

# 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—



慣行栽培 ← → 狭畦密植栽培



不耕起播種



耕耘同時畝立て播種

社団法人 全国農業改良普及支援協会

# はじめに

大豆作は、米・麦作に比べても気象条件等の影響を受けやすく作柄が大幅に変動し、供給量や販売価格が乱高下することから、平成 17 年 3 月に発表された新たな食料・農業・農村基本計画において、気象条件・土壌条件に応じた耕起・播種技術の確立等により、実需者の求める品種・品質の大豆を安定的に生産・供給すること等を解決すべき優先課題として位置付けられました。

これを受けて、各産地においては、農協等が中心となって組織した産地協議会において策定した産地強化計画に基づき、地域の関係者が一体となってそれぞれの産地が抱える問題点や課題の解決に向けた取組を行う産地改革が推進されているところです。

今後、品目横断的経営安定対策が導入される中で、意欲と能力のある担い手による大豆の安定生産を確保するためには、適期播種などの基本技術の徹底のみならず、(独)農業・食品産業技術総合研究機構において開発された天候等に影響されにくい新たな安定生産技術や省力化技術(いわゆる大豆 300A 技術)の現場への導入促進が重要であり、新たな情報や知見を広く一般に普及することが求められております。

これらの大豆を巡る状況を踏まえ当協会では、平成 18 年 3 月に大豆関係者向け普及指導資料として、大豆 300A 研究プロジェクト等の試験研究機関による取組成果や全国各地の先進的取組事例などを内容とする実用書「ここがポイント大豆づくりー安定生産・省力低コストをめざすー」を取りまとめ、普及指導センター等関係機関に配布いたしました。

本年度は、昨年の実用書をフォローし、大豆 300A 研究プロジェクト成果の更なる普及・定着を目指して、「収量・品質の向上と安定生産のための大豆づくり Q&Aー大豆 300A 技術を導入した大豆生産に向けてー」を取りまとめました。編集に当たっては、大豆栽培指導に携わる関係者が現場で活用しやすいよう心がけました。「Q&A」の Q すなわち質問は、47 都道府県の大豆栽培指導に携わる普及指導員代表者に提出を依頼し、24 県から提出のあった 353 問の中から編集委員会が 25 問を選定しました。この冊子が大豆生産における現場課題解決の一助となれば幸いに存じます。

最後に、本書の作成に当たり、お忙しい中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、ご支援いただいた農林水産省、都道府県普及事業関係者、(独)農業・食品産業技術総合研究機構、(財)日本豆類基金協会に衷心より感謝申し上げます。

平成 19 年 3 月

社団法人 全国農業改良普及支援協会  
会 長 大 森 昭 彦

# も く じ

## はじめに

### I 収量・品質向上、安定生産のためのQ&A

- Q 1 大豆の特徴から見て、300 kg/10 a を取るためのキーポイントはなんですか？・・・ 1
- Q 2 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？・・・ 5
- Q 3 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？・・・ 7
- Q 4 基盤整備が不十分な圃場での営農排水技術や栽培法は？・・・ 11
- Q 5 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？・・・ 13
- Q 6 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？・・・ 15
- Q 7 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？・・・ 17
- Q 8 収量と品質を向上させる窒素施肥のポイントは？・・・ 19
- Q 9 収量と品質を向上させる窒素以外の施肥管理技術？・・・ 21
- Q 10 収量・品質から見た品種の早晩性の選定基準は？・・・ 23
- Q 11 水田における輪作間隔は何年程度必要？・・・ 27
- Q 12 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？・・・ 29
- Q 13 根粒菌の接種はどのようなときに必要ですか？  
接種に当たり留意すべき点は？・・・ 31
- Q 14 播種時の湿害の原因は何ですか？・・・ 33
- Q 15 湿害を回避する調湿技術とは？・・・ 35
- Q 16 大豆の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晩別播き直し可否基準は？・・・ 37
- Q 17 中耕培土は必ず必要ですか？ 行う際の留意点は？・・・ 41
- Q 18 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？・・・ 43
- Q 19 青立ち（莢先熟）の原因と対策は？・・・ 45
- Q 20 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？・・・ 47
- Q 21 コンバイン収穫ロスの原因は？  
ロスを減らす有効な方法はありますか？・・・ 49
- Q 22 品質を落とさずに高水分種子を乾燥させる省力的な乾燥調整法は？・・・ 51
- Q 23 しわ粒の発生要因と防止技術は？・・・ 55
- Q 24 大豆の子実タンパク質含有率を左右する要因は？  
タンパク質含有率を向上させる技術は？・・・ 57
- Q 25 豆腐の加工適性を左右する要因は何でしょうか？・・・ 59

## II 大豆300A技術について

1	北海道地域：大豆の密植遅播き「田植え後播種」栽培技術	61
2-1	東北地域：有芯部分耕栽培技術	65
2-2	東北地域：立毛間播種技術	68
3	関東地域：不耕起狭畦密植栽培技術	71
4	東海地域：小明渠作溝同時浅耕播種栽培技術	75
5	北陸地域：耕耘同時畝立て播種栽培技術	79
6	中国四国地域：小型不耕起密条播種技術	85
7	九州地域：一工程耐天候型播種技術と無培土・狭畦密植栽培	87
III	大豆関連ホームページの紹介	91
IV	執筆者及び編集委員一覧	92

# I 収量・品質の向上と安定生産のための Q&A

Q1 大豆の特徴からみて、300kg/10aを取るためのキーポイントはなんですか？

A

水稻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も数多くあり、気象条件からみると全国で300kg/10aを達成することは可能といえます。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稻が500kg/10aとすると大豆ではおよそ300kg/10aになります。また、大豆は子実にたくさんのタンパク質を含むため窒素の集積量が多く、300kg/10aを得るには約25kg/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あることに留意する必要があります。また、大豆はカルシウムやマグネシウムの吸収も多く、着莢に重要な働きを果たしています。

(2) 安定多収を可能とする地力向上

大豆の世界一の産地アメリカ合衆国では、日本の約200倍の面積で280kg/10a程度の収量を達成していますが、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による地力向上が関係しています。図

