の汚粒発生や作業性低下を引き起こし、大規模化を阻む一因となっています。これらのことから、中耕培土作業は再検討すべき段階にきています。中耕培土効果の発現は、品種、栽培地の気象、各圃場の土壌種類や排水状況、雑草発生量などの種々の要因に左右されます。そのため、各農家の大豆栽培圃場内に中耕培土を行わない部分も設けて、その効果を確認しながら中耕培土作業導入の適否を判断するのが最も現実的な対策と考えられます。

(島田信二)

#### <参考文献>

- 1) 島田信二(2006) 農業技術大系 6(追録28): 技37-40の2
- 2) 後藤隆志ら(2012): ディスク式中耕培土機の作業性能と大豆栽培への影響(第1～第4報)、農業機械学会誌74(2)



**20** 水田転換畑で灌水を実施すべき時期の判定法と灌水方法は？

開花期以降に土壤の乾燥が続く場合には灌水が必要です。灌水を行うタイミングは土壤の色や葉の反転などで判断する方法もありますが、正確に判断するために土壤の乾燥程度を判定する測器を開発しました。灌水方法にはうね間灌水や暗渠を利用した灌水があります。うね間灌水は朝夕の涼しい時間帯に行い、圃場全体に水が行き渡ったら速やかに排水します。

**1. 灌水の意義**

水田転換畑は普通畑に比べて土壤中に多くの水を含んでいます。生育前半を湿潤な土壤で生育した大豆は、根が地表付近に片寄り、かつ、発達が劣ります。このような大豆は開花期以降の干ばつに弱くなります。

開花期以降の水ストレスは、根が養水分を吸収するのを阻害し、蒸散量の急速な減少によって光合成を低下させます。開花期の乾燥は花数を減少させ、落花や落莢の増加によって結莢数は著しく減少します。子実肥大前期の乾燥は落莢と不稔莢を増加させます。子実が付かないことで、子実へ行くべき栄養が茎に残り、収穫時期になっても茎が枯れ上がらない青立ち（莢先熟）が発生します。子実肥大後期の乾燥は葉の老化を早めることにより子実肥大期間を短縮させ、百粒重が減少します。

このように、開花期以降の水ストレスは収量や品質の低下をもたらします。ちょうどこの時期は梅雨が明け、高温・乾燥した気象となりやすく、特に水田転換畑はいったん乾燥すると透水性や保水力が低下し、干害が発生します。しかし、水田転換畑には灌漑用水が比較的容易に手に入るという利点があるので、灌水によって増収を図ることが重要です。

**2. 灌水を実施すべき時期**

生育前半の大豆は、干害が予想される場合のみ灌水を行い、乾燥した土壤で生育させることにより、根を地中深くまで広げさせ、干ばつに強い大豆を作る必要があります。

開花期以降の水ストレスは大豆にとって好ましくなく、灌水を行います。灌水が必要かを判断する方法として、晴天が1週間程度続き、土が白く乾燥した時期を目安にしたり、日中に大豆の葉が立ち、半分以上の葉で裏面が見えるようになった時期を目安にしたりします。また、水ストレスのない大豆は晴れた日中でも葉温が低く、葉を触るとひんやりと感じます。この微妙な感触を判断材料にしている生産者もいます。これらの方法は生産者の目と感触で判断できる反面、長年の経験と勘が必要になります。

灌水の必要性を客観的に判断する方法として、テンシオメータや赤外線放射温度計、浸潤試薬（90%エタノール液）を用いる方法があります。テンシオメータを用いる場合、指示値がpF2.8以上になったら灌水を行います。また、大豆は水ストレスを受けると蒸散が抑制され、葉温が高くなります。この葉温の上昇を赤外線放射温度計で測定し、気温との温度差、または水ストレスを受けていない大豆葉温との温度差を灌水の指標とします。また、水ストレスによって気孔が閉じると浸潤試薬が葉にしみ込まなくなります。15時前後に、日が良く当たる成熟した最上位葉の葉裏・中央葉脈に近い部分に浸潤試薬を綿棒で塗り、葉にしみ込まなくなったら灌水を行います。上記の灌水指標の中ではテンシオメータ



を使う方法が最も一般的ですが、テンシオメータは1本1万円以上するため、普及には至っていません。そこで、土壌の乾燥程度を判定する測器を開発したので紹介します（図1）。測器はポラスカップ、目盛りを付けた透明の塩ビ管、異径ソケット、シリコン栓から構成されています。（株）藤原製作所から土壌水分目視計として販売され



図1. 灌水の必要性を判定する測器

ています。使い方はまず、大豆の開花期前に、ポラスカップ部分が作物の根群域に行くように、異径ソケットのくびれ部分まで土中に挿します。次に、塩ビ管に水を満たし、シリコン栓で栓をすれば設置完了です。土壌が湿っている状態では塩ビ管内の水位は変化しませんが、土壌が乾燥してpF値が2.8以上になると塩ビ管内の水位が低下します。従来の土壌水分計は含水率やpF値の瞬時値しか測定できませんが、この測器は土壌の乾燥程度に応じて塩ビ管内の水位が日々低下し、土壌の乾燥程度を積算値として示すことができます。さらに、灌水や降雨によって土壌が湿ると、塩ビ管内の負圧によって土壌中の水が塩ビ管内に吸い込まれ、水位が上昇するというおもしろい特性を持っています。塩ビ管内の水位を指標にして灌水の必要性が判定できます。大豆の青立ちを防ぐには、水位が30cm低下するまでに灌水が必要です。黒大豆の減収を防ぐには、水位が60cm低下するまでに灌水が必要です。この測器を用いた黒大豆の灌水時期判断方法のマニュアルやQ&A集がWeb上で公開されています。下記のURLを参照してください。

[http://hyogo-nourinsuisangc.jp/13-topics/13d-press/22/jun\\_5\\_1.pdf](http://hyogo-nourinsuisangc.jp/13-topics/13d-press/22/jun_5_1.pdf)

[http://hyogo-nourinsuisangc.jp/13-topics/13d-press/22/jun\\_5\\_2.pdf](http://hyogo-nourinsuisangc.jp/13-topics/13d-press/22/jun_5_2.pdf)

### 3. 灌水方法

水田転換畑で簡単に実施できる灌水方法はうね間灌水です。播種前に圃場周辺および数m間隔で深さ20～30cmの排水用の明渠を作っておき、明渠を通して灌水を行います。水が停滞すると土壌中の酸素濃度が低下して湿害を生じることもあるので、水が行きわたったら速やかに排水します。また、高温時の灌水は根痛みを起こすので、朝夕の涼しい時間帯に灌水します。

暗渠を利用して地下から灌水する方法を地下灌漑といいます。水閘を閉めた状態で暗渠に灌漑用水を入れ、圃場の地下水位を上昇させ、さらに、毛管上昇によって灌水します。うね間灌水と比べて省力的に灌水できますが、下層への水の浸透が小さい土壌でないと使えません。

（黒瀬義孝）

#### <参考文献>

- 1) 農林水産技術会議（2002）『農林水産研究文献解題 No.27 大豆 自給率向上に向けた技術開発』、農林統計協会



**21 青立ち（莢先熟）の原因と対策は？**

大豆の青立ち（莢先熟）が発生すると、コンバイン収穫時に汚粒が発生する問題があります（I・1のQ22を参照）。現状では、一度発生した青立ち症状を正常に戻す方法がないので、発生を未然に予防することが最善の策となります。青立ちの発生原因は色々あるため、それぞれの発生原因が生じないように、適切に栽培管理することが重要です。

**1. 青立ち（莢先熟）の主要な発生原因と対策****(1) カメムシ類**

カメムシの吸汁害が著しい大豆圃場では青立ちが発生します。カメムシの吸汁害を受けた大豆の青立ち株は不稔莢や変質粒を含む未成熟莢の割合が高くなります。青立ちの原因となるカメムシとして、イチモンジカメムシ、アオクサカメムシ、ホソヘリカメムシ、ブチヒゲカメムシ等が知られており、特に子実肥大初期に吸汁害を受けると青立ちの被害が大きくなります。莢の伸長が認められる頃から子実が肥大する間（莢伸長期～子実肥大期）にかけて2～3回防除すれば、カメムシが原因となる青立ちの発生を防止できます。

そのほか、フタスジヒメハムシの被害が大きい圃場で青立ちが発生することが報告されています。エチルチオメトン粒剤による播種溝処理やチアメトキサム剤による種子塗抹処理により、フタスジヒメハムシ被害と青立ちを防止できます\*。

**(2) 葉腐病**

大豆の葉腐病は葉や莢に腐敗症状を呈するほか、クモの巣状の菌糸をともなう病気で、水稻の紋枯病菌と同一または類縁系統のリゾクトニア菌によって引き起こされます。葉腐病で重症感染すると、莢数の著しい減少と青立ちの発生が認められます。広島県では、夏に降水量が多かった2004年に葉腐病が多発したほか、通常の年でも霧の多い地域において発生しており、青立ち症状も認められています。2011年11月の時点で葉腐病の防除を目的とした農薬の登録はありませんが、紫斑病の防除に登録があるアゾキシストロビンを主成分とする殺菌剤を莢伸長期と子実肥大期に散布すれば、葉腐病を防止できることが試験で認められています。したがって、紫斑病対策の防除に本成分を含む農薬を使用すれば、葉腐病による青立ち防止にも効果が期待できます。

**(3) 土壌の乾燥**

開花期から結莢期間にかん水すると青立ちの発生が抑制される例が北陸や中四国地域で多数報告されています。この場合に発生する青成ちは、莢数や子実重が減少しており、干ばつによる土壌の乾燥ストレスが発生原因であると考えられます。実際、開花期以降に土壌を過度に乾燥させると青立ち株の割合が増え、特に莢伸長期に土壌が継続して過度に乾燥すると発生率が高くなります（図1）。したがって、開花期以

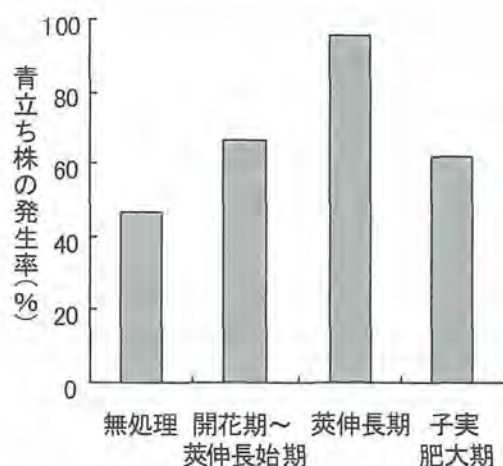


図1 生育期間別に土壌を乾燥した場合に発生する青立ち株の発生率(%)

データは、近畿中国四国農業研究センター内のライシメータで2003年に実施した試験結果。青立ち株は茎の色が緑色を呈した株とした。



降の土壌が過度に乾燥しないようにかん水することが、青立ちの発生を抑制する上で重要となります。特に莢伸長期における長期の過乾燥には注意してください。かん水時期の判断はI・1のQ20を参照してください。

#### (4) 高温

人工気象室を使用したり、大豆群落をハウス用のビニール資材で被覆したりして、開花期以降に高温となる環境を設定すると青立ちが多発することが報告されています。しかしながら、高温に対する解決策は現在のところまだ示されていません。

#### (5) 播種時期

大豆を早播すると青立ちしやすくなるのが、広島県、岡山県、青森県等で報告されています。早播すると茎葉の生育が旺盛になって増収しますが、過繁茂になってしまうと青立ちが発生しやすくなるので注意が必要です。また、早播するとカメムシによる莢への吸汁害が増加します。上述のとおり、カメムシの吸汁害を受けると青立ちが発生します。

#### (6) 品種

大豆には青立ちしやすい品種としにくい品種があり、一般に寒地向けの品種を暖地で栽培すると青立ちが発生しやすいです。この仕組みはまだよくわかっていませんが、環境の変化や遺伝的特性が影響していると考えられています。したがって、異なる地域の品種を導入すると青立ちが発生する可能性があります。各地域の奨励品種を使用するか、新品種の情報に注意を向けておいてください。ただし、青立ちが出ない品種であっても、土壌の乾燥ストレスや病虫害を強く受けると青立ちが発生します。

### 2. 青立ちが発生する条件

多くの場合、1株あたりの莢数が少ない場合に青立ちが発生しやすくなります。人為的に莢を除去した場合や莢伸長期の土壌乾燥によって莢数が減少した場合、莢数が少ない株ほど青立ちの程度が重症となるので、青立ちの発生は莢数の減少と関係があると考えられます。一方、一見して十分に莢が着生しているようでも、子実の生育が不良な株や茎葉の生育が大きい株で青立ちが多発する傾向があります。こうしたことから、1株あたりの子実の量が相対的に減少する条件で青立ちが発生すると考えられます。したがって、莢数や子実重を十分に確保し、かつ茎葉の生育量が過剰とならないように栽培管理することが、青立ちの発生を抑制するために重要となります。青立ちの発生機構については不明な点がまだまだ多く残されており、まだうまく説明されていません。青立ち対策を充実させる上で、今後の研究の進展が望まれます。

(竹田博之)

\*：農薬の使用に当たっては最新の農薬使用基準を参照すること。

#### <参考文献>

- 1) 農林水産技術会議 (2002)「農林水産研究文献解題 No. 27 大豆 自給率向上に向けた技術開発」農林統計協会、291-294
- 2) 武井真理ら (2003) 農業および園芸 78 : 491-497
- 3) 新潟県農業総合研究作物センター 栽培科 平成 22 年度新潟県農林水産業研究成果集
- 4) 竹原利明ら (2005) 日本植物病理学会報 71 : 217
- 5) 竹田博之ら (2006) 日本作物学会中国支部研究集録 47 : 32-33
- 6) 古屋忠彦ら (1978) 日本作物学会九州支部会報 45:59-60
- 7) 井上健一 (2002) 大豆青立ち症状の発生要因と対策 研究および調査報告書、福井県農業試験場 9-13



Q

22 コンバインで収穫出来る高水分の限界と汚粒対策は？  
また、青立ち株のコンバイン収穫での留意点は？

A

大豆のコンバイン収穫において穀類損失と並んで問題となるのが汚粒の発生です。コンバインによる大豆収穫は、コンバインの機種、大豆の品種、栽培条件はもちろん、収穫時期・時刻、天候、オペレータの技術水準、作業速度等によっても大きく左右されますが、汚粒は大きく分けて、土の噛み込みや雑草、青立ち、それに不適切な収穫時期によって発生するとされています。ここでの質問には汎用コンバイン収穫における収穫時期（水分条件）や青立ちによる汚粒の発生に限定して回答させていただきます。

この二つの原因による汚粒発生へのメカニズムはほぼ同じと考えられ、脱穀部で攪拌される際に水分の高い茎等から出た汁等が子実に移ることによって汚粒となっていると考えられます。ですから茎水分が下がればこれらによる汚粒の発生は基本的に軽減され、一般的には茎水分が50%以下に、できれば40%以下になってからのコンバイン収穫が推奨され、30%以下になれば茎による汚粒発生はほぼ無くなると報告されています。また茎水分だけでなく子実水分も汚粒の発生程度に大きく関与しており、高水分の茎でも子実水分が低ければ汚れ指数を低減させ、子実水分20%以下なら汚れ指数があまり高い値にならず16%が最適との報告もあります（図1）。また汚粒の発生が危惧される条件では作業速度を抑えるのも対策の一つとなり、一例ですが茎水分が50%での汚粒発生軽減には速度を0.5m/sに抑えると良いとの報告があります（図2）。

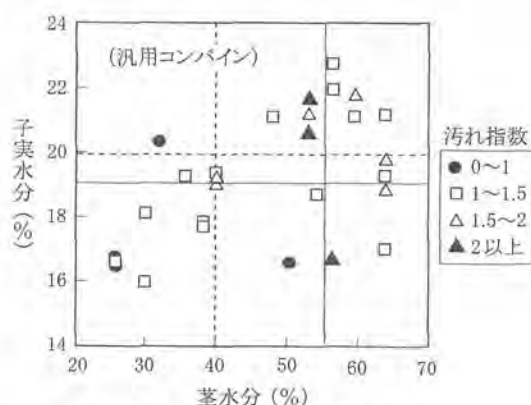


図1 汎用コンバインによる  
茎水分・子実水分と汚れ指数

〈出所〉竹中秀行(2005)『農業技術体系 第6巻』  
189-195

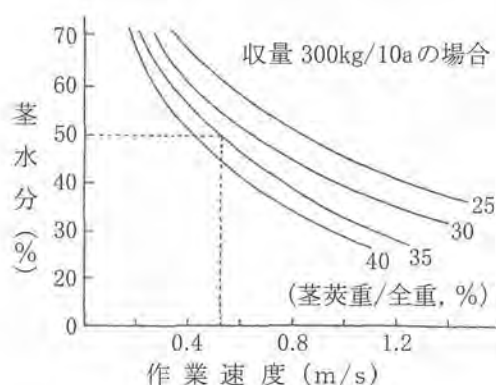


図2 汚粒発生軽減のための  
作業速度と茎水分との関係

〈出所〉下名迫寛(1991)農業技術 46(8):1-5

青立ち株に対しては汚粒発生の問題もさることながら収量の点からもまずはその発生を低減させるのが肝要と考えます。また青立ち株に対しコンバイン収穫で出来ることは限られ、基本的にはコンバイン収穫に先立っての手取りによる除去が推奨されます。なお青立ちとは若干違いますが茎表面に「ぬめり」があるときはやはり汚粒が発生しやすいのでコンバイン収穫を止めるか、もしくは「高刈り」を行うことで汚粒発生が低減することも報告されています。



これらコンバイン収穫時の汚粒の発生を低減させるための対策をまとめますと、

- ・ コンバイン内部の清掃を行う、特にそば・水稻などの収穫後は念入りに清掃を行い、大豆用への部品（受網やプーリなど）交換や設定変更を実施・確認する
- ・ コンバイン作業に先立ち、青立ち株および雑草を抜き取る
- ・ 茎水分が50%以下、できれば40%以下で収穫する
- ・ 子実水分に関しては20%以下、できれば16%で収穫する
- ・ 莢や子実の水分が高まる朝夕を避けた晴天時に収穫する、ただし日中でも水分が下がらない場合があるので注意する
- ・ 茎に「ぬめり」が感じられる場合は茎水分が下がっていてもコンバイン作業は控える、もしくは高刈りを行う
- ・ 茎水分や作物収量が多いなど、汚粒の発生が危惧される条件では作業速度およびこぎ胴の回転数を抑える

なお近年の汚粒に関する成果として、コンバインの受網(コンケーブ)についての技術開発があります。ひとつは中央農研で開発された平行棒式コンケーブで、茎莢の通過性および子実の漏下性を向上させることができ、汚粒を低減することができます(図3)。また九州沖縄農研ではロール式受網を開発し、やはり茎莢の通過性を改善し汚粒を低減させます(図4)。このうちロール式受網については、既にメーカー3社の大豆用コンバインでは標準受網として用いられており、汚粒の低減および収穫時茎水分条件の緩和につながるものと期待されます。

(土屋史紀)

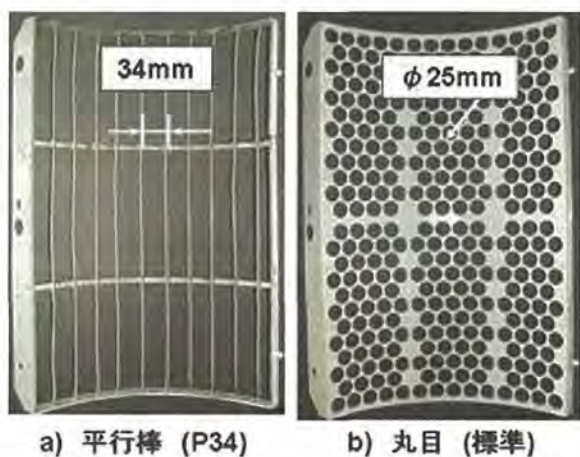


図3 中央農研開発 平行棒コンケーブ  
〈出所〉梅田直円ら(2005)関東東海北陸農業 研究成果  
情報 平成16年度Ⅰ: 44-45



図4 九州沖縄農研開発 ロール式受網

#### <参考文献>

- 1) 下名迫寛(1991)農業技術 46(8): 1-5
- 2) 杉山隆夫ら(1998、2005) 農業技術体系 第6巻、178の24-195
- 3) 梅田直円ら(2005) 関東東海北陸農業 研究成果情報 平成16年度Ⅰ: 44-45



Q

23

コンバイン収穫ロスの原因は？  
ロスを減らす有効な方法がありますか？

A

### 1. 穀粒損失の種類

コンバイン収穫ロス（損失）は頭部損失と脱穀選別損失とに大別されます。頭部損失は、機体へ取り込めない穀粒の量です。脱穀選別損失は脱穀損失と選別損失との合計です。また、刈遅れや過乾燥によって莢が弾けて発生した自然落粒も収穫損失の一部であり、適期での収穫作業が重要です。

### 2. 頭部損失

#### (1) 頭部損失の種類

頭部損失は次の4種類に分類されます。刈残し損失：切株に残った穀粒、倒伏損失：倒伏等によって切断されずに圃場に残った穀粒、落莢損失：莢に穀粒が入った状態で圃場に落下した子実（茎や分枝から離れていない状態は枝落ち損失）、裂莢損失：莢から穀粒が出た状態で落下した子実です。

#### (2) 刈残し損失の発生要因と対策

刈残し損失は最下着莢高が低い場合に多く発生します。最下着莢高に合わせてコンバインの切断高を下げると茎の振動が大きくなり裂莢損失も大きくなります。最下着莢高を高くするためには不耕起無中耕栽培技術を導入することも有効な手段です。

#### (3) 裂莢損失、落莢損失の発生要因と対策

裂莢損失はリールや切断部等の衝撃で莢が弾けることによって発生します。落莢（枝落ち）損失は切断された茎が機体よりも前方に落下することによって発生します。高速度ビデオカメラで観察した結果、①切断される時に前方に押し倒された茎とリールが衝突し裂莢する、②切断されて前方に飛び出した茎がプラットフォームから落ちる、③刈刃の近くに落下した茎が二度刈りされる等が分かりました。即ち、茎が切断によって前方へ飛び出すことが頭部損失を大きくする要因の1つです。リールで引き寄せた後に切断した場合には頭部損失はあまり発生しないことから、最適なリール回転数やリール位置を選択することも頭部損失防止には重要です。

茎の前方へ飛び出しを低減するため、狭ピッチ切断部を開発しました（図2）。狭ピッチ切断部は、受刃および刈刃ピッチを標準の76.2mmから50.8mmへ、



図1 頭部損失の種類  
〈出所〉梅田直円(2005)「ここがポイント大豆づくり」全国農業改良普及支援協会、50-54

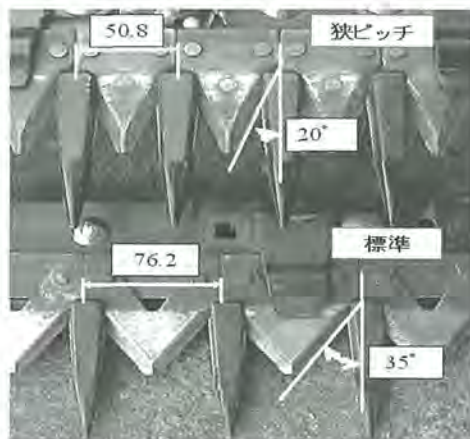


図2 狭ピッチ切断部  
〈出所〉梅田直円(2005)「ここがポイント大豆づくり」全国農業改良普及支援協会、50-54

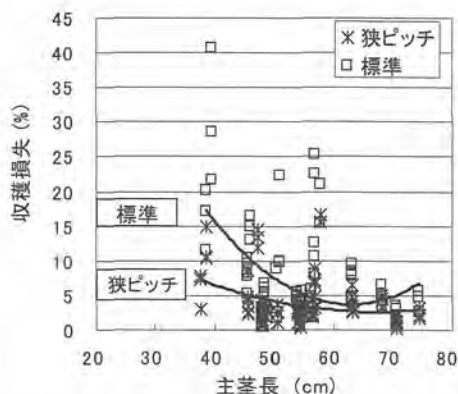


図3 狭ピッチ切断部の頭部損失低減効果  
〈出所〉梅田直円(2005)「ここがポイント大豆づくり」全国農業改良普及支援協会、50-54



刈刃刃先角を標準の35° から20° に変更しました。ピッチを狭くし刃先角を小さくすることで切断時の横方向への移動を小さくし、茎の前方への動きを抑えます。この切断部は、刈刃、受刃等の部品が一体的に構成されており、ユニットとして標準の切断部と容易に交換できます。

品種、栽培方法、作業速度などの収穫条件が異なる農家圃場で頭部損失を測定しました(図3)。狭ピッチ切断部の頭部損失は標準切断部のおよそ半分に低減しました。頭部損失は大豆の作物条件にも影響を受け、頭部損失は主茎長が60cm付近で最も低くなる傾向があります(図3)。主茎長が40cmよりも低くなると頭部損失は急激に大きくなり、狭ピッチの頭部損失低減効果が顕著になります。主茎長が低い場合にはリールによる掻き込みが不十分なため、茎稈の前方への飛び出しが増加します。狭ピッチでは飛び出しを抑える効果があり、顕著な差が現れました。

### 3. 脱穀選別損失

#### (1) 脱穀選別損失の発生要因と対策

脱穀損失は、脱穀されないまたは脱穀されても茎や莢と混じって脱穀部から排出される子実です。選別損失は、選別風によって飛ばされたり、チャフシーブの揺動によって選別部から排出される子実です。大豆用コンバインでは脱穀部の入口20cm程度まででほとんどの子実が脱穀されています。したがって、コンケーブの漏下性を高めることで、脱穀選別損失を低減することができます。

そこで、コンケーブロッドの間隔が34mmで標準よりも開口率が高い幅広コンケーブを開発しました(図4)。幅広コンケーブは、脱穀部入口側の支柱間隔が50mmで、排塵が選別部に過度に漏下するのを防ぐ効果があります。軸流コンバインでは排塵弁を開くと汚粒は低下しますが、脱穀選別損失は高くなることが知られています。しかし、幅広コンケーブを使うと汚粒は開度に関係なく標準よりも低く、排塵口損失も1%を超えることはありませんでした(図5)。また、莢水分が高くなると脱穀選別損失も増加することが知られています。しかし、幅広コンケーブでは莢水分が高い場合でも1%以下でした。ただし、水分によっては夾雑物の混入が増加する場合があるので、とうみの風を調節するなど注意が必要です。(梅田直円)

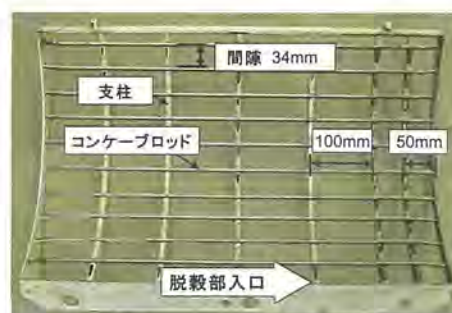


図4 幅広コンケーブ  
(出所)梅田直円(2008)「研究成果情報」

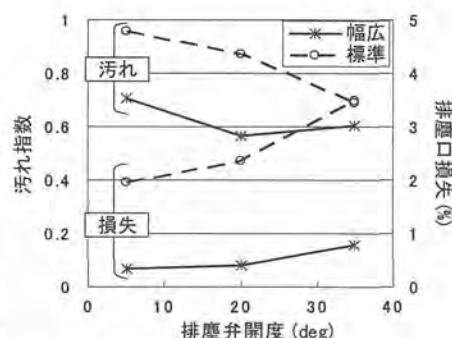


図5 排塵口損失に排塵弁がおよぼす影響

(出所)梅田直円(2005)「ここがポイント大豆づくり」全国農業改良普及支援協会,50-54

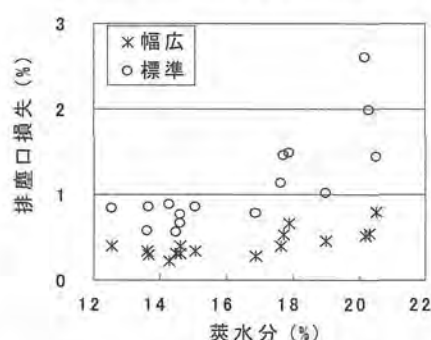


図6 排塵口損失に莢水分がおよぼす影響

(出所)梅田直円(2008)「研究成果情報」

#### <参考文献>

- 1) 「大豆の機械化栽培とコンバイン収穫事例集」(1999) 全国農業改良普及協会
- 2) 「ここがポイント 大豆づくり」(2005) 全国農業改良普及支援協会



**24** 高水分大豆の乾燥調製で品質低下を防ぐ乾燥方法は？**1. 乾燥過程での大豆の品質低下の原因とその対策**

大豆の品質は内部品質と外観品質に分けられます。乾燥過程での内部品質の低下は、過温度の通風や機械的衝撃等による成分や味の変化、発芽率の低下などです。一方、外観品質の低下は、機械的損傷によるしわや皮切れ、破碎、表面の傷などがあります。大豆は粒が米麦に比較して大きいため、乾きづらく、無理に乾燥速度を上げるとしわや皮切れが発生しやすく、また種皮が薄いため、衝撃による皮切れ、破碎などが発生しやすいという特徴があります。従って、これらの品質低下を起こさないようにするため、適切な通風温度管理と機械的な損傷を低減するための措置が必要です。

汎用型循環式乾燥機（熱風式、遠赤外線式）は、大豆乾燥にも使え、全自動で省力的であるため導入が進んでいますが、依然として破碎、皮切れ、しわ、傷などの被害粒が発生しやすいという問題があります。特に大粒品種の大豆は、皮切れしやすく人工乾燥は難しいとされています。市販されている多くの乾燥機は、湿度コントロールがされていないものが多く、水分が18%以上の場合には、外気の湿度が低い条件で通常の加温を行うとしわや皮切れが発生する危険があります。子実水分と外気湿度を考慮した加温温度の調整が必要になります。また、循環式乾燥機の場合は、水分17%から15%以下に下げる段階で機械的衝撃による皮切れ粒や破碎粒が3%以上発生する場合があります。この原因としては、下層の乾燥層での熱風で乾燥して子実が硬くなり、種皮が張った状態で排出バルブ、スクリーコンベアやバケットコンベア、落下などの搬送系で衝撃を受けるため、破碎や皮が剥がれやすい状態になっていると考えられます。18%くらいまでは、加温・循環をせずに外気による通風乾燥のみとして循環頻度を極力下げるなどの対策が必要です。18%までは、湿度が70%以下の湿度の空気であれば、通風だけで乾燥することができます。

通風乾燥機を利用する場合の大豆の乾燥では、

- ① 循環搬送時の機械的損傷を防ぐため、搬送速度を下げたり、投入時に落下時の破碎を防ぐため、シュータなどを設けるなどの措置を講じる。
- ② 水分が18%以上の高水分大豆では、急激な乾燥によるしわや皮切れを防ぐため、通風空気の温・湿度を調整して局所的な毎時乾減率が2%以下となるようにする。
- ③ 通風空気温度は、穀温が25℃以下で推移するように30℃以下とする。40℃以上で推移した場合、大豆はタンパク含量が高いことから変質するおそれがある。
- ④ 損傷を低減するため、循環の回数をできるだけ少なくし、仕上げ水分も供出基準以下に下げない。などがポイントになります。

**2. 乾燥によるしわや皮切れが発生しない通風空気温度の調節方法**

水分18%以上の高水分大豆の乾燥調製では、蒸れやしわ、皮切れなどの品質低下のおそれがあるので通風空気の調整が必要になります。しわ、皮切れの発生は、大豆の種皮が乾いて縮もうとするときに種皮にかかる歪みがある限度を超えた時に起きます。従って、通風空気の温・湿度を調整して種皮が内部水分に比較して乾きすぎないように乾燥速度を調整する必要があります。空気温度よりも相対湿度が主に大きく影響します。通風乾燥では、大豆の水分と通風空気と平衡になる大豆の水分値（平衡水分値とする）との差が大きく、



送風量が多く、穀温が高いほど乾燥速度が上がります。この平衡水分値は、空気の相対湿度の傾向と近似しており、乾燥、吸湿、しわや皮切れの発生の目安になります。

図1は、横軸に空気の相対湿度、縦軸に温度別の大豆の平衡水分を取って平衡水分特性を示したものです。水分15%以下とするのには、相対湿度50%以下の空気を通風する必要があり、夜間では、相対湿度が80%以上となるため、水分18%以下の大豆では吸湿してしまうことがわかります。水分が18%以上の高水分大豆を乾燥する場合、通風空気の湿度が低すぎると種皮の乾燥速度が大きすぎ、しわや皮切れの発生の危険が高まるわけです。

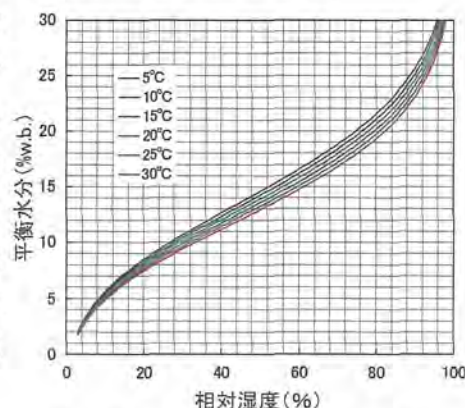


図1 温度別の通風空気の相対湿度に対する大豆の平衡水分曲線

実験の結果、局所的な乾燥速度が2.5%/hを超えるとしわや皮切れが多く発生することから、しわ、皮切れの発生を低く抑えるための大豆の子実水分ごとの通風空気の相対湿度限界を図2のように示しました（品種は北海道の大粒品種のツルムスメ）。例えば水分が18%であれば、34%以上の湿度の空気を通風する必要があります。水分18%くらいまでは外気の通風だけでも乾くので（図1より、外気の湿度が75%以下であれば乾燥する）、通風だけにした方が損傷もなくよいでしょう。図3は、図2の相対湿度限界に基づき、外気の温・湿度に合わせて何度加温できるかを大豆の子実水分ごとに表しています。乾燥機内の堆積層表層付近に滞留している時間は15～20分程度なので、この間の温・湿度をコントロールする必要があります。例えば、図3で外気湿度が60%で子実水分が18%のとき、60%の太線との交点+6.5℃が加温温度限界となります。品種によっては皮切れしやすい品種やエンレイなどのように皮切れしにくい品種もあり、2～3%の範囲で調整します。静置式乾燥機では、送風側の表層部が低湿な空気に接し、早く乾燥してきますので、安全のため、このグラフに3%程度加えた値を用いて湿度を調整するようにします。大豆水分が18%以上のときは加温せずに通風だけにするとよいでしょう。外気はだいたい50%以上の湿度の場合が多いからです。ツルムスメは皮が薄く、皮切れしやすい品種なので、他の品種の大豆では

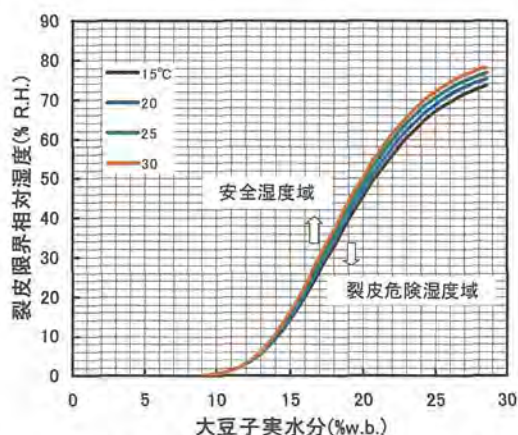


図2 大豆の子実水分ごとの乾燥による裂皮発生の限界相対湿度と通風安全湿度域

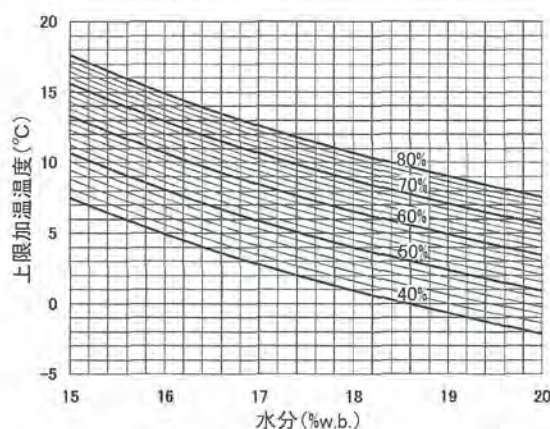


図3 外気の湿度と大豆の水分ごとの裂皮発生を回避できる加温温度の上限（大豆：ツルムスメ、外気温5～20℃、気温による差は1.5℃以内）



大方この湿度以上の空気を送風すれば安全と考えられます。黒大豆も皮切れしやすい品種です。また、水分が18%を越える高水分大豆の乾燥調製では、通風条件の悪い場合は、堆積層内で蒸れやカビを生じる危険があります。通常、温度20℃以上、湿度80%（水分活性値0.8）を越えると腐敗やカビの発生がふえるといわれており、乾燥中の大豆の通風空気の温・湿度がこの危険領域にならないように注意する必要があります。通風を行わない場合には、貯留中の空気湿度は大豆の水分と平衡する湿度になります。

### 3. 汎用型循環式乾燥機での高水分大豆の乾燥方法

米、麦に加えて大豆用にも使える汎用乾燥機、汎用遠赤外乾燥機を使って大豆乾燥を行っている例が多くなっています。大豆用のモードを備え、搬送速度を落とし、大豆用の水分計を装備して大豆に対応していますが、品種によっては機械的損傷や乾燥による皮切れの発生が多くなり、商品価値を下げる例があります。特に煮豆用の皮の薄い大粒品種、種皮が剥がれやすい黒大豆で多く発生します。ここでは、高水分時に汎用乾燥機でしわ、皮切れが生じる場合の対応を述べます。

汎用型乾燥機、汎用遠赤外線式乾燥機を使って大豆乾燥を行う際、メーカーの大豆モードで乾燥したときに皮切れやしわの発生が多い場合は、加温・循環を停止し、乾燥機上部のふたを開けて通風だけで平均で18%以下に落とします。時々循環して水分をチェックします。次に1時間に10～20分ぐらいの割合で加温・通風・循環し、水分を序々に下げます。温度は30℃以下で設定します。要はゆっくりと乾かすことが大切になります。水分が18%以下になると発酵・腐敗の危険は少なくなるので、夜間は吸湿を防ぐため、乾燥機は停止します。コンバイン収穫で大量に処理しなければならないときは、平均18%以下に調整して穀類の温度が上昇しないのを確かめて風通しよくネットのフレコンバックに一時貯留しておき、コンバイン収穫が一段落したときにあとでゆっくり仕上げ乾燥を行うという方法もあります。乾燥機の倉庫全体の温度を上げておいて乾燥機の上部の点検口を開いて循環せずに吸引通風して乾かすという方法も安全に乾燥することができます。

### 4. 循環式乾燥機を利用した大豆にやさしい上部加温通風乾燥方法

大粒の大豆は衝撃に弱く通風温度を調整しても循環式乾燥機では機械的損傷を抑えることは難しい場合があります。大粒で皮の薄い大豆で皮切れを起こしやすい大豆の乾燥調製方法として、北農研で開発した汎用乾燥機の外部から熱風装置により乾燥機上部に通風する方法について紹介します。既存の吸引通風方式の汎用型の循環式乾燥機（遠赤外線式も可）に、写真1、図4のように外部接点でON-OFF制御可能なジェットヒータ、加温した空気を乾燥機上部に導くダクト、ON-OFFのリレー接点方式の温度コントローラからなる加温通風装置を取り付けます。乾燥機の水分計やバケットコンベアを利用しながら堆積層上部から加温通風する循環併用型の静置式乾燥機として利用するわけです。ここでのジェットヒータは、リレー接点用端子を有し、外部のサーモスタットや乾燥機の送風機ON/OFFと連動できるものを使用します。できればクリーンな温風を送風できる間接加熱方式のものを推奨します。温度センサを乾燥機内の堆積層上部に設置し、乾燥機内部の空気温度を設定し、乾燥機の石油バーナの吸引側の空気取り入れ口をビニールで密閉して乾燥機の送風機を利用して乾燥機上部から吸引通風します。上部から温風を通風しゆっくりと循環するため、乾燥機下層のバルブとスクリュコンベアから排出されるときには大豆種皮の乾燥による歪みは緩和しており、子実の損傷が少なくなります。大豆の子実水分と外気温・湿度





写真1 リレー式温度コントローラとジェットヒータによる上部加温送風方法

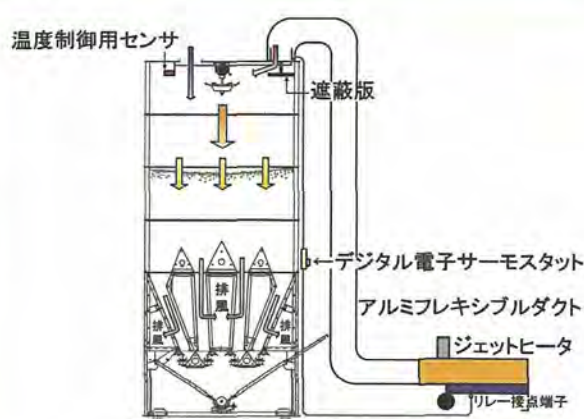


図4 上部加温送風装置による乾燥方法の模式図

に応じて、しわや皮切れが発生しない温度に加温した温風を外部から通風し、ゆっくり循環することにより、損傷しやすい大粒大豆や黒大豆でも均一な水分で乾減率0.25～0.35%/h、損傷や皮切れの発生を1%以下に少なくして乾燥調製することができます。装置のコストもあまりかからず、堆積通風で熱量を有効に利用でき、燃料代を節約できるなどのメリットがあります。

実際に大豆生産農家（岩見沢管内北村地区）の汎用型循環式乾燥機（静岡製機PCG-40、容量40石7.2m<sup>3</sup>、最大大豆搬入量4.5t）に装置を取り付けて乾燥機上部から温風を通風して大豆（ツルムスメ）を乾燥した結果、表1に示すように正味乾燥機稼働時間16.2時間での平均乾減率は0.26%/hで、水分14.6%のほぼ均一な水分に仕上げられました（写真2）。下段の対照試験は、乾燥による皮切れ発生の危険が少ない低めの加温温度に設定して循環式乾燥機の大豆モードで自動乾燥した結果です。乾減率は、対照の0.52%/h（正味乾燥時間12.2h）に比較して0.26%/h（正味乾燥時間16.2h）とほぼ半分でしたが、機械的な損傷粒の発生は、対照の2.85%に比較して0.53%と低く抑えられました。ともに通風温度を調整したので、乾燥による皮切れは見られませんでした。（井上慶一）



写真2 上部加温通風による循環式乾燥機での乾燥終了後の大豆（ツルムスメ）

表1 上部加温通風による大豆乾燥試験の実験条件と結果（大豆：ツルムスメ）

| 乾燥方法     | 初期水分<br>(%w. b.) | 初期重量<br>(kg) | 風量比<br>(m <sup>3</sup> /100kg/s) | 平均乾減率<br>(%/h) | 終了時水分<br>(%w. b.) | 乾燥裂皮<br>(%) | 機械的損傷<br>(%) | 正味乾燥時間<br>(h) |
|----------|------------------|--------------|----------------------------------|----------------|-------------------|-------------|--------------|---------------|
| 上部加温方式   | 18.7(0.5)        | 2350         | 0.127                            | 0.26           | 14.6(0.2)         | 0.00        | 0.53         | 16.2          |
| 対照（循環式）* | 21.1(0.6)        | 1983         | 0.135                            | 0.52           | 14.7(0.2)         | 0.21        | 2.85         | 12.2          |

\*対照（循環式）はマニュアル温度設定で循環式乾燥機による

( ) 内は標準偏差

#### <参考文献>

- 1) 井上慶一(2006)：循環式乾燥機を利用する高品質大豆の乾燥調整法，機械化農業，10秋季特大，11-14，(株)新農林社
- 2) 井上慶一(2005)：循環式乾燥機を利用した上部加温通風による大豆の低損傷高品質乾燥調整法，農業機械学北海道支部会報，第45号，47-53
- 3) 大豆の乾燥ホームページ <http://www.cryo.affrc.go.jp/bean/DrySoybean.htm>



Q

25

品質低下がなく、更に省エネ・省力が図れる小麦混合常温貯留乾燥とは？

A

## 1. 大豆に乾燥した小麦を混合し、貯留しておくだけで高品質に乾燥

次に紹介するのは、従来の通風乾燥法とは全く異なる乾燥方法で、大豆に乾燥した小麦（あるいは粳）を水分吸収材として混合して貯留し、自然な水分移動で大豆を乾燥する方法です。できるだけ乾燥機内で大豆を動かさず、送風機や火力を必要とせず、損傷も少なく、高品質な乾燥調製が可能です。通風乾燥のように一部の層や片側から乾燥が行われる方法とは異なり、常温において混合貯留槽内で全層にわたってほぼ等しい乾燥速度で乾燥が進み、1粒当たりの乾燥は穏やかであっても全体では迅速に乾燥することが可能です。仕上げ水分の調節は、大豆の初期水分と量、水分吸収材の水分、平均外気温、貯留時間によって水分吸収材の混合量を調節することによって行います。気象条件や堆積条件に影響されない究極のクリーンな乾燥法といえます。送風機や熱源などが必要ないことから、施設費が安く、吸水材は高温で乾燥して再利用でき、かつ省エネ効果も高く、近年の石油高騰の中、石油代の削減が図れる技術として今後注目される技術です。