1のようにトウモロコシ栽培では窒素多投と高い植物残渣のために土壌が肥沃化し、大豆がそれを吸収・利用しています。

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

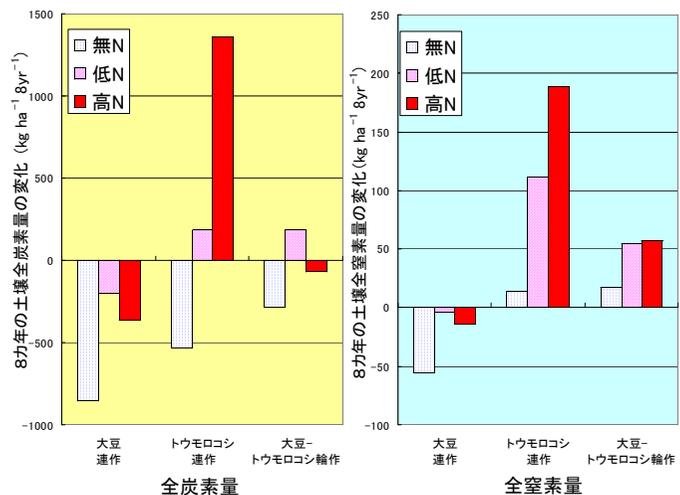


図1 大豆、トウモロコシの8年間の作付けにおける土壌表層(15cm)の全炭素、全窒素の変化。

低N: 窒素施肥量 トウモロコシ 90, 大豆 34 各kg/ha  
高N: 窒素施肥量 トウモロコシ 180, 大豆 68 各kg/ha

〈出所〉 Varvel (1994) Agron. J. 86:319-325.

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。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おり、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あると考えられます。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’作物とされていますが、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100kg/10a程度の収量しか上げることができません。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2)。

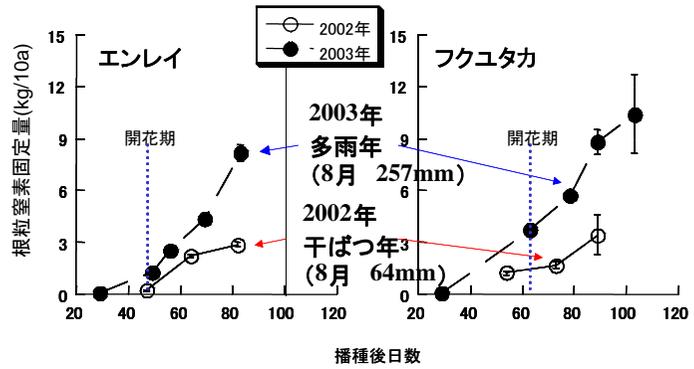


図2 根粒窒素固定量の推移に及ぼす夏の降水量  
 図中の値は平均値 (n=3)、縦棒は標準誤差。  
 淡色黒ボク土普通畑圃場での結果。

<出所>野原努ら(2006) 日作紀 75:350-359.

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多いので、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望ましいといえます。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3)。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

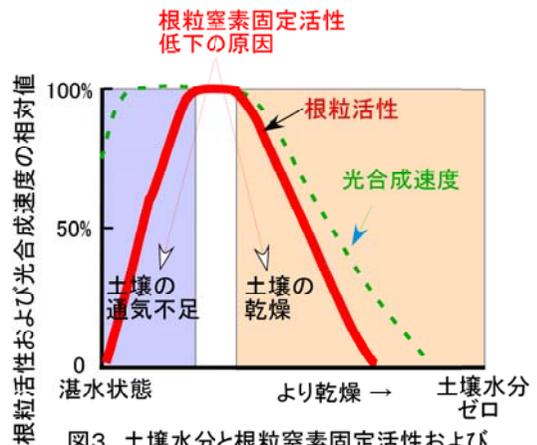


図3. 土壌水分と根粒窒素固定活性および光合成速度の関係の模式図

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、寒冷地は地力向上や窒素施肥（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、各種の畦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ぬ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。その対策方法として、畝立て栽培の他に播種前に種子水分を15%程度に調節する予措法、殺菌剤粉衣などの技術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。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大してきています。

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の他、地際からのコンバイン刈り取りが容易な不耕起栽培によってコンバイン収穫ロスを低減させたり、開花前摘心による倒伏防止・草型改善技術なども考案されています。いずれもそれぞれの生育状況を考慮した柔軟な発想により、新たな栽培技術が生み出されています。

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）

### <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（2006）「農業技術大系」6（追録28）、技30の7の10-25

**Q2 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、35年が経ちます。現在では、水田面積約260万haに対して、生産調整が必要とされる面積は100万haを超え、うち麦、大豆、飼料作物、野菜、果樹等の転作作物が作付けられているのは約60万haです。すでに、1981年にはほぼ同じ面積に転作作物が作付けられていました。

米の生産調整が本格化するなかで、全国の試験研究機関において水田転換畑に係る研究が盛んに行われました。その結果、水田転換畑であっても麦や大豆を連作すると病虫害や雑草害の発生などに伴う減収が引き起こされる一方、田畑輪換やブロックローテーションがこれらの連作障害の回避に有効な土地利用であることがわかりました。また、2～3年の畑期間に対して2～3年以上の水田期間を設けることにより、麦や大豆の転作作物及び水稲の増収という田畑輪換効果が発揮され持続的な生産性が確保されるということもわかりました。こうした技術的背景から、集団的土地利用による水田輪作が進められてきたわけですが、生産現場では畑期間が1年のブロックローテーションが中心で、1980年代には4、5年に1度、転作を行うというもので、集団的土地利用による水田輪作の割合も決して多いものではありませんでした。

2002年産大豆では、全作付面積15万haのうち水田転換畑の大豆が12.6万ha(84%)です。また、水田転換畑への大豆作付けの6～7割が作付面積2ha以上の個人農家及び7ha以上の生産組織に集積(近畿・中国・四国を除く)され、この層ではブロックローテーションによる作付けが5～8割(転作作物の輪作が主体の北海道、大豆の連作が多い東北を除く)となっています。1980年代には4、5年に1度巡ってきた大豆転作が、最近ではもう少し短いサイクル、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。米の生産調整が始まればばらくは、水田転換畑の大豆は排水不良による発芽不良や湿害が起りやすく、また、生産者も水田転換畑での大豆栽培に慣れていないことから、普通畑の大豆を超えるような収量を上げることが難しかったようです。その後、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稲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、復元田の水稲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。

そこで、寒冷地積雪地帯に位置する東北農業研究センター(大仙研究拠点)構内の沖積土水田(細粒灰色低地土)における10年以上にわたる精密なほ場試験のデータを解析したところ、長期にわたる畑転換の継続はもちろん、田畑輪換を繰り返していくと土壤窒素が大きく減耗し(図1)、水田転換畑の大豆の生産力も低下していく、ということがわかりました。有機物の分解が遅い寒冷地で、標準的な肥沃度を持つ土壤条件でも、こうしたことが起きてし

もうという意味は大きいと言えます。

## 2. 水田転換畑における大豆の収量低下の原因とその対策技術

大豆の単収が 300kg/10a の場合、窒素吸収量は 20kg 前後にもなります。水稲の単収が 600kg/10a の場合、窒素吸収量は 10kg 程度ですから、大豆は水稲のおよそ 2 倍です。この多量の窒素吸収を支えているのが根粒による固定窒素ですが、その寄与率は土壌や気象といった環境条件によって異なり、我が国の平均的な値は 5 割程度とされています。大豆の吸収窒素の大部分が子実 (16kg) として持ち出されることから、たとえすべ

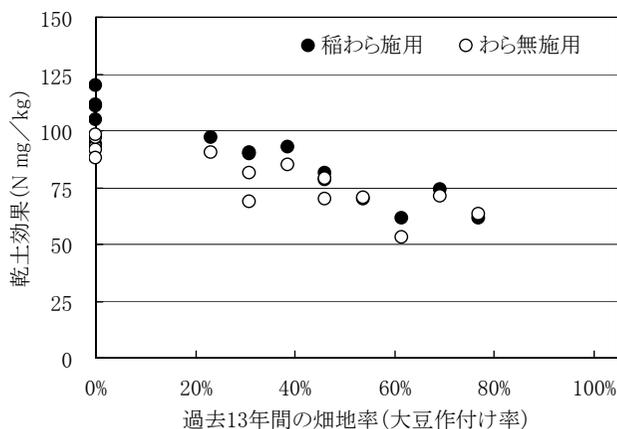


図1 田畑輪換の繰り返しに伴う乾土効果窒素の変化  
<出所>住田弘一(2005)「ダイズ導入による地力減の実態と対策」  
農業技術体系作物編 6. 技 178 の 5 の 2-7

での収穫残さを還元し、慣行的な窒素施肥 (基肥 3kg 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。水田転換畑の大豆が畑作大豆に比べて多収となることが多いですが、窒素についてみれば、それは土壌窒素の減耗の上に成り立ち、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。基肥窒素の多施用は根粒の着生や窒素固定を阻害することや、大豆は開花期以降の生育後期に多くの窒素を吸収することなどから、根粒の窒素固定能を損なうことなく生育期間を通じて持続的な窒素供給が期待できる肥培管理が肝要です。例えば、通常の基肥窒素と一緒に追肥相当分としてシグモイド型被覆尿素を全層施用する施肥法などで増収効果が認められています。

また、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。説明の繰り返しになりますが、水田転換畑に大豆が作付けられると、排水対策が確実に実施されれば、高い生産性が認められました。他方で、復元田での多量の地力窒素の放出が良食味米の生産に弊害をもたらしました。良食味米品種の多くが倒伏に弱く、米の高タンパクは食味を低下させることから、実肥の回避はもちろん、穂肥や基肥も極端に少ない栽培法が採られています。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。一般に、畑作物は連作障害が発生しやすく、畑地は地力が減耗しやすいことから、畑作の麦や大豆は輪作を基本に作付けられ、有機物の投入や深耕による土づくりが励行されています。普通畑の大豆と水田転換畑の大豆では土づくりの点で大きな違いが生じています。寒冷地で標準的な肥沃度を持つ土壌条件でも、収穫残さである稲わらを補給する程度では地力は減耗し、耕盤を維持したままでは大豆の生産力は低下していきます。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、大豆作後の水稲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、緑肥すき込み、堆肥施用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)

### Q3 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？

A

レーザープラウとレベラーを用いた圃場面微傾斜化による表面排水・灌漑の迅速化技術、地下水水位調節システム「FOEAS」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新暗渠工法「ベスト・ドレーン」、バックホーを利用するアーム式弾丸暗渠形成装置、さらに、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、抑草技術など、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う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1m間隔）、ほ場末端までの施工が重要です。一方、これらの施工が水稲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。



写真1 レーザーレベラー

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

圃場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に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す(写真1、図1)。