## 2. 具体的方法

具体的には、大豆の子実水分に応じて乾燥した小麦（水分11～12%w.b.）を一定割合で均一に豆類に混合し、火力や送風機を使わずにフレコンバックやコンテナ、循環式乾燥機内に貯留することにより（図1）、自然な水分移動により全層で同じ乾燥速度で乾燥します。規格外小麦などを利用することで材料費を安くできます。必要とする小麦の混合比は、大豆の子実水分、目標仕上げ水分、乾燥小麦の水分、平均穀温に応じて混合乾燥チャート（図2）や混合乾燥ソフト（EXEL）を用いて体積混合比を求め、均一に混合します。大豆の初期水分が18%以上の場合は、混合する小麦の割合を多くしなければならないので、18%以下で利用します。18%以上の場合は、外気通風などで水分を下げておきます。循環式乾燥機を利用する場合は、投入後、2時間程度循環し、均一に混合されるようにします。穀温が10℃以下の場合は、通常の乾燥と同じく、加温通風・循環で乾燥できます。小麦が緩衝材になって、損傷や騒音も少なくなります。

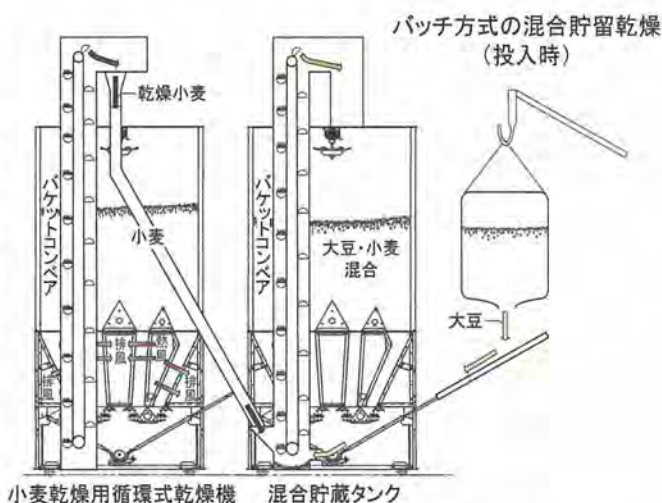


図1 循環式乾燥機を利用した小麦混合貯留乾燥の方法

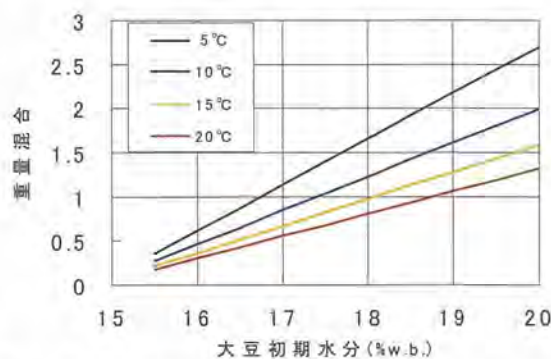


図2 目標水分14.5%にするための大豆の初期水分に対する乾燥小麦（水分11%）の貯留温度別重量混合比（平均貯留温度5、10、15、20℃）

混合後、時間とともに指数関数的に乾燥速度は低下し（図3）、ほぼ両者の重量比の平



均水分付近で平衡します。乾燥速度は、大豆の初期水分が高く、小麦の混合比が多い程速くなります、しわ、皮切れ粒発生の回避のため1粒当たりの乾燥速度は2%/時以下とします。また、貯留温度が高い程乾燥速度（水分移動）は早く、10℃以下になると遅くなり、混合物の平衡水分差も大きくなります。乾燥直後の30℃くらいに温まった小麦と混合し、貯留タンクを断熱シートなどで覆っておくと保温され、乾燥が進みます。

循環式乾燥機を利用することにより、搬入・搬出・分離作業が楽になります。乾燥終了後の大豆と小麦の混合物は、5.5～6mmの網、あるいは丸穴を使った大豆用回転式粒選機や揺動式粗選機によって簡単に分離できます。分離した小麦は、再び高温（40～50℃）で乾燥して再利用します。

### 3. 品質と省エネ・省力効果

乾燥によるしわ、皮切れを0にして、循環による機械的損傷も1%以下にして良質な大豆の乾燥調製が可能で、ツルムスメや黒大豆など、循環式乾燥機での損傷が問題になる大豆に対しても品質劣化がほとんどありません（写真1）。また、混合した小麦は、高温で短時間に再乾燥できるので大幅な灯油、電力の削減が図れます（表1）。既存の乾燥機を改造する必要がなく、火力も使わず安全で、乾燥経過を予測できるので、乾燥中人が付いている必要がなく、大きな労力削減になります。ただし、乾燥機の水分計は使えないので時々水分をチェックする必要があります。（井上慶一）

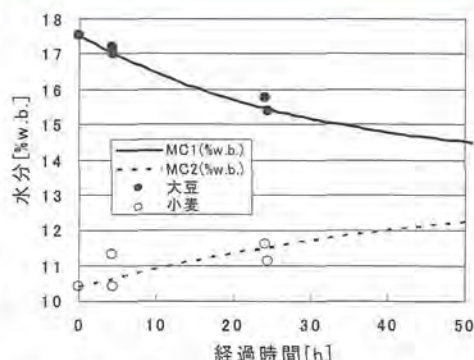


図3 循環式乾燥機内の平均貯留温度18.9℃（外気温14℃）における大豆（黒大豆イワイクロ）、小麦（ホクシン）の水分変化（24h平均乾減率0.086%/h、曲線は混合乾燥モデルによる計算値）



写真1 小麦混合貯留乾燥法で乾燥した黒大豆（イワイクロ）のサンプル（旭川、永山農協提供）

表1 循環式乾燥機を用いて慣行法で大豆を乾かす場合と混合乾燥で水分吸収材の小麦を再乾燥する場合の灯油消費量と灯油費用、および消費電力の比較（灯油75円/L、電力18円/kWhで計算）

| 乾燥方法         | 加温上昇温度<br>(外気温+℃) | 平均乾減率<br>(%/h) | 乾燥所要時間<br>(h)  | 毎時必要熱量<br>(kJ/h) | 灯油消費量<br>(L)    | 灯油消費量<br>(L/t) | 灯油費用<br>(円)   | 乾燥費用<br>(円/t) | 削減率<br>(%)     | 削減コスト<br>(円/t) |
|--------------|-------------------|----------------|----------------|------------------|-----------------|----------------|---------------|---------------|----------------|----------------|
| 慣行循環式乾燥(大豆)  | 12                | 0.21           | 17.0           | 84726            | 40.1            | 10.0           | 3010          | 752           |                |                |
| 混合乾燥(小麦の再乾燥) | 30                | 1.01           | 3.0            | 203342           | 16.7            | 4.2            | 1255          | 314           | 58.3           | 439            |
|              | 送風時間<br>(h)       | 送風機電力<br>(kWh) | 搬送機電力<br>(kWh) | 総電力<br>(kWh)     | 消費電力<br>(kWh/t) | 電力料金<br>(円)    | 電力料金<br>(円/t) | 削減率<br>(%)    | 削減コスト<br>(円/t) |                |
| 循環式乾燥(大豆)    | 17.0              | 25.5           | 11.1           | 36.6             | 9.15            | 659.1          | 164.8         |               |                |                |
| 混合乾燥(小麦の再乾燥) | 3.0               | 4.4            | 1.9            | 6.4              | 1.59            | 114.5          | 28.6          | 82.6          | 136            |                |

注)18%の水分の大豆4tを循環式乾燥機で14.5%に乾かす場合と混合する小麦の必要量4.9tを14%から11%に再乾燥する場合の比較計算結果、平均外気温10℃、湿度65%、乾燥機風量を1.5m³/s、大豆循環量4.4t/h、小麦循環量8.4t/h、乾燥槽容量0.89m³とする

#### <参考文献>

- 1) 井上慶一(2007)：品質低下のない乾燥小麦を用いた大豆の混合貯留乾燥技術，機械化農業，8-11，(株)新農林社
- 2) 井上慶一(2007)：水分吸収材を使った混合乾燥法，農業技術大系作物編，第6巻ダイズ・アズキ・ラッカセイ，乾燥，技198の8-11，農産漁村文化協会編
- 3) 井上慶一，鈴木 剛，白井和榮，大下泰生(2007)：品質低下のない水分吸収材を用いた大豆の混合貯留乾燥技術，農業機械学会北海道支部会報，第47号，9-17



**26** しわ粒の発生要因と防止技術は？**1. はじめに**

北陸産大豆は、近年1、2等の上位等級比率が低迷しており、3等に格付けされた主な原因の約8割以上がしわ粒の混入であることにみられるように、しわ粒発生による品質低下が最大の問題となっています。しわ粒は、子実の臍の反対側の子葉組織と種皮が収縮してぎざぎざになる「ちりめんじわ」と種皮が吸湿により亀甲状に隆起する「亀甲じわ」に大別できます。これらのしわ粒は調製・選別段階では取り除くことが難しく、栽培から収穫に至る過程でしわ粒の発生を防止する必要があります。大豆のしわ粒の発生要因についてはまだ解明されなければならない点が多くありますし、しわ粒発生を完全に無くする技術も開発されていませんが、2004～2006年に大豆品種「エンレイ」について行われた先端技術を活用した農林水産研究高度化事業研究「北陸地域に多発する大豆しわ粒の発生防止技術の開発」の成果をもとにしわ粒の発生要因と発生の低減化について解説いたします。

**2. しわ粒の発生要因**

ちりめんじわ粒の発生は、生育後半の栄養凋落が少ないほど、すなわち、作物体の老化の進行が抑制されている方が少なくなります。落葉の進行を老化の指標とすると、開花期から落葉期までの日数が長い（図1a）、黄葉期頃の落葉速度が遅い（図1b）、黄葉期頃の残葉数が多い（図1c）、条件でちりめんじわ粒の発生は少なくなります。作物体の老化に対して最も影響が大きい時期は、開花期後6～7週目付近の子実肥大盛期にあり、この時期に光合成を抑制すると落葉が早まり、ちりめんじわの発生率が高まります（図2）。

亀甲じわは成熟期後の乾燥過程において子実水分が13%以下に低下した後、降雨や夜露等による急激な種皮の吸湿膨張が子葉から種皮を剥離させ発生します。その後の乾燥、吸湿の繰り返しにより、発生程度と発生率が高まります。

**3. しわ粒の発生低減化技術**

作物体の老化を抑制し、ちりめんじわ粒の発生を低くするには、子実肥大盛期頃の作物体の栄養状態を改善することが有効です。その方法としては、培土時のシグモイド型被覆尿素肥料の追肥、石灰窒素や被覆尿素の深層施肥、ヘアリーベッチのすき込み等による窒素栄養状態の改善、微量元素の施肥による無機栄養状態の改善、麦跡栽培におけるレーキ付正転ロータリによる深耕、粘土含量が高く排水不良な圃場での畝立て播種栽培等の土壌環境の改善を行うこと等があります。

亀甲じわを主体としたしわ粒の発生を低減するためには、従来よりも早く刈り取りを行うことが有効で、これまでコンバイン収穫の開始時期は成熟期の数日後とされてきましたが、成熟期前後の子実の平均水分が22%以下に低下したら、直ちに収穫することにより、汚粒や損傷粒の発生を抑制しつつ、亀甲じわの発生を少なくできます（図3）。

**4. おわりに**

しわ粒対策、特にちりめんじわ粒については、総合的な対策が重要です。特定の技術を一時的に実施すれば解決するものではなく、作付けされる圃場に対応した対策が必要です。

（田淵公清）



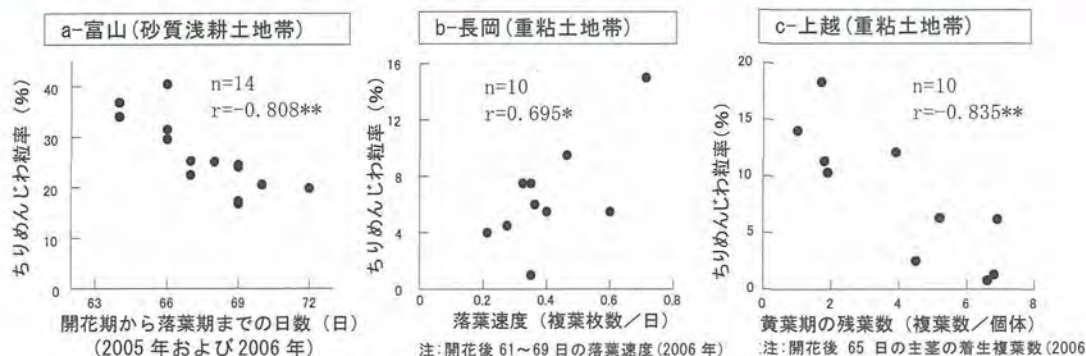


図1 落葉とちりめんじわ粒の発生との関係

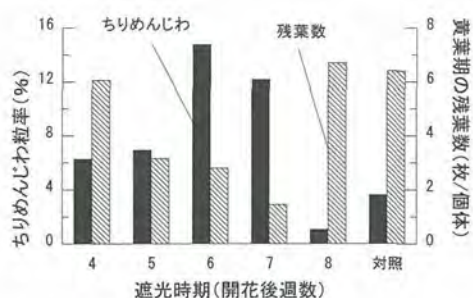


図2 遮光時期と落葉及びちりめんじわ粒発生との関係

(中央農研 2006 年) #600 黒寒冷紗 2 重掛け(透光率 25%) 10 日間処理

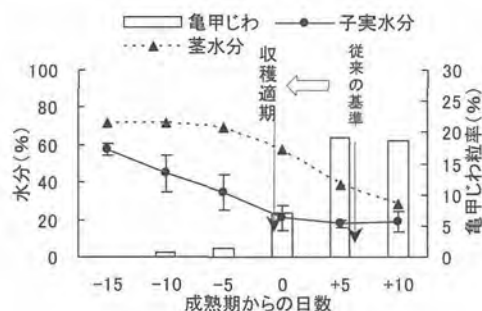


図3 作物体水分の推移と亀甲じわ粒発生との関係

(新潟農総研, 2004~2006 年平均)

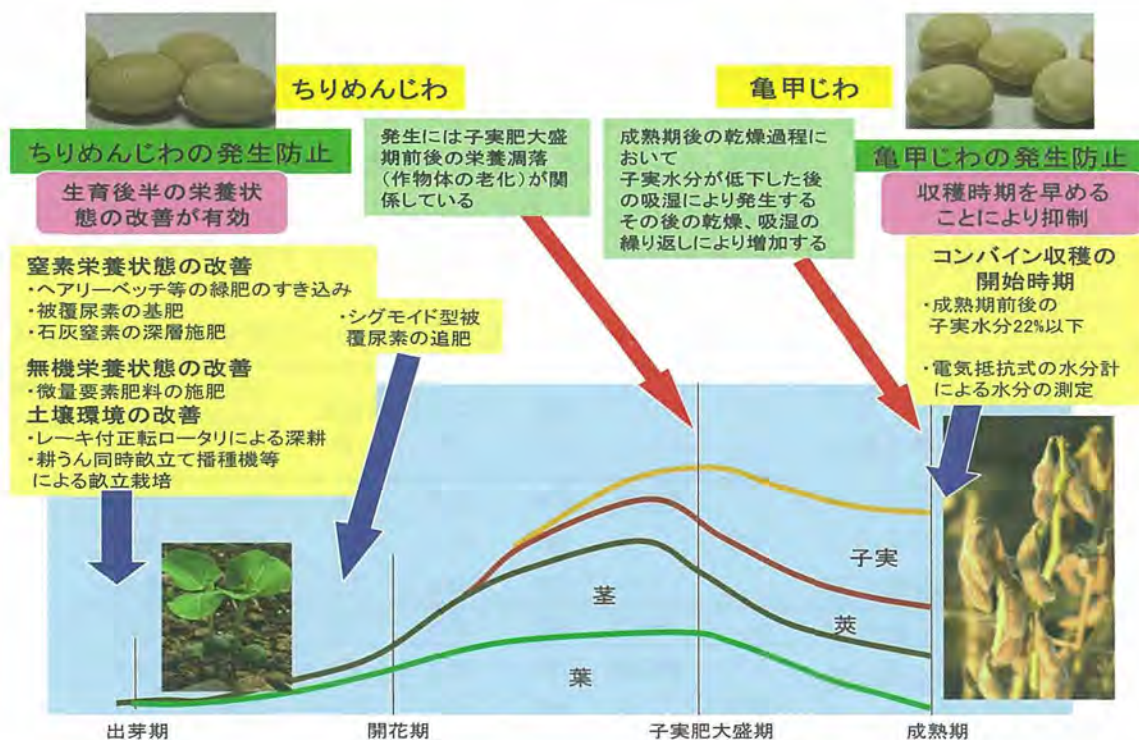


図4 大豆しわ粒発生低減化技術の概要





27

## 根粒の着きが悪い水田転換初年目大豆のタンパク質含量を向上させる肥培管理は？



水田転換初年目は、土壌物理性が悪いことや根粒菌生菌数が少ないこともあって、根粒菌の着生が悪いことが多く、子実のタンパク質含有率は低下しやすくなります。逆に作付歴が少しでもあると、根粒着生が良好でタンパク質含有率は高くなる場合が多くなります。品種によっても異なりますが、根粒重とタンパク質含有率との間には直線関係が認められ（図1）、タンパク質含量が窒素固定に依存する割合が高いことを示しています。しかし、子実肥大期になると根粒菌による窒素固定能力は低下し、その一方で大豆の窒素要求は依然として大きいという状態になります。そのため、追肥窒素と土壌窒素でこれを補うことになります。追肥窒素の施用時期は、開花期前後に硫酸等の速効性肥料を株元に施用するのが一般的ですが、タンパク質含有率の向上を図るには、緩効性のものを使って畝間はまだ覆われない時期に散布し、子実肥大期まで窒素が供給されるようにするのが得策かと思われます。これは根粒着生が不良な場合でも程度の差こそあれ同じことが言えます。

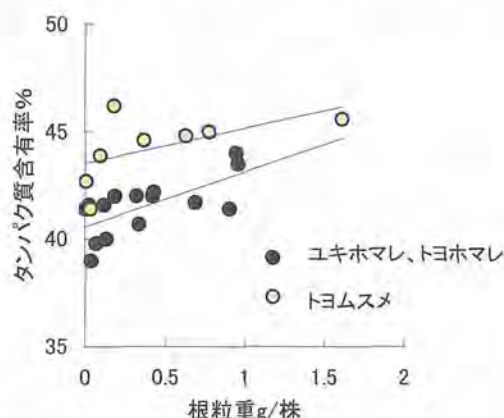


図1 根粒重と子実タンパク質含有率の関係

北海道では、生育初期の気温が低いこともあり根粒着生が悪くなる傾向がありますが、緩効性肥料として、被覆尿素（LP40、LPS40、Mix; LP40+LPS40 の3処理）を初作 8kg/10a、連作 6kg/10a で7月上旬（播種後 40～55 日）に施用した試験（表1）では、根粒着生の良好な連作でタンパク質含有率が高く、しかも追肥効果がほとんど認められませんが、初作では LPS>Mix>LP の順となり、生育の後半に溶出するシグモイド型の被覆尿素のほうがタンパク質含有率の向上に効果が高いことが分かります。LP40 の場合には初作の場合の施肥利用率も高いことから、7月下旬までに溶出がかなり進んだものと考えられ、窒素の濃度が高くなって根粒の着生数が減少し、その結果タンパク質含有率が他の処理よりも低下したものと思われます。したがって、LP40 の施用時期を開花期頃まで少し遅らせるか、LP50 のような

表1 大豆初作と連作の追肥による収量とタンパク質含有率、根粒数への影響

|    |       | 収量<br>kg/10a | タンパク<br>% | 根粒数*1<br>/株 | 窒素<br>含有率*2<br>% | 窒素<br>吸収量*2<br>g/m <sup>2</sup> | 施肥<br>利用率*2<br>% |
|----|-------|--------------|-----------|-------------|------------------|---------------------------------|------------------|
| 初作 | 無追肥   | 309          | 38.0      | 2.6         | 2.11             | 7.37                            |                  |
|    | LP    | 329          | 37.6      | 1.5         | 2.45             | 9.49                            | 35               |
|    | LPS   | 314          | 39.0      | 2.2         | 2.25             | 8.35                            | 16               |
|    | Mix*3 | 332          | 38.8      | 3.0         | 2.41             | 8.09                            | 12               |
| 連作 | 無追肥   | 392          | 40.2      | 50.8        | 2.96             | 12.6                            |                  |
|    | LP    | 386          | 40.3      | 32.1        | 3.19             | 12.7                            | 2                |
|    | LPS   | 368          | 40.5      | 56.7        | 3.08             | 13.2                            | 10               |
|    | MIX   | 364          | 40.4      | 52.9        | 3.20             | 12.5                            | 0                |

\*1: 7月下旬調査

\*2: 7月下旬に大豆を採取して分析

\*3: LP+LPSそれぞれ単独の半量を混合



タイプを使用するなどの対策が必要かもしれません。いずれにしても、根粒着生が不良な場合にのみ追肥の効果が期待できるということになります。

上記の試験において、無追肥区のタンパク質含有率を100として追肥処理区のタンパク質含有率を指数で表し、無追肥区のタンパク質含有率と比較すると(図2)、無追肥区のタンパク質含有率の水準が高くなるほど追肥区の指数が小さくなり、タンパク質含有率が41%以上では追肥効果がほとんど認められないという結果を示します。これはタンパク質含量、ひいては根粒着生の程度に応じて、追肥量のある程度調整する必要があるということも示しています。

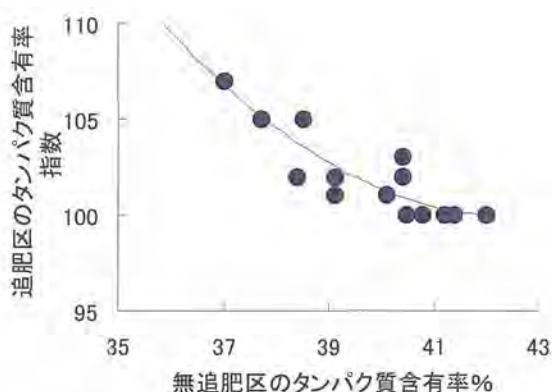


図2 無追肥区のタンパク質含有率水準と追肥効果の関係(LPS40追肥)

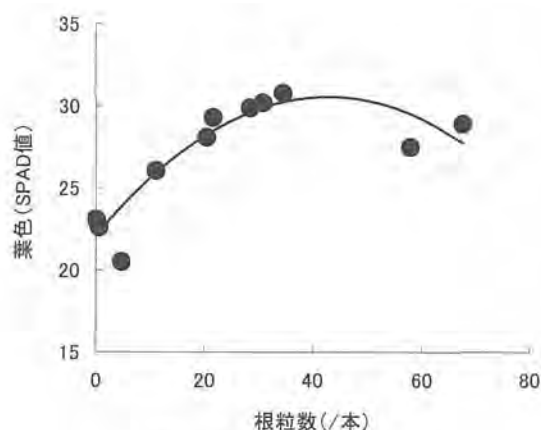


図3 根粒数と葉色の関係  
(6月30日調査、2005年度)

実際に追肥を効率的に行うためには、6月下旬頃に追肥の判断をした後、7月上旬までに追肥を実施することになりますが、6月下旬の根粒着生数と葉色との間には図3に示すような関係があるので、大豆を引っっこ抜かなくても葉色で判断することも可能です。

また、大豆のタンパク質含有率の向上に、土壌窒素を利用することも考えられますが、土壌窒素肥沃度の指標とされる、土壌培養窒素量とタンパク質含有率との間には、土壌培養窒素量が多いほどタンパク質含有率も低下するという傾向(図4)が認められますので、注意する必要があります。特に生育前半の天候が良く大豆の生育が順調な場合には、

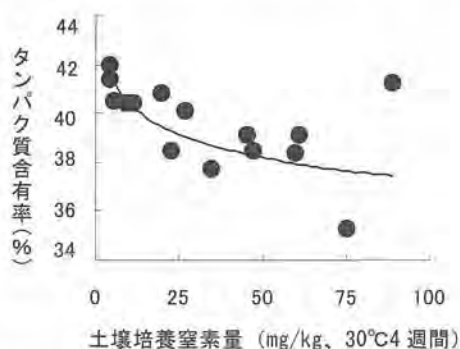


図4 土壌培養窒素量とタンパク質含有率の関係

土壌培養窒素量が多いほど根粒着生が抑制される傾向を示し、そのままタンパク質含有率の低下につながりやすいと考えられますので、土壌の窒素肥沃度をむやみに高くする必要はないと思われます。また、施用する有機物についても開花期頃から子実肥大期にかけて窒素を放出するような遅効性のものを選ぶと良いのではないかと思います。

(安田道夫)



**28** 豆腐の加工適性を左右する要因は何でしょうか？

豆腐の加工適性のうち、特に重要なものは豆腐の堅さです。豆腐の堅さを左右する要因はタンパク質含量、タンパク質組成、フィチン含量、カルシウム含量などです。タンパク質含量や組成は主に品種に、フィチン含量は主に栽培条件に影響されます。カルシウム含量は栽培条件に影響を受けますが、品種によっては非常に含量が低いものもあります。フィチンに関してはリンの過剰な施肥により種子に余計に蓄積され、豆腐加工適性に影響を及ぼすことが考えられます。

**1. 豆腐の堅さを左右する要因****(1) タンパク質含量**

実需者からは、一般に凝固剤として使用される塩化マグネシウム（6水和物）0.25%で十分に豆腐が堅くなることが求められています。タンパク質含量は豆腐を堅くするのに必須であり、低タンパク大豆からは、十分な堅さの豆腐は作れません。タンパク質含量は品種の寄与が大きいので（平1992）、豆腐の加工適性の良い大豆を作るためには、一般に豆腐加工用と言われている、ある程度タンパク質含量の高い大豆を選ぶ必要があります。「フクユタカ」「エンレイ」「リュウホウ」などが代表的な品種です。

**(2) タンパク質組成**

同様に品種の寄与の大きいタンパク質組成のうち、特に豆腐の堅さに重要なのがグリシニン（11Sグロブリン）と $\beta$ -コングリシニン（7Sグロブリン）の量比です。グリシニンの割合が高いと豆乳が凝固しやすくなり、豆腐が堅くなります。ただし、 $\beta$ -コングリシニンを含まない特殊な品種から作られた豆乳では凝固が過剰に促進し、十分な堅さの豆腐を得られなくなることがあります。

**(3) フィチン含量**

フィチンとは、別名「イノシトール6リン酸」といい、文字通りその構造に6つのリン酸基を持っています。種子におけるリンの貯蔵形態であり、したがって普通大豆においては種子中のリン含量と相関があります。一般に、リン、もしくはフィチン含量は品種よりも栽培条件に強く影響を受けることが知られています（平1992）。特に、土壌中の有効態リンに影響を受けるので、過剰なリンの施肥により、フィチン含量が高くなる可能性があります（Ravoy and Dickinson 1993）。大豆種子中のフィチンはタンパク質同様、効率よく豆乳に抽出されます。フィチンには豆腐を柔らかくする作用があるので、含量が高いほど豆腐が柔らかくなります。特に、同一品種での豆腐の堅さの変動に、フィチン含量が影響を及ぼすことが見出されます（図、Toda et al. 2006）。よって、フィチン含量が過剰にならないよう、施肥には特に注意する必要があります。

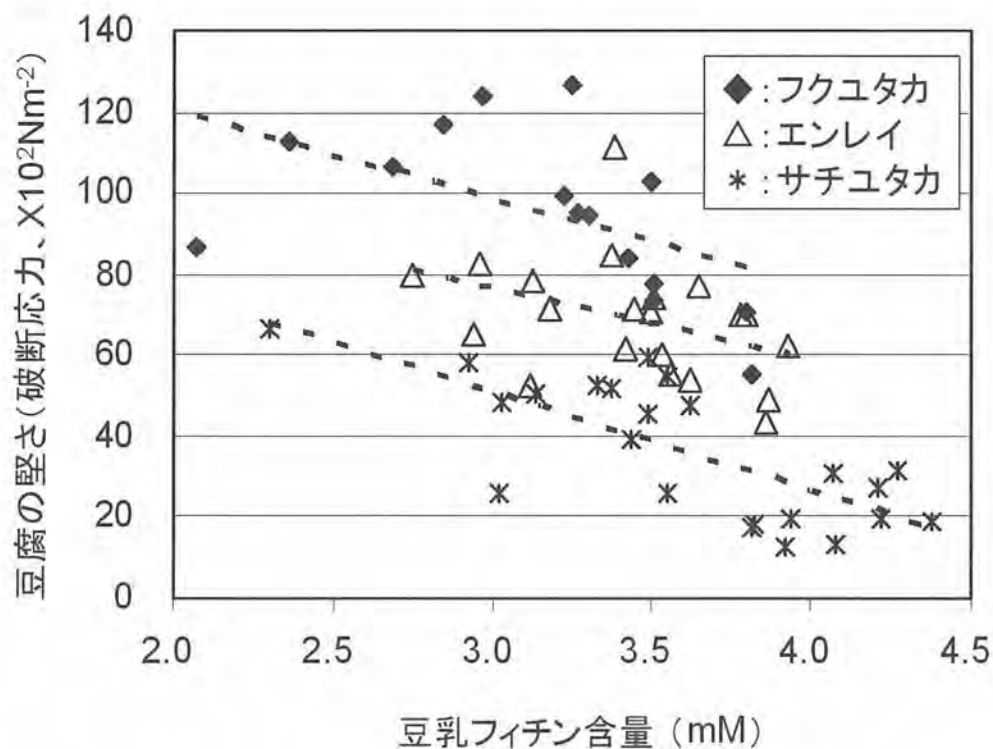
**(4) カルシウム含量**

カルシウムは、フィチンやタンパク質などと相互作用をします。カルシウム含量は栽培条件の影響を強く受けませんが、品種からの寄与も比較的大きく（平1992）、サチユタカなどは低カルシウム大豆の一つです。カルシウム含量が低いと、フィチンの影響を受けやすくなり、豆腐が柔らかくなります。

このように、豆腐加工適性の良い大豆を作るためには、適性のある品種を選び、かつ栽培条件にも留意しなくてはなりません。また、品種からの寄与が大きいタンパク質含量も、



連作などで土壌条件が悪化すれば同じ品種でも低下する可能性があるので、注意が必要です。  
(戸田恭子)



<参考文献>

- 1) 平春枝 (1992) 日本食品工業学会誌 39: 122-133
- 2) Ravoy D and Dickinson DB (1993) Crop Science 33: 1300-1305
- 3) Toda K et al. (2006) Journal of the Science of Food and Agriculture 86: 212-219



## 2 大豆300A技術における播種、栽培技術



### 播種・栽培技術の特徴と概要

#### 1. はじめに

農研機構では、大豆収量 300kg/10a、Aクラス品質の大豆生産技術の開発を目指した『大豆300A研究センター』を平成14年に発足させました。特に国内における大豆作付けは、水田転換畑への作付け割合が高く（平成22年の田作大豆の割合：約87%）、重粘な土壌や排水不良な圃場に作付けされる場合も多いため、水田大豆の低収原因の第1を、「水田の排水不良による発芽の不安定」とし、湿害克服のための技術開発を実施しました。安定発芽には、耕うん方法の開発による発芽土壌環境の整備が重要なポイントであり、300A研究センターは全国を7つのチームに分けて土壌特性毎の耕うん方法を検討しました（図1）。これまで一般的に行われてきた通常の耕深で行う耕起栽培に加え、湿害軽減のための畝立て（北陸）、播種部分だけを作溝する不耕起栽培（関東・中国）、浅耕＋排水溝（東海）や部分耕（東北）栽培等をベースに研究を進めてきました。さらに、覆土前鎮圧播種（北海道）やクラスト防止用播種機（九州）についても研究を実施しました。

大豆300A技術に関連して、公立研究機関でも多くの大豆播種技術が開発され、さらに、メーカーでも研究が行われ、製品化・普及しています。これらの技術について、耕うん深さ別に分類し、その効果について表1に取りまとめました。



図1 大豆300A研究チームの配置

表1 各耕うん播種方法の特徴

| 耕うん深さ  | 名 称               | 開 発 元                    | 耕うん方式                  | 特 徴               | 販 売 等         |
|--------|-------------------|--------------------------|------------------------|-------------------|---------------|
| 普通耕うん  | 耕うん同時畝立て播種        | 中央農研(北陸大豆300A)           | アップカット                 | 畝立て、砕土性良、すき込み性良   | (株)松山         |
|        | 大豆専用畦立て播種機(おひつあん) | (株)牛セキ北陸                 | ダウンカット後ドライバハロー         | 畝立て、播種溝の凹み無し      | (株)牛セキ北陸      |
|        | 小畦立て播種機           | 岩手県農業研究センター              | ダウンカット後ドライバハロー         | 畝立て、爪配列変更、低コスト    | 自作改良          |
|        | 簡易畦立て機(ちかのり君)     | 大分県農林水産研究指導センター          | ダウンカット                 | 畝立て、低コスト          | 地元鉄工所         |
|        | その他畝立て            |                          | ダウンカット後ドライバハロー(ダウンカット) | 畝立て、低コスト          | 自作等           |
| 不耕起    | 汎用型不耕起播種機         | 中央農研(関東大豆300A)           | 専用機                    | 作業性良              | (株)松山         |
|        | 乾田不耕起直播機          | JA全農・三菱農機                | ダウンカットロータリベース          | 極狭幅の耕うん、作業性良      | 三菱農機(株)       |
|        | トリプルカット不耕起播種機     | 近畿中国四国農業研究センター大豆300A     | ロータリカルチベータベース          | 特殊爪               | 試作品           |
|        | ムギ畦を利用した不耕起栽培     | 佐賀県農業試験研究センター(十みのる産業(株)) | 不耕起播種機                 | ムギ畦有効利用、作業性良      | みのる産業(株)      |
| 浅耕     | 小明渠浅耕播種機          | 中央農研(東海大豆300A)＋三重県農業研究所  | ダウンカット＋サイドディスク         | 排水溝、クラスト防止        | 小明渠部品(株)ジョーニシ |
|        | 浅耕畝立て播種機          | 滋賀県農業技術振興センター            | ダウンカット                 | 畝立て、低コスト          | 自作改良          |
|        | ムギ畦利用浅耕播種         | 福岡県農業総合試験場               | ダウンカット                 | ムギ畦有効利用、作業性良、低コスト | 所有ロータリ使用      |
| 部分耕    | 有芯部分耕             | 東北農業研究センター大豆300A         | ロータリ(アップカット畝立て)        | 水分一定              | 自作改良          |
| 深耕     | 改良ロータリ(ツイウェイローター) | 福岡県農業試験場＋小橋工業(株)         | ダウンカット                 | すき込み性良、畝立ても可      | 小橋工業(株)       |
| クラスト防止 | 山形鎮圧輪             | 九州農業研究センター大豆300A         | 播種機                    | クラスト防止            | アグリテック/矢崎(株)  |
|        | 3粒点播              | 福岡県農業総合試験場               | 播種機目皿                  | クラスト防止、目皿穴増加      | 自作加工          |
|        | 覆土前鎮圧             | 北海道農業研究センター大豆300A        | アップカット浅耕               | クラスト防止、砕土性良       | (有)ビポリー技研製作所  |

#### 2. 耕うん方法・耕うん深さと大豆播種方法

大豆の耕うん・播種方法は、耕うんを行う耕起栽培、耕うんをほとんど行わない不耕起栽培、その中間の栽培等があります。耕うんを深く行うほど、水が滞水する耕盤から種子までの位置が高くなり、降雨時の湿害を受けにくくなると思われます。しかし、耕深が深くなるほど、トラクタの所要動力の増加、作業速度の低下、砕土性の低下等が懸念されます。不耕起栽培では、降雨時に播種溝がすぐに湛水し、湿害が発生する可能性が高まります（図2）。

一方、耕うん深さや畝の有無にかかわらず、播種条間を慣行の1/2～1/3程度にし、省力化、収量性の向上を目指した狭畦栽培も行われています。



## (1) 通常の耕うん深さによる作業方法

従来は、一般的な深さ（10～13 cm程度）で耕うんを行い、平らな状態に播種が行われており、四国や鳥取県の一部で、1畝2～3条播種の畝立て栽培試験や現地への導入が行われていました。大豆は、湿害による発芽や生育不良の問題が大きいと、多種の畝立て栽培方法が開発され、湿害軽減が図られています。耕うんと播種が一工程作業か複数工程作業、耕うん作業用ロータリがアップカットかダウンカット、整形板使用の有無等があります。複数工程作業では、作業途中の降雨の影響による作業遅延、作業人員の確保等が問題となります。

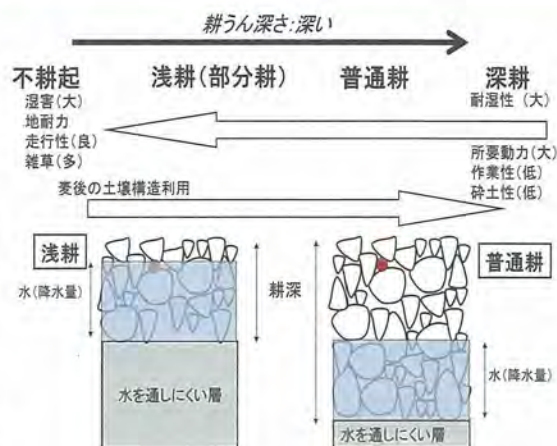


図2 耕うん深さと効果

### 1) 耕うん同時畝立て播種

アップカットロータリの耕うん軸をホルダー型にし、爪の向きを畝中心方向に揃えて取り付け、一工程作業とアップカットによる砕土性向上が可能です。アップカットの場合、他方式に比べて、畝が高くなると同時に畝表層に細かい土が集まります。適応範囲が広く、爪配列を変更することにより、平高畝の狭畦栽培も可能です。東北、新潟県を中心とした日本海側など、全国30県以上の地域で導入されています（I・2のvii参照）。

### 2) 大豆専用畦立て播種機「お凸つあん」

ダウンカットロータリ等で一度耕うんした圃場で、ドライブハローに成型器と播種機を装着し、畝立てと播種を同時に行う構造です（写真1）。3～4条用の大豆専用機で、播種機鎮圧輪の部分に畝成型時から少し高く土を残しておき、播種後も畝の中央が凹まないようにしています。富山県、石川県等で普及しています。



((株)キセキ北陸)

写真1 大豆専用畦立て播種機（お凸つあん）



(岩手県農業研究センター)

写真2 4条小畦立て播種機

### 3) 小畦立て播種機

一度耕うんした圃場で、ドライブハローの爪配列を変更し、畝立てと同時に播種を行う構造で（写真2）、畝間の部分にチゼル爪を取り付け、作溝することも可能です。既存のドライブハローを生産者が改良して、畝立て播種を行うことができ、岩手県を中心に東北地域で普及しています。



#### 4) 簡易畦立て機（ちかのり君）

ロータリ両端は市販の培土板を装着し、均平板の中央に簡易畦立て部品を装着する構造で（写真3）、地元（大分県）の鉄工所で製造販売され、県内で広く普及しています。

#### 5) その他の畝立て播種

ダウンカットロータリの耕うん爪の取り付け方向を播種中心に揃え、畝立て播種を行う方法が栃木県等で行われています。また、ロータリやドライブハローに装着して、畦成型を行う部品が作業機メーカーから市販化されていますが、生産者自作、地元鉄工所製作等、手持ち作業機に合わせて製作されている場合もあります。ドライブハローでは事前耕起が必要です。低コストであることが特徴ですが、土壌条件等により、碎土性が低下する場合や、作業機の調整不足で播種深度等が安定しない場合がありますので注意が必要です。



（大分県農林水産研究指導センター）

写真3 簡易畦立て機の構造

### (2) 不耕起播種

不耕起播種用の作業機としては、汎用型不耕起播種機、乾田不耕起直播機、簡易不耕起播種機、麦畦利用の不耕起播種機等があります。また、不耕起の場合は、麦後の大豆播種作業で、播種作業期間が確保できない時や、麦栽培により土壌構造が発達した圃場での効果が高いと考えられます。

#### 1) 汎用型不耕起播種機

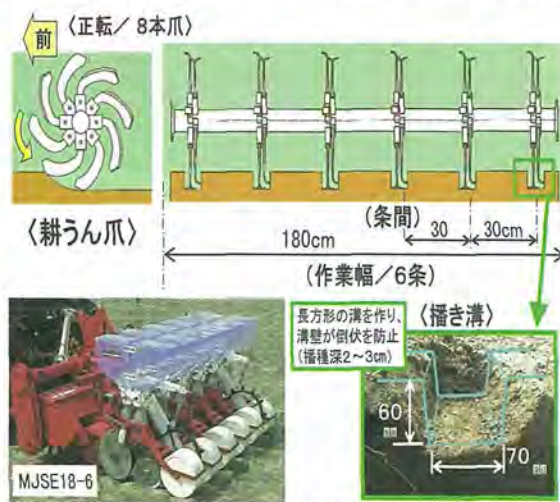
ディスクでY字溝を作り、条間約 30 cmで、6条の播種を行う構造となっています。耕起しないために、地耐力が確保され、圃場が多湿になりやすい梅雨の間でも高い作業性を確保することが可能です。ただし、湿害軽減効果はないため、明渠や弾丸暗渠を施工して排水性を向上させるか、排水性の良い圃場で適用する必要があります。大規模栽培で導入効果が高く、関東地域を中心に使用されています（I・2のv参照）。

#### 2) 乾田不耕起直播機

ダウンカットロータリをベースに、耕うん爪の位置と形状を改良し、条間 30 cmで6条播種を行う構造です（図3）。湿害軽減効果に対する対策としては、不耕起播種後に圃場内に明渠（排水溝）を溝切り機で施工することを推奨しており、本体価格を抑え、溝切り機とセットで導入できるように配慮されています。

#### 3) 簡易不耕起播種機（トリプルカット）

トラクタ用のロータリカルチベータの爪を、播種溝用、施肥用、根伸張亀裂用の3種類の爪に交換し、30 cm条間で溝を作りながら播種を行う構造となっており、特殊な形状の爪を使用しているため、開発元に問い合わせる必要があります。



（JA 全農・三菱農機（株））

図3 乾田不耕起直播機



#### 4) 麦畦を利用した不耕起栽培

九州北部地域では、麦を条間 75 cm 程度の畦立てで栽培するため、麦後の大豆作時に麦畦を崩さないでそのまま不耕起播種を行う方法です（図4）。不耕起播種機は、爪は逆転方向に回転し、部分的に耕起しながら播種溝を作る方式で、天候に影響されにくい不耕起の特徴と前作畦の利用による湿害軽減の効果を狙ったもので、佐賀県で導入されています。なお、不耕起播種機単独の使用も可能です。

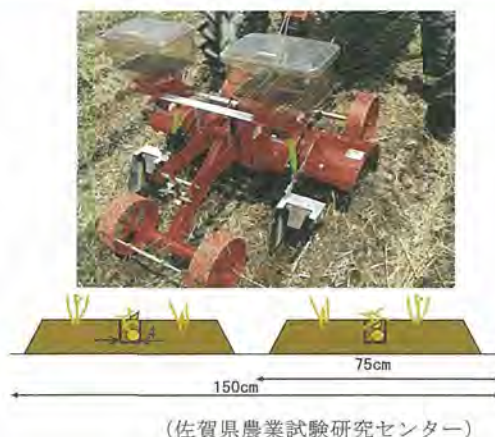


図4 麦畦を利用した不耕起播種

#### (3) 部分耕・浅耕

通常より浅い耕うんや部分的な耕うんを行いながら播種する方法です。浅耕では、土壌表面の乾燥した部分を扱うため作業性が向上し、麦稈と土を混和することにより、クラストを防止する効果も狙っています。耕うん断面が小さいことから、所要動力の減少、作業の高速化も期待できます。いずれも湿害軽減技術と組み合わせている場合が多く認められます。

##### 1) 小明渠浅耕播種機

ロータリの両側面にディスクを装着し、圃場内に小さい明渠を作ることにより、5 cm 程度に浅耕しながら、播種を行う構造です。麦後では、耕うん土量に対して麦稈の割合が高いため、クラストの発生防止に効果があります。条間は、平均約 50 cm の狭畦栽培であり、東海地域、島根県等で使用されています（I・2のvi参照）。

##### 2) 浅耕畝立て同時播種機

ダウンカットロータリの爪配列を耕うん同時畝立てと同様に播種位置中心に揃えて取り付け、浅耕（5 cm 程度）しながら畝立て播種を行う作業機です（図5）。大豆条間と対応した耕うん幅であれば、既存のロータリが使用可能です。麦後大豆等の前作由来の土壌の亀裂がある圃場で効果的であり、滋賀県を中心に使用されています。