傾斜が増すにつれて排水時間は短縮さ

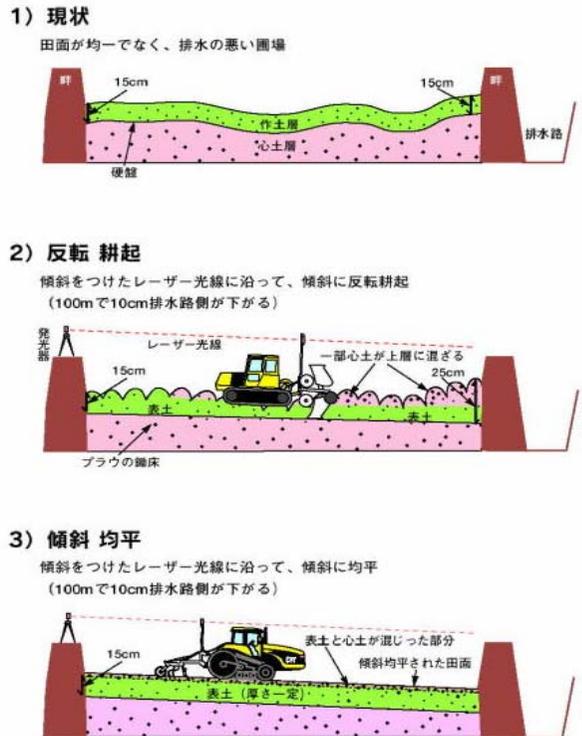


図1 圃場面微傾斜化の手順

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。

田面傾斜化は、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。

### 3. 地下水位調節システム「FOEAS」による湿害と干ばつ対策

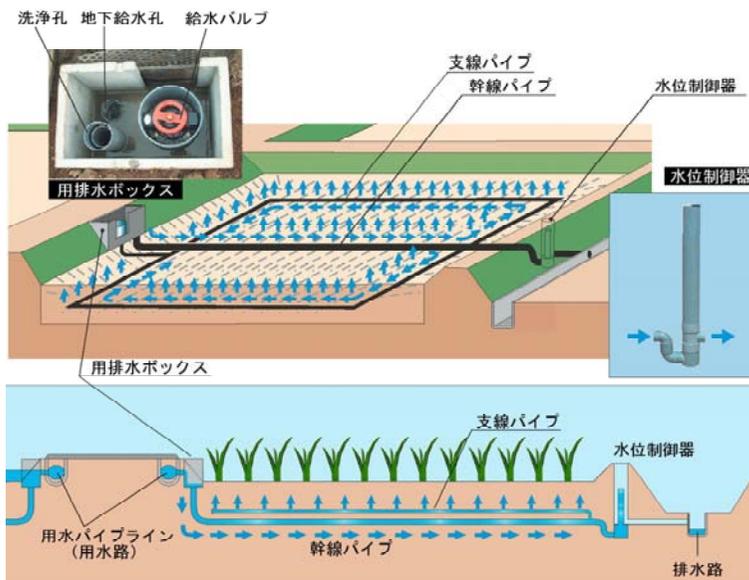


図2 地下水位調節システム「FOEAS」の全体構成

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（弾丸暗渠等）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調節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調節の両立と水稻栽培時の水管理の適正化、省力化を実現しています（図2）。また、用水供給時の水位の適正化とかけ流し防止、水管理労力削減を目的とした低コスト簡易水位管理器（15千円/台）を開発しました（図3）。

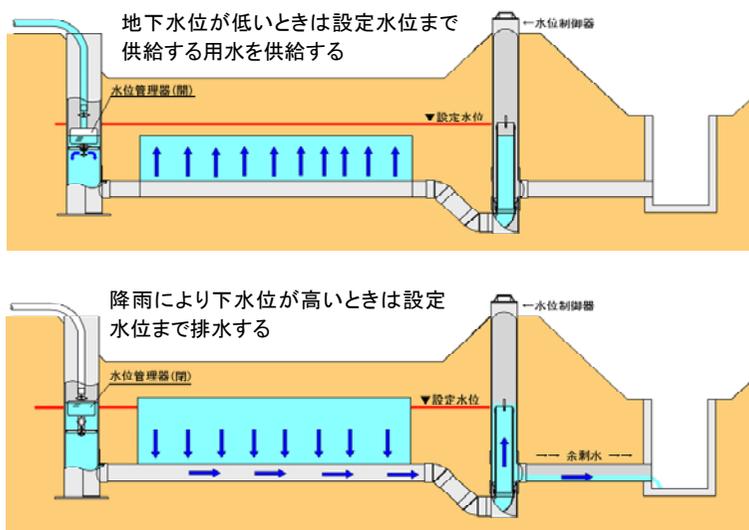


図3 水位設定に伴う水位管理器の作動と水の移動

これらシステムの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。

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で、圃場が30a区画では21万円、50a区画では18万円程度で、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弾丸暗渠形成装置による施工性改善と低コスト化

##### (1) 開削型暗渠形成装置（ベスト・ドレーン工法）



写真2 ベスト・ドレーンによる暗渠施工

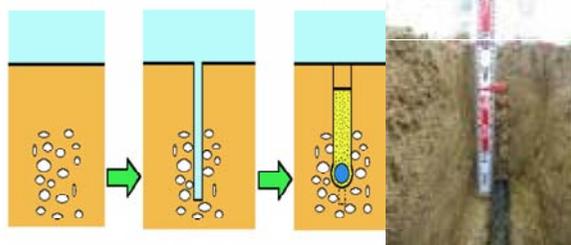


図4 施工時の石の移動状況



写真3 土中溝形成装置

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（写真2、図4）。

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。

##### (2) 土中溝掘削装置（畦際アタッチ）

ベスト・ドレーン機の排土板に弾丸と疎水材ホッパー、暗渠管敷設機能等を持ち、溝の形成と同時にこれらの施工ができる装置です（写真3、図5）。これにより、明渠掘削が不要となり、潰れ地の減少、農作業の効率と安全性が向上します。

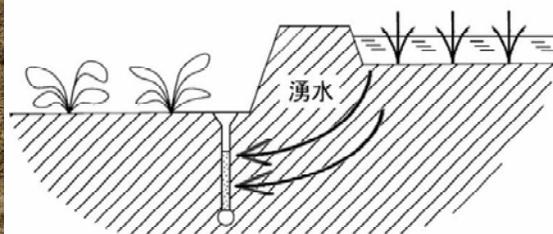


図5 溝形成効果のイメージ

##### (3) アーム式弾丸暗渠形成装置

バックホーのブーム先端に取り付けた弾丸暗渠装置によって、掘削長最大5mで予め設

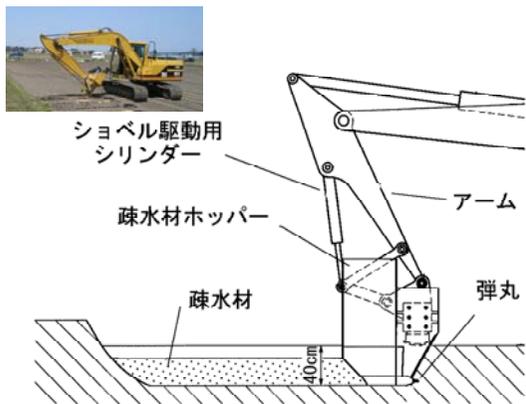


図6 アーム式弾丸暗渠形成装置

であり生物の生息に影響を与えません。固化物を粉砕すれば土に戻すことができるなどの特徴をもっています。転換畑の隣接水田で水稻栽培が行われている場合には、畦畔漏水で湿害が発生する恐れがあります。一方、水稻栽培時には漏水がなく、波浪などで崩れない畦畔が必要です。さらに、土地利用型農業における農作業上の懸案として畦畔の草刈りがあります。これらに対応する資材と施工技術を開発しています。

マグホワイトを用いた畦畔造成を畦塗機を使用して行う場合の手順は、①雑草を除草剤等で除去した後、②動力噴霧器等で水分調整を行い、③表面にマグホワイトを10mに一袋(20kg)程度散布し、④畦塗機で成形・転圧を行います(写真4)。なお、畦畔漏水は畦畔下において、モグラやザリガニ、ネズミ等の掘削穴から発生している場合が多くみられ、これを防止するためにはマグホワイトや畦シートの埋設等による畦畔下の遮水を必要とします(写真5)。



写真4 マグホワイトによる畦畔整備  
愛知県豊橋市において実施



写真5 ザリガニの掘削孔  
農工研における実物大試験

定した深さの亀裂と口径10cmの管状の間隙を形成します(図6)。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。

## 5. 土壌硬化剤「マグホワイト」による畦畔の崩壊・漏水・雑草抑制技術

マグホワイトは軽焼マグネシアと高炉スラグ等を主原料としており、pHは中性域

(藤森新作)