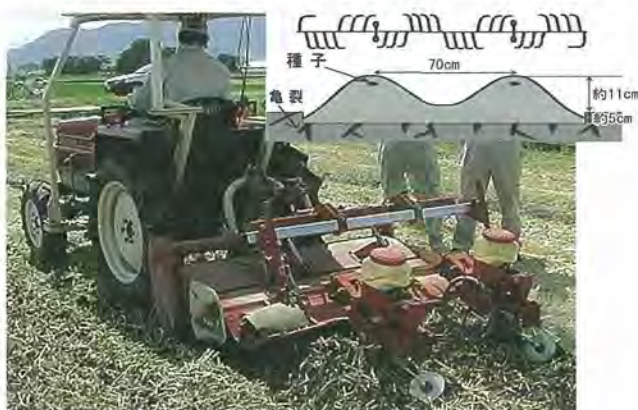


図5 浅耕畝立て同時播種機

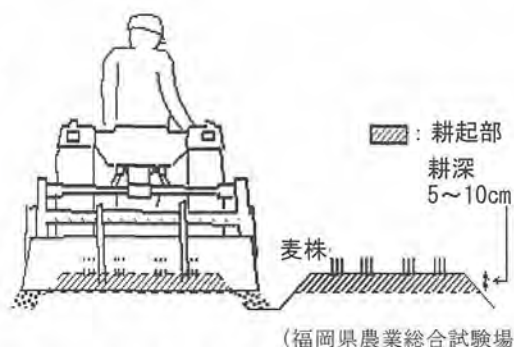


図6 麦畦利用浅耕一工程播種技術

##### 3) 麦畦利用浅耕播種機

九州地域の麦後大豆作で、麦の畦を崩さないようにロータリで畦表面を浅く耕し、大豆を播種する方式です（図6）。麦収穫後の耕うん作業が省略でき、多湿土壌条件下の苗立ち



が低下しにくく、収量も慣行と同程度以上になります。溝を崩さないように、麦の畦と同じ幅のロータリを使用する必要があります。

#### 4) 有芯部分耕

市販ロータリをベースに播種位置部分のロータリ爪を外し、圃場面に不耕起部分を残して、条間の土壌で種子の覆土を行う耕うん方法で、不耕起部分の水分変動が少ないことを利用して、生育中の乾燥や湿害の影響を小さくすることを目的としています。アップカットロータリを用いることで作業速度が向上します。現地での実施事例では、碎土性向上と初期の湿害軽減効果を付与するために、耕うん同時畝立て（アップカット）の畝中心の爪を外している場合もあります。作業を効率的に実施するためには、前年秋の圃場の均平が乱れていないことや、播種までに雑草対策を施しておくことが重要です（I・2のiii参照）。

#### (4) 深耕

##### 1) 改良ロータリ（ツーウェイローター）

サイドディスクで耕深を確保して、標準よりやや深い 15 cm 程度に耕うんするとともに、ロータリカバー内にレーキを取り付け、麦稈のすき込み性を向上させる構造です（写真4）。サイドリッジャ等を取り付けることで、排水溝を成型することが可能で、福井県、滋賀県、富山県等で使用されています。



（福井県農業試験場・小橋工業(株)）

写真4 改良ロータリ

#### (5) クラスト防止

強い降雨で地表の土壌粒子が分散し、細かい粒子となって地表面に膜状に広がった土膜をクラストといいます。特に乾燥して固くなったものを指す場合が多く、播種後に固くなると種子の発芽の障害となります（写真5）。乾燥時のクラストの硬度は、シルト含量が多く、酸性シュウ酸塩可溶アルミニウムが低く、カオリナイトまたはパーミキュライト含量が多い条件で高くなります。一方、クラストが発生しやすい条件でも、表面に亀裂が生成することにより、大豆の発芽障害が低減すると考えられます。



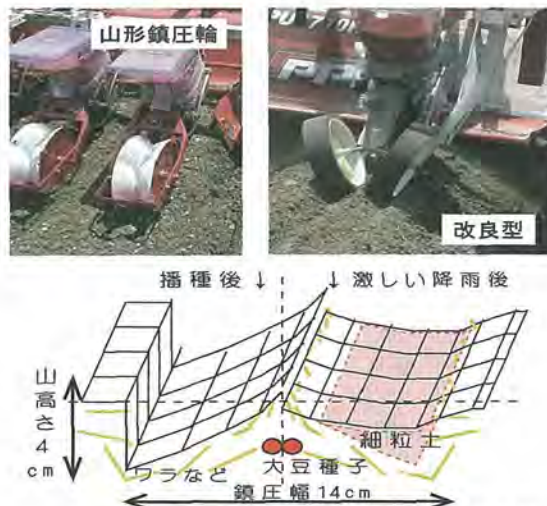
写真5 クラストによる発芽不良

##### 1) 山形鎮圧輪

播種後の鎮圧を、播種列上部は尾根を、その両側には谷部を形成する鼓型の鎮圧輪で行うことにより、乾燥時に種子列上部の尾根に亀裂が入り、クラスト形成が軽減され、出芽率が向上します。今年度からは、改良型も市販化されています（図7）。

##### 2) 3粒点播

大豆出芽時にクラストを押し上げる力を大きくするため、1穴の播種粒数を3粒とし、



（下図：九州沖縄農業研究センター）

図7 山形鎮圧輪



点播の形状を3 cm×3～5 cm以内とすることにより、苗立株率が安定して高くなります。目皿式播種機の目皿にドリル等で穴を空けることが必要であり、2つの穴の間に同径の穴を空けると精度良く3粒点播できます。

### 3) 覆土前鎮圧

耕うん後鎮圧した部分に播種を行い、柔らかい覆土をし、乾燥時の種子への水分供給を安定化させるとともにクラストの発生を抑制する技術です。耕うん部は、アップカットの浅耕(約8 cm)で、砕土性の確保と所要動力低減を図っています。

### 3. おわりに

大豆の播種技術は、ここ数年で集中的に数多く開発されました。現地で問題になっている点を明確にし、重要度の順に、解決するために適する方法を導入するのが効果的です。例えば、問題点として、湿害、作業性、乾燥害、クラスト、砕土性等が考えられ、その中で湿害が最も問題であれば、畝立て、明渠等を検討し、次にどのような方法が適するかを選択します。他に追加すべき問題があれば、それを解決可能な技術を導入します。その結果、気象条件の変動に対して、安定発芽や安定した生育、安定した収量を得ることが可能になると考えられます。

これらの新技術の導入面積は、農水省生産流通振興課の調べによると、全国の大豆作付面積の18%を占めるまでになってきています。しかし、多くの技術が、これまで発芽不良や生育不良で低収量であったものを、一定のレベルまで引き上げ、安定化を図る技術で、高水準の収量をさらに増加させる技術ではありません。今後さらに高い収量・品質を目指すためには、播種技術の正しい導入、施肥や土壌水分等の栽培管理技術等の開発・普及が重要です。また、雑草対策、狭畦栽培の検討も重要な課題です。これらを総合的に組み立てることにより、大豆の安定多収の実現につながると考えられます。

(細川寿)

#### <引用・参考文献>

- 1) 細川寿(2011)大豆の新たな耕うん・播種技術, 農林水産技術研究ジャーナル 34(8): 40-46
- 2) 浜口秀生, 窪田潤, 吉永悟志, 土屋史紀, 大下泰生他(2007)大豆づくりQ&A, (社)全国農業改良普及支援協会
- 3) 有原文二(2003)日本作物学会記事, 72(別号 2), 412-417
- 4) (株)キセキ北陸 大豆専用おとつつあん, リーフレット
- 5) 岩手県(2009)大豆の小畦立て播種栽培技術マニュアル  
[http://www.pref.iwate.jp/~hp2088/labo/pdf/08042\\_kounetate\\_manual.pdf](http://www.pref.iwate.jp/~hp2088/labo/pdf/08042_kounetate_manual.pdf)
- 6) 大分県(2009)平成21年産大豆作推進資料, <http://www.pref.oita.jp/soshiki/15140/daizu.html>
- 7) JA全農・三菱農機(株)(2006)大豆不耕起栽培システム, リーフレット
- 8) 西岡廣泰・他佐賀県研究成果情報 <http://www.maff.go.jp/kyusyu/seiryuu/daizu/pdf/H13-1.pdf>
- 9) 佐々木豊・他(2011), 水稻・小麦・大豆の小明渠浅耕播種技術ーパンフレットーVer.1(2010年度版), 農水省受託プロ「水田底力4系」普及マニュアルパンフレット
- 10) 中山孝彦・他(2007)滋賀県農業技術振興センター研究報告, 46:20-28
- 11) 福岡県農総試(2001)平成13年度九州農業研究成果情報  
[http://konarc.naro.affrc.go.jp/seika/kyushu\\_seika/2001/2001075.html](http://konarc.naro.affrc.go.jp/seika/kyushu_seika/2001/2001075.html)
- 12) 北倉芳忠・他(2005)平成17年度関東東北陸農業研究成果情報  
[http://narc.naro.affrc.go.jp/chousei/shiryuu/kankou/seika/kanto17/03/17\\_03\\_06.html](http://narc.naro.affrc.go.jp/chousei/shiryuu/kankou/seika/kanto17/03/17_03_06.html)
- 13) 小原 洋・他(2008)土壌の物理性, 109, 27-44
- 14) 福岡県農総試(2002)平成14年度九州農業研究成果情報  
[http://konarc.naro.affrc.go.jp/seika/kyushu\\_seika/2002/2002091.html](http://konarc.naro.affrc.go.jp/seika/kyushu_seika/2002/2002091.html)
- 15) 田中浩平他(2004)農業および園芸, 79(9), 973-977



## 1. はじめに

北海道の大豆面積は2011年で26,400haあり、水田転作割合の増加により、田作大豆が道内作付面積の57%を占めています。なかでも、道央の水田地帯である空知・上川・石狩地域は、畑作大豆の中心である十勝・網走とともに主要な生産地域になっています。

北海道の大豆の播種適期は5月20日頃ですが、水田地帯では水稻の移植作業と競合するため、従来は5月10日頃に早播きされていました。この時期は比較的低温で、雪解けからわずか3～4週間しか経過していないため、乾燥が不足した圃場に播種することが多く、遅霜の影響も受けやすいことから、苗立ち不良を起こしやすい条件にありました。また、泥炭土や灰色低地土など粘質な土壌に作付けされることが多く、圃場の透水性が劣り、降雨後に湿害を受けやすい問題がありました。

さらに、大豆の播種が遅れると田植え作業と競合することから、計画どおりの播種できず、大豆の作付け拡大も容易ではありませんでした。



図1 大豆の栽培法と生育期間

＜出所＞大下泰生ら(2005)「ここがポイント 大豆づくり」、全国農業改良普及支援協会、65-68

このような状況下

で、成熟期の早い品種「ユキホマレ」(中生の早)が開発され、作期の短い道北地域に普及しました。道央地域では、従来品種の「トヨムスメ」等を用いた慣行(早播き)栽培が主でしたが、「ユキホマレ」を用いて6月上旬に遅播きしても十分な成熟と収量を確保できる見通しが得られたことから、作業の集中する田植えより後に遅播きする「田植え後播種」が開発されました(図1)。田植え後は天候が比較的安定しており、圃場が乾燥して作業を円滑に行うことができ、「ユキホマレ」は密植により収量を確保しやすい特性であることから、田植え後播種は道央の岩見沢市を中心に普及し、同市では2011年には約800ha程度にまで拡大し、市内の大豆面積の80%がこの栽培法に置き換わりました。

## 2. 田植え後に播種する遅播き栽培の特徴

## (1) 播種期と生育収量

「ユキホマレ」と従来品種の「トヨムスメ」(中生)を用いて播種期を5月中旬(早播き)、5月下旬(標準播き)、6月上旬(田植え後播種)の3期に分けて播種し、生育および収量を比較しました。

「ユキホマレ」は成熟が早く、「トヨムスメ」に比べると田植え後播種では成熟期が9日早く、「ユキホマレ」の田植え後播種が、「トヨムスメ」の標準播きと同じ時期に収穫できます。また、「トヨムスメ」は田植え後播種で収量が低下するのに対して、「ユキホマレ」は田植え後播種でも標準播きと同等の収量が得られ、播種期が遅くても収量が低下しないことが確認されました。収量構成をみると、両品種とも田植え後播種では百粒重が小さく、粒数は多くなりました。田植え後播種で収量を低下させないためには、密植して粒数を確



保する必要があります。また、田植え後播種では標準播きに比べて、出芽から開花期までの期間の気温が相対的に高い

表1 播種期と生育収量（北海道農研・札幌）

| 品種      | 播種期<br>月/日 | 出芽期<br>月/日 | 成熟期<br>月/日 | 収量<br>kg/10a | 百粒重<br>g | 粒数<br>粒/m <sup>2</sup> | 主茎長<br>cm | 最下着莢<br>位置cm | 倒伏<br>角度 |    |
|---------|------------|------------|------------|--------------|----------|------------------------|-----------|--------------|----------|----|
| 「ユキホマレ」 | 早播き        | 5/15       | 5/24       | 9/23         | 348      | 39.7                   | 877       | 40.0         | 9.4      | 0  |
|         | 標準播き       | 5/27       | 6/03       | 9/28         | 377      | 37.7                   | 1000      | 50.9         | 14.1     | 20 |
|         | 田植之後       | 6/05       | 6/10       | 10/04        | 375      | 36.0                   | 1042      | 55.0         | 14.9     | 33 |
| 「トヨムスメ」 | 早播き        | 5/15       | 5/24       | 9/25         | 303      | 38.5                   | 787       | 40.6         | 10.0     | 0  |
|         | 標準播き       | 5/27       | 6/03       | 10/01        | 366      | 38.4                   | 953       | 52.5         | 14.6     | 31 |
|         | 田植之後       | 6/05       | 6/10       | 10/13        | 348      | 38.6                   | 902       | 54.2         | 13.9     | 39 |

「ユキホマレ」は平成12～15年、「トヨムスメ」は平成12・15年の平均値

播種密度は33粒/m<sup>2</sup>の密植

倒伏角度は垂直からの傾斜角度

＜出所＞大下泰生ら(2005)「ここがポイント 大豆づくり」、全国農業改良普及支援協会、65-68

ことから、茎葉の伸長が速く、主茎長が長い特徴があります。また、最下着莢位置も高く、コンバイン収穫適性が向上する利点が得られました。しかし、茎葉の伸長が早いことは、個体間の競合により草丈が高く、茎葉も繁茂して倒伏しやすい草型になることから、強風雨などで容易に倒伏することに留意する必要があります（表1）。

次に、「ユキホマレ」の播種晩限について調査しました。早播きの収量を100として、播種期を遅らせたときの収量を相対的に比較した結果、6月上旬までの播種では収量はほぼ一定で、6月中旬以降の播種で収量は次第に低下し、6月末の播種で収量は大きく低下しました（図2）。安定した収量を確保し、成熟遅延によるリスクを軽減するためには、6月第1半旬までに播種する必要があります。

## (2) ダイズわい化病

ダイズわい化病の感染率は年次により変動するものの、各年とも播種期が遅いほど感染率は低下しました（図3）。北海道では大豆の出芽まで7～1

0日程度を要し、早播きでは5月下旬に、田植え後播種では6月中旬が出芽期となります。ダイズわい化病ウイルスはジャガイモヒゲナガアブラムシによって媒介され、ウイルス保毒アブラムシは5月26日～31日頃に飛来のパークがあることから、飛来盛期前に出芽する早播きではアブラムシによる大豆わい化病の感染を受け易く、アブラムシの防除が必要になります。田植え後播種では飛来盛期後に出芽することから感染を回避する確率が高く、種子処理用殺虫剤を種子に塗抹処理するだけでよく、圃場での防除作業を省略できます\*。

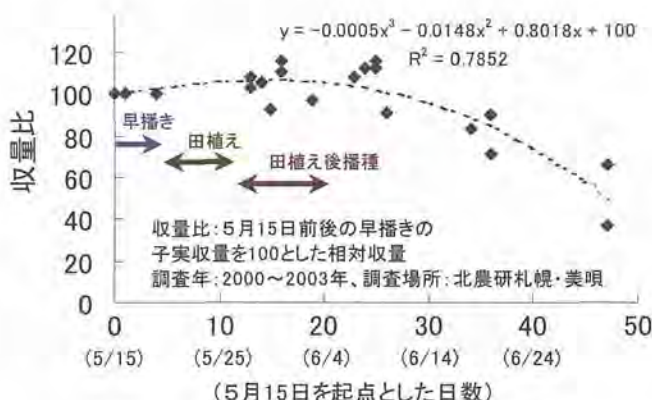


図2 「ユキホマレ」の播種期と収量比

＜出所＞大下泰生(2006)農林水産研究ジャーナル29(12)：10-14



ダイズ品種：「ユキホマレ」、北農研札幌、水田転換畑  
調査時期：開花始期、2002年は成熟期に調査  
早播き：5月13～18日、中播き：5月27～30日、遅播き：6月5～8日  
エチルチオメトン粒剤を播種溝施用し、茎葉処理なし

図3 播種時期とダイズわい化病感染率

＜出所＞大下泰生(2005)農林水産研究ジャーナル29(12)：10-14



### 3. 覆土前鎮圧播種法

#### (1) 開発機の概略

浅耕逆転ロータリシダ（以下「開発機」）は耕うん部、施肥部、播種部、鎮圧部で構成され、慣行体系では別工程で行う碎土、整地、施肥播種作業を1工程で処理できます（図4）。耕うん部は碎土性の高い逆転ロータリを用いており、所要動力を軽減するために耕深を8 cmに浅く設定しました。また、鎮圧部は新たに開発した覆土前鎮圧法を用いました。

#### (2) 碎土性と大豆の出芽性

大豆の出芽を促進するためには播種床の碎土性を高める必要があります。土塊が粗いと播種深や覆土が安定せず、乾燥時に毛管水の供給が断たれて発芽不良や出芽の不揃いを生じます。また、土壌処理除草剤の効果が低減して雑草が発生しやすくなります。ふるい分けた土塊別に大豆の出芽率を調査した結果、出芽率は平均土塊直径が大きくなるにつれて低下し、土塊直径が2 cmを越えると急激に低下しました（図5）。出芽率を高めるためには、平均土塊直径を1.5 cm以下に小さくする必要があります。碎土性の目安として、土塊直径2 cm以下の重量割合を70%以上にとすると、これは平均土塊直径で1.5 cm以下に相当し、出芽が安定します。開発機は易耕性の劣る灰色低地土でも概ね平均土塊直径で1 cm程度に碎土でき、高い碎土性能があります。ただし、必要以上に細かく碎土すると、土壌によっては強い降雨により表層にクラスト（土膜）が形成され、出芽の障害となるため、適正な碎土性の確保が必要です。

#### (3) 覆土前鎮圧法の概略

覆土前鎮圧法は、耕うん部で碎土した播種床表面に種子を点播し、種子の側条に肥料を施用した後、鎮圧輪で種子を踏みつけ、深さ3 cm程度の播種溝を成形します。さらに、覆土器で播種

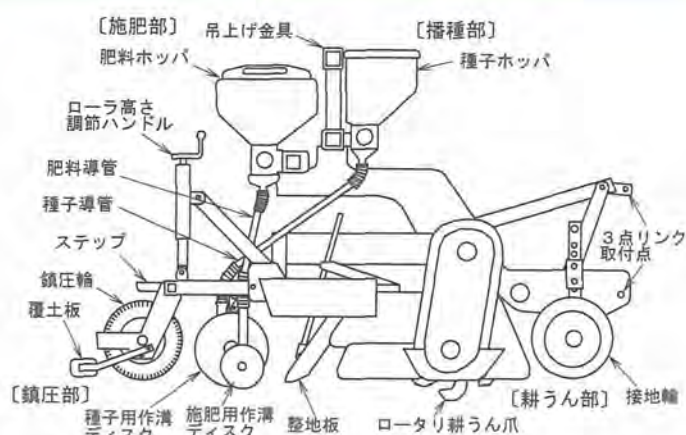


図4 浅耕逆転ロータリシダの外観

＜出所＞大下泰生ら（2005）「ここがポイント 大豆づくり」、  
全国農業改良普及支援協会、65-68

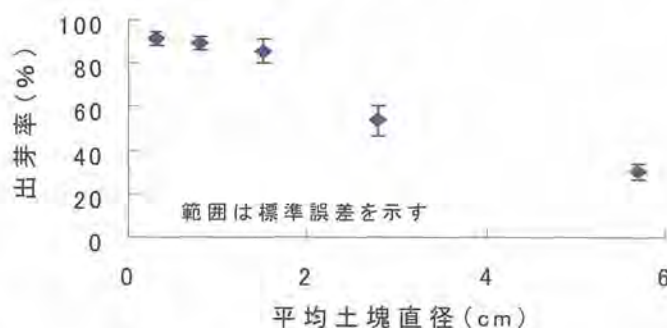


図5 平均土塊直径と出芽率

＜出所＞大下泰生ら（2003）農業機械学会北海道支部講演要旨54：39-40

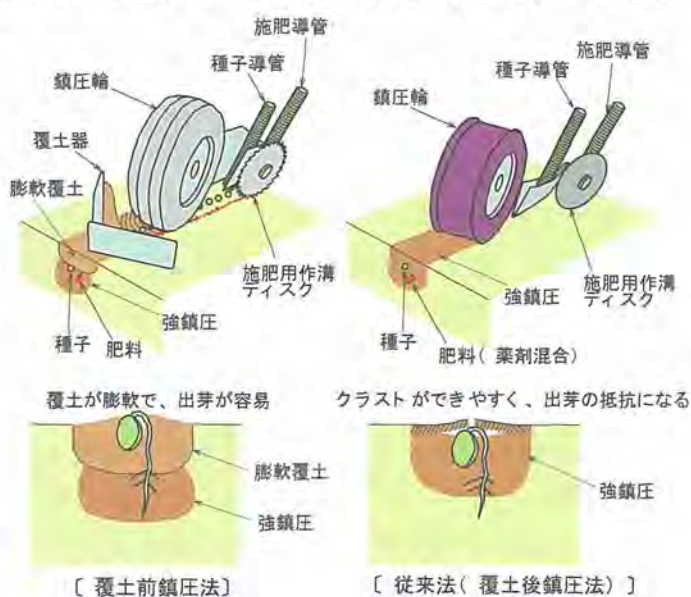


図6 覆土前鎮圧法と従来法の比較

＜出所＞大下泰生ら（2005）「ここがポイント 大豆づくり」、  
全国農業改良普及支援協会、65-68



溝側方の表土をかき寄せ、播種溝を膨軟に覆土します（図6）。覆土前鎮圧法では種子より下層は強く鎮圧され、種子と土粒子が密着して毛管水が供給されやすい状態になります。一方、覆土は膨軟で毛管が切断されることから、乾燥時には地表への水分蒸散が少なくなります。また、表層を鎮圧する従来法では、表層にクラストが形成されやすくなりますが、覆土前鎮圧では覆土が膨軟なことから、従来法に比べるとクラストの形成が抑えられ、種子は膨軟な覆土を容易に貫通して出芽することができます。覆土前鎮圧は乾燥した条件でも、降雨が多い多湿な条件でも従来法に比べて出芽率が高く、出芽揃いも良好なことが確認されました。

#### 4. 田植え後播種導入による規模拡大効果と労働時間の予測

大豆の田植え後播種がない場合と導入した場合について限界規模と作付け面積の構成を試算した結果、導入前は水稻移植栽培の制約により、作付面積は24.1haが限界であるのに対して、大豆の田植え後播種を導入することにより、大豆の面積が4.8ha増加し、これにともなって輪作される小麦の面積も増大して、合計で34.2haとなり、約10haの規模拡大が可能になりました（表2）。

また、田植え後播種の導入前後の半旬別労働時間をみると、大豆の播種作業と、防除作業等により、6月第1～2半旬と、6月第5～8月第1半旬頃の労働時間が増

加しましたが、いずれも労働時間に比較的余裕のある農閑期を活用しており、最も多忙な5月第4半旬の労働ピークは変化することなく、労働時間の平準化で規模拡大に対応できます（図7）。大豆田植え後播種は、食料自給率向上で求められる小麦や大豆の作付け拡大を容易にし、労働ピークの分散により無理なく作業できることから、水稻・小麦・大豆の組み合わせによる大規模と効率的な水田作営農に寄与する栽培技術として普及しています。

（大下泰生）

\*：農薬の使用に当たっては最新の農薬使用基準を参照すること。

#### <参考文献>

- 1) 仁平恒夫（2005）北海道農業研究センター、農業経営研究90：1-9
- 2) 大下泰生ら（2005）「ここがポイント大豆づくり」、全国農業改良普及支援協会、65-68
- 3) 渡辺治郎ら（2006）日本土壌肥科学会雑誌77(3)：313-316
- 4) 渡辺次郎ら（2006）日本作物学会紀事75(2)：136-140
- 5) 大下泰生（2006）農林水産研究ジャーナル29(12)：10-14

（半旬別労働時間）

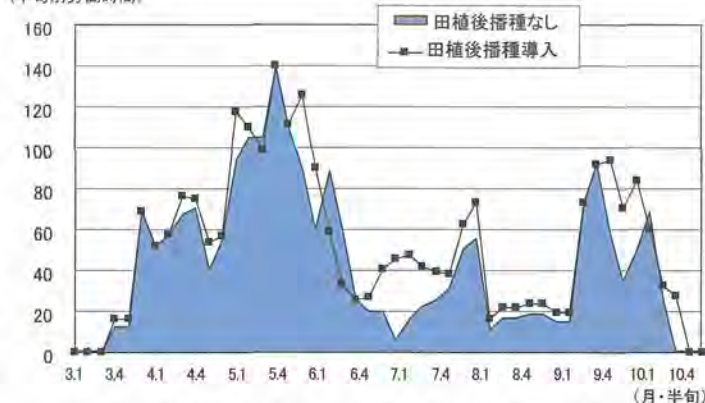


図7 田植え後播種導入による労働時間の変化  
＜出所＞仁平恒夫（2005）北海道農業研究センター農業経営研究90、1-9より改図

表2 田植播種栽培導入のシミュレーション結果

|              | 作付面積<br>(ha) | 水稻<br>移植<br>(ha) | 水稻<br>直播<br>(ha) | 大豆<br>早播き<br>(ha) | 大豆田植<br>え後播種<br>(ha) | 秋まき小<br>麦普通作<br>(ha) | 秋まき小<br>麦大豆間作<br>(ha) | 転作率<br>(%) |
|--------------|--------------|------------------|------------------|-------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|------------|
| 田植え後<br>播種なし | 24.1         | 10.3             | 2.5              | 5.6               | —                    | 2.8                  | 2.8                   | 47.0       |
| 田植え後<br>播種導入 | 34.2         | 10.0             | 3.3              | 4.7               | 5.7                  | 5.2                  | 5.2                   | 61.3       |

注）面積は丸めの関係で合計が合致しない場合がある。

＜出所＞仁平恒夫（2005）北海道農業研究センター農業経営研究90、1-9より改表



## 1. 特徴

転換畑初年目の大豆作では土壌透水性不良により湿害を生じやすくなるとともに、碎土性低下による乾燥害も助長されやすいのが特徴です。また、主要な作付け時期では、播種～出芽期（5月下旬～6月上旬）の乾燥、生育初期の梅雨時期（6月下旬～7月下旬）の湿害、梅雨明け後の開花期～子実肥大期（8月）の乾燥というように、生育期間の土壌の乾湿の変動が大きくなります。大豆は根粒を着生することもあり、湿害及び乾燥害に弱い作物のため、このような土壌・気象条件で生育を安定化させることが重要となります。

「有芯部分耕栽培」は、東北農業研究センターにおいて開発されたもので、不耕起土壌の湿害・乾燥害の軽減効果と中耕・培土による倒伏抑制や雑草防除の安定化を両立させることが特徴となっています。

## 2. 耕起法の概略

有芯部分耕栽培では、市販のロータリの播種条に当たる爪を一部除去し、除去した爪に隣接する2枚の爪が播種条に向いている場合、これを付け替えます（図1）。

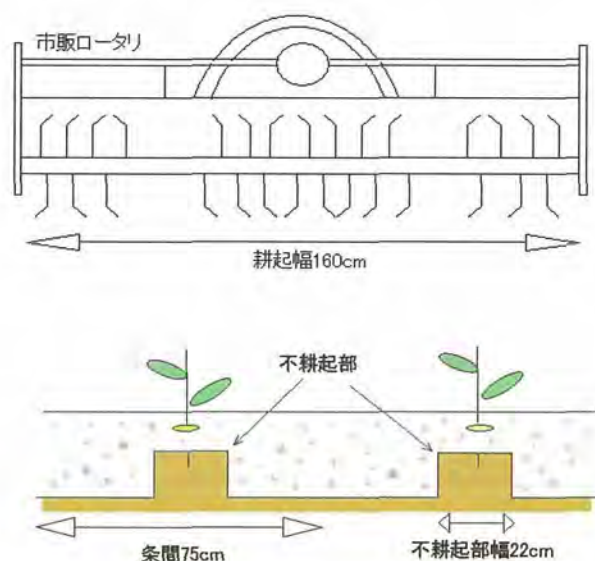


図1 有芯部分耕のロータリ爪配置および耕起条件



図2 有芯部分耕の土壌条件

左：不耕起部上への覆土、右：条間の耕起土壌への滞水



このようなロータリ爪の改変により、播種床部分は耕起されず条間部分が耕起され、不耕起土壌の上に播種された種子は耕起された条間部の土壌で覆土されます（図2左）。これまでの検討では条間 70～75 cmで、不耕起部を 20 cm程度、10～13 cmの耕起深で耕起すると不耕起部上に 4～5 cmの覆土が得られています。このように条間を耕起しているため、中耕・培土は慣行栽培同様に実施できます。

### 3. 有芯部分耕栽培による土壌水分の安定化

根粒を着生している大豆は、過乾燥および過湿の影響を受けやすく、転換畑大豆作の安定化には土壌水分の変動を小さくすることが重要となります。

有芯部分耕栽培における不耕起部は下層土とつながっています。このため、乾燥時でも下層の土壌に含まれる水分は不耕起部に移行できます。また、不耕起部は土壌の空隙が少ないため、土壌水分が蒸発しにくくなっています。これらにより、有芯部分耕栽培の不耕起部は同様の深さに相当する耕起土壌と比べ、含水率が高く維持され、乾燥害が軽減されます（図3）。

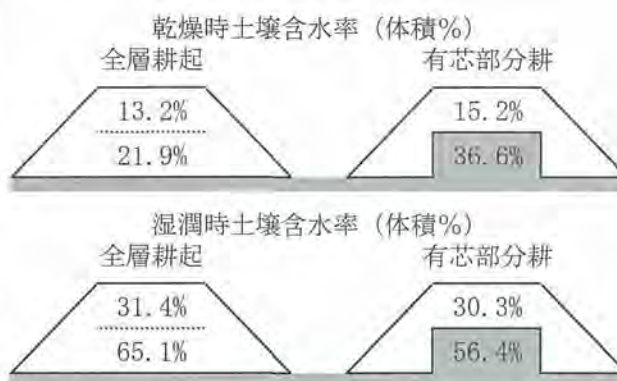


図3 耕起法と土壌含水率との関係  
上部は地表面 0～8cm、下部は同 8～16cm  
塗りつぶし部分は不耕起

一方、湿害の軽減は転換畑大豆作の最重要課題ですが、有芯部分耕栽培では、湿潤時（滞水時）の不耕起部の土壌含水率は乾燥時と逆に耕起部と比べると低く、湿害を受けにくいと考えられます（図3）。これは、耕起土壌では土壌空隙が大きく、多雨条件ではこの空隙に水が満たされるのに対し、不耕起部の土壌は緻密で空隙が少ないことから、水分が土壌中に浸潤しにくいためと推察されます。また、余剰の水分が条間の耕起部にたまって排水が促進されることも湿害の軽減に有効と考えられます（図2右）。

### 4. 有芯部分耕栽培における大豆の生育と収量

これまでに灰色低地土、黒ボク土およびグライ土の圃場において試験を実施してきました。

その結果、各年次により気象条件は異なっていたものの、有芯部分耕栽培では全般に開花期までの主茎長が長くなるとともに地上部乾物重が増大する傾向が確認されました（表1、図4）。

また、収量も増加する事例が多く、特に収量レベルの低い条件での増収幅が大きくなっています（図5）。

表1 耕起法が開花期の生育に及ぼす影響

| 耕起法   | 主茎長<br>(cm) | 茎径<br>(mm) | 乾物重<br>(g/m <sup>2</sup> ) |
|-------|-------------|------------|----------------------------|
| 全層耕起  | 38.6        | 6.1        | 108                        |
| 有芯部分耕 | 41.5        | 6.4        | 126                        |
| 有意差   | *           | *          | *                          |

品種：リュウホウ。3年データ平均(n=4)。\*：  
5%水準で有意差有り。





図4 耕起法の違いが生育に及ぼす影響  
2005年秋田県大仙市現地圃場

このような、有芯部分耕による生育促進や増収効果の要因としては、前述したように不耕起部の土壌水分の変動が小さいため、乾燥害や湿害が軽減されて、根粒の着生や活性が高まることで（表2、図6）、地上部への窒素供給や地上部の光合成が旺盛になることが考えられます。

なお、図6のように全層耕起では根粒が根系内に点在するのに対し、有芯部分耕での根粒着生は、不耕起土壌と耕起土壌の境界に特に多くなっていることから、境界部の条件が根粒着生に適していることが推察されます。

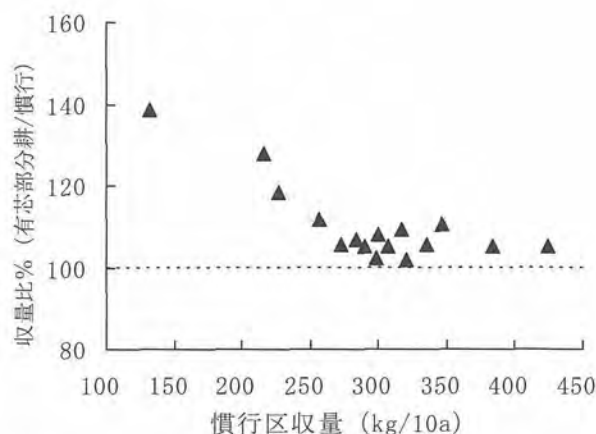


図5 慣行区の収量水準と有芯部分耕の収量比  
2003～2006年の現地・場内試験圃刈りデータ



図6 耕起法の違いによる根粒着生の差  
左：全層耕起、右：有芯部分耕

表2 耕起法と根系の形質

| 耕起法   | 根粒数<br>(個/個体) | 根粒重<br>(g/個体) | 根重<br>(g/個体) |
|-------|---------------|---------------|--------------|
| 全層耕起  | 110           | 0.59          | 1.48         |
| 有芯部分耕 | 149           | 0.73          | 1.54         |
| 有意差   | *             | **            | ns           |

\*\*\*: 1%及び5%水準で有意差有り. ns: 有意差無し.



## 5. 作業性

有芯部分耕栽培は不耕起部を残すことが重要で、転換畑初年目の圃場で耕起および播種を1工程で行う作業体系が基本です。また、耕起、播種および施肥の同時作業が可能のため、総作業時間を短縮できます。しかし、播種作業のみを慣行の播種作業（事前耕起を行った圃場への播種）と比較すると作業速度はかなり遅くなります。この欠点を解消するため、逆転ロータリによる耕起同時播種作業の高速化を検討したところ、逆転ロータリの使用で正転ロータリの場合の2倍程度の速度で耕起を行ってもほぼ同等の碎土率が達成できました。

なお、これまでに実施した現地試験のうち、水稻収穫後不耕起条件の圃場に1工程で耕起同時播種を行った場合の作業速度は0.8~1.7 km/h程度です（ホルダー型の逆転ロータリ使用）。1.5mの作業幅の場合には1時間当たりの作業面積は10~20 aで、1日当たり1~1.5ha程度が播種面積の目安となります。慣行の作業体系（耕起作業後播種を実施）の播種速度3~4 km/hと単純に比較すると依然として大きな差があります。

## 6. その他

導入に当たっては、①所有しているロータリの種類、②想定される作業効率、③耕起+播種の一工程作業導入の可否、などを考慮して検討する必要があります。なお、有芯部分耕の栽培面積は、2010年に東北地域で120haを越えるなど、除々に増加しています。

（吉永悟志）

### <参考文献>

- 1) Kirda, C., S. K. A. Danso and F. Zapata 1989. Temporal water stress effects on nodulation, nitrogen accumulation and growth of soybean. *Plant and Soil* 120:49-55.
- 2) 齊藤邦行・タリクムハマド・黒田俊郎 1999. 土壌水分の欠乏が大豆の開花結実に及ぼす影響. *日作紀* 68:537-544.
- 3) 島田信二 2006. 水田輪換畑作ダイズの多収化戦略. *日作紀* 75:394-399.
- 4) 杉本秀樹・雨宮昭・佐藤享・竹之内篤 1988. 水田転換畑におけるダイズの過湿障害. *日作紀* 57:71-76.
- 5) 田中伸幸・吉田昭 1982. 大豆生育初期における土壌水分と根粒着生. *山形県農試研報* 17:151-159.



### 1. ねらい

多毛作は圃場の利用効率を高めて生産性を向上させるのに有効ですが、作期や作業時期の競合により実施困難となる場合があります。この競合を回避する手段として、立毛間播種（収穫前の作物の畝間に次の作物を播種すること）による間作が挙げられます。例えば東北地方北部では大豆と麦は作期が競合しますが、大豆収穫の約1ヶ月前に小麦を畝間へ播種し、小麦収穫の約2週間前に大豆を畝間に播種する、という二毛作体系を組むことができます（間作期間は盛岡市の例）。

### 2. 播種作業機について

畝間への立毛間播種（条播）作業については、我が国の圃場条件などに適合した小型乗用機械体系を東北農研センターが構築し、メーカーと共同開発した播種機が市販されています（(株)ササキコーポレーション、RT301RH）。図1は立毛間播種機全体の様子です。ハイクリアランス型の乗用管理機のリアヒッチに、立毛間播種を行う作業機を装着した構成になっています。乗用管理機は前・後輪の前に分草桿を装備し、作物列を跨いで畝間を走行します。播種作業機はロータリカルチベータをベースにした作溝部の後に3条分の施肥播種ユニットを設けた構成です。①ロータリ刃を作溝ディスクに換装した不耕起型播種機となっている、②チェーンケースを延長したことにより作溝部水平フレームの最低地上高が大きい、③3基の施肥播種ユニットは独立に駆動され共通の駆動軸を持たないため、クリアランスが大きく立毛中作物との接触が少ない、④前作物の巻き込み防止のため作溝部から播種ユニットの鎮圧輪まで伸びる分草桿を備える、等の特徴があります。これらにより、立毛中の前作物条の間に入り込んで作業することができます（図2）。作溝ディスクにより前作物の条間に溝（幅1～2cm）を作り、その溝に合わせて播種すると同時に施肥を行います。作物条間は、50～75cmに設定可能です。作業能率は最大で30a/h程度、播種機1台の負担面積は15ha程度です。



図1 立毛間播種機



図2 麦立毛間への大豆播種作業

### 3. 栽植様式および管理作業

立毛間播種栽培では、前作物収穫時にコンバインによる後作物の踏圧が起りやすくなります。大豆収穫時の麦は踏圧しても問題はありませんが、大豆には踏圧害が発生します。



ので、使用するコンバインのクローラの間隔や幅に合致した栽植様式にするか、または播種作業機の不等条間播種機能により踏圧を避ける必要があります。刃幅 1.5m クラスのコンバインの場合には、条間を 75 cm 程度にすることにより、踏圧をほぼ回避・低減することができます(図3)。それでも、圃場の枕地ではコンバインの旋回によりダメージを受けます。本技術を実施している生産者では、枕地は播種しないケースも見られます。

立毛間播種栽培体系における雑草防除については、現状では中耕の他には、前作物の収穫以降の選択性除草剤散布か、非選択性除草剤の畦間処理に限られます。結果として、株間などに雑草が残った場合、作付けの進行につれて増加する傾向にあります。したがって、立毛間播種栽培の実施期間は2～3年とし、その後は全面処理を入れるか、水田に戻して輪作体系の中で実施するなどの対策をとることが望ましいです。

なお、後作物の播種前に前作物がひどく倒伏すると立毛間播種作業は非常に困難になります。また、播種後に倒伏した場合は、後作物へ被害を及ぼさずに収穫することは難しくなります。したがって、倒伏させないことが重要で、耐倒伏性の強い品種の使用や倒伏させない肥培管理が要求されます。



図3 収穫時の様子(左:小麦収穫時の大豆、右:大豆収穫時の小麦)

#### 4. 普及状況など

この条播方式の立毛間播種栽培は、東北地域では大豆・麦で約 100ha (平成 19 年度) 実施されています。立毛間播種機は大豆・麦体系のほか、麦立毛間への水稻直播、ソバ立毛間へのナタネ播種などにも利用可能です。一方、動力散布機や無人ヘリなどを用いた散播方式では、特に北海道で大豆立毛間への小麦播種が 1,000ha 程度実施されています。

立毛間播種機の導入コストは、播種作業機の価格が約 160 万円、乗用管理機が 200～300 万円です。乗用管理機は水稻や野菜の薬剤散布・中耕などの管理にも使用でき汎用性がありますが、経営体が所有していない場合には初期投資が必要です。

本技術は作期競合が厳しい寒冷地を主な対象としていますが、その他の地域でも作業競合の解消、作業量の平準化、播種時期の最適化などに有用と考えられます。

(天羽弘一)



### 1. 不耕起狭畦密植栽培

関東以西の転換畑における大豆栽培は播種期が梅雨に当たります。特に麦大豆の二毛作では麦収穫と大豆播種の作業競合もあり、耕耘整地後に播種する体系では播種適期を逃しがちです。大規模な大豆作ではロータリシーダで耕耘同時播種を行っても播種適期を逃す場合もあります。不耕起播種は、播種前耕耘を省くので麦収穫と作業競合を軽減できるうえに、地耐力が高いため降雨後の作業開始が早く、播種作業が高効率なので、適期播種を可能にする技術です。また、よく耕耘碎土された圃場では強い降雨の後に乾燥があると圃場表面に硬い土膜（クラスト）ができ出芽不良になることがあります。不耕起栽培はクラストが形成されにくいといわれています。

倒伏防止や除草を目的に行われる中耕培土は、耕耘することと高い作業精度が必要なことから作業能率が低く、天候や栽培規模によっては適期の実施が難しい作業です。また、培土の畦はコンバイン収穫の損失や汚粒の原因になることがあります。中耕培土の省略は、省力的でコンバイン収穫に適しますが、倒伏と雑草が増えるおそれがあります。不耕起播種は株際の土が固く株を支えるため倒伏に強く、耐倒伏性の強い品種を組み合わせると倒伏のおそれを小さくできます。畦間を通常の半分位にし密植して株間を広げない狭畦密植栽培は、大豆茎葉が畦間と株間を早く覆うので、雑草抑制が期待できます。

### 2. 不耕起狭畦密植栽培導入に適した条件

大豆の播種期や中耕培土の作業時期が梅雨期に当たる地域に適しています。農水省の統計によると平成20年には関東、東北、中国、九州などで約1200haの不耕起播種が行われ、関東と中国では不耕起播種された約640ha中の590haが狭畦栽培でした。

圃場の条件からみると不耕起栽培は透水性の良い圃場が適しており、透水性が劣る圃場では本暗渠が必須です。弾丸暗渠や額縁明渠等の排水対策は不可欠です。地下水位の高い圃場、排水路の水位が高い圃場、転作圃場がバラバラに分散したバラ転圃場等是不適です。経済的な面から見ると、新たに装備が必要な不耕起播種機の費用を、麦や乾直への播種機の利用、規模拡大による収益向上や適期播種による増収で回収できるような、稲、麦、大豆を基幹とする大規模な水田作経営や作業受託集団が適しています。小規模な大豆作には向きません。

### 3. 不耕起狭畦密植栽培を導入した事例

平成17年に不耕起狭畦栽培を導入した茨城県筑西市の納豆小粒の事例を紹介します。不耕起播種は、作業ができた日には2.6ha/日で播種でき、百筆を超える圃場（約30ha）を7月中旬に播き終わりました。一方、耕起栽培は播種開始が梅雨明け後の7月下旬になりました。適期内に播種できた不耕起狭畦密植栽培は200kgを超えましたが、播き遅れた耕起栽培の反収は約150kgでした。また、導入した現地農家は、不耕起狭畦密植栽培でのコンバイン収穫作業について田面が平らで最下着莢位置が高いので収穫ロスや汚粒が少なく、作業者の心身の負担も少なかったと高く評価していました。

### 4. 大豆不耕起狭畦栽培の実際

耕耘には土壌の膨軟化、圃場の均平、肥料や残さのすきこみ、除草等の効果があり、中耕培土には倒伏防止や除草の効果があります。不耕起狭畦密植栽培では作業の時期や方法



の変更、栽培法や不耕起播種機の工夫で耕耘と中耕培土の効果を補っています。

## (1) 圃場作業体系

大豆播種前の耕耘を省略するので、圃場均平、土壌の膨軟化と土壌改良資材の施用は麦の耕起時に行います。大豆播種前に発生している雑草は茎葉処理除草剤で枯らしめます\*。前作の残さは播種に支障がないようフレールモア等で細断・拡散します。地耐力が高い不耕起圃場でも土壌水分が高い時に機械作業を行うと土壌は圧密され、時には轍が残るので、麦収穫や大豆播種前の作業は土が乾いた時に行います。心土破碎は前作の麦の時に行います。無中耕無培土なので生育期に除草が必要な場合は除草剤で対応します(図1)。

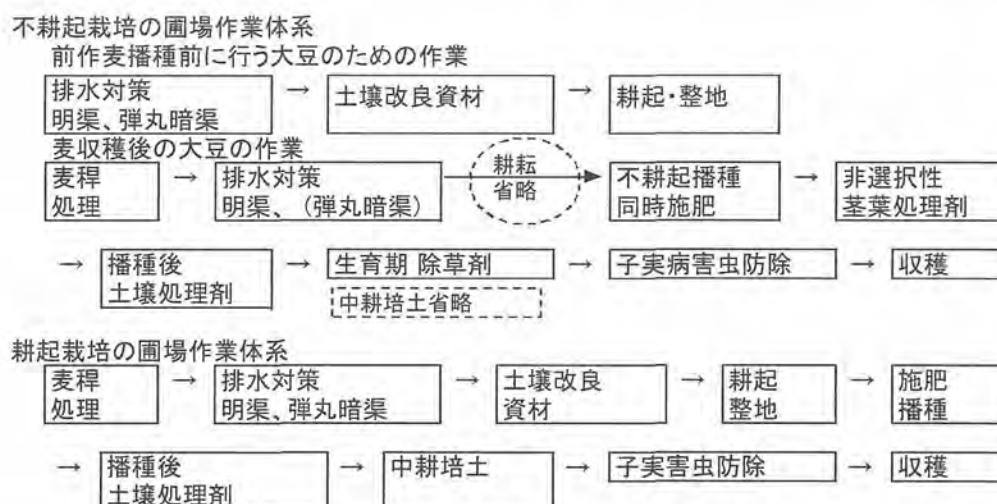


図1 不耕起栽培と耕起栽培の圃場作業体系の比較

## (2) 圃場排水対策

転換畑は排水路や農道で水田と切り離してブロックを作ります。本暗渠と直交方向に2～3m間隔で弾丸暗渠を施工します。圃場の周囲に額縁明渠を掘ります。50aを超える圃場では内部にも明渠を掘ります。明渠は排水口に必ず接続します。枕地は作業機の走行や旋回が多いので土壌が圧密されたり、轍が残り易い所です。特に水口側の枕地は用水の漏水や水田からの浸透水の影響で病害や湿害が発生し易い所です。茎疫病が発生すると水



図2 圃場の排水対策

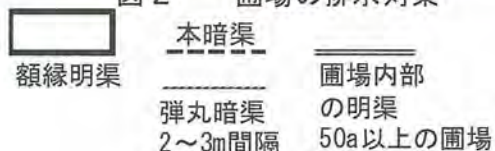


図3 枕地の苗立ち不良

明渠や轍に水がたまっている。  
大豆の苗立ちや生育も悪く、  
茎疫病も発生していた。

＜出所＞浜口秀生(2005)「ここがポイント大豆づくり」、  
全国農業改良普及支援協会、P19-22  
(図2、3とも、一部改変)



の流れに沿って圃場内部にひろがるので枕地の排水対策は重要です（図2・図3）。

### (3) 不耕起播種

不耕起狭畦密植栽培には条間 30 cm 程度の不耕起播種機が必要です。市販されているものでは松山(株)の NSV601、三菱農機(株)の MJSE18-6 とみのる産業(株)の PFT-6 などが利用可能です（図4）。これらは乾直水稻や麦の播種も可能です。NSV601 には 50 馬力以上のトラクタが適合します。他の2機種は NSV601 に比べ軽量なので 30 馬力程度のトラクタで作業できます。NSV601 がディスクによる溝切り播種で、MJSE18-6 と PFT-6 は爪による部分耕播種で、れきや残さの量、圃場の硬さなどに対する適応範囲が機種により異なります。

播種深度は約 2～3 cm が適当です。播種量は関東では 20 本/㎡程度の株数を目標に 25 粒/㎡位播きます。中国地域で推奨されている株数は 6 月上旬の 10 本/㎡～7 月下旬の 25 本/㎡程度で時期より異なります。栽植密度が高いので耐倒伏性の強い品種を使います。殺虫剤、殺菌剤を種子処理し、苗立ちを確保します。

各県で推奨されている基肥の施用量 (kg/10a) は耕起栽培と同じで窒素、リン酸、カリが 2～3、6～10、6～10 程度です。茎疫病による苗立ち不良は基肥施用で助長されるので、茎疫病の苗立ち不良が起きる地域では基肥は施用しません。



図4 不耕起狭畦栽培に使用される主な播種機

ア NSV-600 ディスクで播種溝を切るタイプ。試験用に除草剤散布装置を装着した状態。現在は部分的に改良された NSV-601 が販売されている。

イ MJ18-6 播種溝を部分耕するタイプ。

### (4) 雑草防除

麦大豆の二毛作の場合、前作の麦の栽培管理や雑草防除を適切に行い、雑草を抑えておくことが大切です。大豆の苗立ちを確保して狭畦密植の抑草効果を発揮させることが重要です。大豆播種前に発生している雑草には非選択性茎葉処理剤を播種前または播種後～出芽前に処理し、播種後に土壌処理剤を散布します。生育期には必要に応じてイネ科雑草用の剤と広葉雑草用ベンタゾン进行全面散布します。ベンタゾンが効かない広葉雑草が多い場合は非選択性茎葉処理剤の畦間散布やリニュロン水和剤の畦間株間処理が必要になります。これらの除草剤をつり下げノズル等を装着した乗用型機械で散布する場合、畦間が狭いため大豆の生育が進むと作業しづらくなると思われます。



## (5) 子実害虫防除

狭畦栽培は開花期を過ぎると草冠表面が平らに見え畦間が分かりません。ブームスプレーで防除する場合、オペレータが方向を誤らないよう誘導します。また、繁茂した狭畦大豆の中をブームスプレーが走行するので大豆に損傷を与えますが、散布幅が広いので圃場全体でみると損傷による減収は大きくありません。防除を複数回行う場合は、最初の防除で走行した所を以後も走行すると減収を小さくできます。

筆者等の現地試験では、3回実施した防除時の損傷による減収、コンバインの収穫ロス差し引いても、不耕起狭畦栽培の収量は慣行の耕起栽培にまさっていました(図5)。

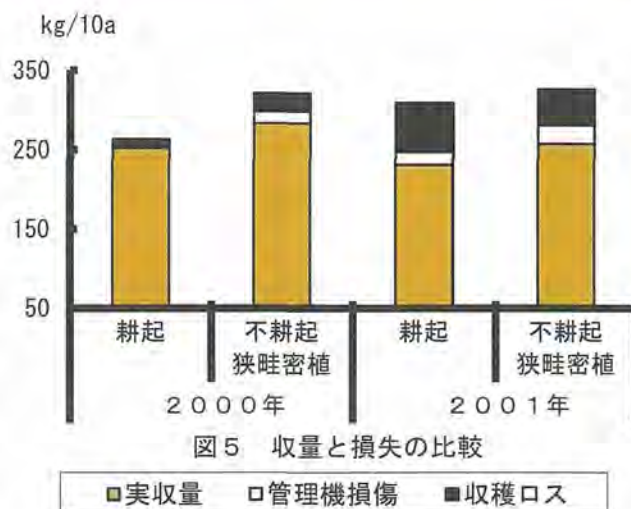


図5 収量と損失の比較

## (6) 収穫

不耕起狭畦密植栽培は、地耐力が高く、田面が平らで、最下着莢位置が高いためコンバイン収穫に適しています。不耕起なので株際の土が固いため株元から倒伏することは少ないのですが、密植なのでなびく場合があります。一方向に著しくなびいた場合には刈り取る方向や倒伏状況に応じて作業方法を調節します。

## 5. 今後の課題

不耕起播種の省力性や降雨後の早い作業開始にのみ注目し、不十分な排水対策で導入を試みたが、病害や湿害による苗立ちや生育の不良、その後の雑草害で定着しなかった事例は少なくありません。佐賀県では麦畦を崩さずに利用する大豆不耕起栽培の普及が進んでいます。麦畦上に不耕起播種するため降雨で種子が水に浸かることが少ないことが成功の一因と思われます。不耕起狭畦栽培の安定化には明渠と暗渠の組み合わせが基本ですが、不耕起に適したあるいは不耕起だから可能な排水対策の開発が重要と考えます。

不耕起播種機は播種条数を増やすことや播種と排水対策の同時化などで作業の効率化をはかる必要があります。除草剤の畦間処理や畦間株間処理が狭畦条件でも容易に行える散布装置や、防除機の走路を想定した畦の配置が可能な播種機の開発も必要と思われます。

関東地域の不耕起栽培で問題となっている生育初期の茎疫病に対して種子処理できる殺菌剤が登録されました。しかし、それらでは生育中期以降の茎疫病を防ぐことはできないので、茎疫病に抵抗性のある品種が必要です。

(浜口秀生)

\* : 農薬の使用に当たっては最新の農薬使用基準を参照すること。

## <参考文献>

- 1) 農林水産省(2010)大豆に関する資料
- 2) 農林水産省(1999)大豆の不耕起播種技術マニュアル
- 3) 中央農業総合研究センター(2002)汎用不耕起播種機による大豆不耕起狭畦栽培マニュアル ver. 2
- 4) 浜口秀生ら(2005)「ここがポイント 大豆づくり」、全国農業改良普及支援協会
- 5) 岩手県農業研究センター(2003)研究レポート No. 209



## 1. 背景・ねらい

東海地域の水田では稲・麦・大豆の2年3作体系が一般的であり、大豆は小麦収穫跡に栽培されます。しかし、小麦収穫から大豆の播種・初期生育までの期間が梅雨時期と重なり、暗渠の施工が難しい透・排水性の不良な圃場では、クラスト（土膜）形成や湿害により、大豆は出芽不良から低収となる場合が多く見られます。また、一般的な排水対策である額縁明渠や5～10m間隔の圃場内明渠だけでは表面排水が不十分な場合があります。そこで、クラスト形成や排水不良による大豆の湿害を軽減するため、小明渠浅耕播種機を開発しました（図1）。



図1 小明渠浅耕播種機

〔出所〕佐々木豊など(2011)、農林水産省委託研究プロジェクト「水田底力プロ4系」：温暖地湿田型水田輪作マニュアル

## 2. 小明渠浅耕播種機の構造

小明渠浅耕播種機は小明渠作溝と浅耕と施肥播種を同時に行う作業機です。構造は小明渠作溝部、浅耕ロータリ部、施肥播種部から構成されます。

① 小明渠作溝部は、耕うん幅1.8～2.4mのロータリの両サイドに取り付けた作溝を行う作溝ディスク、作溝ディスクのねじれを防止する補強材、ロータリ側方からの土塊飛散を防ぐロータリ側板、畦側面を成形する畦成形板から構成されます。作溝ディスクで作溝する小明渠の深さは約12cmとなります。小明渠浅耕播種の作業幅はロータリ幅より約10～20cm大きくなります。

② 浅耕ロータリ部では深さ5cm程度の浅耕を行います。耕深の調節は通常はロータリに付属するゲージ輪で行います。

③ 施肥播種部はロータリに装着できる既存の施肥播種ユニットを使用します。

④ 基本的には、生産農家の所有しているロータリ（ダウンカット）と播種機に、作溝ディスクと補強材、ロータリ側板、畦成型板などの部品をボルト止めで取り付けて、小明渠浅耕播種機へ改造します。改造に必要な資材費は10～20万円程度であり、一般的な工作機器があれば自作可能です。また既存の市販ロータリ2機種〔松山(株)〕に、容易に取り付けができる小明渠浅耕アッシを受注生産で2010年より市販化しました〔製造元：(株)ジョーニシ〕。



### 3. 小明渠浅耕播種の特徴

#### (1) 浅耕によるクラスト形成の抑制

稲・麦・大豆の2年3作地域では、大豆は小麦跡の麦稈や刈り株が残っている圃場に作付けされます。この麦跡圃場で深起こしをせずに播種時に深さ5cm程度の浅耕同時播種を行い、圃場表面の土壤にのみ前作物残さである麦稈や刈り株を適度に混和することにより、表面土壤は降雨後も目詰まりを起こすことなくクラスト形成を抑制します(図2)。



普通耕 (耕深12cm) 浅耕 (耕深5cm)  
図2 耕うん法による播種後のクラスト形成の違い  
〈出所〉渡辺輝夫ら(2004)農研機構研究成果情報(平成16年度)

#### (2) 小明渠作溝・広畦成形構造による排水性の向上

一般的な圃場内明渠間隔に比べて狭い間隔(2.0~2.6m)で小規模の明渠を作溝することにより播種床を広畦成形し、排水性の向上を図っています。また、広畦部分の未耕部頂部と小明渠底部まで約7cmの高低差があるため、浅耕部分に降った雨水は小明渠に速やかに流出し、連結された額縁明渠等を通じて圃場外に排出されることから、種子位置である浅耕部分が過湿状態になりにくい構造です(図3・図4)。

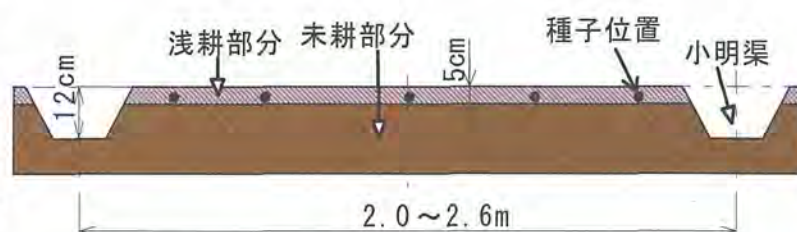


図3 小明渠・広畦・浅耕播種の模式図

#### (3) 多雨条件における生育・収量

小明渠浅耕播種技術により、クラスト形成が抑制されるとともに降雨後の表面排水が迅速に行われるため、多雨条件時には湿害による大豆の出芽不良が改善され、大豆の収量も安定します(図5)。



図4 降雨後の広畦成形・浅耕播種圃場

〈出所〉渡辺輝夫ら(2004)、農研機構研究成果情報

#### (4) 高い作業能率

小明渠浅耕播種技術は、現在、三重県(495ha)を中心に全国で680haの面積で普及していますが(2010年現在)、普及現場では主に耕うん幅が2.4mのロータリを使用してロータリの両端部分を作溝すると同時に浅耕して大豆の播種を行い、その作業速度は0.7m/s(条件の良い場所だと最大1.0m/s)と高く、大規模経営にも対応可能です。また、市販の除草剤散布機を装着することにより播種と同時に除草剤散布作業が可能となり、作業性が更に向上します。



## (5) 地耐力維持効果

浅耕栽培体系では耕うんは播種時にのみ浅耕を行い、耕うんしない未耕部分は収穫時まで高い地耐力を維持するので、生育期間の管理作業時の管理機や収穫時のコンバインの走行部が過度に沈み込むことなく、精度の高い作業が可能であり轍が深く残ることも少なくなります。

## (6) 作業体系

小明渠浅耕播種技術は、水田輪作2年3作体系において、小麦跡に大豆を播種する場合を想定して開発しました。小麦収穫から大豆播種に到る作業体系は以下の通りです。

まず、前作の麦をコンバイン収穫する時に、コンバインのわら細断装置を使用して、排出する麦稈をなるべく短く細断しておく必要があります。次に、麦収穫跡の雑草が目立つ場合は浅耕播種の2～3週間前に茎葉処理除草剤を散布します\*。

また、麦稈が圃場表面に偏って散布されていたり

刈り株が高くて浅耕播種の障害になる場合は、必要に応じてフレールモアで前作物残さを細断しておきます。播種前に出芽を良くするため碎土を細かくする播種前浅耕作業を状況に応じて行います。小明渠浅耕播種後速やかに、もしくは播種同時に土壌処理除草剤を散布して、雑草の発生を抑制することが重要です。なお、小明渠浅耕播種技術は、大豆作において省力的な無中耕無培土栽培に適している技術です。作期分散のため、早期播種は小明渠浅耕播種に中耕培土または摘心、後期播種は小明渠浅耕播種に無中耕無培土密植栽培を組み合わせ実施している地域があります。

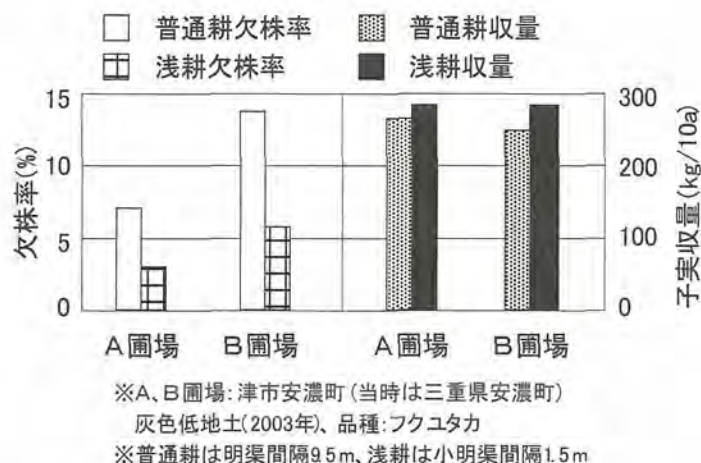


図5 耕うん法と欠株率および大豆収量  
〈出所〉渡辺輝夫(2004)、農研機構研究成果情報(平成16年度)、佐々木一部修正



※土壌・ロータリ の状況により、浅耕同時播種の作業速度を遅すること等で播種前浅耕を省略可能

図6 東海地域水田での2年3作浅耕播種作業体系

〈出所〉渡辺輝夫(2006)機械化農業2006年2月号、新農林社：16-21 一部佐々木修正



ところで、大豆用に開発した浅耕播種技術は湿害に弱い小麦にも適応できるため、小麦作にも普及しています。水稻跡に小麦を浅耕播種する場合に必要な作業は、麦跡大豆播種の場合と基本的に同じですが、水稻跡はわらなどの残渣物が多く土壌が硬いので、碎土率を高めるためには播種前に浅耕作業が必要な場合がありますが、雑草は少ないため茎葉処理除草剤散布は省略できます。図6に東海地域において普及している浅耕播種作業体系を示します。

#### 4. 小明渠浅耕播種の適応条件

##### (1) 圃場の排水程度

排水性が不良な圃場、湿害を常に受けている圃場では、特に湿害軽減効果が期待できません。なお、小明渠は額縁明渠等の排水溝に確実につなげて、排水性を確保することが大切です。また、小明渠は干ばつ時の灌漑水路として利用することも可能です。

##### (2) 降雨パターン

小明渠浅耕播種技術は、降雨後の圃場表面の湛水状態が解消されれば、圃場表層は下層に比べて比較的早く乾燥が進む特徴があります。例えば播種前に耕うん作業を行う体系では、耕うん後の播種前に降雨に遭うと、耕うん土壌が過湿状態になり、その後の播種作業が困難になる場合があります。このような場合でも小明渠浅耕播種技術では、降雨後にすぐに乾いて土壌表面は湿潤状態であるが機械走行が可能な条件になり、遅い作業速度で浅耕一発同時播種作業ができたりする等、出芽を確保した播種作業が可能となります。

逆に、播種前後に降雨が少なく圃場表面が乾燥している場合や、前作物残さの麦稈量が多い場合には、大豆の出芽率が低下することがあります。これらの条件では、①浅耕の耕深を7～8cmと深めに調整して、下層の比較的水分の高い土壌を混和する、②小明渠浅耕播種機に播種層鎮圧ローラを加えて過乾燥対策をする、等の工夫をすることによって、大豆の出芽に必要な水分供給が図られ、出芽が安定します。

##### (3) 土性

これまでの試験研究では、灰色低地土、黄赤色土、黒ボク土で適応性を確認しています。重粘土以外の土壌でしたら適応可能と考えます。

##### (4) 導入規模

目安として出力33～52kW(45～70ps)のトラクタ、1.8～2.4mのロータリ（作業幅はロータリ幅+0.1～0.2m）の組み合わせで20～30haの経営規模となります。この条件で作業速度の0.7～1.0m/s（2.5～3.6km/h）、播種作業能率36分/10a・人が確保されます。

##### (5) その他

小明渠を設定より深く作溝したり、作業速度を上げて作溝同時播種作業を行おうとすると、作溝ディスクに過負荷がかかり破損する場合があります。そのような条件では作溝深さは12cm程度、作業速度は0.7m/sまでに抑えて使用することを推奨しています。

（佐々木豊、渡辺輝夫）

\*：農薬の使用に当たっては最新の農薬使用基準を参照すること。



## 1. 技術の概要

耕うん同時畝立て播種は、①畝立てによる湿害軽減効果、②播種土壌の碎土性を高め、播種状態を安定化させる効果、③耕うんと播種を同時に行うことによる発芽時の乾燥防止効果、④全作業を一工程化することによる作業能率向上、作業途中の降雨リスク回避効果、等をねらいとして開発した技術です。

①一般的に湿害を回避する栽培方法としては、畝立て栽培が代表的です。特に野菜では畝を立てて、播種や移植を行うことが多く、この技術を大豆に適用したのが耕うん同時畝立て播種技術です。大豆種子は播種後の冠水に非常に弱く、出芽できない場合や出芽率が大きく低下する場合があります。出芽後の湿害も生育が停滞して収量が減少することがあります。通常大豆を播種する際には、平らに耕うんして播種を行いますが、本技術では畝立てを行い畝上面に播種を行います。畝の形状は、1条1畝、2条1畝等考えられますが、面積当たりの溝の数が多いほど排水性は向上するため、ここでは1条1畝の畝立て栽培方法としています。

②大豆の栽培では、播種床に細かい土を確保することが重要です。碎土率が低下し大きな土塊が増加すると、播種深度が一定にならない場合や、乾燥時に土塊と種子が十分に接触できず、土塊から種子への水分移動が少なくなり、発芽が遅れる場合があります。また種子上の大きな土塊により発芽できないこともあります。特に重粘な水田転換畑の栽培では問題となることが多いため、碎土性が低下する圃場でもできるだけ高い碎土率が確保できる作業機を使用することが重要です。そのため、本技術は、ダウンカットロータリよりも碎土性が高いアップカットロータリをベースに、耕うん軸をホルダー型にした作業機を使用しています。

③大豆は水稻や麦に比べて種子が大きいいため、発芽には多くの水分が必要です（高橋2004）。5月下旬から6月上旬までの梅雨前時期に播種を行う大豆単作地域では、特に播種時期に土壌が乾燥することがあります。また碎土性の劣る重粘な土壌の地域では少しでも碎土率を向上させるために、圃場が乾燥する時期に耕うんを行います。碎土性が有利になる反面、乾燥が進みすぎることもあります。碎土性が低下しやすい土壌地域における慣行栽培では、耕うん後ドライブハロー等の別工程作業により碎土を高めることもありますが、複数工程作業では、作業期間の天候条件によっては、工程数の増加に伴う乾燥がさらに進み、降雨まで発芽ができずに遅れ、後半の生育に悪影響を及ぼす場合や雑草が発生することがあります。耕うんと同時に播種を行う場合は、水分がある状態の圃場に播種を行うため、乾燥時でも発芽がスムーズになる場合が認められます。

④慣行栽培では、耕うん後に碎土作業を行い、その後播種作業を実施したり、耕うん後に碎土同時播種作業を実施するなど、耕うんと播種を別工程で行う場合もあります。この場合、耕うん後に降雨があると、土壌の空隙に多くの水を含み、地表からの排水ができにくくなるため、特に重粘な土壌では、その後の播種作業が遅れることがあります。耕うんから播種までを一工程で行うことにより、作業員1名もしくは、種子・肥料補給の補助者1名を加えた2名で全作業を行うことができます。そのため同時工程が可能な作業機の構成にしています。



## 2. 作業機の構造

耕うんと畝立ては、ホルダー型のアップカッターロータリの耕うん爪を、作りたい畝の中心に爪の曲がりの方向をそろえて取り付けを行う構造です（図1）。畝高さは均平板の位置で調節します。通常の耕うん作業では、整地板を下げた状態にしますが、畝立ての場合はやや上げた状態にします。畝高さは、土壌水分やPTO回転数、作業速度等により同じ均平板の設定でも変化するため、10 cm程度に調整することが重要です。さらに高い畝高さにすることもできますが、中耕培土作業時の培土量を考慮すると、あまり高くない方が倒伏等に強くなります。播種の条間は、使用するベースロータリの幅で決まり、2条用（耕うん幅 160～170 cm）の作業機では、75～80 cm、3条用（同 220 cm）の作業機では、70～75 cmの畝を作ることができます（写真1）。ロータリの後方には大豆用の播種機を装着しています。播種機は目皿式、横溝ロール式、傾斜ベルト式等装着可能で、施肥機や薬剤散布装置を取り付けると、すべて一工程で行うことができます。

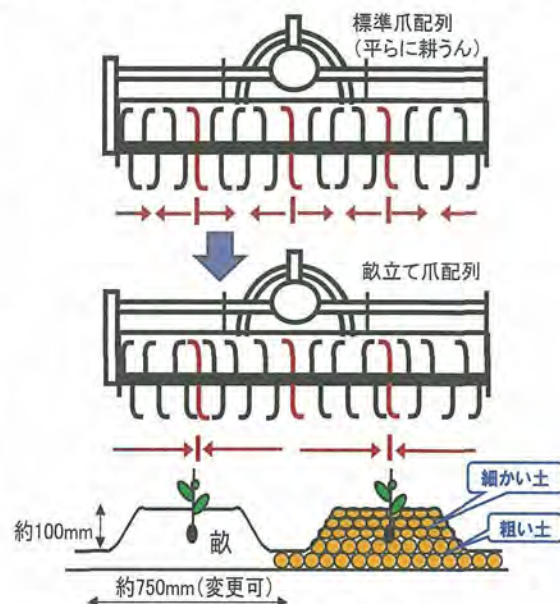


図1 爪配列と畝の形状



写真1 耕うん同時畝立て播種作業機（左：2条用、右：3条用）



## 3. 畝立ての効果

畝立て栽培は慣行栽培に比べて、最初からの播種位置が高くなるため（図2）、慣行栽培の中耕培土作業後と比較しても、種子位置が相対的に高くなり、地下水位の低下の面で有効です。畝立て栽培の土壌水分は、5 cmの深さでは、常に畝立てが低くなり（図3）、10 cmの深さでは、降雨後に低くなる効果が認められました。また畝が高くなるほど土壌水分が低下する傾向にあります。圃場の湿害程度にもよりますが、10 cmの畝高さでも慣行栽培に比べると土壌水分が低くなり、収量増加効果も得られます。

大豆は根粒が着生しているため、土壌中の酸素濃度が低下しないことが重要です。通常土壌中の酸素濃度は約 20%であり、降雨があると酸素濃度は低下します。しかし、畝立てを行うと慣行の耕うんのみの栽培方法に比べて、酸素濃度の低下の程度が小さくなりました（図4）。排水効果や畝上面や側面から空気が供給されるなどの理由によるものと考え



られます。

生育面では、畝立てを行うことにより、特に生育前半に乾物重が大きく、主茎長が長くなり（写真2）、生育後半はその差は次第に小さくなる傾向になりました。生育後半に降雨が多い年は、畝立てをしていない排水不良圃場では、収穫前に早く葉の黄化や落葉する大豆が認められました。畝立て大豆の中耕培土作業は、最初から1回目の中耕培土が終了した畝形状に近くなっています。しかし除草効果を考えると、培土量は少なくても、中耕培土作業を行うのが良いと考えられます。また、排水が不良で培土ができない圃場では、やや倒伏する傾向が認められました。

畝立てを行った場合、特に梅雨時期に相当する下位の分枝数が増加し、全体として莢数が確保され収量が増加しました。大豆収量は、坪刈り調査では、畝立て栽培大豆が7～12%増加し（2002年）、コンバインによる全刈収量の調査でも、畝立て栽培大豆が7～23%程度収量が増加しました（2003年）。2004年は降雨が多かったため、特に耕うん同時畝立ての苗立ち数が多くなり、収量の差が大きくなりました。また、収穫時の最下着莢節位高などの形態的特徴でも畝立ての効果が高くなりました。品質面についても、畝立て栽培ではしわ粒の割合が低下する傾向があるとの報告もあります（新潟作物研 2007）。収穫時の作業性は、畝形状が慣行栽培の中耕培土後の状態とそれほど大きく変わらず、収穫用コンバインに水平制御機構が装着されているため、慣行と同等と考えられます。

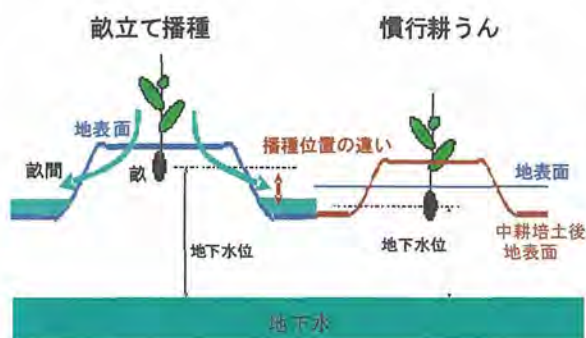


図2 畝立て栽培の地下水位

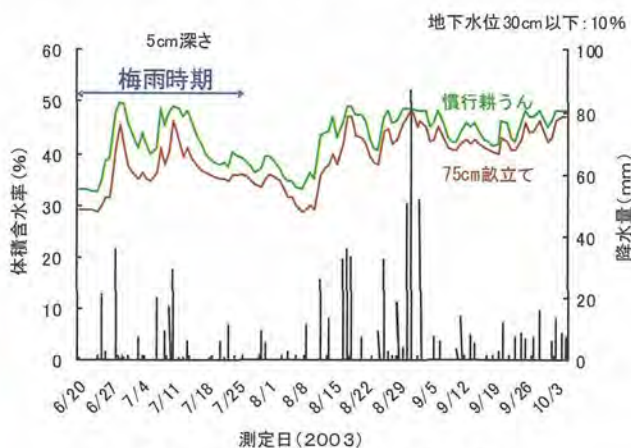


図3 畝立て栽培の土壌水分

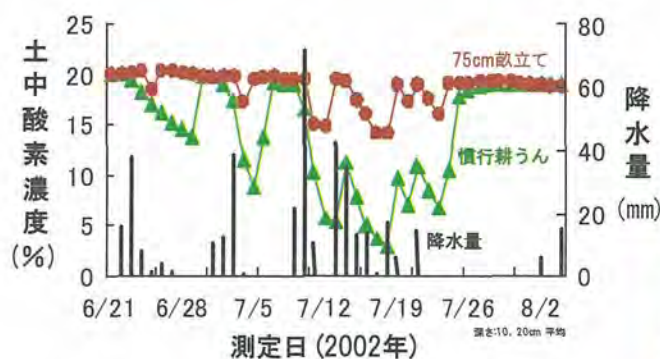


図4 畝立て栽培の土中酸素濃度



写真2 畝立て栽培の生育状況



#### 4. 作業機の性能と普及状況

アップカットロータリを使用しているため、碎土性が劣る土壌条件でも、ダウンカットロータリに比べ、表層の碎土率は高く、しかも、耕うんと畝立てを一工程で行うため、畝表層に細かい土が集まります。通常ロータリ作業で碎土率を向上させるためには、均平板をできるだけ下げる必要がありますが、本作業機は畝高さ調整のため、整地板をやや上げて耕うんします。そのため、アップカットロータリで均平板を下げた耕うん方法に比べて全層碎土率はやや低下しますが、均平板を上げた状態でも、本作業機は耕うん爪による土の移動で畝中央部に土が集まるために、畝の表層5cmの碎土率の低下はほとんど認められません。耕うんと同時に畝立てを行った場合の所要動力は、爪配列を標準にした同一作業機に比べて小さくなりました。通常の耕うんに比べて均平板を上げることにより、土がロータリ外に排出されやすくなり、畝間や畝下層の碎土率が低下して、所要動力が減少したと考えられます。装着するトラクタは、現地実証試験等から、2条用30PS以上、3条用60PS以上で、より大きい方が、また、本作業機はロータリ後方に播種機を装着しているため、トラクタ前方にウエイト等を装着すると、操作が安定します。

作業速度は、0.2～0.4m/s、土壌条件により0.5m/s程度で、2条用の作業能率は、1ha/日程度、3条用の作業機では、1.5ha/日程度、土壌・圃場条件やトラクタの種類等によりさらに高能率となる場合もあります。慣行の播種のみ作業能率に比べて作業速度は遅くなりますが、重粘な土壌の慣行耕うん作業（ダウンカットロータリ：0.5～1ha/日）に比べると同等か速くなります。しかも慣行栽培ではドライブハローによる碎土や播種作業を複数の作業者と作業機で実施しており、1人で全作業を行えることを考慮すると、作業能率は低くないと考えられます。2条用作業機1台で約10ha以上実施している例や、複数台の作業機を導入し50ha以上規模で実施している例もあります。またダウンカットロータリにより事前耕うんを行い作業能率を向上させている例もありますが、事前耕うん圃場は同日に播種まで終了させること、土壌条件によっては、1回目の耕うんで碎土が決まってしまう場合もあり、その場合は一工程作業とすること等の注意が必要です。

2条用と3条用の導入検討を行うためには、所有トラクタの大きさ、圃場面積、経済性、作業体系、作業能率等を含めた検討が必要です。

新潟を中心に日本海側や東北地域等の全国に広く普及しています。排水が不良な地域への導入が多く、土壌が粘質で碎土が低下する地域で効果が発揮されています。平成16年度から開始した現地実証試験では、畝立て栽培の収量が慣行栽培に比べて同等かそれ以上となっています（図5）。

（細川寿）

<引用・参考文献>

- 1) 細川 寿(2011)大豆の新たな耕うん・播種技術, 農林水産技術研究ジャーナル 34(8): 40-46
- 2) 中央農業総合研究センター他(2007)北陸地域に多発する大豆「しわ粒」発生のしくみと対策技術
- 3) 高橋智紀ら(2004)平成16年度関東東海北陸農業研究成果情報: 220-221

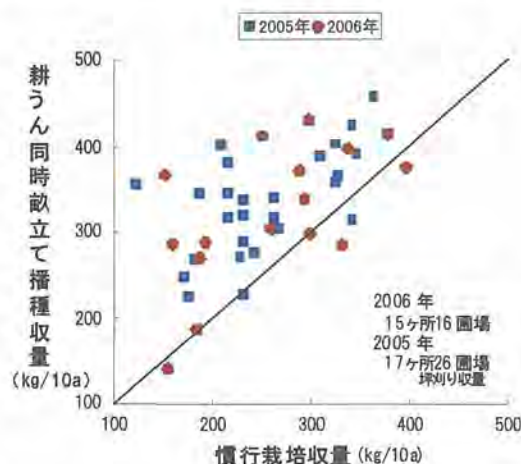


図5 実証試験地の収量



## 1. はじめに

播種作業のために丁寧な耕耘で細かく碎土した場合、降雨後に過乾燥になると圃場表面が固まりやすく大豆の出芽に影響を及ぼします。また、麦跡の大豆作では播種作業が梅雨時期に重なります。近中四 300 A チームでは、耕耘を最小限に抑え降雨後にも比較的速やかに作業できる不耕起播種機を開発し、麦跡不耕起密条栽培（狭畦無中耕無培土栽培）の現地試験を行いました。ここでは開発した不耕起播種機の特徴と現地試験について紹介します。

## 2. 試作不耕起播種機

大豆の中耕培土作業に用いる中耕ロータリを利用した不耕起播種機で、中耕ロータリの中耕爪を直刀、普通爪等と交換し、施肥播種部を取り付けました。35 馬力前後のトラクタで播種作業ができます（図 1）。爪を変更することで部分耕播種にも使用できます。また、爪や播種ユニットの脱着・調整により条間 75 cm 3 条～30 cm 6 条播種に対応します。

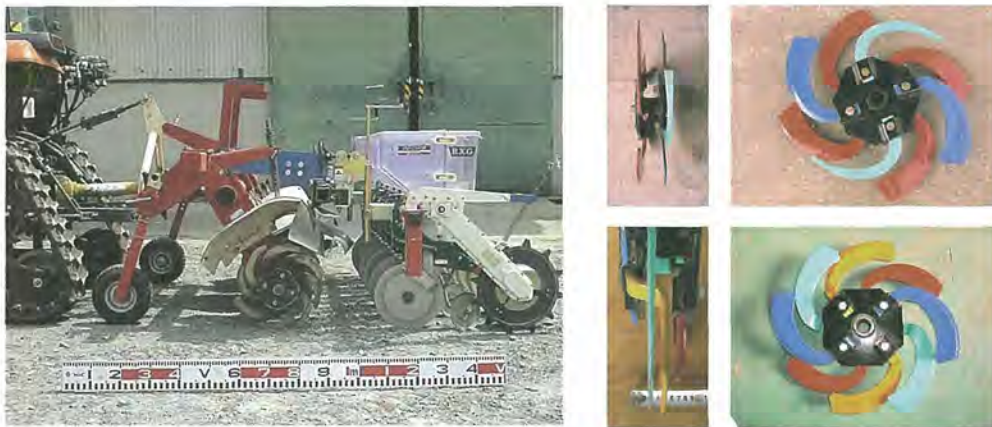


図 1 不耕起播種機側面と爪の配列（同色の爪は同一線上に配置）

播種溝を作る溝切り部の回転方向はダウンカット（正転）です。前作の麦わらをかき分けて播種します（図 2）。極端にわらが多いところでなければ、ロータリ部分にわらがつままることは、ほとんどありません。



図 2 播種作業と苗立ちの様子（部分耕）



### 3. 広島県中山間地域における麦跡不耕起密条栽培試験

標高 250m～380mの中山間地で「サチユタカ」を用いて麦跡不耕起密条栽培試験を行いました。苗立ち数を 20 本/㎡程度とし、7 月上旬頃までに播種すれば全刈収量で約 250kg/10a が期待できることがわかりました（図3）。播種直後に非選択性除草剤と土壌処理剤、生育期にイネ科及び広葉用茎葉処理剤を使用しています\*。



図3 播種日と全刈収量（サチユタカ 広島県 2003～2011）

右上 全刈収量約 300kg/10a、右下 同約 350kg/10a

### 4. 栽培上の留意点

排水対策が必須です。額縁明渠を設け、播種面積の減少や作成・管理の手間がかかりますが、圃場の排水性、収穫機の刈幅、播種機の作業幅を考慮し、4～6m毎の基幹排水路を作ることをおすすめします。また、明渠内に水がたまっただまにならないようにしないと、やはり苗立ち不良になる可能性が高くなります（図4）。

密条栽培では、早播や播種量が多いと徒長・過繁茂による倒伏が生じやすくなります。また、雑草対策は薬剤使用が中心となります（図5）。生育期の除草剤散布が重要です。帰化アサガオ等の難防除雑草が多く発生している圃場での密条栽培は注意が必要です。（窪田潤）



図4 豪雨後の部分耕圃場における苗立ち不良

基幹排水路の間隔が広すぎた

\*：農薬の使用に当たっては最新の農薬使用基準を参照すること。



図5 左：徒長による倒伏 右：生育除草剤散布ができなかった事例



九州北部の大豆播種適期は梅雨末期であり、降雨によって播種が適期より遅れる場合があるだけでなく、播種後の激しい降雨で種子が急速に水を吸って内部構造が破壊される湿害や、その後の急激な乾燥でクラスト（土膜）を形成し出芽不良となることが問題となっています。これら播種時の問題を解決させるため、九州沖縄農研では複数の技術を組み合わせた一工程耐天候型播種技術を開発しました。

### 1. 山形鎮圧輪

一般的な大豆播種機に装着されている鎮圧輪は円筒形で、鎮圧形状は耕起した圃場面から若干低くなった帯状の平らなものとなります。このような鎮圧跡では播種後に強い降雨を受けると鎮圧跡全体が冠水し細粒土壌も鎮圧跡全面に溜まりその後の乾燥によって板状のクラストを形成しやすく、種子は冠水による湿害だけでなくクラストによっても出芽が阻害され、場合によっては壊滅的な出芽不良となります。これに対し開発した山形鎮圧輪を用いると鎮圧跡は種子列上部に尾根部を、その左右には谷部を形成します。この山形鎮圧跡が強い降雨を受けると尾根部の比較的細かい土壌が谷部へと流出し、表面積が大きいこともあり尾根部が速やかに乾燥することが観察され、湿害やクラストの形成を軽減させます（図1、図2）。

この山形鎮圧輪を採用した目皿式播種機がメーカーより市販されており、その普及が期待されます。



図1 山形鎮圧輪による鎮圧状況

＜出所＞TDRTカタログ(2006)、アグリテクノ矢崎

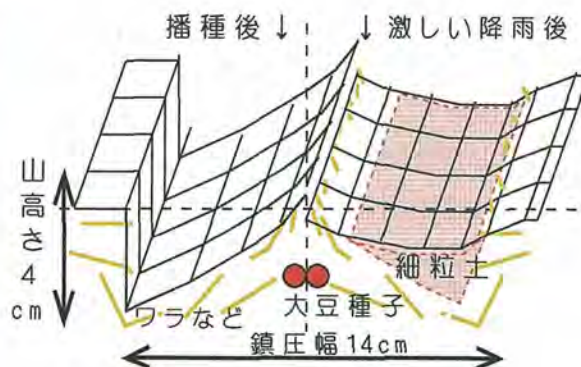


図2 山形鎮圧輪による鎮圧の概略

### 2. 麦稈すき込み一工程播種

山形鎮圧輪の技術は麦・大豆輪作及びアップカッターロータリと組み合わせることにより、さらにメリットが生まれます。アップカッターロータリを用いることにより麦収穫後の圃場を一工程ですき込み・耕耘・播種・畝立てまで行え、通常播種前に行う耕耘が必要なくなることによる作業工程の削減だけでなく、耕耘後の降雨で播種が大幅に遅れてしまうことがなくなり降雨後も迅速に播種作業が出来ます。また土中に麦稈があることによってクラストの形成は低減されますが、それだけでなく山形鎮圧によって土中の麦稈が起立することによる降雨後の通気性確保や降雨後に尾根部でのワラ出現があり、その後にクラス



トが形成されても尾根部にひび割れが発生しやすく、その割れ目からの大豆の出芽が観察されます(図3)。圃場播種試験における播種後3～5日の内に100mm以上の激しい降雨がありその後クラストを形成した事例では、山形鎮圧輪によって出芽不良を10～20%軽減させることが認められました。

なお九州地域では麦の収穫から大豆播種まで約1ヶ月あり、本播種法ですと耕耘は一度だけなので、除草対策は充分に行う必要があります。

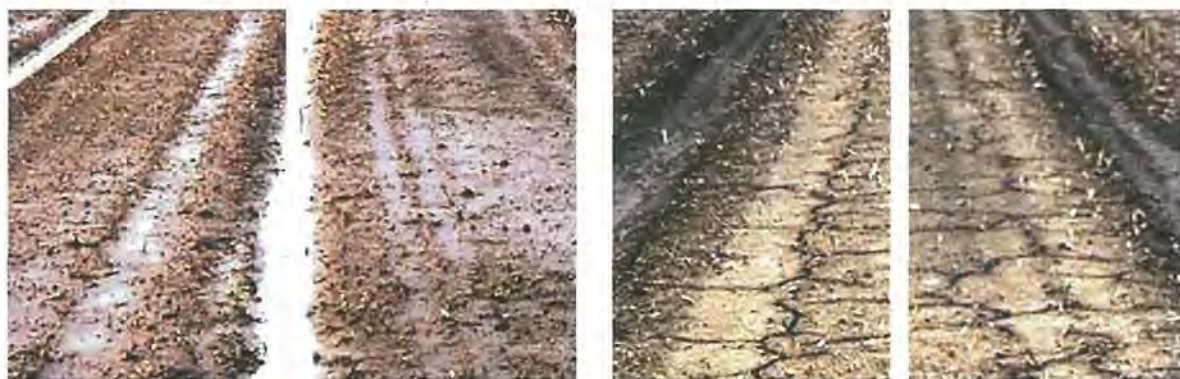


図3 降雨後とその乾燥後の比較  
(左から降雨後の慣行鎮圧と山形鎮圧、その後乾燥した場合の慣行鎮圧と山形鎮圧)

### 3. 種子加湿装置

播種直後の降雨で種子が急速に水を吸って内部構造が破壊される湿害に対しては、種子水分を高めた水分調整種子の有効性が明らかにされていますが、通常乾燥している大豆種子を種子にダメージを与えず大量かつムラ無く簡易に加湿する方法が課題となっています。そこで高湿低温の空気を電動ファンによって循環通風させることで加湿させる簡易な装置を開発しました(図4)。

本装置では大豆種子30kgと必要な分量の水をセットし電源を入れれば、種子の損傷やしわの発生を招かずに約1日で大豆種子の水分を15%に加湿する能力があります。この装置で作出した調湿種子には湿害発生条件下での出芽率向上が確認され、全国各地で現地実証を行っています。