## Q 4 基盤整備が不十分な圃場での営農排水技術や栽培法は？

A

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、土壌中に浸入します。土壌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 20～30cm 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、20～30cm 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 30cm 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 25cm 前後)弾丸暗渠や心土破碎を 2～3m 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 50cm 以下にある場合、深さ 50cm 程度の浅い暗渠を簡易に施工でき、地下排水性の改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2～3m 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

ダイズ栽培の前作がイネの場合、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5m 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、イネの乾田直播、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。

冬作物としてのムギ作は、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、ムギ作時に耕耘・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、ムギ作時の排水改善を進めるとともに、ダイズ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) ダイズの栽培法

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。ダイズ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(Ⅱ 大豆 300A技術について 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2m)の畝を作ります。畝間(小明渠)は地表排水を促進します。畝はダイズ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、10cm 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30cm 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。 (足立一日出)

Q 5 土壤種類別の土壤理化学性の特徴と大豆の生産性との関係は？

A

1. 土壤種類別の土壤理化学性の特徴

大豆が作付けされている畑、水田転換畑の土壤には、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）。土壤の色は、含まれている鉄が酸化～還元状態（ $Fe^{3+}$ ～ $Fe^{2+}$ ）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。生産現場の土壤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壤図 (<http://ss.niaes.affrc.go.jp/inventry/soil/TEITENsokuho/chiba43>農耕地土壤の分布と特性が容易に検索できる「耕地土壤情報データベース」千葉県農業総合研究センター）や、印刷物の土壤図から判別する方法が確実です。

表 1 土壤種類別の理化学的特徴と農業利用の留意点

土壤	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壤が多い。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、土壤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壤が多い。	堆肥等の有機物や土壤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機会が多い。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壤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壤である。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壤である。全国的に分布面積が最も広い土壤である。全般的に生産力が高いが、転換畑では土壤有機物の消耗、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。排水不良で地下水水位が高い湿地が多い。	排水対策を最も必要とする土壤。湿害、土壤の通気性不良による根腐れをまねきやすい。

2. 土壤理化学性と粘土鉱物

土壤の物理性、化学性、保水性、肥沃度は、土壤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壤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壤に亀裂構造ができ、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壤の通気性、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、各地域の土壤、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. 土壤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。

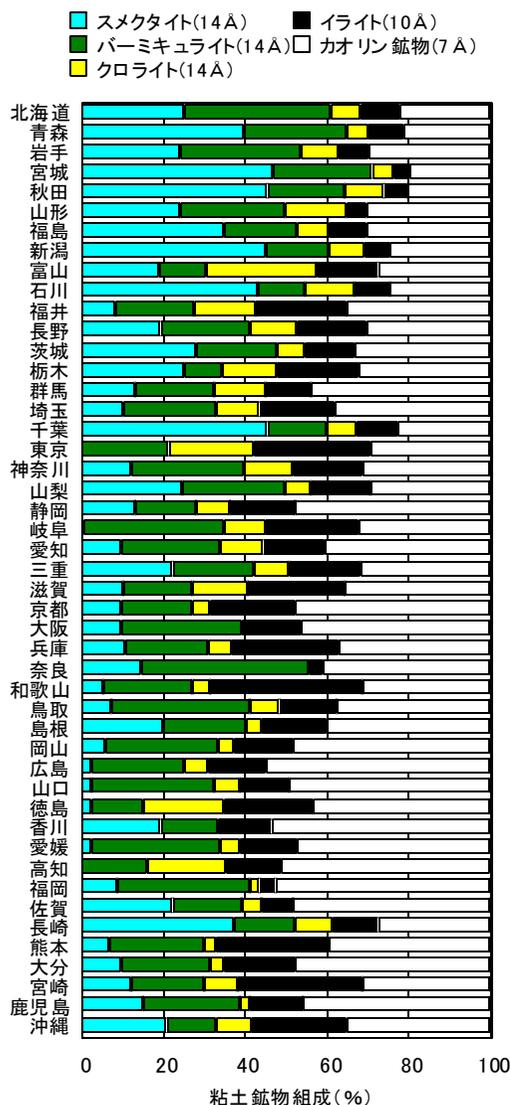
(2) **赤・黄色土** 梅雨期にクラスト形成、湿害による出芽率の低下、台風の大雨による湿害を起こしやすい反面、寡雨時には早ばつ害を発生しやすい土壌です。早ばつ害として顕在化する以前に、水欠乏ストレスは光合成を阻害して低収要因となるので、暗渠、明渠の整備を行って多雨時の速やかな排水、寡雨時の灌水が有効です。土壌に含まれる粘土鉱物はCECが小さく保肥力に乏しいこと、腐植含量が少なく地力窒素量が少ないことも低収要因ですので、堆肥等の施用、適正な施肥管理が必要です。

(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

## Q6 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。施用量は牛糞堆肥や豚糞堆肥なら1～2 t/10 a、発酵鶏糞なら100～200kg/10 a、籾殻堆肥なら1～2 t/10 a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/10 a程度までとし、基肥の速効性窒素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、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の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として有機質資材の投入や緑肥のすき込みなどが必要と考えられます。

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、気象変動に左右されにくくなり、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

有機物無施用で麦一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/10 aと堆肥2 t/10 a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、牛糞堆肥や豚糞堆肥なら1～2 t/10 a、発酵鶏糞なら100～200kg/10 a、籾殻堆肥なら1～2 t/10 a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/10 a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/10 a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月10日頃に九州北部で大豆品種「サチユタカ」を用い、1/2000 aポットで牛糞ペレット堆肥を1.6 t/10 a相当施用した事例では、牛糞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/10 a 程度までとし、基肥の速効性窒素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
牛糞堆肥	1～2t/10a
豚糞堆肥	1～2t/10a
発酵鶏糞	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) 有原文二(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)日本土壤肥料学会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) 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
- 5) 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

## Q7 大豆作における地力向上策としての冬作緑肥の使い方は？

A

### 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、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。

表1 緑肥の生育量、窒素、炭素蓄積量

処理	乾物重 gDW/m <sup>2</sup>	乾物率 %	T-N %	T-C %	C/N比	N蓄積量 gN/m <sup>2</sup>	C蓄積量 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 2kg