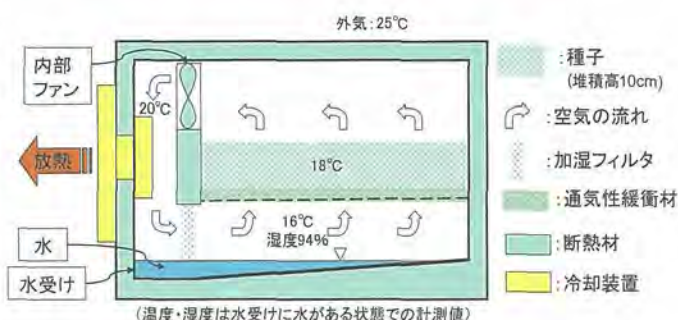


図4 種子加湿装置の概念

これらの技術を組み合わせた一工程耐天候型播種技術では、慣行播種が困難な圃場状態になる降雨条件であっても迅速に播種作業が可能となり、かつ播種後の降雨で発生する湿害およびクラスト害による出芽率低下を軽減します。このことにより適期播種及び出芽の安定化が図れ、大豆の安定生産に寄与するものと考えています。

なお本技術は耐天候型ですが耕起を伴うので土壌含水率が過度に高い場合には播種精度が落ち、また播種後の数日にわたる冠水では出芽不良となるので排水対策は充分に行う必要があります。  
(土屋史紀)









## Ⅱ 病害・虫害・雑草・鳥獣害対策編



# 1 病害に係るQ & A

Q

1 紫斑病（しはんびょう）の発生の原因と防除法は？

A

## 1. ダイズ紫斑病とは

ダイズ紫斑病は *Cercospora kikuchii* (Matsumoto and Tomoyasu) Gardner という糸状菌によって引き起こされます。東北、北陸、関東地方を中心に全国で発生し、大豆の葉、茎および種子の地上部全てに病斑を形成しますが、外観品質を低下させる子実の発病がもっとも重要視されています。子実の病斑はへそを中心に発生することが多く、紫色の斑紋が種皮全体に広がります。斑紋の紫色は病斑面積が広いほど濃く、激しい時には種皮に亀裂を生じて中の胚乳が露出し褐変を生じることがあります（写真1、左）。子葉の病斑は外縁に赤褐色ないし紫褐色の雲紋状斑紋が形成され、大きくなると紫黒色になり、表面にピロード状に分生子を形成します（写真1、右）。初生葉、本葉、茎、莢の病斑は、紫黒色の斑点または斑紋で、黒点病、炭疽病、褐紋病などとの区別が困難です。病斑を 25℃前後で高湿度条件下に2～3日置いて形成させた胞子で診断できます。



写真1 ダイズ紫斑病の病徴  
左：子実の病徴、 右：子葉の病徴

## 2. 伝染源と発生生態

### (1) 伝染源

紫斑病菌は屋内に保存された罹病種子や罹病植物体での生存率が高く、これらが第一次伝染源になると考えられます。しかし、東北や北陸で植物体をほ場に放置すると、土に接した部分は積雪期間中に腐敗し、越冬できる菌密度が著しく低下します。このため積雪のある北日本では罹病種子が主要な第一次伝染源と考えられます。これに対し、西日本では、土中にすき込まれた植物体での菌は3月下旬までにほとんど死滅しますが、ほ場に放置されたままの植物体は越冬後もほとんど腐敗せず、病斑部に胞子を形成し続けます。このため降雪量が少なく、地表面が比較的乾燥している西日本では、罹病種子とともにほ場に放置された植物体も伝染源として重要であると考えられます。罹病種子などの伝染源から子葉や胚軸、下位葉、さらに上位葉へと順次伝染を繰り返し、収穫期に紫斑粒を発生させます。紫斑粒の発生は、莢に侵入した菌糸が莢の内側に進展して種子に侵入することによって引き起こされ、一般的には成熟期 15～20 日前の黄莢期に始まり、成熟期に近づくにつれて急増します。紫斑粒を発生させる莢の感染時期は、品種の熟期や栽培地によっても異なりますが、普通は開花 10～35 日後頃です。これは、開花 10 日以前の若い莢では菌の侵入および組織内での菌糸進展が著しく抑制される一方で、開花 35 日後頃以降の黄化し始めた莢に侵入した菌糸は成熟期までに子実には到達できないためです。したがって、この期間の孢子飛散数と降雨日数は紫斑粒の発生に大きく影響します。

### (2) 発病に影響する要因

茎葉の発病は、初夏には多いのですが夏期には減少し、秋に再び増加します。紫斑病菌の分生子形成適温は 27℃前後、分生子発芽や菌糸生育適温は 20～30℃、発病適温は 20℃



前後のため、夏期の発病低下は高温によると考えられます。秋期になると下位茎葉や落葉病斑上に分生子が形成され、これが上位葉や茎、莢の発病をもたらします。水田転換畑や疎植区においては大豆の生育が旺盛になり、成熟期が遅延して発病が多くなることがあります。降雨は菌の侵入だけでなく、莢組織内の菌糸進展から子実への進展までの長期間にわたって影響し、発病を助長します。さらに、降雨が多いときには成熟期が遅くなり、紫斑粒の発生が増加します。

### 3. 防除

紫斑病に対して大豆は品種抵抗性があることから、抵抗性品種の育成、利用が行われています（Ⅱ・2のQ14 参照）。しかし、広く栽培されている品種には、高度な抵抗性を持ち多発時にも十分な防除効果を期待できるものは多くありません。この他に、健全種子の利用、罹病残さを土中に埋めて菌の生存率を低下させる秋耕、早期収穫と収穫後の速やかな乾燥などが有効です。成熟期以降も降雨が続く乾燥が不十分な場

合には、莢から子実への菌糸進展が続くため、適期収穫と収穫後の速やかな乾燥が望まれます。罹病種子は発芽率を低下させるうえに、子葉、茎葉および収穫後の子実の発病増加にもっとも大きな影響を及ぼすため、健全種子の播種は特に有効です。しかし、外見上健全でも紫斑病菌が感染している場合が多く、特にへそが有色の品種では病斑がわかり難くなります。感染している種子は、25℃前後で高湿度条件下に数日間置くと紫斑が現れるため、この方法で感染の有無を確認できます。

薬剤防除法としては、種子消毒が出芽率を高め、初期生育を良好にするとともに、種子からの伝染を抑制します。しかし、わずかな罹病種子の混在によっても成熟期の紫斑粒の発生を引き起こすため、成熟期の紫斑粒の発生防止には、ベノミル剤、チウラム・ベノミル剤、チオファネートメチル剤、およびボルドー液の茎葉散布が効果的です\*。このうちチオファネートメチル剤の散布適期は概ね開花 21 日後から 42 日後（子実が 10%程度に発育した時期から 50~60%に発育した時期）、ボルドー液の散布適期は開花 14 日後から 28 日後の間です（表 1）。なお、チオファネートメチル剤に対しては、耐性菌が 1992 年頃から福井県や富山県で発生したのを皮切りに、各地で広く分布しています。耐性菌は薬剤の使用を中止しても短期間では低下しにくく、さらに再び薬剤を散布すると急速に増加します。耐性菌が分布している所では、アゾキシストロビン剤やイミペンコナゾール剤の防除効果が高く、散布適期は概ね開花 2~5 週間後とされています。（藤田佳克）

\*：農薬の使用に当たっては最新の農薬使用基準を参照すること。

#### <参考文献>

- 1) 藤田佳克 (1990) 東北農試研報 81, 51-109
- 2) 酒井泰文 (2001) 広島農技セ研究 70, 1-72

表 1 薬剤の茎葉散布時期及び回数が紫斑粒の発生に及ぼす影響

| 散布回数 | 散布時期         | 発 病 粒 率 (%) |          |
|------|--------------|-------------|----------|
|      |              | チオファネートメチル  | 4-8式ボルドー |
| 1 回  | 開花期          | —           | 14.0     |
|      | 開花 7 日後      | —           | 12.0     |
|      | 14           | 2.2         | 1.0      |
|      | 21           | 0.5         | 0.7      |
|      | 28           | 0.1         | 1.0      |
|      | 35           | 0.1         | 7.7      |
|      | 42           | 1.0         | 9.7      |
|      | 49           | 1.7         | —        |
|      | 56           | 4.7         | —        |
|      | 63           | 6.4         | —        |
|      | 70           | 22.3        | —        |
| 2 回  | 開花 21, 35 日後 | 0.1         | —        |
|      | 28, 42       | 0.0         | —        |
|      | 35, 49       | 0.1         | —        |
|      | 無散布          | 20.5        | 20.5     |

品種：ライデン，開花期：7月27日，成熟期：10月15日（開花79日後）



Q

## 2 ダイズ白絹病（しらきぬびょう）の発生原因と防除対策は？

A

## 1. ダイズ白絹病とは

ダイズ白絹病は白絹病菌により引き起こされる土壌伝染性の病害です。大豆に立枯性の病徴を引き起こすことから、立枯性病害の一つに数えられます。白絹病菌 *Sclerotium rolfsii* Sacc. (有性世代: *Athelia rolfsii* (Curzi) Tu et Kimbr.) は担子菌類に属し、約 100 科 500 種以上の植物に加害する多犯性病菌です。白絹病菌の生育可能な温度は 10 ～ 40 ℃ の広い範囲にわたり、28 ～ 32 ℃ で特に良好な生育を示します。菌糸の生育は pH5.0 ～ 6.5 の弱酸性～中性付近で良く、菌核は pH2.6 ～ 6.0 で形成され、特に pH5.0 ～ 6.0 の弱酸性～中性付近で形成が良好になります。第一次伝染源は菌核ですが、前年に形成された菌核でも土壌中に深く入り込んだ菌核は越冬中に大半が死滅するため、土壌表面の乾燥しがちな部分の菌核が本病菌の伝染に重要な役割を果たします。菌核は条件にもよりますが土壌中で 5 ～ 6 年間に亘る生存が可能なため、防除が困難な病害とされる原因の 1 つとなっています。白絹病菌は主に菌糸と菌核の形で生活環を繰り返し、土壌表面近くの菌核は越冬後、発育できる温度・湿度条件になると新しい菌糸を伸ばして周辺有機物を利用して増殖すると共に、大豆へ侵入します。

## 2. ダイズ白絹病の発生

7 ～ 8 月の高温多湿時に多発し、わが国では特に西南暖地において多発します。発病は主に地際部に起こり、まれに地上部の若い茎や葉にも病斑が生じます。種子の出芽を阻害するほか、幼植物から成熟期の老植物に至る全ステージで発病します。被害株は生育不良となり、茎葉は急激に青枯状に枯れ上がるほか、



写真1 大豆地際部の菌糸の蔓延と形成菌核

黄変萎凋して下葉から垂下し、最終的には枯死に至ります。地際の茎上や根の周りおよび周辺の地面には白色粗剛状の菌糸（太さ約 5 ～ 9 μm）に覆われ、菌そう表面には粟粒大（1 ～ 2mm）の褐色球形の菌核を多数形成することが観察されます。圃場ではスポット的に発生しますが、培土（土寄せ）を行うとその畦に沿って大発生します。培土は大豆栽培では、除草および倒伏防止や増収を目的に行われますが、前年に白絹病の発生が認められた圃場や菌密度が高いと予想される圃場では、培土を避けることが大切です。また、土壌の種類との関連では、排水の良い土壌（壤土～砂質土）で多く発生します。白絹病菌は腐生能力に富み、土壌中の稲わらや麦稈などの未分解有機物で繁殖し菌核を大量に形成するため、完熟していない堆肥など未熟有機物の施用や麦－大豆体系では前作麦稈の圃場への鋤込みは、ダイズ白絹病の発生を助長するので注意が必要です。

## 3. 白絹の防除対策

ダイズ白絹病に対する耕種的な防除法としては、土壌の酸度調整、栽植密度の適正化、



発病株の抜取りや輪作による連作の防止などが基本となります。白絹病菌菌糸の伸長は pH6 を越えると急激に生育が悪くなり、また、菌核は pH8.2 ～ 9.0 の条件下では発芽が阻害されることから、伝染源となる越冬菌核の死滅を促進するために前作収穫後の消石灰の散布は有効とされます。白絹病菌は未分解有機物で繁殖するため、本病発生圃場では作付直前の未分解有機物の施用は避け、作付後も雑草等を除去した後は圃場外へ持ち出すなどの圃場衛生に努めることが必要です。菌核は土中深くに埋設されると早期に死滅するため、前作収穫後に深耕することも有効な方法です。

田畑輪換は白絹病に限らず、土壤伝染性病害全般に対する防除法として、数年間水田化した後に畑地に戻すことが経験的に行われています。湛水中の白絹病菌の菌核は時間の経過とともに崩壊が生じ、このことは湛水時に温度を高めることで菌核の生存率を急激に低下させることができます。わが国の西南暖地では、恵まれた暖かな気象資源を生かすため、春先など作付け前に1ヶ月程度の湛水化させることで大豆の栽培が可能となる短期湛水処理の開発も行われ有効な結果が得られています。また、湛水時に麦稈やフスマなどの有機物を鋤込み、土壤を急激に還元状態とする還元消毒を行なうことで防除効果を高めることができます。本法は白絹病のみならず同じ立枯性病害として発生の多い黒根腐病に対しても有効です。

大豆品種の本病に対する抵抗性に関しても研究が行われているものの、実用的な品種の育成にまでは至っていません。また、太陽熱を利用した土壤消毒法は、ラッカセイ白絹病などで試みられたことがあります。本法は湿り気を与えた土の上を透明なポリエチレンシートで覆い、夏期の高温を利用して土中の温度を上げることにより本病菌の密度を低下させるものです。このことは、高温により本菌が死滅するほか、本病菌に対し拮抗性を示す微生物が増加するためであると考えられています。本法をダイズ白絹病菌に対して用いられた例は現在まで有りませんが、夏期の高温が確保できる地域であれば、効果は期待できるものと思われます。

ダイズ白絹病に対する防除薬剤には、土壤くん蒸剤としてクロルピクリン剤があり、本病に対して顕著な効果を示します\*。また、水和剤としては、現在トルクロホスメチル剤とフルトラニル剤があり、トリクロホスメチル剤では 1000 倍液 3L/m<sup>2</sup>の土壤灌注で、また、フルトラニル剤では 1000 ～ 2000 倍液の株元散布で高い防除効果を示します。白絹病菌に対して拮抗作用を示す微生物の例は古くから知られており、特に、タバコ白絹病では *Trichoderma lignorum* 菌を用いたトリコデルマ生菌が 1968 年にわが国初の生物農薬として登録・実用化されましたが、現在は失効しています。ダイズ白絹病についても多くの試験例はありますが、実用段階にまで到達していません。

ダイズ白絹病に対しては現在までに様々な角度からの防除法が考えられていますが、現実的には単一の防除法だけで解決することは難しいことから、耕種的防除法を基本に幾つかの防除技術を組み合わせた体系的な防除法の開発が必要です。

(仲川晃生)

\*：農薬の使用に当たっては最新の農薬使用基準を参照すること。

#### <参考文献>

- 1) 仲川晃生ら(1992)日植病報 58.578-579.
- 2) 仲川晃生(1999)今月の農業 43(3).96-98.



Q

## 3 黒根腐病（くろねぐされびょう）の発生生態と防除法は？

A

ダイズ黒根腐病は水田転換畑において多く発生がみられ、茎疫病、白絹病とともに最も被害が大きい立枯性病害の一種です。激発したほ場では、全体の8割以上が発病し、収量および品質を著しく低下させます。ダイズ黒根腐病は1968年に千葉県において世界で初めて発生が認められました。その後、水田転換畑での大豆栽培が増加するに伴い被害も拡大し、現在では全国各地において発生が報告されており、今後、さらに被害は増えるものと思われます。

## 1. ダイズ黒根腐病の発生生態

ダイズ黒根腐病は土壤に生息する植物病原糸状菌の一種である黒根腐病菌（*Calonectria ilicicola*）によって大豆の根が腐り、著しい場合は枯死に至る病害です。黒根腐病菌は寄主範囲が広く、わが国では大豆のほかには落花生、アルファルファ、ツルマメに寄生することが知られています。黒根腐病菌の生育最適温度は26～28℃で、菌株により、病原力、低温耐性などに差異が認められています。黒根腐病菌は罹病大豆の根に微小菌核を形成し、これが越冬して、翌年の一次伝染源となります。また、茎の地際部には赤い粒子（子のう殻）を形成する場合がありますが、本病診断のためのよい指標となります（写真1）。

大豆はその生育期間全体を通して黒根腐病菌に対して感受性を示しますが、被害は早期に感染した株ほど大きくなります。黒根腐病菌の感染は生育初期に始まりますが、実際に発病として確認できるのは開花期以降で

す。発病した大豆では、8月中旬頃から葉に特徴的な退緑斑が形成されます（写真2）。地下部では黒根腐病菌により根が褐変化してもろくなり、腐朽するため、根量が著しく減少します。このため、生育が抑制されて成熟が早まり、収量および品質が著しく低下しま



写真1 根の病徴。赤色の子のう殻が形成されている



写真2 葉の病徴（退緑斑）



す。収量の低下の大きな要因は着莢数の減少と粒重の低下に関わり、品質の低下は小粒化などによります。根に菌が蔓延し、側根が消滅した‘ゴボウ根’状態のような重症個体でも株自体が枯死せずに収穫に至ることが多いため、発生に気付きにくい病害であると言えます。

黒根腐病の発生は高土壌水分によって助長されるため、排水不良のほ場、地下水位が高いほ場、グライ層が浅い部分に存在するほ場などでは多発しやすくなります。また、生育前期にあたる7月の降水量の多少も発病に大きく影響します。黒根腐病菌の土壌中の分布は、ほぼ耕土層に限られます。耐久体である微小菌核は寄主植物がない場合には、低温や乾燥の影響を受けて徐々に感染能力が低下しますが、特別な防除法を講じない場合には少なくとも7年以上生存し続けます。黒根腐病は、土壌温度 15℃以上の広い温度域で観察され、現在、わが国では北海道から九州に至る各地で発生が認められており、特に東北および北陸地方では大きな被害をもたらしています。

## 2. ダイズ黒根腐病の防除法

現在のところ、黒根腐病に対して登録農薬はなく、実用的な抵抗性品種も開発されていません（II・2のQ14 参照）。したがって、排水対策、肥培管理、田畑輪換などの耕種的防除が中心となります。

本病は排水不良、地下水位の高いほ場で多発するため、明きょや暗きょなどによる排水対策を図ることが大切です。特に地下水位の高いほ場では畦たて栽培が有効です。畦たての効果は畦高が高いほど顕著です。また、石灰窒素、硝安の施用も発病抑制効果が認められますが、その効果は高くありません。

本病の発生は連作により高まるため、畑と水田とを交互に繰り返す田畑輪換は本病の防除に有効です。黒根腐病の発生したほ場で3年以上水稻を作付けすると、その翌年の大豆作では黒根腐病の発病程度が著しく低下します。しかしこの効果の持続期間は大豆の作付け再開後3年程度なので、継続的に田畑輪換を実施することが必要です。冬期間の湛水も有望です。

このほかの防除法としては、熱水土壌消毒があり、高い防除効果が得られます。しかし1㎡あたり 1,300ℓの水を必要とし、また灯油などを消費してボイラーで水を熱する必要があるため、効率性や経費面から実用化には至っていません。同様に薬剤防除についても検討され、クロルピクリン剤、D-D 剤などの土壌くん蒸剤の有効性が確かめられましたが、農薬登録には至っていません。

以上のようにダイズ黒根腐病の防除は極めて困難ですが、ほ場の排水対策を基本としつつ、田畑輪換などの発病抑制効果の認められる耕種的手法を組み合わせることが最も有効な防除法です。また、黒根腐病菌は罹病残さ上で生き残り、次年度以降の伝染源となるため、発病株は速やかに引き抜き、焼却処分をして、土壌中に菌を残さないなどのほ場衛生に努めることが重要です。

（越智直）

### <参考文献>

- 1) 西 和文ら（1999）農業研究センター研究報告 30、11-109



Q

4

茎疫病（くきえきびょう）の病徴と診断法、伝染経路、発生原因、防除対策は？

A

茎疫病は多湿条件で発生する水媒伝染性の土壌病害であり、排水性の悪い転換畑においてしばしば立枯れを起こします。

### 1. 病徴

大豆の生育の全期間を通じて発病します。特に、長雨での土中での種子腐敗、苗立枯れを起こし、列状または点状に欠株させます。まず、茎の地際部～上位に水浸状の条斑ができ、拡大して茶褐色または暗褐色帯状の病斑を形成します（写真1）。病斑部に茎疫病菌の白色粉状の菌叢が密生する場合がありますが、すぐにフザリウム菌などに置き換わってしまいます。葉は黄化して活力を失い、株全体がしおれ、ついには枯死してしまいます。また、梅雨などの大雨で圃場が長時間滞水すると、水面があった高さまでの葉が、冠水した場合は生長点がしおれてしまいます。



写真1 ダイズ茎疫病による地際部の褐変症状

### 2. 診断法

病斑部を一晩以上水に浸すと茎疫病菌の倒卵形の遊走子のう（写真2中）が、胚軸から根の組織内に球状の卵胞子（写真2左）が顕微鏡で多数確認できます。湿害と区別するために、地際部の病徴と遊走子のうを確認することが重要です。

また、遺伝子診断法により罹病した植物体や土壌からダイズ茎疫病菌を検出することができます。

### 3. 伝染経路

土壌中や残渣中の卵胞子が第一次伝染源と考えられています。前年に茎疫病に感染した根や胚軸中の卵胞子が越冬し、春になると発芽して遊走子のうを作ります。遊走子のうが水につかると先端から遊走子を放出し（写真2右）、遊走

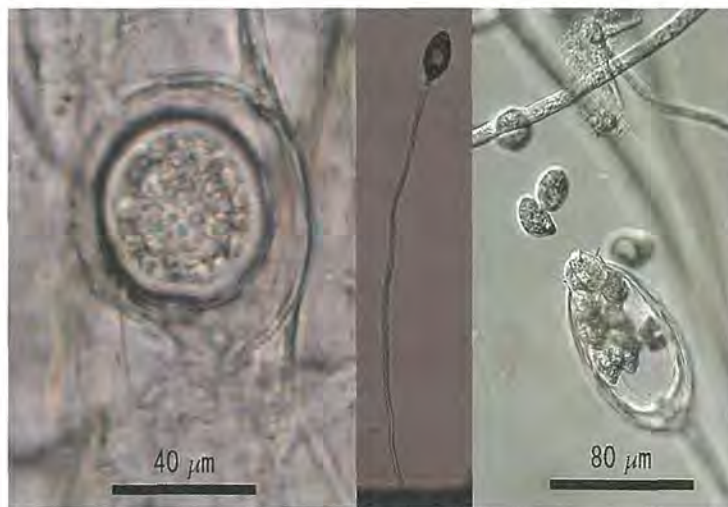


写真2 大豆胚軸内に形成された卵胞子（左）、胚軸上の遊走子のう（中）、遊走子のうから放出される遊走子（右）。



子が遊泳して大豆茎にたどりつき、感染します。感染した大豆が水に浸ると再び遊走子のうを作り、他の大豆に伝染していきます。

#### 4. 発生原因

前年に茎疫病が発生し、被害株が残った圃場や排水性が悪く、滞水したりする圃場で発生しやすくなります。主に転換畑で発生し、転作一年目でも発生することがあります。耕起回数が少ない場合や不耕起栽培によって土壌表面が硬くなり、雨水が滞水しやすくなると発生が助長されます。また、現在栽培されている大豆品種は茎疫病に抵抗性ではないもの（エンレイ、タチナガハ、タンレイ、ナンブシロメなど）が多いのも発生原因と考えられます。

#### 5. 防除対策

耕種的な方法として、茎疫病菌は水を介して感染するので、排水対策を中心とした圃場条件の整備や畝立て栽培などを行い、湿害を防ぎ、滞水しないようにする必要があります。また、土壌 pH を 6 以上に矯正することで発病を抑制できます。土壌中の菌密度をあげないために、連作をせず、発病株を見つけたら除去します。有機肥料やカリ肥料は発生を助長するので、施用を控えます。亜リン酸液肥の施用は大豆の体質を強化し、茎疫病の発生を抑制します。

出芽不良の防止には、種子処理剤と併せて圃場の表面排水を徹底し、抵抗性品種を作付けするようにします。種子処理剤として、クルーザーMAXX、ボルテックス FS、ランマンフロアブルが使用できます（2011 年 9 月末現在）\*。また、生育期に利用できる農薬として、リドミルゴールド MZ、Z ボルドー粉剤 DL、撒粉ボルドー粉剤 DL、フェスティバル C 水和剤、フェスティバル M 水和剤、ブリザード水和剤、ランマンフロアブル、プロポーズ顆粒水和剤、ライメイフロアブル、レーバスフロアブル、ベトファイター顆粒水和剤が登録されています（2011 年 9 月末現在）。培土時などに株元に十分薬剤が付着するように散布します。

（森脇丈治）

\*：農薬の使用に当たっては最新の農薬使用基準を参照すること。



Q

5 葉腐病（はぐされびょう）の発生生態と防除法は？

A

## 1. どんな病気か？

ダイズ葉腐病は、8月～9月の生育期に葉や莢が腐敗して脱落する病気です。病原菌はイネ紋枯病菌と同一もしくは類縁系統の *Rhizoctonia solani*（リゾクトニア ソラニ）という糸状菌（カビ）です。症状は、主として下位葉～中位葉に灰緑色から褐色の水浸状の病斑が生じ、葉腐れ症状を起こして落葉します（写真



写真1 ダイズ葉腐病の病徴

くもの巣状の菌糸（矢印）が認められる

1)。重症株では莢も腐敗して脱落します。また、随所にくもの巣状の菌糸が観察されます（写真1）。茎、葉柄や莢上には白い菌糸塊が形成され、やがて灰褐色～褐色の菌核（大きさ1～3mm）となります（写真2）。重症株は、収穫期になっても莢が少なく、落葉が遅れる「青立ち」（莢先熟）の症状を呈して、適期収穫ができなくなります（写真3）。すなわち、葉腐病は大豆の青立ちの一因でもあります。葉腐病が多発すると収量が半減することもあります。収穫期には茎や莢に褐色の菌核が付着しているのが散見されるだけで、腐敗組織や菌糸は見あたらないため、収穫期だけの観察で何が起こったのかを判断するのは困難です。なお、同じ菌が大豆の出芽阻害や苗立枯れも引き起こします。

## 2. ダイズ葉腐病の発生条件、生態、およびイネ紋枯病との関係

ダイズ葉腐病は高温多湿で発生しやすく、夏期に雨が多い年に多発します。発生国は主に熱帯、亜熱帯を中心とする国々で、わが国でも暖地での発生が多いようですが、北海道および東北地域でも報告が



写真2 ダイズ葉腐病で形成された菌核（矢印）

あります。大豆ほ場内では、菌糸の進展によって隣接株に感染するほか、風で飛ばされた罹病葉も二次伝染源になります。発病進展には株内の湿度が重要であり、大豆の葉が繁茂して水分が拡散しにくい条件で発生しやすいと考えられます。葉腐病はイネ紋枯病と関係があり、香川県（1992～1994年）、新潟県（1998年）、広島県（2004年）で水田輪作大豆で多発した葉腐病菌の菌糸融合群はイネ紋枯病菌と同じ AG-1 でした。前年のイネ紋枯病菌の菌核がほ場に残存して、大豆に感染している可能性が高いと考えられます。岩手県



(1992 年) で発生した葉腐病菌は菌糸融合群がイネ紋枯病菌と異なる AG-2-3 でした。岩手県の事例では、本菌の担子胞子感染によって発病が広まった可能性が示されていますが、AG-1 による葉腐病の進展に担子胞子が関わるかどうかについては、今後の検討が必要です。

### 3. 防除法

病原菌がイネ紋枯病と同一と考えられることから、イネ紋枯病の防除をしっかりとするとともに、紋枯病が多発したほ場で翌年大豆を栽培する場合には葉腐病に注意する必要があります。耕種的防除法としては、前述のように多湿条件で発病が助長されるため、畝間を広く取って通気性を高めることも有効と考えられます。また、8月の高温期に畝間灌水をすることは、株内の湿度を高めて葉腐病の発生を助長する危険性もあるため、注意を要します。

葉腐病は好適条件では発病進展が速く、感染から数週間以内に大量の莢が落ちてしまう危険性があります。莢の伸長初期には、葉腐病に対する莢の感受性が高いようです。そこで、この時期に雨が多い場合は、頻繁なほ場の見回りが必要でしょう。葉が繁茂していると上からの観察だけでは発生を見つけるのが難しく、株をかき分けて下葉を観察する必要があります。ダイズ葉腐病に対する登録農薬は、2011 年 11 月現在わが国にはありません。しかし、ほ場試験で、ダイズ紫斑病に登録のあるアゾキシストロビン水和剤、葉焼病に登録のあるバリダマイシン液剤などを莢伸長期～子実肥大期に茎葉散布することにより、葉腐病の防除効果が認められています。したがって、紫斑病、葉焼病の防除法にこれら薬剤を用いると、葉腐病の防止にも効果があります\*。葉腐病に対する抵抗性品種は知られていませんが、高温多湿の時期に莢の伸長期が重ならないような品種を選択することはある程度効果があるかも知れません。なお、イネ紋枯病菌は地上型の菌であるため、深耕によって菌核を深く埋め込んでやると、感染源となる菌核を減らすことができると考えられます。

(竹原利明)

\*：農薬の使用に当たっては最新の農薬使用基準を参照すること。

#### <参考文献>

- 1) 荒井治喜ら (2000) 北陸病害虫研究会報 48、64
- 2) 倉田 浩 (1960) 農業技術研究所報告 C 12、97-153
- 3) 竹原利明ら (2006) 平成 17 年度近畿中国四国農業研究成果情報、109-110
- 4) 都崎芳久ら (1995) 四国植防 30、33-38
- 5) Naito, S. et al. (1994) 日本植物病理学会報 60、681-690
- 6) Stetina, K. C., et al. (2006) Plant Disease 90:39-43.



写真3 収穫期の大豆

左：葉腐病で青立ちした株 右：正常に成熟した株



Q

## 6 農薬の飛散を防止する対策は？

A

転作大豆に散布した農薬によって近隣の農作物に思わぬ影響が発生する可能性があります。近隣にある作物が水稻であればそれほど神経質になる必要はありません。しかし、注意が必要な散布法などもありますし、水稻以外の作物が栽培されている場合もありますから、ここでは様々なケースを想定して対策の考え方を説明します。

## 1. 危険域の認識

周辺の作物に影響を及ぼす可能性のある危険域は、一般には散布ほ場の周囲 50m くらいまでの範囲であるので、その範囲にどのような作物が栽培されているのかをまず確認します。もし葉菜類など、検出されやすい作物が栽培されていれば要注意です。

## ◆周辺作物の飛散リスク

同じ量の飛散を被った場合でも作物の種類によってその残留リスクは異なります。通常、軽くて表面積の大きい作物（例えば小松菜などの葉菜類）が最も残濃度が高くなります。

検出されやすい

|           |                       |
|-----------|-----------------------|
| 軽量な葉菜類    | こまつな、葉ねぎ、等            |
| 根菜類の葉     | だいこんの葉、等              |
| さやも食べる豆類  | えだまめ、さやえんどう等          |
| 軽量・小型の果実  | うめ、すもも等<br>ピーマン、ししとう等 |
| 果菜類       | なす、きゅうり等              |
| 皮も分析する果実  | かんきつ、ぶどう等             |
| 皮を分析しない果実 | みかん、もも、すいか等           |
| 外皮に覆われた作物 | 稲、麦、大豆等               |
| 地下部にある作物  | いも類、根菜類の根部等           |

検出されにくい

反対に、外皮に覆われていたり、重い作物ではリスクは極めて小さくなります（図参照）。また、リスクが高い作物が周囲にひろく栽培されている場合でも、全てが問題となる訳ではなく、散布ほ場に近い場所や散布時に風下になる場所が飛散量が多くなりやすく、注意を要するエリアとなります。

## 2. 周辺作物の収穫時期を確認する

次に、危険域の中にある周辺作物の収穫時期がだいたいいつ頃なのかを確認しておくことが大切です。通常、ある程度の飛散を受けても時間経過とともに残留濃度は低下し、収穫までに十分な日数があれば問題はなくなりますが、もし収穫に近い時期に飛散を受ければ低下しきれないおそれがあるからです。したがって、周辺にある作物の収穫が近づいている時期の散布には注意が必要です。このような時には何らかの対策が必要です。

## ◆収穫前何日くらいが危ないか

よく「何日くらいあければ安全か」という質問を受けますが、作物の種類、飛散した量、気象条件などによって千差万別のため、明確に答えることは出来ません。これまで調査した範囲では、収穫前の 1 週間程度は要注意期間とみておくほうがよいでしょう。



### 3. 飛散を減らす散布操作を励行する

散布は風の弱い早朝を選ぶようにします。液剤（水和剤や乳剤のように水で希釈して散布するもの）の場合、散布圧を無闇に上げると粒子が細かくなって飛散が増えるので控えめに設定します。ノズルの先端が作物から離れすぎないように注意して散布し、風下方向のほ場境界付近ではとくに注意深く行うようにします。こうした注意深い丁寧な散布操作によって、飛散はかなり減らすことができます。

飛散低減ノズル（散布粒子を大きくしたもの）を使用するとより安心ですが、飛散しにくいからといって風が強くても散布できると過信してはなりません。

大豆の場合、生育すると葉が大きく展開し、真上からの散布だけでは花房や茎部に薬液がかかりにくくなります。散布量が無闇に増やすと飛散量も増えてしまうので、ブームスプレーヤを使用している場合は、畝間に吊り下げて真横に噴霧できるオプション装置を使うのも一法です。

### 4. 農薬の選定に注意する

液剤の散布では注意深い散布を行うことだけで済む場合が一般的ですが、周辺作物の収穫が迫っているような場合は、周辺作物にも登録がある成分の農薬を選んで使用すると安心感が高まります\*。とくに粉剤を使用する場合は、できるだけ周辺作物にも登録がある成分の農薬を選ぶようにしたほうがよいでしょう。それが出来ない場合は周辺作物の収穫が終わるまで散布を見合わせたほうが無難です。

#### ◆残留基準と飛散影響

残留基準は農薬と作物の組み合わせで設定されていますが、農薬登録がある作物に対しては1ppmのような基準値が設定されるのに対し、登録がない作物には多くの場合0.01ppmといった分析技術上の下限値が適用されています（これを一律基準といいます）。したがって、周辺農作物にも登録がある農薬（成分）であれば多少の飛散があった場合でもまず問題は生じませんが、一律基準しか適用されていない農薬（成分）では注意が必要です。

#### ◆粉剤の飛散

粉剤は液剤よりも飛散しやすく、少しの風でもかなり遠くまで飛散粒子が運ばれてしまいます。また、散布されたほ場からの二次的な飛散も発生します。粉剤の場合は有効な飛散低減散布法がないので、常に飛散があった場合を想定しておくことが賢明です。

### 5. 周辺からの飛散対策

周辺で散布された農薬による影響についても考えておく必要があります。通常の大豆では、誤って散布されるなど多量の飛散を被らない限りそれほど問題はないと考えられます。しかし、エダマメの場合は水田等からの農薬飛散には注意が必要です。この場合、水田での農薬散布の際に前項に示した飛散対策を十分考慮するべきです。もし十分な対策がとれそうもない時には、エダマメの収穫を先に行ってから散布する、べたがけ資材などで一時的にエダマメを保護する、といった対応を考えます。べたがけ資材は不織布が有効です。

（藤田俊一）

\*：農薬の使用に当たっては最新の農薬使用基準を参照すること。



## 2 虫害に係るQ&A

Q

7 ウコンノメイガの被害の実態と防除法は？

A

### 1. ウコンノメイガの生活史

ウコンノメイガはチョウ目メイガ科の蛾(写真1)で、幼虫(写真2)が大豆の葉を巻き、いわゆる葉巻(写真3)をつくり葉を食害する害虫です。日本全土に分布していますが、日本海側の特に北陸地域で大発生することが多いといわれています。本種は、山麓に生育しているイラクサ科のアカソやカラムシと大豆の間で寄主転換を行い、北陸地域での発生経過は次のようになっています。8月下旬から9月上旬に大豆畑で羽化した成虫は山麓に生育しているアカソやカラムシ群落に移動し、雌はこれらの植物の葉に産卵します。孵化した幼虫による葉巻は9月中旬から11月中旬まで認められますが、葉が落下するとともに幼虫は腐植などの中に入り越冬します。越冬した幼虫は4月下旬頃からアカソやカラムシの葉を食べ始め、6月上旬から7月上旬に成虫になります。これらの成虫は7月上旬から大豆畑に飛来しはじめ、雌は大豆葉に産卵します。大豆畑において、成虫による産下卵塊数は7月中旬から下旬に、幼虫による葉巻数は8月上旬から増加しはじめ、羽化した成虫は8月下旬頃からイラクサ科の植物群落に移動を開始します。したがって、大豆で1世代を経過する夏世代と、イラクサ科の植物で1世代を経過する越冬世代の年2世代の発生となります。

### 2. 大豆畑における幼虫加害の実態

北陸地域では水田化率が極めて高く大豆の栽培面積が少ないことから、ウコンノメイガによる被害は局所的であり顕在化しませんでした。しかし、転作水田における大豆の本作化にともない大豆の栽培面積が増加し、2002年には新潟県上越地方と魚沼地方の大豆畑において本種が大発生し、以降その傾向は続いています。本種の大豆での発生時期は、播種時期により若干異なり、早く播種するほど成虫の飛来は早くなります。一般的に新潟県で大豆の播種は5月下旬から6月上旬で、7月下旬頃に開花期をむかえ、幼虫による葉への加害が増加する時期は8月上旬からで、大豆の莢伸長期から子実肥大期にかけてとなります。また、大豆の生育が旺盛な畑に成虫は集中的に産卵し、幼虫の加害が激しくなることも報告されています。幼虫は葉巻の中に巻き込んだ内側の葉をある程度食害した後、別の葉に移動し葉を巻くため、幼虫が不在の葉巻が大豆株上に沢山残されます。したがって、ハスモンヨトウのように大豆葉を直接食害する害虫と異なり、幼虫の葉巻形成による見かけ上の葉面積の減少が収量に与える影響を考える必要があります。幼虫の大豆に対する加害と収量の関係についてはあまり調査されていませんが、子実肥大期に大豆株当たり幼虫による被害葉の割合が80%以上になると、屑粒が増加し健全粒の小型化が顕著になり、50%程度の減収になるという報告があります。

### 3. 防除について

本種幼虫が多発した大豆畑では、ほとんどすべての葉に葉巻が形成され、食害が進むと葉は葉脈のみを残して食べ尽くされます(写真4)。したがって、多発した大豆畑では殺虫剤による防除が必要となります\*。富山県の例では、若・中齢幼虫期の7月下旬から8月第1半旬に殺虫剤を散布することにより高い防除効果が得られることが報告されています。また、防除要否の判断基準ですが、7月第6半旬に大豆1本当たり平均葉巻数が6を超え



ると減収となることが予測されますので防除が必要になります。大豆畑で成虫の飛来消長と産卵消長は一致し、成虫の飛来数によって幼虫の発生量は決定されます。したがって、成虫の飛来数が多い畑では幼虫による葉巻数も多くなり、飛来成虫数から次世代幼虫の加害量の指標である葉巻数の推定が可能であると考えられます。現在、ウコンノメイガの性誘引物質 E10-16 : Ald と Z10-16 : Ald の 84 : 16 の混合物は、雄に対して誘引活性を持つことが明らかにされています。そこで、性誘引物質を用いたトラップの捕獲雄数から防除要否の判断ができるような予察技術の確立に向けて研究が進められています。

(樋口博也)

\* : 農薬の使用に当たっては最新の農薬使用基準を参照すること。



写真1 ウコンノメイガ成虫



写真2 ウコンノメイガ幼虫



写真3 幼虫に被害された大豆葉（葉巻）



写真4 幼虫に激しく被害された大豆株

#### <参考文献>

- 1) 青木由美・菅野 亘・吉島利則・樋口博也、2010、越冬場所食草群落とダイズ圃場におけるウコンノメイガ雌の交尾状況、昆虫（ニューシリーズ）13(1) : 3-7
- 2) 成瀬博行、2000、ダイズ害虫ウコンノメイガ *Pleuropteryx ruralis* (Scopoli) の生態と防除に関する研究 IV. 夏世代個体群の動態、富山県農業技術センター研究報告 19 : 31-40
- 3) 成瀬博行、2002、ウコンノメイガ、北陸病虫害研究会報 50 : 241-244
- 4) 成瀬博行・新田 朗、1985、ダイズ害虫ウコンノメイガ *Pleuropteryx ruralis* (Scopoli) の生態と防除に関する研究 I. ダイズ圃場における発生経過、富山県農業試験場研究報告 16 : 27-33
- 5) 成瀬博行・新田 朗、1987、ダイズ害虫ウコンノメイガ *Pleuropteryx ruralis* (Scopoli) の生態と防除に関する研究 II. 野草群落における越冬世代の発生経過、富山県農業技術センター研究報告 1 : 8-6
- 6) 樋口博也、2005、ウコンノメイガによる葉の食害がダイズの生育と収量に及ぼす影響、日本応用動物昆虫学会誌 49(4) : 59-261
- 7) 望月文昭・青木由美・杉江 元・田端 純・高橋明彦・樋口博也、2009、ウコンノメイガ（ツトガ科：ノメイガ亜科）の性誘引物質、日本応用動物昆虫学会誌 53(2) : 53-56



Q

8

フタスジヒメハムシの被害の実態と効果的な防除法は？  
また、オオクロコガネ幼虫の防除法は？

A

## 1. フタスジヒメハムシの被害の実態

### (1) フタスジヒメハムシの生態

成虫は体長 3.5mm 程度の甲虫で、その名のとおり淡黄褐色の上翅に黒色条が 2 本あります（写真 1）。大豆の他にマメ科植物を食草としています。成虫で越冬し、関東地方では大豆は場に 5～6 月に出現し、7 月と 8～9 月の 2 回、新成虫の発生がありますが、西南暖地では年 3 回の発生です。羽化後約 1 週間で産卵を開始し、200～300 卵産むとされます。産卵は大豆の根の表面かそれに接近した土壌に行われ、卵は約 1 週間で孵化し、幼虫は地中で根粒を加害します。地表近くの土壌中で蛹化し、約 10 日間で成虫となります。なお、未成熟な成虫の飛翔能力は高いと推定されています。



写真1 フタスジヒメハムシ成虫

### (2) フタスジヒメハムシの被害

#### 1) 葉の被害

成虫は子葉を皿状に、初生葉や本葉を円形に食害します。硬い葉よりは若く軟らかい葉を好み、食害痕は葉の伸張とともに拡大します。茎や花も食害し、幼苗期の食害では初期生育が不良となります。切葉実験から求められた大豆の株当たりの被害許容水準（EIL）は開花 15 日前で小さく、以降子実肥大終期にかけて順次大きくなり、成虫の食葉面積と考え合わせると、EIL は開花 15 日前で約 10 個体、子実肥大終期で約 130 個体となります。

#### 2) 莢の被害

成虫による莢の食害は表面のみの場合が多く、いわゆる「ナメリ莢」となります。食害された直下の種皮は黒色となることが多く、品質を低下させます。特に、莢伸長期から子実肥大初期の加害でこの被害が起こるとされ、この時期の成虫の要防除密度は株当たりで約 4 個体となり、本種は茎葉害虫としてよりは子実害虫として問題となります。

#### 3) 根粒の被害

幼虫は老熟するまでに 1～10 個の根粒を食害するとされ、幼虫が多発した時には地上部が生育不良となります。大豆では収穫物 100kg（乾物）の生産に必要な窒素量は約 9 kg で、全同化窒素に占める根粒固定窒素の割合は 60～74% の範囲内です。根粒着生系統と非着生系統の大豆を用いた実験からは、1 株当たり約 40 個体の幼虫が約 25% の根粒を食害すると推定されています。少なくとも、15%（＝60%×25%）の減収ですので、減収を 5% とすると幼虫の要防除密度は約 13 個体となります（＝40÷3）。また、多発生地帯の無防除で 89% 以上の根粒が食害された例があり、幼虫による被害は甚大なものと考えられます。



## 2. フタスジヒメハムシの効果的な防除法

播種時にエチルチオメトン粒剤（ダイシストン粒剤）を播種溝条施（4 kg/10a）すると、無防除に比べて洪積土地帯では安定的に約 20%の増収とされます。ただし、エチルチオメトン粒剤（ダイシストン剤）は、除草剤のペンタゾン剤（大豆バサグラン剤）とともに使用すると大豆に薬害を起こす場合もあるので注意が必要です。なお、沖積土地帯では根粒食害による窒素吸収量の低下が少なく、顕著な増収は認められないようです。洪積土地帯の多発生ほ場では、無防除でのみ大豆の青立ちが認められ、本虫の加害が青立ちに関与している可能性もあります。また、この他にも本種に対して各種の殺虫剤の登録がありますが、農薬の使用に当たっては最新の農薬使用基準を参照してください。

## 3. オオクロコガネ幼虫の防除

殺虫剤による防除法としては、ダイアジノン粒剤5を 10a 当たり 4～6 kg 処理する方法があります。使用回数は5回以内で、使用時期は収穫 30 日前までです。作付前は全面土壌混和あるいは作条土壌混和します。作物生育中には作条処理して軽く覆土します。なお、使用に当たっては最新の農薬使用基準で確認してください。

耕種的防除法としては、火山灰土壌の水田転換畑で湛水処理で大豆のオオクロコガネ幼虫被害を低減させた例があります。誘蛾灯で調査した成虫の発生消長から産卵時期を推定し、大方の卵が孵化したと考えられる8月上旬に2日間湛水状態にほ場を保ちました。この処理により、未処理と比較して2～3齢幼虫の生息密度が大きく低下し、大粒比率60%、300kg/10a以上の収量が得られました。（菊地淳志）

### <参考文献>

- 1) 加進丈二(2011) 日本応用動物昆虫学会誌 55: 207-215.
- 2) 菊地淳志(1992) 植物防疫 46: 415-417.
- 3) 武井真理・中村 充・濱田千裕(2003) 農業および園芸 78: 491-497.
- 4) 長谷川浩・熊谷幸博・渡辺 実・久保田篤男(2003) 関東東山病虫害研究会報 50: 135-137.
- 5) 福田 充・鈴木正光(1989) 関東東山病虫害研究会年報 36: 140-141.
- 6) 星 忍(1982)「根瘤の窒素固定—ダイズの生産向上のために—(日本土壌肥料学会編)」、博友社、pp. 5-33.





## 9 大豆を加害するカメムシ類の発生予察法や防除法は？



### 1. 大豆を加害するカメムシ類

大豆畑で発見される植物寄生性カメムシ類は莢を加害するカメムシ類と茎葉を加害するマルカメムシです。莢を加害するカメムシ類は収穫物に直接損害を与えるため密度が低くても実害があります。西南暖地ではホソヘリカメムシとイチモンジカメムシ、それに南九州ではミナミアオカメムシが主要種でしたが、近年、温暖化の影響でミナミアオカメムシが各地で多発しています。本州ではこれらの他、アオクサカメムシ、ブチヒゲカメムシなども主要種になります。一方、マルカメムシは大豆でしばしば高密度になりますが、加害部位が茎葉であるため、著しく高密度（数十～100頭以上/株）の時以外は防除の必要がありません。

### 2. 発生予察・予測

子実加害性カメムシ類は開花期以降に大豆畑に侵入してきます。しかし、侵入以前のカメムシ類の生態には不明な部分が多く、残念ながら長期的な発生予察法は確立されていません。ホソヘリカメムシなどいくつかの種でフェロモンが同定されており発生予察利用に期待されています。また、カメムシ類の要防除密度は非常に低く（例えば、河野（1991）では1.3頭/50株、淵上ら（2000）では1.3～4.0頭/100茎、米国Gouge et al.（2005）では0.9～3.3頭/畝m）、個別のほ場のカメムシ密度調査により、防除要否を決定することはあまり現実的ではありません。一方、過去の経験則は非常に役立ちます。例えば、水田単作地帯の佐賀平野などで大豆を集団栽培すると、毎年、カメムシ類の被害がほとんど問題になりません。逆に、山間部や周辺に果樹園が多い地域では毎年カメムシ被害が深刻です。この虫の場合、生産者自身が過去の栽培例の蓄積をもとに、経験的に防除要否を判断することが肝要です。

### 3. 防除法

#### (1) 耕種的方法

##### 1) 集団栽培

集団栽培を行うことにより個別栽培にくらべてカメムシ類の被害を軽減できます。これは周辺から侵入するカメムシ類を広い面積の大豆ほ場に拡散させる効果があるからです。また、集団化により移動性の高いカメムシ類の広域的な一斉防除が可能になり防除効果が高まります。

##### 2) 晩期栽培

九州では開花期が遅くなるほどカメムシ被害が減少するたしかな傾向がみられます。これは開花期が遅れるほど、野外の餌植物が増加してカメムシ類が分散するためと思われます。九州で通常6月下旬～7月中旬の大豆（フクユタカなど晩生品種）播種を7月下旬に遅らせると、カメムシ被害の減少が認められます。遅播きすると栄養生長期が短縮されるので、収量を維持するためには、畦間、株間を狭めて、標準栽培（10,000～12,000株/10a）の1.5～1.8倍程度に厚播きするなどの工夫が必要です。しかし、降雨などで播種が7月末や8月にずれ込んでしまうと収量低下はまぬがれません。一方、早生の品種はカメムシ類の集中飛来を受け易く被害が増大します。



### 3) 小粒多莢大豆

納豆用などの小粒多莢品種は大粒品種にくらべてカメムシ類の被害が少ない傾向があります。これは小粒多莢品種がカメムシの加害に対して補償能力が高いからです。大豆は幼莢期にカメムシの加害を受けると、加害された莢の多くは茎から脱落します。落莢しても多莢品種では他の莢が肥大し、幼莢期の被害が十分に補償されてしまうと考えられます。子実肥大期以降の加害では落莢は生じませんが、小粒多莢品種では大粒品種にくらべて粒数が圧倒的に多いため、相対的に被害粒率が低くなります。カメムシ被害はしばしば光合成産物の転流阻害を誘因し、被害の大きい株では収穫期に青立ちしますが、代替粒が多い多莢系統では青立ちがほとんど生じません。図1は晩期栽培と中晩生の小粒多莢系統を組み合わせることで耕種的にカメムシ被害を軽減した例です。平成22年にハスモンヨトウ抵抗性として品種登録された納豆用の「すずかれん」は、小粒で成熟期が「やや晩生」であるため、カメムシ被害をある程度軽減できると考えられます。

#### (2) 化学的防除法

カメムシ類は開花期以降いつもほとんど同じ大豆生育時期に侵入してくるので、防除適期は毎年一定です。暖地での農薬散布は幼莢期（開花後20～30日）と子実肥大期（開花後30～45日）に計2回行うのが一般的です。発生が少ない場合は開花30日後頃に1回散布します。逆に発生の多い場合は幼莢期以降、7～10日間隔で3回以上の薬剤防除が必要なこともあります。幼莢期にカメムシ加害を受けた莢は落下し他の莢が補償しますが、子実肥大期以降の被害粒は収穫まで残り、収量・品質に与える影響が大きいと思われます。ピレスロイド系、ネオニコチノイド系、有機リン系などカメムシ類に対して高い殺虫効果を持つ薬剤は多数ありますが、残効の長い農薬の被害回避効果が優ります\*。但し、近年分布拡大が著しいミナミアオカメムシに対し、ピレスロイド系殺虫剤は効果が甘いので、本種が主要種の場合はネオニコチノイド系等を選択した方が賢明です。

#### (3) その他（色彩選別機）

大豆用の色彩選別機で収穫後に紫斑病粒や褐斑病粒などの着色粒や傷害粒を取り除くことができます。色彩選別機があれば、収穫物に多少の汚染粒やカメムシ被害粒が混入していても、それらを取り除くことで高品質な生産物を出荷することができます。ほ場レベルでの病虫害の完璧な防除が必要なくなるので、使用法によっては減農薬の推進にとって強力なツールになりうると思われます。

（和田節）

\*：農薬の使用に当たっては最新の農薬使用基準を参照すること。

#### <参考文献>

- 1) 和田節（2005）植物防疫59、476-480
- 2) 和田節（2005）ダイズ（西日本）のIPMマニュアル、総合農業研究叢書第55号 IPMマニュアル、174-182、中央農業総合研究センター

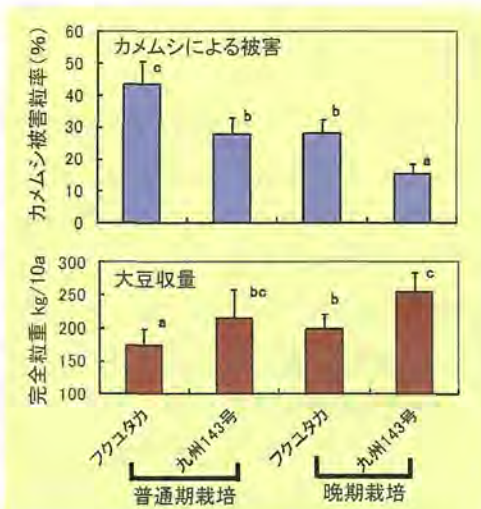


図1 晩期栽培と小粒系統を組み合わせることでカメムシ被害を軽減した試験例

（2003年、熊本県での試験例。フクユタカ：100粒重31g、九州143号：100粒重11g、普通期栽培7月9日播種、晩期栽培、7月21日播種。縦バーは標準誤差）



Q

## 10 ハスモンヨトウの発生予察法と防除対策は？

A

ハスモンヨトウの発生は年次変動が大きく、多発すると大豆に甚大な被害を与えます。また、本種の幼虫の摂食量は齢期が進むにつれて増加し、薬剤の防除効果も低下します。このことから、ハスモンヨトウの被害を防ぐには、本種の発生予察を的確に行うことが必要不可欠となります。これらの点をふまえ、以下に、西南暖地の秋大豆（7月上～中旬頃播種）におけるハスモンヨトウの発生予察法と防除対策を紹介します。

## 1. 発生予察法

## (1) 発生時期の予測

ハスモンヨトウは、卵の塊を大豆の葉裏に産み付けます。ふ化した幼虫は卵塊の周辺に群がって葉を食べます。この集合した若齢幼虫の食害のため、産卵された葉とその周辺葉が白化する現象がみられます（写真1）。これらの葉は一般に「白変葉」と呼ばれ、防除を行ううえでの重要な指標となります。北部九州に位置する佐賀県の秋大豆における白変葉数は（図1）、8月15～25日頃に小さなピークがみられ、その後、9月15～25日頃に大きなピークがみられます。



写真1 大豆白変葉

また、ハスモンヨトウに対してはフェロモントラップを用いた発生予察調査が広く実施されています。図1には白変葉に加え、フェロモントラップでの誘殺消長を示しています。

トラップ誘殺数と大豆白変葉数は、9月中～下旬に急激に増加し、両者のピーク時期は、ほぼ一致しています。このことから、白変葉数だけでなく、トラップ誘殺数の顕著な増加時期もハスモンヨトウの防除適期になりやすいと考えられます。ただし、フェロモントラップはあくまでもオス成虫の把握手段ですので、白変葉の観察を基本とし、トラップはその補完的手段として発生予察に利用することが望ましいといえます。

## (2) 発生量の予測

ハスモンヨトウは発生量の年次変動が大きい害虫であり、夏期が高温、少雨で経過した年に多発生しやすいことが経験的に知られています。各年次の8月の平均気温と本種による大豆の被害度との関係をみると（図2）、気温が高い年ほど大豆の被害が大きいという

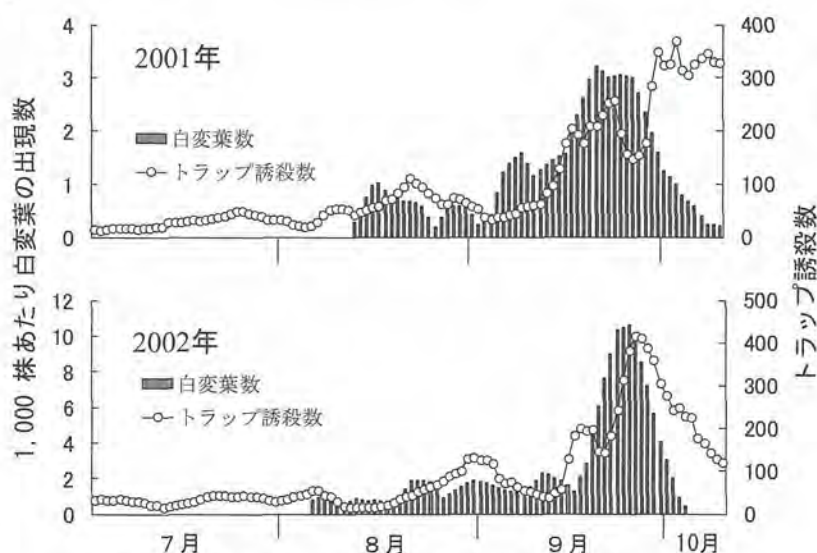


図1 フェロモントラップにおけるハスモンヨトウの誘殺数と大豆における本種の幼虫による白変葉数の推移（佐賀県；2001～2002年）

トラップ誘殺数と白変葉数は5日間（当日と前後2日間）の移動平均値。白変葉数は2圃場の平均値。



明確な傾向がみられます。ハスモンヨトウは、熱帯・亜熱帯起源であると考えられています。このため夏期が高温で経過すると、ハスモンヨトウの増殖率が高まることに加え、餌としての大豆の生育が良好になることなどから、本種が多発生し、大豆の被害が拡大するものと考えられます。近年の高温傾向によって多発生する頻度が高くなっており注意が必要です。

## 2. 防除対策

薬剤の殺虫効果は、ハスモンヨトウの幼虫の齢期が進むにつれ低下します。また、老齢幼虫は夜行性であり、日中は土中浅くまたは葉の重なりあった所に潜入しており、防除が困難になります。このことから、本種の防除は若齢幼虫時に行うことが極めて重要であり、防除適期は大豆ほ場において白変葉が散見される時です。

前述の白変葉の推移から、本種の防除適期は、白変葉が増加する8月15～25日頃と9月15～25日頃になることが多くなります(図1)。しかし、気象条件や大豆の生育ステージの違いなどによって白変葉数の増加時期は異なり、例えば早播き大豆では少し早い傾向にあります。このことから、防除適期を的確に把握するためには、やはりほ場での白変葉の観察が必要です。

また、前述のとおり大豆白変葉数だけでなく、トラップ誘殺数の顕著な増加時期も本種の防除時期を決定する指標になりえると考えられます(図1)。ただし、トラップ誘殺数が顕著に増加した場合、即刻、防除適期となりやすいことから、迅速な対応が必要です。すなわち、フェロモントラップを利用する場合、誘殺数が増え始めたら速やかに大豆ほ場で白変葉を観察し、防除適期を迅速に判断することが重要です。さらに、ハスモンヨトウは1回目の適期防除を行っても、その後の追加防除の必要回数は年によって異なります。特に、夏期が高温で経過し、大豆の生育が良好な年は、大豆白変葉の観察やフェロモントラップ調査をこまめに行い、防除が必要と判断された場合は、早急に追加防除を行います。

防除薬剤としては「プレオフロアブル」「ノーモルト乳剤等のIGR系殺虫剤」「プレバソソフロアブル5等のジアミド系殺虫剤」などがあります。防除はハスモンヨトウの若齢幼虫時に行うのが基本ですが、上記の薬剤は中齢幼虫に対しても比較的安定した効果を示します。なお、防除効果の詳細や農薬の登録内容等については、都道府県の病虫害防除所などから出される最新の情報を参照してください。

また、英伸長期以降の防除については、カメムシ類などとの同時防除も考慮して適切な薬剤を選択する必要があります。

(菖蒲信一郎)

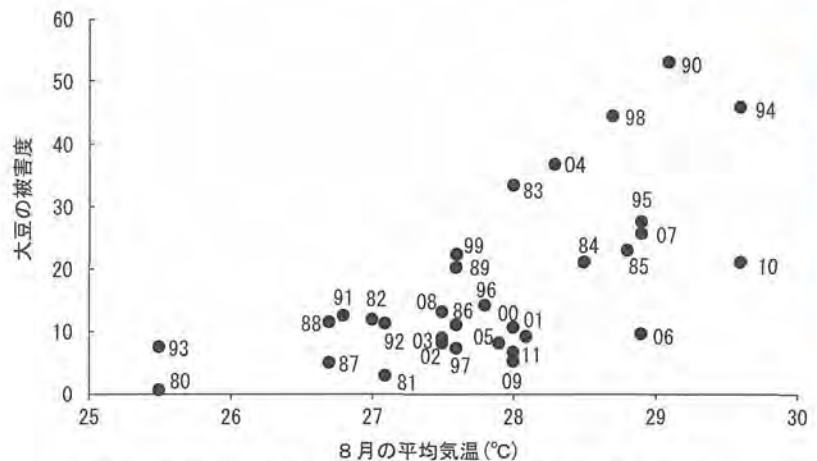


図2 各年次の8月の平均気温とハスモンヨトウによる大豆の被害度との関係

図中の数字は西暦年の末尾2桁を示す。



Q

## 11 ダイズサヤタマバエの生活史と防除方法は？

A

## 1. ダイズサヤタマバエについて

## (1) 形態的特徴

ダイズサヤタマバエはタマバエ科というハエの仲間で、成虫は蚊に似ています(写真1)。大きさは3mm程度です。メス成虫は針状の硬い産卵管を持ち、この産卵管で、植物の組織内に卵を産みます。成熟(3齢)幼虫は黄色いウジ状です(写真2)。蛹は、最初は明るい褐色ですが、成熟するにしたがい暗褐色になります(写真3)。

## (2) 寄主植物

大豆以外にも、ツルマメ、ヤマハギ、ヌスビトハギ、コマツナギ、カワラケツメイ、クララ、ツルフジバカマなど、野生のマメ科植物の莢にも寄生します。また、マメ科の寄主を利用できない晩秋から翌春にかけては、バクチノキ(バラ科)とヒイラギ(モクセイ科)の実に寄生します。

一般的にタマバエ類の寄主範囲は狭く、同一植物科内の数種だけであることが多いのですが、ダイズサヤタマバエは共生菌を持っているため、マメ科、バラ科、モクセイ科という、異なる科の植物を利用できると考えられています。



写真1 成虫



写真2 成熟(3齢)幼虫



写真3 蛹

写真4 ダイズ被害莢  
(矢印の部分に幼虫が寄生)

写真5 バクチノキ被害実



写真6 ヒイラギ被害実

(注) 写真はすべて上地撮影

## 2. 生活史

ダイズサヤタマバエの成虫は、5～6月頃には羽化し始めます。大豆の若莢がまだ少ない時期にはクララ、カワラケツメイなど野生のマメ科の莢を利用しているようです。6月中～下旬には大豆畑にも飛んできます。そして、大豆上で少なくとも2～3世代繰り返します(図1)。発生のピークは地域により異なり、九州では6月下旬から7月上旬、関東では9月中旬です。開花終了直後のごく小さい莢がもっともよく産卵されます。ふ化した幼虫の



摂食刺激で若莢の成長に異常が生じ、成長が止まったり変形したりします（写真4）。これをゴール（gall）化といいます。ゴール化した莢の中で幼虫は育ちます。成熟幼虫はやがて蛹になり、10日～15日ほどたつと成虫となって、莢から直接羽化します。多くは夕方に羽化します。交尾は羽化した莢の近くでおこなわれます。交尾後、メス成虫は、産卵場所を探すため飛び立ちます。そして、産卵に適当な大豆の若莢を見つけると卵を産みます。

ダイズサヤタマバエは、夏から秋にかけては、ヤマハギなどの莢も利用します。しかし、秋が深まるにつれ、産卵可能な若莢の数は少なくなってきますし、すでに寄生されている莢も枯れ、中の幼虫も死んでしまいます。無事羽化した成虫は、バクチノキ（バラ科）やヒイラギ（モクセイ科）に飛んでいき、それらの幼果に産卵します。バクチノキとヒイラギは10～11月が開花期で、その頃にはダイズサヤタマバエの産卵に適当な幼果が存在します。果実内でふ化した幼虫は1齢で冬を越します（図1）。寄生された果実はゴール化し、発育が止まり、種子はできません（写真5、6）。春になり、暖かくなってくるとともに幼虫は発育を再開し、初夏、マメ科の若莢が出てくる頃に羽化します。

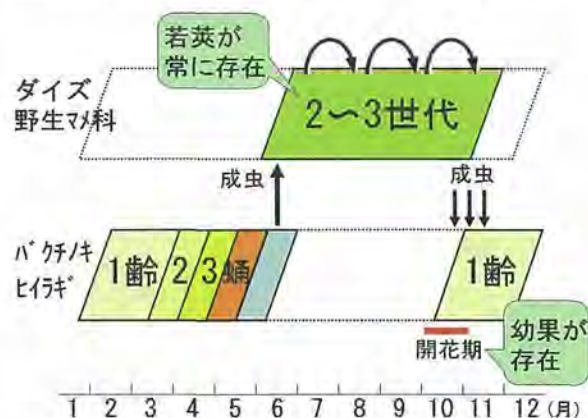


図1 生活史の模式図（上地作図）

### 3. 防除法について

生活史のところで述べましたが、ダイズサヤタマバエは開花終了直後のごく小さい莢にもっともよく産卵するため、防除は、産卵対象となる若莢に着目することが大切です。

ダイズサヤタマバエの発生のピークと、開花終了および若莢の時期が一致しないような播種時期や品種を選択して栽培すると、被害低減に効果があるでしょう。また、薬剤散布も、開花終了前後の若莢に対しておこなうのがよいと考えられますが、大豆は開花期が長いため、複数回散布をする必要があります。登録薬剤（2011年11月21日現在）には、MEP乳剤・粉剤、MPP乳剤、ジノテフラン水溶剤、ダイアジノン粒剤、エトフェンプロックス乳剤などがあります\*。

（上地奈美）

\*：農薬の使用に当たっては最新の農薬使用基準を参照すること。

#### <参考文献>

- 1) 上地・湯川(2003)「ダイズサヤタマバエの命名と冬寄主の発見」植物防疫 57:309-313
- 2) (独)農林水産消費技術センター (2007年12月28日登録分反映)「農薬登録情報検索システム」(独)農林水産消費技術センター
- 3) 湯川淳一・榎田 長(1996)「日本原色虫えい図鑑」全国農村教育協会
- 4) Uechi N., J. Yukawa and S. Usuba (2005) Discovery of an additional winter host of the soybean pod gall midge, *Asphondylia yushimai* (Diptera: Cecidomyiidae) in Japan. Applied Entomology and Zoology 40(4):597-607
- 5) Yukawa J., N. Uechi, M. Horikiri and M. Tuda (2003) Description of the soybean pod gall midge, *Asphondylia yushimai* sp. n. (Diptera: Cecidomyiidae), a major pest of soybean and findings of host alternation. Bulletin of Entomological Research 93: 73-86



Q

## 12 アブラムシによって媒介されるダイズわい化病への対処方法は？

A

## 1. はじめに

ダイズわい化病の病原体であるダイズわい化ウイルス（SbDV）は永続媒介性ウイルスで、ジャガイモヒゲナアブラムシが媒介するわい化系統（SbDV-DS）と黄化系統（SbDV-YS）、エンドウヒゲナガアブラムシなどが媒介するわい化系統（SbDV-DP）と黄化系統（SbDV-YP）の4つに分けられます（本多、2001）。本病は主として北海道、東北地方で発生していますが、それらの地域のなかでも北海道と青森県太平洋側地域で激しい発生となっています。両地域で発生しているウイルス系統はジャガイモヒゲナガアブラムシが媒介するSbDV-YSが主体です。これらの地域で得られている本病に対する知見や防除法を踏まえて、対処方法を述べることにします。

## 2. 圃場における伝染経路と感染株の病徴

## (1) 伝染経路

ジャガイモヒゲナアブラムシの有翅虫（写真1）は出芽期（5月下旬）から大豆ほ場に飛び込んできます。有翅虫の一部はほ場外のシロクロバでSbDV-YSを保毒しています。この保毒虫が大豆株を吸汁することにより、感染が起こります。これが第一次感染です。この一次感染時期は北海道、青森県とも出芽期からほぼ6月末までと限られています（高橋ら、2005）。その後は一次感染株からアブラムシによるほ場内感染（二次感染）が起こり、ほ場内で本病が蔓延していきます。



写真1 ジャガイモヒゲナガアブラムシ有翅虫

## (2) 感染株の病徴

青森県では、感染株の病徴は7月中旬以降になって現れます。最初、感染株では草丈が低くなり、葉が縮葉するわい化・縮葉症状が認められます（写真2）。その後、結実期になると葉に脈間黄化症状が認められ（写真3）、着くはずの莢が少なかったり、まったく着かない状態となります。これらの株は、成熟期を迎えても葉や茎が緑を残したままの青立ち状態となってしまいます。このように、ダイズわい化病の発生は直接減収につながるだけでなく、青立ち株の機械収穫による大豆粒汚染の原因にもなります。



写真2 ダイズわい化病（わい化・縮葉症状）



写真3 ダイズわい化病（脈間黄化症状）

## 3. 対処方法

SbDV-YSが病原となるダイズわい化病の一次感染時期は出芽期から6月末までにほぼ限定されます。したがって、保毒アブラムシによる第一次感染の防止が対処方法の要点です。

## (1) 殺虫剤による防除

## 1) エチルチオメトン粒剤の播種時播溝処理

あらかじめ大豆に浸透移行型の殺虫剤を処理することにより、ほ場に飛び込んでくる保



毒アブラムシを吸汁開始時から殺虫しようとする方法です。エチルチオメトン粒剤を 10 a 当たり 4kg 播溝に施用します\*。

### 2) チアメトキサム水和剤による乾燥種子塗沫処理

これも、浸透移行型殺虫剤処理の一つです。播種前に、チアメトキサム水和剤を乾燥種子 1 kg 当たり原液 6 mL 塗沫処理します。この際、その他の病害虫等の防除のための種子粉衣剤と併用する場合は、本処理を先に行うようにします。

### 3) 茎葉散布

保毒アブラムシの飛び込みに対する防除では、浸透移行性殺虫剤の処理が必要です。これらの処理では、株単位で殺虫効果や有効期間にばらつきが生じます。そこで、本病の発生が多いほ場では、これらのことを補完するために、感染が最も盛んな出芽期から 6 月末までの間で、殺虫剤の茎葉散布を併用します。また、アブラムシによる二次感染防止のために、7 月以降もアブラムシの発生量によっては茎葉散布を行う必要があります。

### (2) 耕種的防除

一次感染時期が出芽期から 6 月末までにはほぼ限定されることから、「遅播き」によって感染を軽減できます。遅播きすると大豆の出芽が遅くなり、感染期間が短縮されます。しかし、大豆はそれぞれの地域で固有の品種が栽培され、遅播きには時期的な限界があります。地域の品種、栽培条件を十分考慮して判断する必要があります。青森県の「おおすず」では、6 月 10 日を播種限界の目安にしています。

### (3) 物理的防除

#### 1) アブラムシ忌避マルチ栽培

青森県の枝豆栽培では、熟期を促進させ夏場の早出しをねらったマルチ栽培が行われています。通常のマルチ資材に換えてアブラムシ忌避マルチを利用すると感染防止に有効です。保毒アブラムシの飛び込みを回避する方法によって、青森県での実験（2003 年）では無防除区の発病株率が 58.5%であったのに対し、忌避マルチ区では 7.7%となり、高い防除効果が得られています。

#### 2) 被覆資材の利用

近年の各種野菜栽培では、春の低温回避のため、不織布被覆栽培が盛んに行われています。これを枝豆栽培で利用すると一次感染がほぼ完全に防止できます。不織布は空間から作物表面を完全に遮断してくれますから、被覆期間中は、アブラムシ有翅虫の飛び込みを完全に回避することができます。青森県の枝豆での実験（2002 年）では「べた掛け」を採用し、期間は播種後から 6 月末までとしました。この際、不織布の端を地面に埋め込み、埋め込み部分は幾重かに重ね折りして十分量の余裕をとり、草丈の成長に合わせてこの折り重ね部分を引き出していくようにしました。感染の激しいほ場で実験を行いましたが、無防除区の発病株率が 89.4%であったのに対して、不織布区では 5.3%となり、高い防除効果が得られています。

（本多健一郎・石谷正博）

\*：農薬の使用に当たっては最新の農薬使用基準を参照すること。

#### <参考・引用文献>

- 1) 写真はすべて本多撮影。
- 2) 本多健一郎（2001）「ダイズわい化病の発生生態と防除に関する最近の研究動向」、植物防疫 55(5)、206-210
- 3) 高橋賢司ら（2005）「IPM マニュアル」ー総合的病害虫管理技術ー、養賢堂、166。



Q

## 13 タネバエの発生予察法と被害回避方法は？

A

## 1. 発生予察は被害回避に結びつかない

タネバエは、土中にて蛹態で越冬します。播種した大豆を加害するのは、越冬蛹から羽化する越冬世代成虫の次世代の幼虫です。越冬世代成虫の発生時期は北海道では5月下旬頃で、ちょうど豆類の播種時期に相当します。タネバエ各態の温度に対する反応は明らかにされていて、蛹に対しては発育零点  $6.5^{\circ}\text{C}$ 、有効積算温度 179 日度が示されています。

北海道長沼町のは場に設置したトラップを用いてタネバエの発消長を調査したところ、越冬世代成虫の発生時期は、有効積算温度が 179 日度に達した日（融雪時期とほぼ等しい4月1日を起点とし、発育零点  $6.5^{\circ}\text{C}$  に基づいて計算）とほぼ一致しました（図1）。

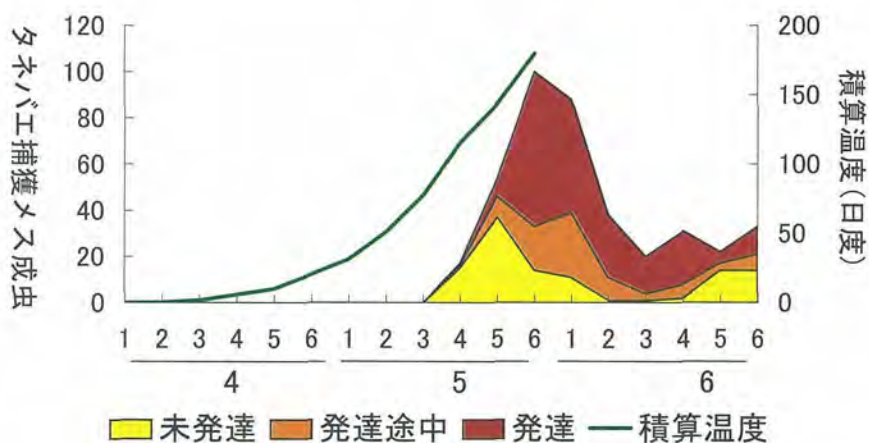


図1 積算温度と捕獲タネバエメス成虫の卵巣発達程度  
(長沼町 2005年)



写真1 タネバエオス成虫



写真2 タネバエによる大豆被害

このように、タネバエ越冬世代成虫の発生時期を積算温度で予測することは可能です。北海道では播種時期を1ヶ月程度前後にずらすことによって、被害率が低下した事例があ



ります。しかし例年タネバエの発生時期の早晩は大きな変動がないこと、タネバエ成虫の発生期間は長く、播種時期を多少ずらしたとしても顕著な被害回避効果が期待できないことから、発生時期を予測することはタネバエ被害の回避には結びつきにくい面があると考えています。大豆の播種時期を大幅にずらすことの可能な地域があるかもしれませんが、そのような地域で播種時期の調節を試みる場合、タネバエの発生活長が寒冷地のように揃っているか確認する必要があるでしょう。

また、タネバエは農耕地周辺であればどのような環境でも普遍的に発生しているため、発生量を予測することも現実的ではありません。

## 2. 被害の多さは播種時期の土壌条件で決まる

タネバエ幼虫による豆類の被害量は、播種する時の土壌水分や播種後の気象経過の影響を大きく受けることが経験的にわかっています。土壌水分が多い条件で播種したり、播種後に低温多雨が続いて豆類の発芽が遅れたりするような時に、大きな被害が生じます。タネバエの成虫は、水分が多めの土壌に好んで産卵する性質があり、適度に湿った土は、ふ化した幼虫の生存にとっても適しているようです。被害を回避する上では、むしろこのような播種時の条件に注意を払うことが大切です。降雨が続いた後に、ほ場の乾燥を待たず性急に播種した場合などには被害が多発するので、播種適期を逸脱しない範囲内で、ほ場の条件が回復するまで播種を控えるのも一つの方法です。

また、これはいうまでもないことですが、土壌中に有機物、特に未熟な有機物が富んでいると、タネバエの産卵を誘引します。たい肥の施用は前年秋の内に実施しておく、といった耕種的な対策も大切です。

## 3. 種子塗沫剤の効果は高い

大豆のタネバエに対しては、いくつかの防除薬剤の登録があります\*。多くは土壌施用剤（粉剤・粒剤）で、他に種子粉衣剤、種子塗沫剤があります。土壌施用剤や種子粉衣剤も一定の効果がありますが、先に述べたようにほ場が被害の多発しやすい状態にある場合は高い効果を上げることができず、薬剤を処理したにもかかわらず大きな被害の生じることもあります。種子塗沫剤は比較的最近登録取得した薬剤で、タネバエ被害に対して高い効果が確認されています。現時点では、タネバエ被害回避の上では最も効果が高いものと思われる。（岩崎暁生）

\*：農薬の使用に当たっては最新の農薬使用基準を参照すること。



写真3 種子塗沫剤の効果  
（インゲン）上段：処理株、下段：無処理株





## 14 病害虫抵抗性品種には、どんなものがありますか？



抵抗性品種の利用は特別なコストがかからないことから、大豆の病虫害対策の基本と言えます。しかし被害を与える病虫害は地域や栽培条件によって異なり、また薬剤防除の併用や他作物との輪作などにより、より高い効果が得られることも多いので、栽培技術を考慮した適切な品種選択を行うことが必要です。

抵抗性には病害抵抗性と虫害抵抗性があり、病害抵抗性は真性抵抗性と圃場抵抗性、虫害抵抗性は非寄生性、抗生性、耐性に大別されます。真性抵抗性、非寄生性、抗生性は質的な抵抗性ですが、圃場抵抗性や耐性は間接的な抵抗性と言えます。一般に真性抵抗性などは効果が高く、育種にも利用しやすいのですが、病虫害側の遺伝的変異により抵抗性の崩壊が起こりやすいと言われているので、圃場抵抗性や耕種の防除などを組み合わせて用いる方が永続性があります。

また同じ種類の病害でも病原の系統（レース）分化が存在する場合があります、発生している病害の系統と品種の持つ抵抗性を対応させる必要があります。レースの分布状況が分からない場合は、実際の栽培で初めて問題が生じることも少なくありませんので注意が必要です。

表に主な品種の病虫害別の抵抗性についてまとめましたが、モザイク病などを除き各品種の抵抗性の解析は不十分で、また紫斑病抵抗性や立枯性病害などは評価法が充分確立されているとは言い難く、実際の栽培地域での評価と既往評価が食い違う場合もあります。

なお、病虫害抵抗性はあくまでも大豆生産技術の一つであり、抵抗性が付与されていても実需ニーズのない品種の作付は勧められません。基本的には奨励品種の中から品種を選択するようにします。

### 1. モザイク病抵抗性

褐斑粒発生を引き起こす主な原因であるダイズモザイクウイルス(SMV)は、国内ではA～Eと近年研究が進んだA<sub>2</sub>の6つの病原系統が知られています。

北海道ではモザイク病の発生がほとんど無かったため、抵抗性品種の育成はあまり行われていませんが、本州以南ではモザイク病は主要な病害の一つなので抵抗性品種の育成が積極的に行われています。このため本州以南の主な育成品種にはほとんどA及びBの抵抗性が付与されていますが、在来品種には感受性のものも多く、モザイク病の発生の可能性がある地域では抵抗性育成品種の栽培が勧められます。

CとDについてはその主な発生地が東北中南部～関東の中山間など、やや限られていたため、A、Bに比べると育種が遅れており、「フクユタカ」「エンレイ」などの主要品種には付与されていません。主な発生地ではその地域に適したC、D抵抗性品種が育成されていますが、抵抗性品種が利用できないときはアブラムシの防除を行ったり、播種時期を遅らせて飛来を回避するなどの対策が必要です。

Eは枯死など顕著な病徴を示しますが、発生がまれで局地的なため、目立った被害はありません。そのためA～Dほど積極的な育種は行われておらず、抵抗性品種はほとんど育成されていません。



A<sub>2</sub>はC、Dに抵抗性を持った育成品種は全て抵抗性を示しますので、C、D抵抗性品種の場合は問題ありませんが、「サチユタカ」など非抵抗性品種はアブラムシの防除や多発地での作付制限などが必要です。

なお、褐斑粒を引き起こすウイルスとしてはダイズモザイクウイルス以外にもダイズ萎縮ウイルス(CMV-ダイズ系統:SSV)、ラッカセイわい化ウイルス(PSV)などがあり、SMVのA～D系統抵抗性品種に褐斑が生じる場合は、SMV以外の病害の可能性も検討する必要があります。

## 2. シストセンチュウ抵抗性

シストセンチュウは主に畑作地帯で見られ、いくつかのレースに分化しています。国内で見いだされるシストセンチュウはレース1、3、5で、このうちレース3が広く分布し、レース5はほとんど見られません。

我が国では「下田不知」由来のレース3抵抗性を持つ品種の育成が行われ、これまでに、「ユキホマレ」「トヨコマチ」「リュウホウ」「スズユタカ」などの抵抗性品種が育成されていますが、抵抗性を持っていても連作による収量減は避けられないので、他作物との適切な輪作を行うことが必要です。

一方東海～北陸以西では既存の抵抗性品種はありませんが、転換畑での栽培が多く水稻と輪作が行われていることもあって、シストセンチュウの被害も少ないようです。

最近ではレース3抵抗性を打破できるセンチュウ個体群が多くなっており、より高度な抵抗性を示すレース1抵抗性品種の育成が進められています。近年レース1抵抗性遺伝子関連のDNAマーカーが開発され、「ユキホマレ」にレース1抵抗性を導入した「ユキホマレR」が育成されています。また「タチナガハ」「リュウホウ」等の主要品種への抵抗性の導入も進められています。

## 3. わい化病抵抗性

わい化病は北海道中南部から東北北部にかけて発生し、北海道向けには「ツルムスメ」「いわいくろ」などの抵抗性品種が育成されています。しかしこれらの抵抗性は「強」でも充分ではないため、媒介虫であるアブラムシの防除との併用が勧められます。

またアブラムシの飛来時期を避けて晩播することにより、わい化病を回避する栽培技術が開発されていますが、霜害の発生を考慮すると、この技術の適用は成熟期が早い「ユキホマレ」などに限定されます。

なお最近わい化病に「極強」の抵抗性を示す品種「Wilis」が見つかり、この品種を用いた抵抗性育種が進められています。またDNAマーカーの開発が行われ、「スズマル」などに戻し交雑も行われており、近い将来より強力な抵抗性品種が育成される見込みです。

## 4. 茎疫病抵抗性

茎疫病の発生は全国で見られますが、特に北海道で被害が目立ちます。北海道の茎疫病は多くのレースに分化していますが、A～Jの10レースに分類し、さらにこれらをⅠ～Ⅳのレース群に統合して育種が行われています。レース群Ⅳに抵抗性の品種はまだ育成されていませんが、最近育成された品種の多くはⅠ、Ⅱの抵抗性を付与されています。

本州以南ではレース別の品種育成は始まったばかりで抵抗性の育成品種はありません。このため不耕起播種など茎疫病が発生しやすい栽培法を新たに採用する際には、あらかじめ作付品種を充分検討しておく必要があります。一方「フクユタカ」や「サチユタカ」な



どは、実験室内の菌接種では罹病するものの圃場では発病が少ない傾向にあります。

## 5. 紫斑病抵抗性

紫斑病は北陸地域など成熟期に降雨が多い地域で大きな問題となる病害ですが、温度や湿度による発生の差が大きいため、品種間差については詳細な解析はされておらず、これまで積極的な育種は行われていません。表には品種育成時に行われた特性検定試験で得られた結果から抵抗性の「強弱」を記載しましたが、低温で降雨が少なくなる時期に成熟する品種が「抵抗性」と評価される傾向があるようです。紫斑病回避には秋雨の時期を外して天候が安定している時期に成熟する品種を選択することが重要です。

## 6. その他の病虫害抵抗性

黒根腐病など立ち枯れ性病害についての育種的研究は十分ではなく、有力な抵抗性の母材も見いだされていません。表には黒根腐病が多発する圃場での特性検定の結果を記載しましたが、今後詳細な検討が必要です。

葉焼け病は西日本を中心に多発する病害です。国内のほとんどの品種は感受性ですが、最近育成された納豆用の「すずかれん」は抵抗性遺伝子を有しています。また感受性品種でも圃場では多少の品種間差が見られ、「タチナガハ」に比べて、「フクユタカ」などは被害が少ないようです。

うどんこ病は主要病害ではないものの、近年各地で発生が確認されています。「フクユタカ」など本州以南の主な品種は抵抗性ですが、「おおすず」「ナカセンナリ」など一部の品種は感受性です。

食葉性害虫のハスモンヨトウに対する抵抗性品種としては、「すずかれん」や「フクユタカ」に抵抗性を導入した「フクミノリ」が育成されています。これらの品種は完全な抵抗性ではありませんが、農薬の散布回数の減少が期待されています。

莢実害虫のカメムシに対する抵抗性品種は国内外で研究が続けられていますが、有力な抵抗性母材が見つかっておらず、抵抗性品種は育成されていません。晩生品種や小粒品種は比較的被害が少ない傾向にあります。

なお北陸地域で多発する腐敗粒は、台風による莢の裂傷やカメムシの食害痕など、莢の傷口から侵入する数種の雑菌により発生するものと考えられています。これまでのところ抵抗性品種の育成は行われていませんが、晩生品種を用いて台風やカメムシ被害を避けて、莢の損傷を軽減したり、熟期の異なる品種を栽植して危険分散を行うことが当面有効な対策と考えられます。

(羽鹿牧太)