<出所>大野智史ら（2005）日土肥講要 51：124

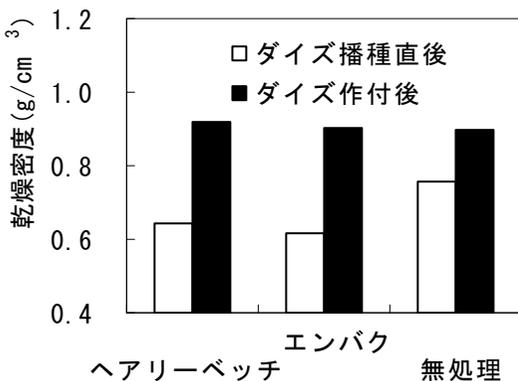


図1 緑肥すき込み後の土壌の乾燥密度

<出所>大野智史ら（2005）日土肥講要 51：124

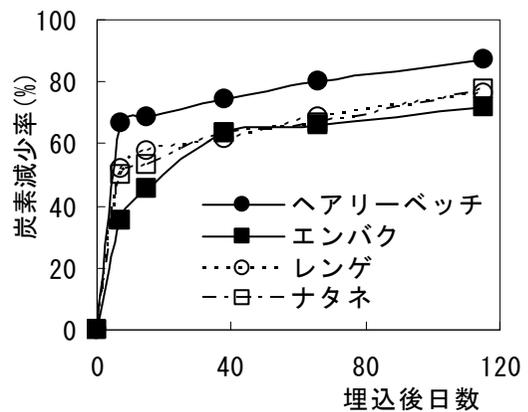


図2 炭素の減少から見た緑肥の分解の推移

<出所>大野智史ら（2005）日土肥講要 51：124

(大野 智史)

## Q 8 収量と品質を向上させる窒素施肥のポイントは？

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の上手に利用し、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、土壤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/10a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 (Q23 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。

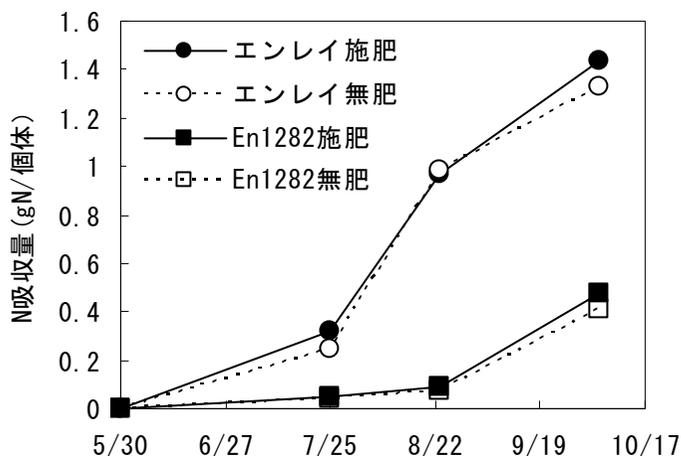


図1 エンレイと根粒非着生系統 En1282 との窒素吸収の比較

\* 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

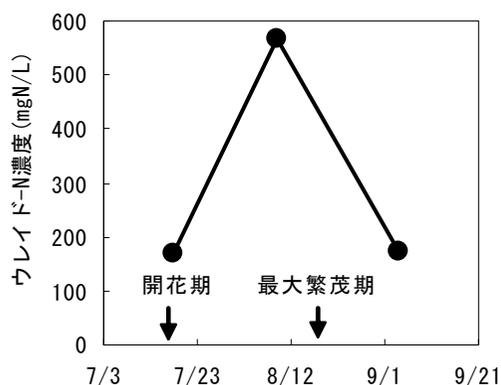


図2 ウレイド態窒素濃度の推移

<出所>大野ら (2003) 日土肥講要 50 : 272

(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

## Q9 収量と品質を向上させる窒素以外の施肥管理技術？

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施肥は確実に行いましょう。また、造成地、砂質土壌、ダイズ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

大豆の根粒由来の窒素固定量は約 4~8 割を占めるので、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。また、土壌の pH が低いと早期落葉の傾向があり、収量、百粒重が低下し、縮緬じわの発生率が高まる傾向にあります (図 1)。酸性土壌では石灰質肥料、苦土石灰等の肥料、資材で矯正しましょう。

### 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、1.5 kg/10 a で、イネ、コムギなどと比べ収量 100 kg 当たりの必要量が高いとされています (有原 2000、石井 1983)。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。施肥量は収量水準や土壌条件によっても異なります。ここでは、リン酸、カルシウム、マグネシウム、及び筆者等が行った微量要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 6 を参照して下さい。

#### (1) リン酸、カルシウム、マグネシウム

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 (小原ら 2004) ので、このような地域では確実な施肥を心がけましょう。カルシウムについてはカルシウム施用量の増加に伴い、成熟期後の亀甲じわの発生率が低下すること (増田ら 2005)、子実のマグネシウム含量が高いと縮緬じわの発生率が低いこと (関口ら 2003) 等、しわ粒発生との関連についても知見が得られてきて

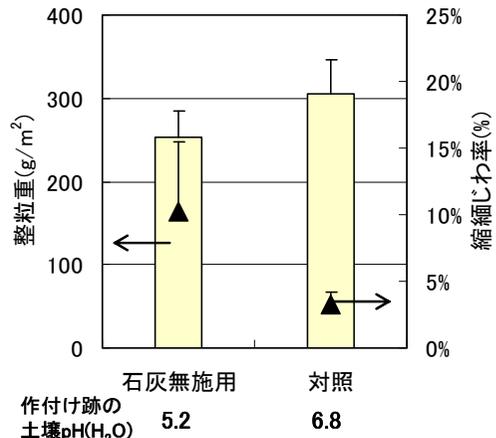


図1. 石灰無施用が大豆 (エンレイ2006年産) の収量、縮緬じわ発生率に及ぼす影響. 石灰無施用5年目 (関口等, 未発表) .

表1. 大豆子実 (エンレイ, 2003年) 100kg 中のミネラル成分含量. (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

います。石膏（硫酸カルシウム）は、炭カルより溶解性が高く作物に吸収され易く硫黄の供給源にもなり収量が向上する効果が報告されています(有原 2000)。但し弱酸性(pH5～6)を示すため、酸性矯正を目的とする場合には、アルカリ効果を持つ石灰質肥料や苦土石灰を用いましょう。

## (2) 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。造成地、砂質の圃場等ではモリブデン、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。例えば、ホウ素を無施用で大豆を連作栽培した場合、土壤中の可給態ホウ素濃度は確実に減少していきます(図2)。

ここでは、大豆を連作している造成地、砂壤土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、やりすぎた場合は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いましょ。 (関口哲生)

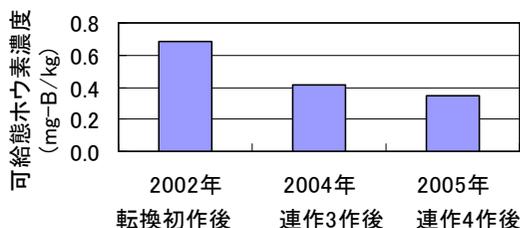


図2. 大豆連作に伴う土壤中の可給態ホウ素濃度の推移。平均収量レベル 350 kg/10a, 細粒質表層灰色グライ低地土。(関口等, 未発表)。

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	試験区	整粒重	稔実莢数	百粒重	粗蛋白含量	総縮緬じわ率	総亀甲じわ率	栽培条件
		g/m <sup>2</sup>	ヶ/m <sup>2</sup>	g	%	%	%	
A	対照	271	516	31.3	46.0	23.3	6.6	大豆連作5年目 細粒質表層灰色グライ低地土(造成)。
	微量元素 <sup>1)</sup>	286	584	31.4	46.2	12.4	6.1	
	有意さ	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	
B	対照	279	603	24.4	42.5	11.5	16.3	転換初年目 粗粒質表層灰色グライ低地土(砂壤土)。
	微量元素 <sup>2)</sup>	334	713	25.0	42.8	3.7	16.5	
	有意さ	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	

1), 2): 微量元素複合肥料 ( B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 9%, Mn19%, Mo, Cu, Zn 0.2~0.4%含有) をそれぞれ 現物 6, 8 kg/10a 全層施用した。 \* : 5%水準で有意。 2006年産 (関口等, 未発表)。

### <参考文献>

- 1) 有原文二(2000) 「ダイズ安定多収の革新技術」、農文協
- 2) 石井和夫(1983) 農業および園芸：1500-1502
- 3) 小原洋ら(2004) 日本土壤肥料学会誌：59-67
- 4) 関口哲生ら(2003) 日本土壤肥料学会講演要旨集：150
- 5) 増田欣也ら(2005) 日本土壤肥料学会講演要旨集：75
- 6) 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の研究」第6章 土壤肥料、376~403

## Q10 収量・品質から見た品種の早晚性の選定基準は？

A

### 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大規模に栽培する場合は、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成分改変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く、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。

なお、個別の品種の特性については農林水産省のホームページの国産大豆の事典(<http://www.maff.go.jp/soshiki/nousan/hatashin/jiten/sakuin.htm>)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多くなります。

これまでに早晚性に関与する遺伝子として6個の主働遺伝子が同定され、そのうち5つは日長反応により開花の促進・遅延を引き起こします。残る一つは低緯度地域の大豆で見られるように短日でも開花を促進せず、基本的栄養成長を促進することにより早晚性に関与します。この他にもいくつかの遺伝子が大豆の早晚性に関与していると言われてい

### 3. 早晚性の選択ポイント

実際の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が望ましい。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も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、9月中下旬までに成熟する品種の選定が望ましい。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倍程度にすると良いが、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。特に上川・網走地域など冷害が多発する地域では、多少品質が劣っても耐冷性が強く早生の「ハヤヒカリ」「キタムスメ」等の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、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。最近わいか病を回避するために晩播栽培技術が開発されましたが、これは「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「トモユタカ」「ユキホマレ」等の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」「ふくいぶき」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多発を回避できる品種選定が望ましいでしょう。腐敗粒の発生は品質を著しく低下させるため、9月中旬に成熟する品種は避ける方が望ましいでしょう。また10月下旬以降に成熟する品種も降雨による収穫作業が困難になるため作付を避けましょう。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」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することで品質劣化を避けましょう。

## ④関東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たないですが、「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、十分な防除ができないと早生品種は収量・品質の低下が激しいでしょう。反面、収穫期が10月下旬以降のものが多いので晩生品種の選択も可能です。

近畿・中国地域では6月中に播種できる「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にあるので、7月に入ってから播種しましょう。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しょう。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、作付体系の中での位置づけができなかったこと、高温登熟による発芽率低下のため大粒品種の育成ができず、秋大豆に比べ品質が劣ること等から近年の作付はほとんどありません。また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しょう。

(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、SCN・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・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、わいか病弱	北海道
スズマル	小粒、耐倒伏性強、着莢位置高、耐冷性中、SCN・SDV抵抗性弱	北海道
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弱、やや裂皮易	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、SMV抵抗性中	東北北中部
ミヤギシロメ	大粒、晩生、倒伏易、SMV・SCNなど病虫害抵抗性弱	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、病虫害抵抗性弱	近畿、中国
フクユタカ	蛋白高、多収、淡褐色目、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

## Q11 水田における輪作間隔は何年程度必要？

A

土壤病害虫の観点からは水稲栽培を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。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壤病害虫の発生が考えられ、土壤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。収穫期には茎の地際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。

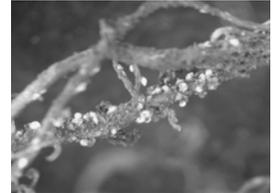


写真1 大豆根に形成されたシスト

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ります。水田転換畑を水田に戻すことで、土壤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稲栽培(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、水稲栽培を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、土壤病害虫防除の観点からの連作年数は水稲は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りますので、注意が必要です。

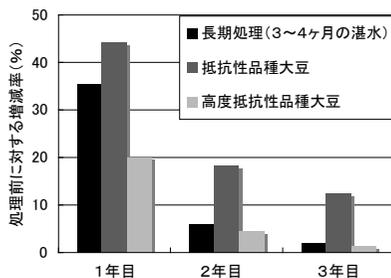


図1 湛水処理期間および年数と土壤中のシストの推移  
(酒井ら、1987: 71-72より作図)

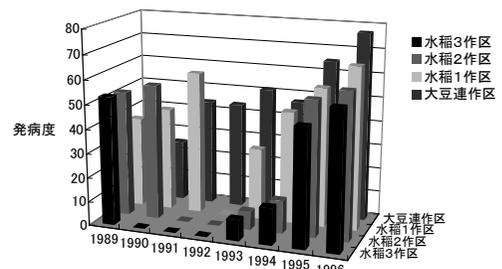


図2 水稲作付け年数とダイズ黒根腐病発病度の推移  
(齋藤ら、1996: 99-100より作図)