表 主要品種の病害虫抵抗性一覧

| 品種名    | SMV |    |    | SCN |   | PSV | SBMV | わい化<br>病 | 茎疫病 |   | 紫斑病 | 立枯性<br>病害 | 葉焼け<br>病 | うどんこ<br>病 | ハスモ<br>ンヨトウ | 主な栽培適地     |
|--------|-----|----|----|-----|---|-----|------|----------|-----|---|-----|-----------|----------|-----------|-------------|------------|
|        | AB  | A2 | CD | I   | Ⅲ |     |      |          | I   | Ⅱ |     |           |          |           |             |            |
| ハヤヒカリ  |     |    |    | ×   | × | ○   | ×    | 弱        |     | × |     |           |          | ×         |             | 北海道東北部     |
| キタムスメ  | ×   | ×  | ×  | ×   | × |     | ×    | 弱        | ×   | × |     |           |          |           |             | 北海道東北部     |
| トヨムスメ  | ×   | ×  | ×  | ×   | ○ | ○   | ×    | 弱        | ○   | ○ |     | 強         |          |           |             | 北海道東部～中部   |
| トヨコマチ  |     |    |    | ×   | ○ | ○   | ×    | 弱        | ○   | × |     | 弱         |          |           |             | 北海道東部～中部   |
| ユキホマレ  |     |    |    | ×   | ○ | ○   |      | 弱        | ○   | ○ |     |           |          |           |             | 北海道東部～中部   |
| ユキホマレR |     |    |    | ○   | ○ | ○   |      | 弱        | ○   | ○ |     |           |          |           |             | 北海道東部～中部   |
| ゆきぴりか  |     |    |    | ×   | ○ |     |      | 弱        | ○   | ○ |     |           |          |           |             | 北海道東部～中部   |
| トヨハルカ  |     |    |    | ×   | ○ | ○   | ×    | 中        | ○   | ○ |     |           |          |           |             | 北海道中部      |
| スズマル   |     |    |    | ×   | × |     |      | 中        | ○   | × |     |           |          |           |             | 北海道中南部     |
| ユキシズカ  |     |    |    | ×   | ○ |     |      | 中        | ○   | ○ |     |           |          |           |             | 北海道中南部     |
| ツルムスメ  |     |    |    | ×   | × |     | ×    | やや強      | ×   | × |     |           |          |           |             | 北海道中南部     |
| タマフクラ  | ×   | ×  | ×  | ×   | × |     |      | 弱        | ○   | × | 中   | 強         |          |           |             | 北海道中南部     |
| ユウヅル   |     |    |    | ×   | × |     |      | 弱        | ×   | × |     |           |          |           |             | 北海道中南部     |
| いらいくろ  |     |    |    | ×   | × |     |      | やや強      |     | × |     |           |          |           |             | 北海道中南部     |
| おおすず   | ○   | ○  | ×  | ×   | × | ×   | ×    |          |     |   | 弱   | 弱         |          | ×         |             | 東北北部       |
| スズカリ   | ○   |    | ×  | ×   | ○ |     |      |          |     |   | 中   | やや強       |          |           |             | 東北中部       |
| ナンプシロメ | ○   |    | ×  | ×   | ○ |     |      |          |     |   |     | 弱         |          |           |             | 東北中部       |
| リュウホウ  | ○   | ○  | ×  | ×   | ○ | ×   | ×    |          |     |   | 中   | 中         |          | ○         |             | 東北中南部      |
| オクシロメ  | ○   |    | ×  |     | ○ |     |      |          |     |   |     |           |          | ○         |             | 東北北部       |
| ミヤギシロメ | ○   | ○  | ×  | ×   | × | ×   | ×    |          |     |   | 強   | 弱         |          | ○         |             | 東北中南部      |
| タチユタカ  | ○   | ○  | ○  | ×   | × | ×   | ×    |          |     |   |     | 強         |          | ×         |             | 東北中南部      |
| タンレイ   | ○   |    | ×  | ×   | × |     |      |          |     |   | 中   |           |          | ○         |             | 東北中部       |
| スズユタカ  | ○   | ○  | ○  | ×   | ○ |     | ×    |          |     |   | やや強 |           |          | ○         |             | 東北南部       |
| すずさやか  | ○   |    | ○  | ×   | ○ |     | ×    |          |     |   | やや強 | やや強       |          |           |             | 東北中南部      |
| ふくいぶき  | ○   | ○  | ○  | ×   | ○ | ○   | ×    |          |     |   | やや強 | やや強       |          | ○         |             | 東北南部       |
| 里のほほえみ | ○   | ○  | ○  | ×   | × |     |      |          |     |   | 強   | やや強       |          |           |             | 東北南部～関東北部  |
| ハタユタカ  | ○   | ○  | ○  | ×   | ○ | ○   | ×    |          |     |   | やや弱 | 中         |          | ○         |             | 関東北部       |
| エンレイ   | ○   | ○  | ×  | ×   | × | ×   | ×    |          |     |   | 弱   |           |          | ○         |             | 北陸         |
| シュウレイ  | ○   | ○  | ○  | ×   | × |     |      |          |     |   | やや強 | やや弱       |          | ○         |             | 東北南部・北陸    |
| あやこがね  | ○   | ○  | ○  | ×   | × | ×   | ×    |          |     |   | 中   | 中         |          | ○         |             | 東北南部・北陸    |
| ナカセンナリ | ○   | ○  | ×  | ×   | ○ | ×   | ×    |          |     |   | やや強 |           |          | ×         |             | 東山         |
| ギンレイ   | ○   | ○  | ○  | ×   | × | ○   | ×    |          |     |   | 中   | 強         |          | ×         |             | 東山         |
| タチナガハ  | ○   | ○  | ×  | ×   | × | ○   | ×    |          |     |   | やや強 | 中         | 弱        | ○         |             | 関東         |
| つやほまれ  | ○   | ○  | ○  | ×   | × | ○   |      |          |     |   | 強   | やや強       |          | ○         |             | 東海         |
| つばほまれ  | ○   | ○  | ○  | ×   | × | ×   | ×    |          |     |   | やや強 | 中         |          | ○         |             | 東山         |
| アキシロメ  | ○   | ×  | ×  | ×   | × | ○   | ○    |          |     |   | 強   |           |          | ○         |             | 近畿・北陸      |
| トヨシロメ  | ○   | ○  | ×  | ×   | × | ○   | ×    |          |     |   |     |           |          | ○         |             | 中国・九州      |
| オオツル   | ○   | ×  | ×  | ×   | × | ○   | ×    |          |     |   | やや強 |           |          | ○         |             | 近畿・北陸      |
| サチユタカ  | ○   | ×  | ×  | ×   | × | ×   | ×    |          |     |   | 強   | やや強       |          | ○         | 弱           | 近畿・中国      |
| タマホマレ  | ○   | ○  | ×  | ×   | × | ○   | ×    |          |     |   | やや強 | 弱         |          | ○         |             | 近畿・中国      |
| ことゆたか  | ○   | ○  | ×  | ×   | × | ○   | ×    |          |     |   | やや強 | 中         |          | ○         |             | 近畿         |
| フクユタカ  | ○   | ×  | ×  | ×   | × | ○   | ×    |          |     |   | 強   |           | 中        | ○         | 弱           | 東海・四国・九州   |
| むらゆたか  | ○   |    | ×  | ×   | × | ○   | ×    |          |     |   | 強   |           |          | ○         | 弱           | 九州         |
| 納豆小粒   | ○   | ×  | ×  | ×   | × | ×   | ×    |          |     |   | 強   |           |          | ○         |             | 関東         |
| コスズ    | ○   | ×  | ×  | ×   | × | ×   | ×    |          |     |   |     |           |          | ○         |             | 東北中部～北陸    |
| すずこまち  | ○   | ○  | ○  | ×   | × | ×   | ×    |          |     |   | 強   | 中         |          | ○         |             | 東山・関東北部    |
| すずおとめ  |     | ×  | ×  | ×   | × | ×   | ○    |          |     |   | 強   | やや弱       | 弱        | ○         | 弱           | 東海・九州      |
| すずかれん  |     |    |    | ×   | × |     |      |          |     |   | 強   | 弱         | 強        |           | やや強         | 九州         |
| すずかおり  | ○   | ○  | ○  | ×   | × | ○   |      |          |     |   | やや強 | やや強       |          |           |             | 東北中南部      |
| すずろまん  | ○   | ○  | ○  | ×   | × |     |      |          |     |   | 強   | 中         |          | ○         |             | 東北南部～東山    |
| すずほのか  | ○   | ○  | ○  | ×   | × |     |      |          |     |   | 強   | やや強       |          |           |             | 東北         |
| 丹波黒    | ×   | ×  | ×  | ×   | × | ×   | ×    |          |     |   |     |           |          | ○         |             | 近畿・中国・四国   |
| 玉大黒    | ○   | ○  | ○  | ×   | × | ×   |      |          |     |   |     | 中         |          | ○         |             | 東山・関東北部    |
| 華大黒    | ○   | ○  | ○  | ×   | × |     |      |          |     |   |     | やや弱       |          | ○         |             | 東北南部～東山・北陸 |
| クロダマル  |     |    |    |     |   |     |      |          |     |   |     | やや強       |          |           |             | 九州         |
| あやみどり  | ○   | ○  | ○  | ×   | × |     |      |          |     |   | 強   | やや弱       |          | ○         |             | 東北南部～東山・北陸 |
| キヨミドリ  |     |    | ×  | ×   | × | ×   | ×    |          |     |   | 中   | やや弱       |          | ○         |             | 九州         |
| 青丸くん   | ×   |    | ○  | ×   | × | ×   | ×    |          |     |   | やや強 | やや弱       |          | ×         |             | 東北中部       |

注1) 茎疫病的レース群のⅠはA,B,C,E、ⅡはD,F,G、ⅢはHを含む。

注2) ×は感受性、○は抵抗性を示す。いくつかのデータがある場合は弱を優先した。

注3) わい化病の抵抗性区分は今後見直される可能性がある。

注4) 空欄部分はデータなし。

注5) 紫斑病、立枯性病害は各品種の育成時における特性検定試験の結果を示した。



### 3 雑草に係るQ & A

#### Q 15 土壌処理剤の効果的な使用方法は？

A

##### 1. 土壌処理剤はどのようにして作用するのか？

土壌処理剤は、土壌表面に除草剤の処理層を均一に作って、そこから発生する雑草の茎葉基部や根から吸収され、光合成や脂質生合成などを阻害することで、除草効果を示します（図1）。土壌処理剤は、一般的に雑草の発生前に処理することで高い効果を発揮し、既に発生した雑草には効果が劣りますので、大豆の播種から雑草が発生するまでの数日間に処理します。

処理層における除草剤の濃度は、大気中への揮散、光や微生物などによる分解、土壌中の下方移行などにより、時間とともに徐々に低下します。その濃度がある程度以下になると、雑草の発生を抑えることができなくなります。雑草の発生を抑えることができる期間を「残効期間」と呼びます。

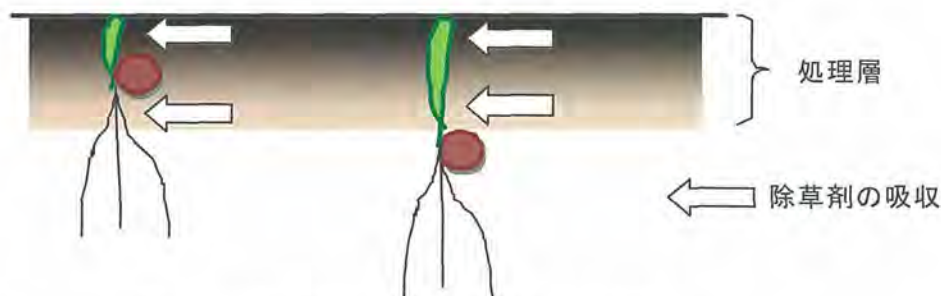


図1 土壌処理剤による処理層と吸収部位

雑草の生育には光が必要ですので、作物が繁茂することで雑草の生育を抑えることができます。大豆は畑作物の中では被覆力が強く、比較的速やかに繁茂し、群落内の相対照度が10%以下になるのに播種後2ヶ月前後です。後から発生する雑草が遅れて成長することを考えると、雑草害を防ぐには、播種後1ヶ月前後雑草の生育を抑えることが必要で、その期間を「除草必要期間」と呼びます。除草必要期間は、暖かい地域ほど、また栽植密度が高いほど短く、除草剤の残効期間は除草必要期間より長いことが求められます。

土壌処理剤に、狭畦栽培による除草必要期間の短縮や中耕培土による後発生雑草の防除を組み合わせれば、雑草をより効果的に防除できます。

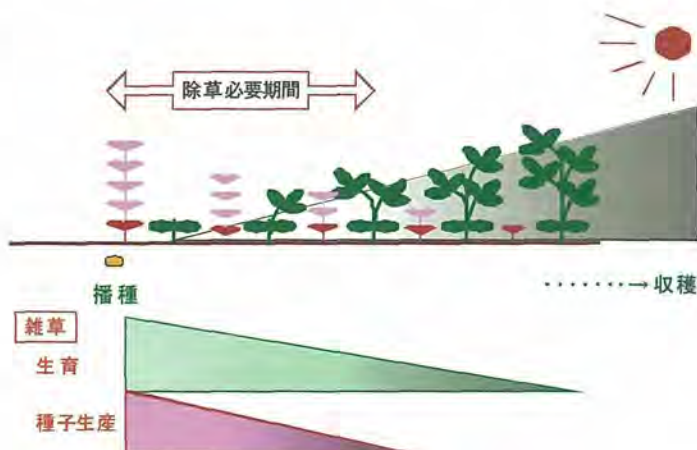


図2 大豆における必要除草期間



その場合、中耕培土は、土壌処理剤の残効が切れた後に行うのが適切です。

## 2. 効果に与える降雨や土壌水分の影響

土壌処理剤は、土壌中の水を介して雑草に吸収されて効果を発揮します。そのため、除草剤処理後に、土壌表面が湿る（土壌を握ると固めることができ、もめば崩れる程度）条件が一定期間続くことが望ましく、このような条件では処理層の除草剤濃度が高い時期に雑草の発生も多くなり、結果として高い除草効果を得ることができます。一方、土壌が処理後長期間乾燥すると、除草剤が雑草に吸収されにくく、また処理直後、除草剤が土壌に十分吸着しないうちに降雨があつたり、灌水したりすると、除草剤が土壌の下の方に移動しやすく、防除効果の低下や薬害の危険性があります。いずれの場合も、その影響の大きさは有効成分の種類や土壌の性質によって大きく異なります。

また、土壌の極端な乾燥や湿潤が続くと、大豆の生育不良や出芽率の低下によって被覆力が低下するので、雑草が繁茂しやすくなります。

以上のことから、排水性の悪い畑では畝立てなどにより排水性を良くし、乾燥しやすい畑では不耕起栽培や灌水などにより土壌水分を高く維持する工夫が必要です。

## 3. 有効成分と殺草スペクトル

土壌処理剤には、単独または複数の有効成分が含まれています。土壌処理剤は、一般に殺草スペクトルが広い（防除できる雑草種の数が多い）ものが多く、イネ科、広葉およびカヤツリグサ科雑草の全てが防除対象（適用草種）です。しかし、薬剤の種類によって効果が低い雑草種もあるので、容器に記されている適用草種や欄外の注意事項、パンフレットの記載事項などをよく確認して使用します。

また処理量を増やすと殺草スペクトルの幅も広がりますので、適用草種の中でも防除しにくい雑草が発生した場合は、ラベルに記載された使用量の範囲内で、処理量を増やすとよいでしょう。

## 4. 製剤と効果

大豆の土壌処理剤は、乳剤、（顆粒）水和剤、フロアブル等を水で希釈して処理する場合と、細粒剤を直接処理する場合があります\*。水で希釈して処理する場合は、均一散布は元より、周辺作物への飛散を防ぐためにも、適切なノズルと散布圧力を選定してください。土壌処理の場合は、比較的液滴サイズが大きめのノズルを選びます。散布圧力が高すぎると、液滴が土壌に落ちずに跳ねてしまいますので注意してください。一方、直接処理する場合は、均一散布が最も重要です。その後除草剤の均一な処理層を作るために、ある程度の土壌水分を確保する必要があります。

いずれの場合も、碎土率が高い条件ほど除草効果は安定します。適当な土壌水分の時に耕起するか、土壌水分が高い場合は、一度荒く起こして土壌を乾燥しやすくしてから、再度耕起することで碎土性を高めます。

（與語靖洋）

\*：農薬の使用に当たっては最新の農薬使用基準を参照すること。

### <参考文献>

- 1) 平成 16 年度都道府県農業関係研究員等専門研修「耕地雑草の生態と防除研究に関する研修」テキスト、（独）農業・生物系特定産業技術研究機構



Q

16

中耕培土と生育期茎葉処理剤の処理適期は？  
また、降雨等で中耕作業が遅れた場合の対処法は？

A

### 1. 中耕培土と生育期茎葉処理剤のどちらを選んだら良いか？

中耕培土は、除草効果だけでなく排水対策や大豆の倒伏防止、根系の発達など、大豆栽培上の様々な効果を期待して実施されています。これに対して生育期茎葉処理剤は、大豆の生育期に発生・生育している雑草の防除に用います。ですから、生育期茎葉処理剤が中耕培土の代わりとなるのは除草作業という部分だけであることを常に考慮してください。例えば、重粘土で排水対策のために中耕培土が欠かせない地域などでは、降雨等で中耕作業が遅れた場合でも、天候回復後にまず生育期茎葉処理剤で除草を行っておき、さらに畑が乾いて作業機の走行が可能になったら、なるべく早めに中耕培土を実施するようにしてください。

### 2. 中耕培土の作業適期と除草効果

#### (1) 作業適期

除草を目的とした中耕培土は、大豆の出芽後、雑草が発生したらなるべく早めに行うのが効果的です。特に、播種前に発生していた雑草の処理（非選択性除草剤による枯殺や耕耘による埋没）が不十分な場合や、播種後の土壌処理剤が散布されていない畑では、最初の中耕時期は早めに設定します。その後は、雑草の発生状況を見て、通常は1～2回行います。雑草が大きくなりすぎると、中耕培土でも完全には枯れずに再生育してしまう場合があるので注意しましょう。また、中耕培土の時期が遅くなると、切断される根の量が多くなって大豆の生育に悪影響を及ぼすので、最後の中耕培土は大豆の開花期頃が目安となります。

#### (2) 除草効果

中耕培土は、畦間に発生している雑草を引き抜き、切断し、埋没させる中耕と、主に株間雑草（大豆の株際に発生している雑草）に土を被せて埋没させる培土とを合わせたものですが、一般的に畦間雑草に対する除草効果は高いものの、株間雑草に対する効果は劣ります。表1はその一例です。

表1 中耕培土による除草効果の一例

| 雑草の種類 | 除草効果(%) |       |
|-------|---------|-------|
|       | 畝間中央    | 株 間   |
| アサガオ類 | 100     | 0～10  |
| ホオズキ類 | 90～100  | 40～80 |

試験は2007年に九州沖縄農業研究センターで実施した。7月12日に大豆「フクユタカ」と雑草を播種した。播種後27日目に中耕培土した。

雑草の種類によっても除草効果に差がみられ、アサガオのような「つる性」のものやイネ科雑草などの「そう生」する雑草に対しては培土の効果は劣る傾向があります。

また、土壌が比較的乾燥している条件で除草効果が高まるので、好天時を見計らって実施することも大切です。特に、湿害を受けやすい場所では碎土性が劣ることから、中耕の効果が出にくいいため、湿害対策を十分に行ってください。

### 3. 生育期茎葉処理剤の散布時期と除草効果

#### (1) 生育期茎葉処理剤の種類

大豆栽培で用いられる生育期茎葉処理剤は大きく3種類に分けられます。畑全面に散布



除草剤もある)に散布する③非選択性除草剤です。この内、イネ科雑草対象剤は広葉雑草やカヤツリグサ科雑草に対して効果がなく、広葉雑草対象剤はイネ科雑草に対する効果がないので、畑に発生している雑草の種類を確認して使用する除草剤を選定しましょう。畑にメヒシバやノビエなどのイネ科雑草と、タデ類やアメリカセンダングサなどの広葉雑草が共に発生している場合には、イネ科雑草対象剤と広葉雑草対象剤を体系で使用するか、非選択性除草剤の畦間処理(一部畦間・株間処理)を利用することになります。広葉雑草対象剤であるベンタゾン液剤の使用法についてはⅡ・3の「Q 18 ベンタゾン液剤(大豆バサグラン液剤)を使う時に注意すべき点は?」の項目、また、非選択性除草剤の畦間処理法については、Ⅱ・3の「Q 21 生育期における省力的で効果的な除草剤の畦間・株間処理法は?」の項目を参照してください。ここではイネ科雑草対象剤について説明します。

## (2) イネ科雑草対象剤の処理時期と除草効果

イネ科雑草対象剤の使用可能時期は除草剤の種類だけでなく、適用地帯や10アール当たり使用量などによっても異なります。除草剤の種類ごとにイネ科雑草の3葉期～10葉期まで(一部の地域は8葉期まで)の処理晩限が設定されています。大豆の収穫30～60日前まで(期間は除草剤の種類によって異なります)使用可能な除草剤は、中耕培土の適期を越えて雑草が残っている場合にも使用することができます。ただし、雑草が大きくなりすぎると効果が低下したり、大豆の繁茂によって散布薬液がかかりにくくなったりするので、散布適期を逃さないように注意しましょう。

使用する除草剤の種類は、適用雑草、使用時期、適用地帯、使用回数などによって選定することになりますが、同じ除草剤であっても、イネ科雑草の3～5葉期での処理と8～10葉期程度の高葉齢での処理とで10アール当たりの使用薬量や希釈水量が異なる場合がありますので注意が必要です。使用に際してはラベルに記載された使用量や適用地帯等の項目を確認して適正に処理するとともに、最新の登録情報を得るように心がけてください。

図1のa)はイネ科雑草対象剤を使用した試験の一例です。A剤、B剤ともにイネ科雑草に対する高い除草効果が示されています。しかしながら、効果がない広葉雑草は逆に若干増えてしまっています。この時は大豆の生育・収量に問題はありませんでしたが、広葉雑草の割合がさらに多い畑では何らかの対策が必要となります。

## (3) 狭畦栽培での効果向上

大豆を播種する条間を慣行栽培よりも狭めた狭畦栽培では、早期に大豆が繁茂するので、

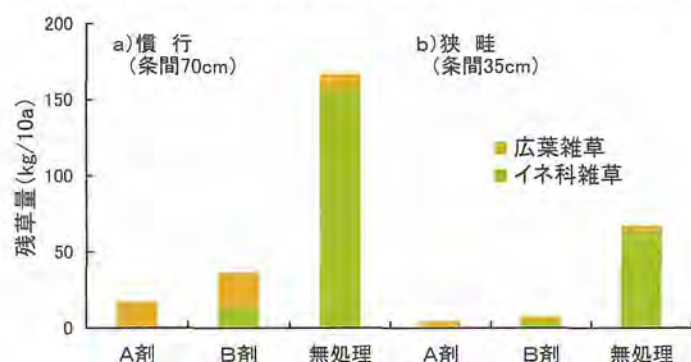


図1 イネ科雑草対象剤による除草効果の一例

試験は2003年に九州沖縄農業研究センターで実施した。7月9日に大豆「サチユタカ」を播種し、イネ科雑草の3～4葉期にA剤及びB剤のイネ科雑草対象剤を処理した。残草量は播種後51日目に調査した。

必要除草期間が慣行栽培よりも短くなるとともに、除草剤の効果も高まっています(図1参照)。狭畦栽培では中耕培土ができないなどのデメリットもありますが、雑草の多い畑や中耕培土がしにくい条件の畑などでは雑草の抑制に有効な栽培法となります。

(住吉正)



Q

## 17 不耕起播種栽培での効果的雑草防除法は？

A

## 1. 不耕起栽培と不耕起播種栽培

畑作物の不耕起栽培は、土壌の浸食防止、地力の維持、省力・低コストなどの利点があるため、海外では、以前から広く普及している技術です。不耕起栽培は環境保全技術としての側面があり、長期にわたる連年不耕起管理が一般的です。他方、我が国においては、転作田の二毛作大豆に、不耕起播種技術の省力・低コスト性や作業が降雨に影響されにくいといった利点を生かそうと、不耕起播種栽培技術の開発が行われました。つまり大豆の不耕起播種栽培は、海外で一般的な不耕起栽培とは似て非なる、連年不耕起管理を前提としない、我が国独自の比較的新しい栽培技術なのです。このため、そこでの雑草発生の特徴や、それに対応した効果的雑草防除法については、十分な研究蓄積が有るとは言えませんが、ここでは既往の知見を基に、不耕起播種栽培の作業手順（図1）に沿って雑草防除のポイントを解説します。なお不耕起播種栽培は、一層の省力化を目的に、無中耕・無培土栽培とセットで導入されることが多く、その場合は条間を慣行栽培の半分程度とする「狭畦」の採用が薦められています。ここでも転作田における二毛作大豆の狭畦不耕起播種—無中耕・無培土栽培を念頭に解説を行います。

## 2. 雑草防除以前の事

前述のとおり不耕起播種栽培では狭畦の採用が薦められていますが、これは条間を狭めることで大豆の植被の完成を早め、大豆自体の遮光による雑草抑制効果を積極的に活用しようとするものです。このため狭畦不耕起播種栽培では、目標苗立ち数を慣行栽培よりも2～3割程度多くする「密植栽培」が一般的ですが、たとえ密植栽培を採用したとしても、大豆の苗立ちや生育量が劣ってしまうと期待通りの抑草効果は得られません。圃場の排水対策を徹底し湿害の回避につとめるなどして、大豆を健全に育てることが何よりも重要なポイントとなります。

## 3. 播種前雑草の防除

不耕起播種栽培では、大豆播種前の耕起作業が省略されるため、播種以前に生えていた雑草植生が破壊されずに残ることとなります。こうした播種前の雑草は、グリホサート剤などの非選択性茎葉処理剤により確実に防除することが必須です\*。これらの除草剤の中には、播種後出芽前に使用できるものもあります。ただし、播種後散布では、播種時に土で覆われた雑草に対しては茎葉処理剤の効果が劣る場合があります。

## 4. 播種直後に発生する雑草の防除

不耕起播種栽培でも播種後の土壌処理除草剤が有効な防除手段であることに変わりはありません。しかし不耕起播種栽培では、焼却処分や搬出を行わない限り、麦わらなどの前作残さが土面を被っているのが普通です。こうした残さの存在は、雑草の発生および除草剤の効果発現の両方に様々な形で影響を及ぼします。

残さのマルチ効果により、一般に雑草の発生量は抑制されます。これには地表面への光の遮断、地表面の温度変化の緩和などにより、種子の休眠覚醒が進まず発芽数が減少することが主な要因と考えられています。これ以外に、雑草の生育に対する物理的な抑制効果や、残さからの浸出物による化学的抑制効果（アレロパシー）が働いているとの報告もあ



りますが、小麦わらの場合、一旦発芽した雑草に対する生育抑制効果は高くないようです。

残さは、雑草の発生を抑制する一方で、散布された除草剤の土面への到達を妨げます。液剤の場合、散布された除草剤のスプレー粒子の90%以上は残さに捕らえられて、除草剤成分もほんの数%しか土壌に到達できません。しかし、ジメテナミド・リニュロン乳剤、ベンチオカーブ・ペンディメタリン・リニュロン乳剤、プロメトリン・メトラクロール水和剤、トリフルラリン乳剤、アラクロール乳剤、リニュロン水和剤など、大豆栽培で広く使用されている除草剤は、残さが土面を被っている条件下でも極端な除草効果の低下はなく、有効な防除手段となります。他方、特定の除草剤－CAT剤およびDCMU剤－では、除草効果が極端に低下するため、不耕起播種栽培では使用を避けるべきです。反対に、残さの存在下で除草剤の効果が向上するとの報告もありますが、こうした残さと除草剤の相互作用については、発現条件、草種ごとの反応など、まだ十分に解明が進んでいないのが現状です。

不耕起播種栽培においても、播種直後の雑草防除では土壌処理剤が主役であることは慣行栽培と変わりません。しかし前作残さが土面を被覆する条件下では特定の土壌処理剤の効果が劣ることには留意が必要です。

## 5. 生育期の雑草管理

生育期の雑草管理は、中耕・培土を行わないという点を除けば、慣行栽培と大きく変わる点はありません。必要に応じて茎葉処理除草剤の散布と手取り除草を行うこととなります。ただし狭畦の場合、大豆の植被形成が慣行栽培に比べて早いことから、茎葉処理除草剤の散布を早めに行うか、吊下げノズルなどを用いて大豆の植被下に散布するなどして茎葉処理除草剤を雑草に十分付着させることが重要です。

## 6. 収穫後の雑草管理

不耕起播種大豆を連作する場合には、冬作作付時の耕起

(以下、秋耕)の有無によって翌年の大豆作における雑草発生量が変わってきます。秋耕を行うと、土面に集積した雑草種子が耕土全体に希釈され、翌年の発生量が1/5～1/3に減少した事例があります。もちろん圃場に雑草種子をできるだけ落とさない管理が重要なのは慣行栽培と同様

ですが、特に雑草種子を多量に落としてしまった場合、秋耕は雑草発生量の抑制に有効な手段となります。なお秋耕は土壌空隙率の上昇などを通じて翌年の大豆の生育にもプラスの効果が見られます。

(中山壮一)

\*：農薬の使用に当たっては最新の農薬使用基準を参照すること。

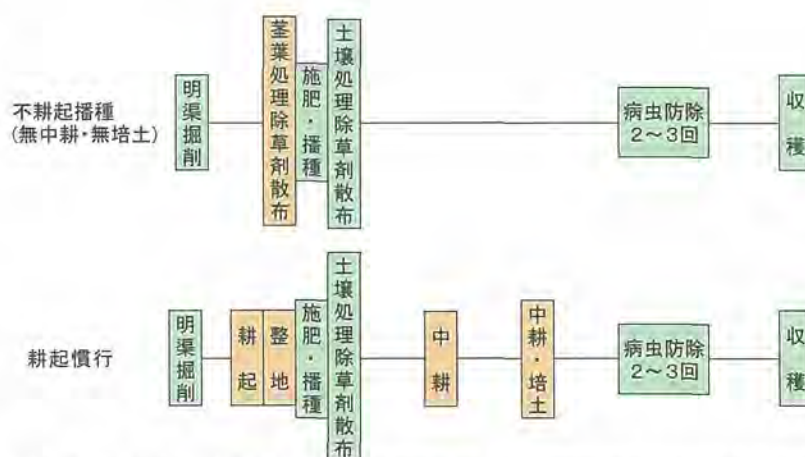


図1 不耕起播種栽培と慣行栽培の作業体系の比較: 共に一般的と考えられる作業体系を示した。この他に生育期に茎葉処理剤散布および手取り除草が必要となる場合がある。





## 18 ベンタゾン液剤（大豆バサグラン液剤）を使う時に注意すべき点は？



ベンタゾン液剤(大豆バサグラン液剤)は、大豆生育期に使用する茎葉処理除草剤です\*。多年生雑草を含む多くの広葉・カヤツリグサ科雑草に有効ですが、雑草の種類によっては効果が低くなる場合があります。また、大豆品種や気象条件によって著しい薬害が生じる場合もあります。2009 年 9 月、大豆生育期の畦間雑草茎葉散布という使用方法が適用拡大しました。下記の 1～5 の事項に注意して、有効かつ安全に使用して下さい。

### 1. 良く効く雑草・効かない雑草

ベンタゾン液剤の除草効果が高い草種は、イヌタデ、ハルタデ、オオイヌタデ（タデ科）、アメリカセンダングサ、オナモミ、タカサブロウ（キク科）、スベリヒユ（スベリヒユ科）、イヌガラシ、スカシタゴボウ（アブラナ科）、カヤツリグサ（カヤツリグサ科）、ハコベ（ナデシコ科）、イチビ（アオイ科）などです。一方、除草効果の劣る草種は、イヌビユ、ホソアオゲイトウ、ハリビユ（ヒユ科）、シロザ（アカザ科）、エノキグサ（トウダイグサ科）、マメアサガオ、マルバアメリカアサガオ、（ヒルガオ科）、ツユクサ（ツユクサ科）、オオイヌホオズキ、ヒロハフウリンホオズキ（ナス科）などです（表1）。一般に薬量の高い畦間雑草散布で除草効果の高まる傾向がありますが、草種で効果が異なるため、それぞれの圃場に発生する雑草の種類と優占の度合いを把握したうえでベンタゾン液剤使用の適否を判断する必要があります。また、効果が高いとされる草種についても所定の薬量を越えると効果が低下しますので、雑草の 3～6 葉期までに処理を行います。

### 2. どんな場合に薬害が生じるか

ベンタゾン液剤は処理によって大豆の葉に初期薬害を生じることがあります。ただし、薬害の程度とその回復は品種によって大きく異なります（図 1）。主な薬害症状は処理時に完全展開していた葉では色抜け（緑色の淡色化）、斑点、黄化、褐変など、処理時に展開開始めの上位葉では色抜け、縮葉などです。これらの初期薬害は多くの品種において一過性であり、処理後に抽出した葉には通常影響がありません。しかし、一部の品種では落葉するなどの強い薬害が生じ、生育の回復が遅れ、着莢数の減少により収量が低下する場合があります。このため、栽培する品種の薬害程度を十分に把握したうえで雑草害の状況を勘案し、使用の適否を判断する必要があります。試験事例が無く、薬害程度が不明な品種への使用は避けます。薬害と処理時期との関係では、大豆 5～7 葉期処理に比べて早期の大豆 2～3 葉期処理で薬害を強く生じる傾向があります。

掛け合わせ部分で薬剤が重複散布されると薬害は助長されます。また、フェーン現象時などのように高温で日射が強く蒸散が盛んな場合や低温・湿害・病虫害・肥料不足などにより大豆の生育が不良な場合には薬害が助長されますので使用を避けます。薬害程度の強い品種であるタチノタカでは 2～3 葉期処理後に日照時間・日射量が多い場合、処理 3 週間後の生育量が 60%以上抑制され、25%以上の減収となった事例があります。

一般に、薬害回避を重視する場合は曇天時に低薬量（100 ml /10a）で処理し、除草効果を重視する場合は晴天時に高薬量（150 ml /10a）で処理するなど、品種の薬害程度・発生草種・気象条件を総合的に考慮して処理時期・薬量を設定します。



### 3. イネ科剤と組合せて使う場合は

ベンタゾン液剤とイネ科雑草茎葉処理剤（テブラロキシジム乳剤、フルアジホップP乳剤、セトキシジム乳剤、クレトジム乳剤、キザロホップエチル水和剤）との混用試験において多くの場合、薬害の助長は認められませんが、イネ科雑草への効果が若干低下し、薬害が助長された事例も数例あります。混用についての効果・薬害・作業者の安全性が十分に把握されていないことから、圃場にイネ科雑草が混在する場合は有効な除草剤との体系処理で使用します。

### 4. 殺虫剤・殺菌剤・展着剤と組合せて使う場合は

播種時に処理する有機リン系殺虫剤エチルチオメトン粒剤およびジメトエート粒剤との組合せ処理では、ベンタゾン液剤単独処理に比べて薬害が強く生じた事例がありますので、留意して下さい。

殺虫剤 MEP 乳剤との混用・近接散布では、薬害程度の強い品種（タチユタカ）で薬害が助長された事例がありますので、混用は避けて、散布間隔を7日以上あけます。

殺虫剤（エトフェンプロックス乳剤など）、殺菌剤（アゾキシストロビン水和剤、チオファネートメチル水和剤、イミノクタジンアルベシル酸塩水和剤など）との混用では、ベンタゾン液剤単独処理に比べて薬害が強く生じた事例がありますので、これらの剤との混用は避けて、散布間隔を3日以上あけます。

薬害が助長されるので、展着剤は加用しません。

### 5. 畦間雑草茎葉散布をする場合は

畦間散布の薬量は 300～500ml/10a であり、全面散布よりも高く設定されています。畦間散布では薬液が大豆に飛散しないように、飛散防止カバーを使用したり、ノズルの位置を調整したりして散布して下さい。ベンタゾンを含む農薬の総使用回数は2回以内となりましたが、畦間処理は1回以内です。アカザ科、ヒユ科の雑草などに対しては畦間雑草茎葉散布で除草効果が高まりますが、エノキグサなどのトウダイグサ科の雑草に対しては畦間雑草茎葉散布でも効果は劣りますので、圃場に発生する雑草の種類を把握した上で、ベンタゾン液剤を有効に使用して下さい。

（澁谷知子・橘雅明）

\*：農薬の使用に当たっては最新の農薬使用基準を参照すること。



表1 ベンタゾン剤（大豆バサグラン液剤）の殺草効果

| 科名     | 雑草名         | 雑草茎葉散布 | 畦間雑草茎葉散布 | 科名      | 雑草名         | 雑草茎葉散布 | 畦間雑草茎葉散布 |
|--------|-------------|--------|----------|---------|-------------|--------|----------|
| タデ科    | アメリカサナエタデ   | ○      | ○        | カヤツリグサ科 | カヤツリグサ      | ○      | ○        |
|        | イヌタデ        | ○      | ○        | アカネ科    | ヤエムグラ       | ○～○    | —        |
|        | エゾノギシギシ     | ○      | ○        | ヒユ科     | アオゲイトウ      | △      | ○～○      |
|        | オオイヌタデ      | ○      | ○        |         | イヌビユ        | △      | ○～○      |
|        | オオハルタデ      | ○      | ○        |         | ハリビユ        | △      | —        |
|        | ソバカズラ       | ○      | ○        |         | ホソアオゲイトウ    | △      | ○～○      |
|        | タニソバ        | △      | ○～○      |         | ホソバツルノゲイトウ  | ○～△    | —        |
|        | ハルタデ        | ○      | ○        |         | ホナガイヌビユ     | ○～△    | ○～○      |
| キク科    | ヤナギタデ       | ○      | ○        | ゴマノハグサ科 | アゼナ         | ○      | ○        |
|        | アメリカセンダングサ  | ○      | ○        | ヒルガオ科   | オオイヌノフグリ    | △      | —        |
|        | アメリカカタカサブロウ | ○      | ○        |         | ホシアサガオ      | △～×    | △～×      |
|        | アレチノギク      | ○      | ○        |         | マメアサガオ      | ○～△    | ○～△      |
|        | イヌカミツレ      | ○～○    | ○        |         | マルバアサガオ     | ○～△    | —        |
|        | オオオナモミ      | ○      | ○        |         | マルバアメリカアサガオ | △～×    | ○～△      |
|        | オナモミ        | ○      | ○        |         | マルバルコウ      | ○～△    | ○        |
|        | タカサブロウ      | ○～○    | ○        | アカザ科    | アカザ         | △      | ○～○      |
|        | トキンソウ       | ○      | ○        |         | ゴウシュウアリタソウ  | △      | —        |
|        | ナタネタヒラコ     | ○      | ○        |         | シロザ         | △      | ○～○      |
|        | ノゲシ         | △      | —        | ツユクサ科   | ツユクサ        | △      | △～○      |
|        | ノボロギク       | ○      | ○        | ナス科     | イヌホオズキ      | ○～△    | ○～○      |
|        | ハキダメギク      | △      | ○～△      |         | オオイヌホオズキ    | △～×    | △～×      |
|        | ヒメジョオン      | ○      | ○        |         | ヒロハフウリンホオズキ | △～×    | —        |
|        | ヒメムカシヨモギ    | ○      | ○        |         | ホソバフウリンホオズキ | ○～△    | —        |
|        | ブタクサ        | ○      | —        | トウダイグサ科 | エノキグサ       | △～×    | △～×      |
| スベリヒユ科 | スベリヒユ       | ○      | ○        |         | オオニシキソウ     | ×      | —        |
| アブラナ科  | イヌガラシ       | ○      | ○        |         | コニシキソウ      | △～×    | —        |
|        | スカシタゴボウ     | ○      | ○        | シン科     | ニシキソウ       | △～×    | —        |
|        | タネツケバナ      | ○      | ○        |         | ホトケノザ       | △      | —        |
|        | ナズナ         | ○      | ○        | クワ科     | クワクサ        | △～×    | —        |
| ナデシコ科  | オランダミミナグサ   | ○      | ○        | ザクロソウ科  | ザクロソウ       | △～×    | —        |
|        | ノミノフスマ      | ○      | ○        | マメ科     | カラスノエンドウ    | △      | —        |
|        | ハコベ         | ○      | ○        |         | クサネム        | △      | ○～△      |
| アオイ科   | イチビ         | ○      | ○        |         | ツルマメ        | △～×    | —        |
| ムラサキ科  | キュウリグサ      | ○      | ○        | イネ科雑草   | —           | ×      | ×        |
|        | ハナイバナ       | ○      | ○        |         |             |        |          |

注1 ◎：よく効く ○：効く △：劣る ×：効かない —：事例なし

注2 薬量：雑草茎葉散布 100～150ml/10a 畦間雑草茎葉散布 300～500ml/10a

注3 処理時期：雑草生育初期～6葉期まで

（出所）BASFジャパン株式会社（2010）「大豆バサグラン液剤技術資料 ver.3」





図1 ベンタゾン液剤（大豆バサグラン液剤）の試験事例からみた品種別薬害程度

\*：10%以上の減収となった報告事例がある品種

公的試験またはそれに準じる試験事例から作成（1989～2008年）

薬量：100～150ml/10a，処理時期：大豆2葉期～開花期

（出所）BASF ジャパン株式会社（2010）「大豆バサグラン液剤技術資料 ver.3」



Q

19

注意すべき雑草種は？  
また、その対処方法は？

A

### 1. 大豆畑の問題雑草

大豆畑に発生する主要雑草は、従来は、ヒエ類、メヒシバ、タデ類、シロザ、スベリヒユ等で、転換畑で排水が不良な場合にはカヤツリグサ、タカサブロウなどでした。

近年ではこれらの雑草種に加えて、ホソアオゲイトウ（写真1）やホナガイヌビユなどのヒユ類、アメリカセンダングサ、オオオナモミ（写真2）、アサガオ類（写真3）、ナス科のイヌホオズキ類（写真4）やホオズキ類（写真5）、ウリ科のアレチウリ（写真6）、などが発生し、問題となっています。また、マメ科のアメリカツノクサネム（写真7）やエビスグサ（写真8）の発生が確認されています。

これらの近年問題となっている雑草のほとんどは、外国から日本に侵入してきた雑草（帰化雑草）で、アレチウリは特定外来生物に指定されています。防除法が確立されていないものが多いため、侵入前から警戒し、まん延防止のために侵入初期に徹底的に防除する必要があります。

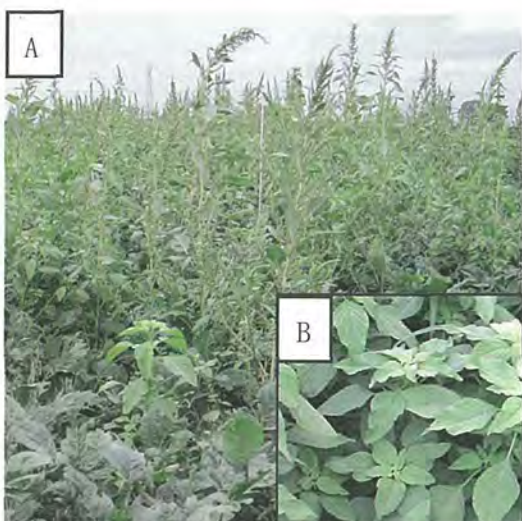


写真1 大豆畑に侵入したホソアオゲイトウ  
A：生育後期 B：生育中期

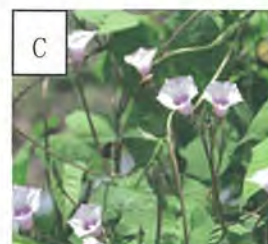


写真3 5種類の帰化アサガオ類

A：マルバルコウ

B：マメアサガオ C：ホシアサガオ

D：マルバアメリカアサガオ

E：マルバアサガオ



写真2 大豆畑に侵入した  
オオオナモミ



## 2. 帰化雑草の侵入経路

帰化雑草は先に飼料畑で問題となりましたが、今では大豆畑でもたくさん見られるようになってしまいました。

輸入飼料には外国で防除されなかった雑草の種子が混入しており、飼料の輸入量が増加するにつれて帰化雑草の侵入も多くなったと考えられます。飼料と一緒に家畜の体内に入った雑草の種子はほとんどが死滅せずに排泄されます。雑草種子は湿潤条件で加温されると死滅します。最高温度が 60℃以上になる堆きゅう肥では、その中に含まれる雑草種子がほとんど死滅することが確認されているので、圃場への侵入を遮断するためには、完熟した堆きゅう肥の使用を徹底することが重要です。未熟な堆きゅう肥を使用したことによって外国からの雑草の種子が圃場に侵入したと考えられています。

## 3. 注意すべき雑草種の特徴

ここにあげた帰化雑草は、いずれも大きな被害をもたらすものですが、①大型草種のため光や養分の競合により減収をもたらすもの、②つる性のため防除作業の妨げとなって後発生のものが大豆を覆いつくして壊滅的被害をもたらすもの、③大豆の収穫期まで生育が旺盛で葉や果実が汚損粒の原因となるものなど、被害の種類はそれぞれの種類によって異なります。

たとえばホソアオゲイトウやアメリカツノクサネムは 1.5m 以上の大型草種で、アメリカツノクサネムでは 4 m にもなることがあります。これら大型の雑草種がまん延すると、大豆の生育が極端に妨げられ大幅な減収をもたらします。帰化アサガオ類やアレチウリはつる性で、後発生したものも大豆の上に這い上がって覆ってしまいます。さらにつるとつるが絡み合って、最終的に大豆を押しつぶしてしまうため、収穫不能になるケースが見られます。イヌホオズキ類やホオズキ類は、後発生し



写真4 オオイヌホオズキ（完熟果実は暗紫色）



写真5 ヒロハフウリンホオズキ



写真6 大豆畑を覆うアレチウリ



写真7 アメリカツノクサネム



写真8 エビスグサ



た個体が大豆の収穫期でも生育旺盛で、収穫の際に茎葉や果実の汁液により汚損粒の原因となります。

#### 4. まん延防止のための圃場周辺管理

これらの問題雑草は大豆畑に侵入する前に圃場周辺で繁茂していることが多いので、まず警戒すべき雑草種を知り、圃場周辺の防除を徹底し、種子を増やさないこと、大豆畑に侵入させないことが重要です。

圃場周辺では草刈り機による機械的防除や非選択性茎葉処理剤による化学的防除による管理が可能ですので、雑草が種子を作る前にタイミングよく防除します。花が咲いたものを刈り取って放置すると種子が後熟するので、圃場周辺に放置することなく適切に処理します。図1にアサガオ類の種子生産を防止する防除時期の模式図を示しました。発生時期が長いので、少なくとも3回防除をする必要があります。

また、これらの雑草は水稻作においては問題にならないことが多いため、水田畦畔や水稻刈り後に生育していても見過ごしてしまうことも考えられます。水稻と大豆を輪作している圃場が多いので、輪作体系の中で連携して防除する必要があります。

#### 5. 大豆畑内の防除体系

大豆畑の雑草防除体系は、播種前に生育していた雑草の枯殺（耕起あるいは非選択性茎葉処理剤処理）、播種後出芽前の土壌処理剤処理、生育期中耕培土あるいは茎葉処理剤処理の組合せが基本となります。除草剤の使用にあたっては有効成分の対象草種をみて、適切なものを選択します（Ⅱ・3のQ15、16 参照）\*。中耕培土は実施する時期が重要です（Ⅱ・3のQ16 参照）。この他、畦間のみあるいは畦間・株間に除草剤を処理する方法（Ⅱ・3のQ21 参照）もあります。いずれの防除法も、大豆が生育して畦間や株間を覆うまでに行えば、その後は大豆の光を遮る力によって雑草が生育できなくなります。

たとえ雑草の種子が圃場に侵入しても、一般的な雑草防除技術で防除できる雑草であれば、問題にならないでしょう。ところが、ここにあげた問題雑草はいずれも種子繁殖する広葉雑草で、①土壌処理剤が効きにくい、②広葉雑草対象茎葉処理剤（ベンタゾン液剤、Ⅱ・3のQ18 参照）が効きにくい、③出芽期間が長くて中耕後などでも後発生しやすい、といった防除困難な性質をいくつか持っています。たとえば、ヒユ類のホソアオゲイトウはベンタゾン液剤があまり効きません。アサガオ類とアレチウリは種子や幼植物が大きいので、ベンタゾン液剤の効果が低いだけでなく、土壌処理

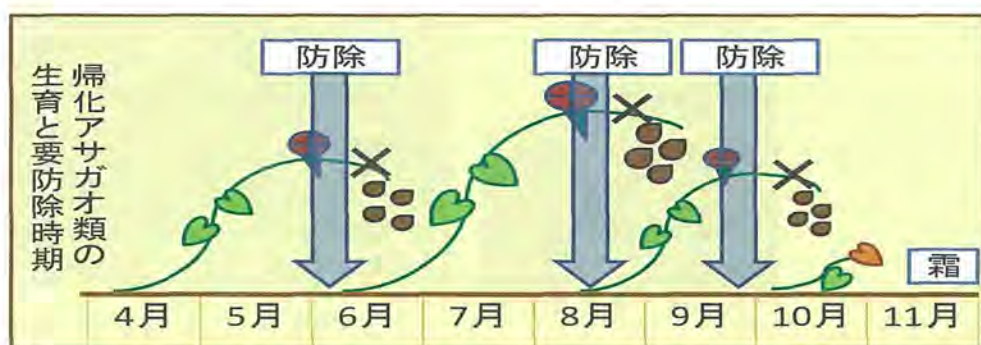


図1 圃場周辺における帰化アサガオ類の種子生産を防止するための要防除時期



剤も効きにくい特徴があります。また出芽期間が長くつる性のため、中耕後の後発生も問題となります。ナス科のイヌホオズキ類やホオズキ類はトリフルラリン剤が効きにくく、後発生のものが大豆収穫期まで生育旺盛なため汚粒の原因となります。アメリカツノクサネムやエビスグサは大豆と同じマメ科ですので、大豆に害がなくてこれらだけを枯らす選択性のある除草剤の開発は難しいと考えられます。それらの特徴を踏まえて、以下にそれぞれの防除のポイントを示します。

ヒユ類は、土壌処理剤がよく効くので、出芽前の防除が主体になります。リニュロン水和剤の畦間・株間処理も有効です。ベンタゾン液剤は低薬量では効果が劣るので、畦間処理がすすめられています。

イヌホオズキ類やホオズキ類はトリフルラリンがあまり効かないのですが、リニュロンがよく効くので、効果の高い成分を含んだ土壌処理剤を使用します。後発生にはリニュロン水和剤の畦間・株間処理が有効です。これらのナス科の雑草はベンタゾン液剤が効きにくい種が多く注意が必要です。

アサガオ類はつるになると機械除草も困難となるため、大豆畑では大豆が畦間・株間を覆うまでにつるにならないように防除する必要があります。アサガオ類は条件が良いと2～3週間ですつるになるので、2～3週間ごとに防除する必要があります。大豆作でとりうる防除手段として、大豆播種と同時に出芽したものに対しては小さいうち（3葉期位）に、大豆が2葉期になったらすぐにベンタゾン液剤を散布します。次にその後に出芽したものに対して、中耕培土や非選択性茎葉処理剤の畦間処理等を行い、必要に応じて繰り返して防除します。非選択性茎葉処理剤の一つであるグルホシネート液剤は大豆の5葉期以降に株間処理できるように登録拡大（2011年10月12日）されましたので、大豆の本葉にかからないように畦間・株間に処理すると有効と考えられます。ベンタゾン液剤散布の効果が見込まれない場合は（種や葉齢）、すみやかに中耕培土や非選択性茎葉処理剤の畦間処理等を行う必要があります。

アレチウリはベンタゾン液剤の効果が低いこと、中耕培土でも株間に発生したものを枯殺できないこと、さらに非選択性茎葉処理剤の畦間処理に効果の高いタイミングが解明されていないことから、現在ではまん延した圃場での防除技術が確立されていません。発生本数が少ないうちに種子を生産する前に手取り除草によって徹底防除し、まん延を防ぐ必要があります。同様に、アメリカツノクサネムやエビスグサなどのマメ科雑草についても防除技術が確立されていないことから、発生本数が少ないうちに徹底防除し、まん延を防ぐことが重要です。

このような問題雑草の大豆畑への侵入・まん延を防ぐには、生きた雑草種子を含まない堆きゅう肥の投入、警戒情報の共有化、畦畔等の圃場周辺域の雑草防除、侵入初期に取りうる雑草防除手段を組み合わせた徹底防除が重要と考えられます。これらは地域全体で取り組む必要があり、その体制作りが重要です。

（澁谷知子・黒川俊二）

\*：農薬の使用に当たっては最新の農薬使用基準を参照すること。

<参考文献>

- 1) 清水矩宏、森田弘彦、廣田伸七（2001）「日本帰化植物写真図鑑」全国農村教育協会



Q

20 大豆作雑草の幼植物の見分け方は？

A

大豆作の主な雑草の幼植物とその特徴を解説しました。

- ・細葉（イネ科、カヤツリグサ科）と広葉
- ・葉の付き方：対生（2枚ずつ対で出る）と互生（互い違いに出る）
- ・葉の形：単葉（1枚の葉が1枚の葉身）と複葉（1枚の葉が深く切れ込んで2枚以上の葉身になる）

葉の縁の鋸歯（ギザギザ）や、毛の有無などが識別点になります。

### 1. イネ科雑草

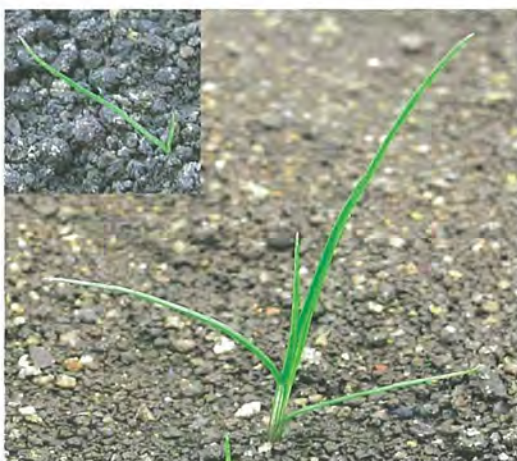


イヌビエ：植物体全体に毛がない。



メヒシバ：葉鞘、葉身に軟毛が密に生え、葉の縁が波打つ。イヌビエに比べて葉が幅広い。

### 2. カヤツリグサ類



カヤツリグサ（カヤツリグサ科）：葉身は細く、茎断面は三角形。近縁種にコゴメガヤツリ、水田転換畑に多い。幼植物での区別は難しい。

### 3. 広葉雑草



スベリヒユ（スベリヒユ科）：子葉は長だ円形で赤紫色。葉は始め対生で多肉質。茎は赤紫色。植物体全体が無毛。

Ⅱ-3

雑草に係るQ&amp;A





アメリカセンダングサ (キク科) : 子葉は長いへら形、第1対生葉は3出複葉、第2対生葉は5出複葉、小葉の縁にはあらい鋸歯がある。



オオイヌタデ (タデ科) : 葉は互生で細長いだ円形、基部はくさび形で葉柄の基部は鞘ようになる(托葉鞘)。その他大豆畑に生えるタデ類としてイヌタデ、ハルタデ、ヤナギタデがある。



シロザ (アカザ科) : 幼植物では葉は対生で三角形に近く、縁は鋸歯がある。葉面は白い粉を吹いたようになる。



ホソアオゲイトウ (ヒユ科) : 子葉は細長いだ円形、中央脈が見える。本葉は互生、卵形～ひし状卵形で縁が波打ち、葉の裏、葉柄に短い毛が生える。他に大豆畑に生えるヒユ類にはイヌビユ、ホナガイヌビユなどがある。



イヌホオズキ (ナス科) : 子葉、本葉ともに葉縁、表面に短い毛。葉はときに紫色を帯びる。本葉は互生で広卵形で先が尖る。



マルバルコウ (ヒルガオ科) : 子葉の葉柄が長く、先端部が浅く切れ込む。本葉は互生で先端が尖り、縁に角が張り出す。他のアサガオ類についてはII・3のQ19を参照。

(浅井元朗)





## 21 生育期における省力的で効果的な除草剤の畦間・株間処理法は？



大豆の生育期に除草剤を散布するやり方は大きく2種類あります。まず、大豆より高い位置のノズルから畑の全面に散布する方法があります。これは薬剤が大豆にかかっても薬害を及ぼさないイネ科雑草対象の除草剤か、薬害がごくわずかな広葉雑草対象の除草剤を散布する場合の方法です。もう1つは、ノズルの位置を大豆より低くして、大豆にはできるだけ除草剤がかからないように局所散布する方法です。こうした方法が使われるのは大豆も枯らすような除草剤の場合です。局所散布にも2種類あり、大豆に全くかからないように畦間にだけ散布する畦間処理と、大豆の生育への影響が生じない程度に大豆の株元にまで散布する畦間・株間処理とがあります(図1)。



図1 除草剤の畦間処理、畦間・株間処理方法

### 1. 畦間処理

畦間処理には①土壌処理型除草剤、②選択性茎葉処理剤、③非選択性茎葉処理剤の3種類の薬剤が利用できます。

#### (1) 土壌処理型除草剤

トリフルラリン乳剤、トリフルラリン粒剤があります\*。大豆生育期に中耕作業で雑草を防除した後に、種子から生えてくる雑草を一定期間抑制する効果があります。大豆での使用回数は2回までですので、播種後出芽前に発生する雑草をこの剤で一度抑え、その効果が切れてふたたび雑草が生えだした頃に中耕除草を行った後の雑草が生える前にもう一度処理できます。処理上限は収穫45日前までです。畦間処理の場合にもツユクサ、カヤツリグサ、キク科、アブラナ科の雑草には効果が劣ります。また、近年増えてきているイヌホオズキなどナス科の雑草にも効果が劣ります。

#### (2) 選択性茎葉処理剤

広葉雑草を対象としたベンタゾン液剤があります。全面処理での処理量は10aあたり100～150mlですが、畦間処理の場合には300～500mlです。したがって、シロザやヒユ類など、全面処理では効果の劣る雑草に対する効果が高まります。

#### (3) 非選択性茎葉処理剤

グルホシネート系、グリホサート系およびジクワット・パラコート液剤が大豆に使用でき、かなり幅広い種類の一年生雑草を所定の薬量で枯死させる効果があります。その一方、薬液が大豆に付着すると薬害を生じ、付着が激しいと作物も枯死してしまいます。そこで、薬液が作物に付着するのを防ぐため、専用の飛散防止カバーを装着し、ノズルとカバーの位置を調整しつつ細心の注意を払って散布します。この畦間処理は背負式噴霧器で作業者が畦間を歩きながら散布するのが前提です。



グリホサート系薬剤やジクワット・パラコート液剤は草丈 30cm 以下の時期に大豆での畦間処理が使用可能です。グリホサート系薬剤はイネ科雑草への効果が高いという特徴がありますが、ごく一部の広葉雑草への効果が弱いことや、大豆の茎葉に付着した場合には最も大きな薬害が生じます。ジクワット・パラコート液剤は速効性で散布の翌日には効果があらわれます。ただし移行性は無く、薬液が付着した部分のみが枯死するので、生育の進んだイネ科雑草では散布後に新たな分げつが伸長して再生することがあります。

グルホシネート液剤では雑草の草丈の目安は 15～30cm、処理の晩限は収穫 28 日前です。大豆作期間中に 3 回まで散布できます。グルホシネート系の薬剤は、ベンタゾン液剤では効果の低いホオズキ類やアサガオ類にも高い効果が確認されています。

選択性除草剤、非選択性茎葉処理剤は生育している雑草の茎葉に付着して体内に吸収され移行することで植物体全体を枯らす効果がありますが、土中から出芽する雑草を持続的に抑える効果はありません。また、畦間処理では大豆の株間には薬剤が散布されないため、雑草の発生が多い場合は、播種条に沿って残草する傾向があります。

## 2. 畦間・株間処理

畦間・株間処理は大豆の株間に生えた雑草に対しても薬剤を散布するので、畦間処理よりも除草効果が高くなります。畦間・株間処理では、大豆への薬害を最小限にするよう“専用ノズルを使用すること。また、噴口はできるだけ低くし、本葉にかからないように散布すること”の注意が必要です。

リニュロン水和剤は主に土壌処理効果で雑草の出芽を抑えますが、広葉雑草には茎葉処理効果もあります。大豆に直接散布すれば激しい薬害を引き起こすため、畦間・株間処理として、大豆への飛散を最小限にしつつ、株間の地表面に向けて散布します。株間の広葉雑草に加え、種子から生える雑草も防除できます。大豆での使用回数は「2 回以内（出芽前までは 1 回以内、出芽後は 1 回以内）」です。使用時期は大豆の本葉 3 葉期以降で雑草の草丈 15cm 以下で、処理の晩限は収穫 30 日前までです。3 葉期以降の大豆とその時点の雑草の草高に差が大きいほど、大豆への薬害が小さく、高い雑草抑制効果が得られます。大豆の葉齢が進めば、最下位の本葉に薬剤が散布されても実害はないことが確認されています。

リニュロン水和剤と同様の殺草特性をもつ DCMU 水和剤も、2012 年から大豆の畦間・株間処理への登録拡大が見込まれています。

また、上述したグルホシネート液剤も 2012 年から畦間・株間処理への登録拡大が見込まれています。処理時期は大豆本葉 5 葉期以降、草丈 20cm 以下の雑草が対象です。

地域ごと大豆栽培や慣行の除草対策のなかで、どのような時期に、どの処理方法を用いるのが最適かはそれぞれに現場での検討が必要です。播種後出芽前の土壌処理型除草剤と体系処理する場合の最適な組合せや、先述したトリフルラリン剤やイネ科対象の茎葉処理剤など、イネ科雑草に効果の高い剤との同時処理なども効果の確認が必要です。また、乗用管理機で畦間処理や畦間・株間処理を行う場合、播種幅が変わらないよう精密な播種作業が求められます。畦間・株間処理は今後も登録拡大が予定されており、その普及には、最新の情報を確認し、現地の指導機関と連携した取り組みが必要です。（浅井元朗）

\*：農薬の使用に当たっては最新の農薬使用基準を参照すること。



Q

22

リビングマルチやカバークロップを利用した雑草防除とは、どのようなものですか？  
どのような場合に利用できますか？

A

麦類を被覆作物として利用して、雑草を防除することができます。麦類を大豆と同時に播いて生きたマルチとして用いるのをリビングマルチ栽培、麦類を冬に栽培し、茎葉残さをマルチとして用いるのをカバークロップ栽培と言います。湿害や地力の問題がなく、麦類が十分生育する圃場ならどちらの技術も利用できますが、除草剤による抑草効果よりも劣る場合があるので雑草の発生が多い圃場には向きません。

### 1. リビングマルチ

麦類を生きたマルチとして利用して雑草を抑制し、除草剤の使用量を減らしたり中耕を省略するための技術です。秋播き用の麦類を大豆と同時に播くと旺盛に生育して雑草の生

育を抑えますが、夏には出穂せずに枯れ、敷きわら状になって地表面を覆います（写真1）。

大豆の播種量は通常と同じ2～3kg/10a、麦類の播種量は8～10kg/10a

程度にします。雑草防除のためには麦類の生育の確保が重要で、播種後50日頃に乾物で150g/m<sup>2</sup>以上が生育量の目安となります。根粒着生への悪影響を考え、施肥量は増やさないのが普通で、無施肥でも麦類が生育するような地力の比較的高い圃場が適します。また、麦類は高温条件では十分に生育しないので晩播栽培には向かず、麦跡への導入も困難です。

大豆の条間に麦類を条播する方法のほか、散播後、浅耕する方法などがあります。土壌処理型除草剤との併用で抑草効果が高まります。大豆は徒長気味に生育する傾向があるので倒れにくい品種が適します。麦類は、秋播き性の高い品種を用います。小麦は大麦よりも枯れるのが遅い傾向があるので、利用する地域で収穫までに枯れることを確認しておきます。収量は、生育初期の麦類との光競合により慣行栽培と比べて20%程度減少することがありますが、沖積土圃場では生育後半に挽回して増収する例もみられます。

東北農業研究センターでは、リビングマルチ栽培用の麦類・大豆同時播種機を製作しました（写真2）。これは麦類を大豆の条間に条播するもので、麦類用と大豆用の播種ユニットを交互に配置することで製作できます。35psのトラクタに装着すれば1時間で約30aに播種することができ、播種精度も良好です。



写真1 リビングマルチ大豆栽培。(1)麦類を大豆と同時に播くと、(2)旺盛に生育して大豆の畦間を被うが、(3)夏には出穂せずに枯れ、敷きわら状に地表面を覆う。



写真2 東北農研が製作した麦類・大豆同時播種機。麦播種用と大豆播種用の播種ユニットを交互に配置する。代かきハローが前置されている。



## 2. カバークロップ

大豆を不耕起播種し、中耕培土も省略することで省力化を図りながら増収や地力維持、土壌浸食防止なども同時にねらう技術で、土壌への炭素蓄積を通じて地球温暖化防止にも寄与します。冬に麦類を栽培して大豆の播種時に地上部全量をフレールモアなどで細断して地表面に敷き、大豆を不耕起播種します（写真3）。麦類の立毛中は被蔭によって雑草の出芽を抑え、出芽

個体も軟弱に育って多くは枯死します。地表面の残さは光を制限したり物理的な障壁となって雑草の出芽を抑えます。安定した抑草効果のため、地上部乾物重で

1 t/10a を目標に麦

類を生育させます。麦類残さの上から土壌処理剤を散布すると抑草効果が安定します\*。最大で 30%程度の増収が期待されますが（図1）、これは麦類残さを介した土壌養分調節の最適化によると思われます。

播種の際、土を麦類残さの上に跳ね上げるとそこから雑草が発生します。また、麦類残さが播種溝の中に入り込むと出芽不良の原因になります。このように、安定した播種が栽培成功の鍵になります。

なお、被覆作物にヘアリーベッチを用いる栽培も試されており、排水性の向上などによる増収が確認されています。

\*：農薬の使用に当たっては最新の農薬使用基準を参照すること。

### <参考文献>

- 1) 小林浩幸（2005）不耕起ダイズ栽培における雑草の生態と耕種的防除、東北農研報告 105、97-154
- 2) 小林浩幸ら（2008）ムギ類をリビングマルチとして利用するダイズ栽培のためのムギ類・ダイズ同時播種機、雑草研究 53、63-68
- 3) 三浦重典ら（2005）東北地域における秋播き性オオムギを利用したダイズのリビングマルチ栽培、日作紀 74、410-416
- 4) 好野奈美子ら（2012）ダイズ (*Glycine max* (L.) Merrill) 栽培にリビングマルチとして用いるオオムギ (*Hordeum vulgare* L.) およびコムギ (*Triticum aestivum* L.) の気温に気象要因が与える影響-気温と日射量を中心に-、日作紀 81、18-26（印刷中）
- 5) 内田智子ら（2011）オオムギカバークロップによるアーバスキュラー菌根形成が登熟期ダイズの養分吸収に与える影響、日作紀 53、53-60



写真3 不耕起カバークロップ大豆栽培。(1) 秋に播種した麦類の全量を大豆播種時に細断して敷くと、(2) 地表面は大麦の茎葉残さで覆われて、(3) 雑草を抑える。

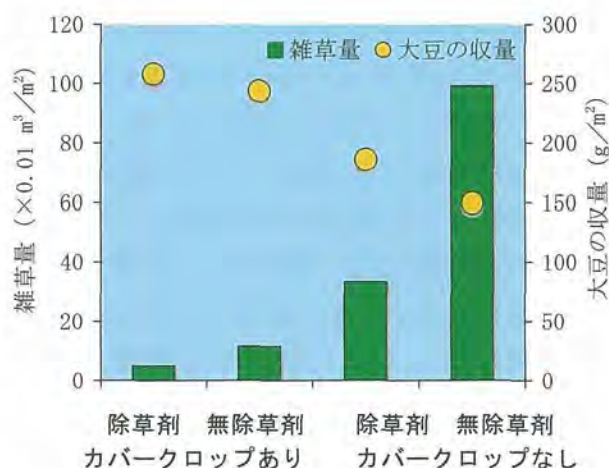


図1 カバークロップ（大麦）による雑草防除効果と増収効果

（小林浩幸）



## 4 線虫に係るQ&A

**Q 23** ダイズシストセンチュウによる連作障害の予防法と発生時の対策は？

**A**

ダイズシストセンチュウは幼虫の体長が約 0.6mm の小さな生物（写真1）で、土壌中に生息して大豆などマメ科植物の根に寄生し、その生育を阻害する重要害虫です。この線虫は日本や中国などの東アジアが原産地と考えられていますが、現在では南北アメリカ大陸にも発生しており、世界規模でも大豆生産の最も大きな阻害要因の一つとなっています。

シストセンチュウ類の最大の特徴は、メス成虫が卵を産卵せずに体内に保持したまま、体皮が丈夫な殻となって卵を守る「シスト」を形成することです（写真2）。そのため、土壌中での環境変化や農薬にも強く、土の中で 10 年近く生存することが可能です。卵は普段シストの中で休眠していますが、大豆などの寄主植物の根が伸びてくると、その根から分泌されるふ化促進物質に反応してふ化し、幼虫が根に寄生するという生態を持っており、植物寄生性線虫の中で最も進化したグループと言えます。

この線虫に寄生された大豆は葉が黄変して著しい生育障害を引き起こし、収量が激減します。また、畑の中でスポット状に発生することが多く、その様子がちょうど畑の中の黄色い満月のように見えることから、かつては「月夜病」という異名もありました（写真3）。その頃に畑から大豆を引き抜いて根を見ると、丸く膨れ上がった大きさ 1mm ほどのメス成虫が根に寄生している様子を肉眼でも観察することができます（写真4）。また、直接的な寄生以外にも、根に侵入する際に生じた傷から病原菌が感染して複合的な被害をもたらす例も知られており、大発生した圃場では収穫皆無となることもあります。

ネコブセンチュウやネグサレセンチュウなどの他の主要な線虫と比較すると、その寄主範囲はきわめて狭く、被害が問題となるのは大豆、小豆、インゲンなどに限られています。なお、日本では他のシストセンチュウとして、ジャガイモシストセンチュウ、クローバーシストセンチュウ、ヨモギシストセンチュウなどが知られています。

### 1. 侵入防止対策

シストセンチュウに限らず、線虫類が移動できる距離はほんのわずかなため、自力で大きく分布を広げることはありません。耕耘機や農器具などに付着した土壌に紛れて他の場所に運ばれるなど、人為的要因によって拡散するケースが大部分です。そのため線虫の侵入防止対策として、発生ほ場で作業した機器を他のほ場で使う前にきちんと洗浄する、移動の際は靴を洗うなどを実行して汚染土壌



写真1 ダイズシストセンチュウの幼虫



写真2 ダイズシストセンチュウのシスト



写真3 ダイズシストセンチュウの被害



写真4 シストに寄生された大豆根



を他のほ場に持ち込まない事が大切です。しかし、それらの人為的要因以外にも流水や風などの自然現象によって土壌とともに他のほ場へと運ばれる場合もあり、分散を完全に防ぐことはきわめて困難です。ただ、線虫が侵入しても被害が顕著になる密度になるまでにはある程度の年数を要し、直後に爆発的に増殖して大被害となることはほとんどありません。そのため、連作を避けるなど、普段から線虫が増殖しにくい栽培体系を心がけると、未然に被害の発生を抑えることができます。

## 2. 防除法

全ての線虫対策の基本は連作を避けて輪作することです。しかし、シストセンチュウの場合は土壌中で長期間生存し続けるため、寄主作物がなくてもすぐには死滅しません。そのため被害が発生した場合、短期間の輪作ではあまり密度は下がらず、一回の寄主作物の栽培ですぐに密度が上がってしまいます。ですから、他の線虫と比較してその効果はやや劣り、最低でも3年程度の間をおいた長期的な輪作が必要となります。なお、田畑転換ができる場合は水田化して湛水処理を行うと大きく密度が下がる事が知られています。

最も確実な効果が期待できるのはD-D油剤などの土壌くん蒸剤です\*。また、カズサホス剤（ラグビーMC粒剤）、オキサミル剤（バイデート粒剤）などの粒剤や石灰窒素も線虫の密度を低下させますが、くん蒸剤よりもその効果は劣ります。ただし、これらの殺線虫剤は施用の手間やコストの面などで実際に大豆に使用するには少々問題もあります。

そのため線虫が発生したほ場では抵抗性を持った品種を導入するのが現在では最も有効な対策となっており、各地域向けに多くの優秀な品種が育成されています（Ⅱ・2のQ14参照）。ただし、ダイズシストセンチュウには異なる寄生性を持つ系統があり、たとえ抵抗性品種であっても、連作を続けていくとその品種にも寄生可能な線虫が増えて効果がなくなるという例が知られていますし、既に北海道を中心に従来の主要な抵抗性品種にも寄生する系統が広がりつつあります。ですから、抵抗性品種の過度の連作は禁物ですし、使用した品種とほ場で発生している線虫の系統によっては線虫が増えて被害が発生する場合がありますので、導入する品種は慎重に選ぶ必要があります。

また、緑肥として使われているクロタラリアやクローバなどの一部のマメ科植物は、大豆と同様に根からふ化促進物質を分泌します。そのため、これらの作物を栽培すると土壌中の卵から幼虫がふ化しますが、寄主作物ではないため線虫は増えることができません。いったんふ化してしまった幼虫は数ヶ月で死滅しますので、これらの植物を緑肥として導入することは、線虫密度を下げる効果があります。このように線虫密度を下げる働きのある作物を「対抗作物」と呼び、有効な線虫対策となっています。

ただし、一度発生した線虫をほ場から完全に駆除することは不可能に近く、その対策は現在でもきわめて困難と言わざるを得ません。そのため普段から輪作を心がけ、高密度の場合は殺線虫剤を施用し、また数年ごとに抵抗性品種を栽培し、低密度の時には対抗作物を導入するなど、上記の方法をいくつか組み合わせることによって、あまり被害の出ない水準に線虫密度を保ち、それ以上の増殖を抑えるようにすることが大切です。

（相場聡）

\*：農薬の使用に当たっては最新の農薬使用基準を参照すること。



## 5 鳥獣害に係るQ & A

Q

24 大豆栽培で注意すべき野生獣の種類と被害対策は？

A

### 1. 加害種と被害の特徴

大豆では、幼苗期からシカによる茎葉の食害が、また莢実が太る頃からサル、イノシシの食害が発生します。また、幼苗直下にモグラがトンネルを掘ると、根部が乾燥して枯死するため、多数の欠株を生じることもあります。山間部の中小規模栽培では、収穫後のハザ掛け乾燥時や、貯蔵準備中の庭先の大豆がサルの被害を受けることも少なくありません。

### 2. 被害対策

大豆はサルやシカにとっては極めて好餌品目と言えます。しかし、野生獣の多くは警戒心が強く、安全を確認できない場合、例え嗜好性の高い餌があってもなかなか接近できません。しかし、一旦安心して襲えることが分かると出没が常習化しがちです。対策といえはすぐに柵を考えがちですが、姿を見れば必ずロケット花火で追うなど、ほ場周辺が危険な場所であるということを学習させることも忘れてはいけません。

#### (1) ほ場の選定と集落での申し合わせ

可能な限り、休耕地、樹林、竹林など野生獣の潜み場となりやすい場所から離れたほ場を選びます。ことに、シカの生息地域で集団栽培する場合は潜み場から200m程度離れたほ場を選定します。また、大豆は毎日収穫や誘引などの作業ではほ場に足を運ぶ果菜類とは異なり、一旦作付けた後、ほ場での作業回数が少ないため、野生獣の来襲に気づくのが遅れがちで、サルやシカの襲来が常習化しやすい作目です。このため、たとえ他人のほ場であろうと、直接大豆を加害せず畦畔雑草などを食べている場合であろ

うと、気づいた人が花火で追い払い、付近にいる人が呼応して加勢するなど、野生獣に対する心理的障壁を普段から高めておくことが大切です

#### (2) 各種の囲い

それぞれの地域で、出没する獣種に合わせた囲いを設置して下さい。サルに対しては、弾性のボールを利用したテグスネットや、これに電柵を組み合わせた柵で囲います。また、シカやイノシシではワイヤーメッシュ、トタン、漁網などの獣害防止用ネット、獣害防止用電柵などで囲います。山側の撤去の不要な部分をトタンやワイヤーメッシュの恒常柵とし、作業道側を撤去が容易な電柵にするなど、一つのほ場でも複数の柵を組み合わせで維



写真1 幼苗期からシカは大豆の大敵



写真2 サルは着莢以降の来襲が常習化しやすい



持管理の作業性を高めておきます。

### (3) 柵周辺の管理

いずれの柵もせつかく設置しながらネットごしに縁部の畝を食害されると来襲が継続します。したがって、ほ場の野生獣が常にやってくる側は、ネットと莢実結実位置の間の一条分の作付けを控え、70 cm以上の空間を確保します。

しかし、大豆は片側に空間を確保すると、生育するにつれ、あけた空間に茎葉が倒れ込みやすいので、最縁部の一条は土寄せを念入りに行い、ヒモを張るなど、ネット側への倒れ込みを防止することが大切です。十分な空間が確保できない場合には、ネットに目の詰んだ目隠しネットを合わせ張りしてネットごし被害を阻止して下さい。

また、畦畔や柵周辺の雑草を頻繁に刈り払うと、雑草の再生する新芽がサル、シカ、イノシシをほ場周辺に引きつけ、結果的に大豆に被害が及びます。ことに、大豆栽培時期に旺盛に生育するイタリアンライグラス（ネズミムギ）、カラムシ、イノコヅチ、クズ、ドクダミなどの雑草は、シカだけでなくイノシシも好みます。したがって、こうした草種が優占しやすい畦畔や柵周辺の雑草管理は刈り払いだけでなく除草剤\*、雑草抑制シートなども上手に組み合わせて下さい。

### (4) 上手なモグラ対策

モグラ対策は捕殺が最も確実な方法です\*\*。

圃場の数ヶ所に土をならして 50 cm四方の板きれをおきます。板きれをはがすと写真のようなトンネルを見ることができます。このトンネルを埋めて板を戻しておきます。3～5日ごとに観察すると、毎回トンネルが修復される板が見つかります。そこに捕獲器をセットすると効率よく捕殺することができます。



写真3 モグラの本道は板をおいて探す

### (5) その他の注意事項

せつかく作付けながら、管理が不十分で着莢不良や病虫害被害のために収穫を行わずに放置する行為や、自家消費用に額縁状に植え付けるいわゆるアゼマメ栽培が習慣化している地域もあります。こうした捨て作りの作付けは集落全体の獣害を激化させる餌付けにつながります。また、過度の施肥は着莢不良の原因となるだけでなく、シカの好む軟弱徒長気味の草姿となりがちです。適正な肥培管理は獣害防止にとっても最も大切な基本的対策といえます。

(井上雅央)

\*：農薬の使用に当たっては最新の農薬使用基準を参照すること。

\*\*：モグラ類の捕獲は、農業被害を防ぐためやむを得ない場合を除き、行政の許可が必要となります。

#### <参考文献ほか>

- 1) 井上雅央 (2003) 山の畑をサルから守る～おもしろ生態と賢い防ぎ方～、農文協
- 2) 井上雅央ら (2006) 山と田畑をシカから守る～おもしろ生態と賢い防ぎ方～、農文協
- 3) 井上雅央 (2008) これならできる獣害対策 イノシシ シカ サル、農文協
- 4) 井上雅央・秋山雅世 (2010) モグラ おもしろ生態と賢い防ぎ方、農文協



**Q****25** 大豆栽培で注意すべき鳥の種類と被害対策は？**A****1. 加害種と被害の特徴**

大豆づくりで問題となるのは、播種期の鳥による種子や出芽後の子葉の食害で、キジバト（写真1）、ドバトなどハト類が主な加害種ですが、カラス、キジも加害する可能性があります（加害種の生態や習性については参考文献1、総合的な鳥害対策の情報については参考文献2を参照）。収量は、子葉1枚が食害されると25%ほど、2枚で50%ほど減るという報告があります。しかし、子葉を食べようとして株ごと引き抜いてしまうことも多く、そうでなくても成長点が食害されると欠株となってしまいます（写真2）。本葉が展開し始めると、加害行動はほとんど見られなくなります。



写真1 キジバト（山口恭弘撮影）

**2. 被害対策**

圃場全体を30mm目以下の防鳥ネットで完全に覆うことができれば被害を完全に防ぐことができますが、資材のコスト、設置や撤収の手間、作業効率などを考えると現実的ではない場合が多いでしょう。それ以外の対策はどれも限定的な効果しか期待できないため、以下の解説を参考に、対策を組み合わせることで可能な限り収量を確保する工夫をして下さい。

**(1) 鳥用忌避剤**

播種前の種子に処理するタイプの忌避剤（有効成分チウラム）が大豆・エダマメのハト害に対して登録されていて、一定の効果が期待できます\*。ただし、地域的な餌条件によっては、ハトが薬剤処理した種子を我慢して食べてしまうこともありえますので、薬剤コストや農薬の使用回数にカウントされる事等との兼ね合いを考慮して使用を検討下さい。

**(2) 耕種的な被害対策**

鳥害の発生量には地域的な餌条件が関係しますので、畑の周囲にハトの餌が豊富な時期をねらって播種することで被害を軽減できます。例えば、麦作が盛んな地域でしたら、麦収穫後の一定期間はこぼれ麦が多く、ハトはそちらを食べに行きますので、大豆への食害が減ります。また、地域で一斉に大豆を播種すれば、ハトが一時期に加害できる量は限ら



写真2 キジバトに食害された大豆



れていますので、地域全体として被害を軽減することができます。逆に他の畑よりも早く播種したりすると、集中的な加害を受ける可能性もありますので注意が必要です。

また、ハトなどの鳥は視覚を頼りに餌を探しますので、大豆播種後に徒長しない程度にワラなどで被覆すると食害を軽減できることがあります。

### (3) 追い払い機器

光や音など各種の刺激を用いた追い払い機器が使われていますが、どれも効果は限定的で、かつ極めて短期間しか持続しません。マネキンやかかし、複合型爆音器などはキジバトに対して一定の効果があるとの試験結果もありますが、効果が持続するのはせいぜい数日間と考えるべきです。播種直後に設置し、本葉が展開し始めたら速やかに撤去する、設置期間中に機器の置き場所を頻繁に変えるなど、鳥に慣れを起こさせないような配慮が必要です。

(百瀬浩)

\*：農薬の使用に当たっては最新の農薬使用基準を参照すること。

#### <参考文献ほか>

- 1) 中央農業総合研究センター鳥獣害研究サブチーム(2007) 害鳥図鑑  
[http://narc.naro.affrc.go.jp/kouchi/chougai/wildlife/070209\\_pest\\_birds.pdf](http://narc.naro.affrc.go.jp/kouchi/chougai/wildlife/070209_pest_birds.pdf)
- 2) 中央農業総合研究センター鳥獣害研究サブチーム HP、  
<http://narc.naro.affrc.go.jp/kouchi/chougai/index.html>
- 3) 藤岡正博(2001) 鳥種別生態と防除の概要：ハト  
<http://narc.naro.affrc.go.jp/kouchi/chougai/wildlife/doves.pdf>
- 4) 農林水産省生産局 野生鳥獣被害防止マニュアルー鳥類編ー 平成20年3月版  
[http://www.maff.go.jp/j/seisan/tyozyu/higai/h\\_manual/h20\\_03a/index.html](http://www.maff.go.jp/j/seisan/tyozyu/higai/h_manual/h20_03a/index.html)



## Ⅲ 大豆関連ホームページの紹介



## 1. 本書のPDFによる提供

(社) 全国農業改良普及支援協会のホームページのバナー「各種情報」からアクセスできます。また、同バナーから既刊大豆づくりQ&Aの「大豆300A技術を導入した大豆生産に向けて」(平成19年3月)、「病害・虫害・雑草・鳥獣害対策編」(平成20年3月)についてもアクセスできます。

ホームページ：<http://www.jadea.org/>

各種情報：<http://www.jadea.org/houkokusho/daizu/daizu.htm>

## 2. 農研機構における大豆に関する研究成果等の情報について

農業に関する研究開発を総合的に行う我が国最大の研究機関の(独)農業・食品産業技術総合研究機構のホームページの検索欄に”大豆”と入力により、傘下の研究機関における大豆に関する研究成果情報などにアクセスできます。

<http://www.naro.affrc.go.jp/>

## 3. 大豆の施策や統計、研究成果等の情報について

農林水産省の大豆のホームページには、大豆の施策や統計、300A技術の詳しい紹介など関係研究機関の研究成果、大豆関係現地情報など、多くの情報が掲載されています。

[http://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/daizu/d\\_nyusatu/index.html](http://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/daizu/d_nyusatu/index.html)

## 4. 大豆のコンバイン収穫マニュアル

コンバイン利用の際に必要なノウハウを、技術と経営の両面から解説しています。

[http://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/daizu/d\\_combine/index.html](http://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/daizu/d_combine/index.html)

## 5. 大豆乾燥調製マニュアル

大豆の乾燥や貯留に関する理論、大豆乾燥調製施設の設備や設置にあたっての留意事項などが解説されています。

[http://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/daizu/d\\_kansou/index.html](http://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/daizu/d_kansou/index.html)

## 6. 各地域向けの大豆栽培情報について

北海道、東北、関東東海、北陸、近畿中国、九州地域毎に大豆のつくり方について分かり易く解説しています。

<http://daizuweb.job.affrc.go.jp/index.html>

## 7. 国産大豆の加工適性や栽培特性に関する情報

国産大豆品種の事典は、国内の主要品種の加工適性や栽培特性、栽培上の留意点などの情報を提供しています。

[http://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/daizu/d\\_ziten/pdf/jiten\\_2010.pdf](http://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/daizu/d_ziten/pdf/jiten_2010.pdf)



## Ⅳ 執筆者及び編集委員一覧



執筆者一覧（掲載順）

I. 大豆300A技術編

| 氏 名   | 所 属                            | 執筆箇所      |
|-------|--------------------------------|-----------|
| 島田 信二 | 中央農業総合研究センター 生産体系研究領域          | Q1, 2, 19 |
| 住田 弘一 | 農業・食品産業技術総合研究機構本部 総合企画調整部      | Q3        |
| 新良 力也 | 中央農業総合研究センター 土壌肥料研究領域          | Q3        |
| 藤森 新作 | 農業・食品産業技術総合研究機構本部 総合企画調整部      | Q4        |
| 足立一日出 | 前 中央農業総合研究センター 田畑輪換研究チーム（北陸）   | Q5        |
| 原口 暢朗 | 農村工学研究所 農地基盤工学研究領域             | Q5        |
| 増田 欣也 | 九州沖縄農業研究センター 水田作・園芸研究領域        | Q6        |
| 土屋 一成 | 東北農業研究センター 水田作研究領域             | Q7        |
| 大野 智史 | 中央農業総合研究センター 北陸研究センター 水田利用研究領域 | Q8, 9     |
| 関口 哲生 | 中央農業総合研究センター 土壌肥料研究領域          | Q10       |
| 羽鹿 牧太 | 作物研究所 畑作物研究領域                  | Q11       |
| 田澤 純子 | 中央農業総合研究センター 病害虫研究領域           | Q12       |
| 小原 洋  | 農業環境技術研究所 農業環境インベントリーセンター      | Q13       |
| 臼木 一英 | 北海道農業研究センター 畑作研究領域             | Q14       |
| 加藤 雅康 | 中央農業総合研究センター 病害虫研究領域           | Q15, 16   |
| 国立 卓生 | 中央農業総合研究センター 作業技術研究領域          | Q15, 16   |
| 中山 則和 | 中央農業総合研究センター 北陸研究センター 水田利用研究領域 | Q15, 18   |
| 笹原 和哉 | 中央農業総合研究センター 北陸研究センター 水田利用研究領域 | Q17       |
| 岩津 雅和 | 新潟県農林水産部 経営普及課                 | Q18       |
| 黒瀬 義孝 | 近畿中国四国農業研究センター 水田作研究領域         | Q20       |
| 竹田 博之 | 近畿中国四国農業研究センター 水田作研究領域         | Q21       |
| 土屋 史紀 | 九州沖縄農業研究センター 水田作・園芸研究領域        | Q22, ix   |
| 梅田 直円 | 生物系特定産業技術研究支援センター 生産システム研究部    | Q23       |
| 井上 慶一 | 北海道農業研究センター 水田作研究領域            | Q24, 25   |
| 田淵 公清 | 前 中央農業総合研究センター 北陸水田輪作研究チーム     | Q26       |
| 安田 道夫 | 北海道農業研究センター 研究支援センター 業務第2科     | Q27       |
| 戸田 恭子 | 作物研究所 畑作物研究領域                  | Q28       |
| 細川 寿  | 中央農業総合研究センター 北陸研究センター 水田利用研究領域 | i, vii    |
| 大下 泰生 | 中央農業総合研究センター 作業技術研究領域          | ii        |
| 吉永 悟志 | 作物研究所 稲研究領域                    | iii       |
| 天羽 弘一 | 畜産草地研究所 家畜飼養技術研究領域             | iv        |



| 氏 名   | 所 属                           | 執筆箇所 |
|-------|-------------------------------|------|
| 浜口 秀生 | 中央農業総合研究センター 生産体系研究領域         | v    |
| 佐々木 豊 | 中央農業総合研究センター 作業技術研究領域（東海研究拠点） | vi   |
| 渡辺 輝夫 | 九州沖縄農業研究センター 企画管理部            | vi   |
| 窪田 潤  | 近畿中国四国農業研究センター 営農・環境研究領域      | viii |

## Ⅱ. 病害・虫害・雑草・鳥獣害対策編

| 氏 名   | 所 属                       | 執筆箇所    |
|-------|---------------------------|---------|
| 藤田 佳克 | 日本大学 生物資源科学部              | Q 1     |
| 仲川 晃生 | 中央農業総合研究センター 病害虫研究領域      | Q 2     |
| 越智 直  | 中央農業総合研究センター 病害虫研究領域      | Q 3     |
| 森脇 丈治 | 富山県農林水産総合技術センター 園芸研究所     | Q 4     |
| 竹原 利明 | 近畿中国四国農業研究センター 水田作研究領域    | Q 5     |
| 藤田 俊一 | （社）日本植物防疫協会               | Q 6     |
| 樋口 博也 | 中央農業総合研究センター 病害虫研究領域      | Q 7     |
| 菊地 淳志 | 近畿中国四国農業研究センター 水田作研究領域    | Q 8     |
| 和田 節  | 九州沖縄農業研究センター 生産環境研究領域     | Q 9     |
| 菖蒲信一郎 | 佐賀県農業技術防除センター 病害虫防除部      | Q10     |
| 上地 奈美 | 果樹研究所 品種育成・病害虫研究領域        | Q11     |
| 本多健一郎 | 中央農業総合研究センター 病害虫研究領域      | Q12     |
| 石谷 正博 | 前 青森県農業総合研究センター           | Q12     |
| 岩崎 暁生 | 北海道立総合研究機構 中央農業試験場 病虫部    | Q13     |
| 羽鹿 牧太 | 作物研究所 畑作物研究領域             | Q14     |
| 與語 靖洋 | 農業環境技術研究所 研究コーディネータ       | Q15     |
| 住吉 正  | 九州沖縄農業研究センター 水田作・園芸研究領域   | Q16     |
| 中山 壮一 | 東北農業研究センター 生産基盤研究領域       | Q17     |
| 澁谷 知子 | 中央農業総合研究センター 生産体系研究領域     | Q18, 19 |
| 橘 雅明  | 農業・食品産業技術総合研究機構本部 総合企画調整部 | Q18     |
| 黒川 俊二 | 中央農業総合研究センター 生産体系研究領域     | Q19     |
| 浅井 元朗 | 中央農業総合研究センター 生産体系研究領域     | Q20, 21 |
| 小林 浩幸 | 東北農業研究センター 環境保全型農業研究領域    | Q22     |
| 相場 聡  | 北海道農業研究センター 生産環境研究領域      | Q23     |
| 井上 雅央 | 近畿中国四国農業研究センター            | Q24     |
| 百瀬 浩  | 中央農業総合研究センター 情報利用研究領域     | Q25     |

注 各研究センター、研究支援センター、農村工学研究所、作物研究所、畜産草地研究所は、  
（独）農業・食品産業技術総合研究機構に属する。



編集委員一覧（五十音順）

| 氏 名     | 所 属                                          |
|---------|----------------------------------------------|
| 岩津 雅和   | 新潟県農林水産部 経営普及課                               |
| 大下 泰生   | (独) 農業・食品産業技術総合研究機構<br>中央農業総合研究センター 作業技術研究領域 |
| 加藤 雅康   | (独) 農業・食品産業技術総合研究機構<br>中央農業総合研究センター 病虫害研究領域  |
| 島田 信二 * | (独) 農業・食品産業技術総合研究機構<br>中央農業総合研究センター 生産体系研究領域 |
| 高橋 武志   | 三重県中央農業改良普及センター                              |
| 新良 力也   | (独) 農業・食品産業技術総合研究機構<br>中央農業総合研究センター 土壌肥料研究領域 |
| 百瀬 浩    | (独) 農業・食品産業技術総合研究機構<br>中央農業総合研究センター 情報利用研究領域 |
| 守屋 成一   | (独) 農業・食品産業技術総合研究機構<br>中央農業総合研究センター 病虫害研究領域  |
| 渡邊 寛明   | (独) 農業・食品産業技術総合研究機構<br>中央農業総合研究センター 生産体系研究領域 |

注 \*：編集委員長



収量・品質の向上と安定生産のための  
大豆づくり Q & A 増補改訂  
平成23年度豆類振興事業（大豆安定生産促進事業）報告書

平成24年3月

発行 社団法人 全国農業改良普及支援協会

電話 03-5561-9562

FAX 03-5561-9569