## 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ラリアやアカクロロー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。

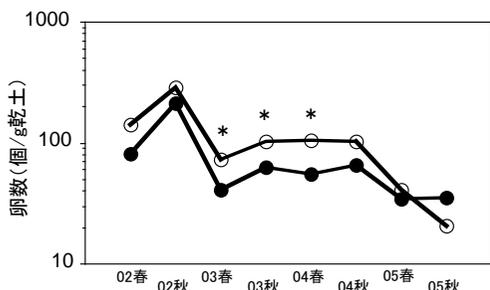


図3 大豆連作地におけるダイズシストセンチュウの卵数推移 (0-15cm)

○：ロータリ耕 ●：浅耕  
\* はt検定（5%）で有意差有り  
(田澤ら、2006)

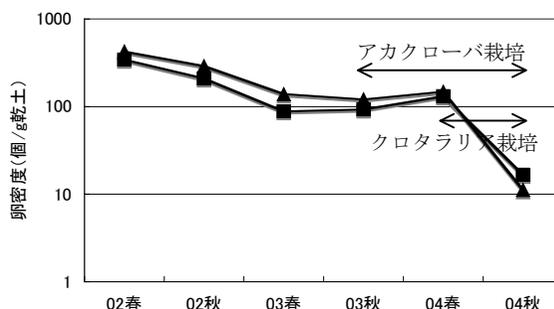


図4 対抗植物のダイズシストセンチュウ密度低減効果

■：クロタラリア（矢印以外の期間は大豆を栽培）  
▲：アカクロローバ区（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。ダイズ茎疫病は排水対策が一番重要です。また高畦栽培等も効果的です。

(田澤純子)

### <参考文献>

- 1) 齋藤初雄ら(1996)平成8年度研究成果情報
- 2) 酒井真次ら(1987)日本作物学会東北支部会報
- 3) 田澤純子ら(2006)平成17年度成果情報

## Q12 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？

A

### 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、地表面に膜状に広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。

### 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ダイズ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 バネ使用時、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



写真1 クラストの亀裂から出芽する大豆



写真2 畑のクラストと硬度計

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。

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。 土壌表面を乱さないことで土壌の構造を安定させる。 有機物の多い表層のみを耕す。 種の上に亀裂が入りやすくする。	不耕起栽培(関東) 浅耕(東海) 山型鎮圧(九州)
生物的	出芽を早める。 複数の種子を播く。	3粒播き(福岡県)
物理的	有機物残さでマルチ。 砂質素材客土による土性の改良。	北海道
化学的	土壌改良資材などによる団粒化促進。	

(小原洋)

### <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) 有原文二(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

**Q13 根粒菌の接種はどのようなときに必要ですか？  
接種に当たり留意すべき点は？**

A

**1. 根粒菌接種の必要性**

大豆栽培歴の無い圃場で初めて大豆を栽培する時、特に寒冷地域では無接種では根粒着生不良になる可能性が高いため根粒菌の接種が必要です。大豆栽培歴の無い圃場でも、大豆栽培を一作でも実施すると土壤中の根粒菌密度は $10^4 \sim 10^6$ 個/g 土壌前後と大豆連作地と遜色の無いレベルまで高まります。そして、根粒菌は好気性菌であるため、畑条件の場合には大豆栽培後も土壤中の根粒菌密度は長期間維持され、10年以上経過しても根粒着生に問題は無いという報告があります。一方、水田に戻された時には菌数は数年で1/100～1/1000程度に低下します。しかし、田畑輪換を隔年で実施するような場合には、土着根粒菌密度は接種を必要とするようなレベルまで低下していません。根粒菌接種の要否の判断のために土着根粒菌数を測定することは、時間と労力を要するために実用的ではありません。大豆栽培後の水田利用期間を目安にして3～4年以上経過した場合には土着根粒菌密度が大豆栽培以前の状態に戻っていると考えれば良いと思います。

しかし、大豆作付け面積に対する根粒菌接種実施面積の割合を見ると、東北以南の各県では皆無に近いようです（表1）。それらの地域では長期間水田として利用された圃場からの転換畑でも根粒菌が接種されていない圃場が多いことが窺えます。しかし、それらの水田転換初年畑において根粒菌接種を怠ったために大豆の生育不良や低収量が大きな問題となっはけません。

表1 国内の大豆栽培における根粒菌接種実施状況（実施面積率、2002年）

北海道・東北		関東	北陸・東海		近畿	中国・四国		九州			
北海道	83	茨城	-	新潟	0	滋賀	-	鳥取	2	福岡	0
青森	14	栃木	-	富山	-	京都	-	島根	-	佐賀	1
岩手	1	群馬	-	石川	1	大阪	-	岡山	0	長崎	-
宮城	16	埼玉	-	福井	-	兵庫	4	広島	1	熊本	0
秋田	39	千葉	-	岐阜	0	奈良	-	山口	2	大分	0
山形	33	東京	-	愛知	2	和歌山	-	徳島	-	宮崎	4
福島	-	神奈川	-	三重	-			香川	-	鹿児島	17
		山梨	-					愛媛	-		
		長野	-					高知	-		
		静岡	-								

一.未調査、 農林水産省生産局農業振興課大豆に関する資料 平15年8月より

一方、昭和50年代に転換畑大豆栽培を始めた秋田県大潟村干拓地や、近年の北海道の道央水田地帯など、寒冷地の水田転換初年度畑では根粒着生不良が問題となる事例をしばしば目にします（写真1）。土壤中の根粒菌密度の低い圃場での根粒菌接種の

必要性の大小には地域性があるようです。ただ、根粒着生不良が問題視されていないとは言え、温暖地の水田転換初年度畑においても根粒菌接種によって生育・収量が向上したという報告もあり、温暖地でも根粒菌密度の低い圃場で根粒菌の接種効果が得られる可能性は否定できません。



写真 1 北海道道央地帯の水田転換  
初年目大豆畑  
(写真右側の葉色の淡い圃場)

## 2. 接種法および接種種子の保管

北海道では根粒菌の吸着処理加工を行った種子を農家が購入して利用していますが、流通上の問題から、その他の地域では市販根粒菌としては種子粉衣剤が主に利用されています。根粒菌は、高温、乾燥や直射日光に弱いため、種子粉衣による接種種作業は播種の直前に行う方が安全です。しかし、大量の種子を準備する必要があり、コンクリートミキサーなどを用いて播種前日に接種する場合には、接種した種子を涼しい場所に密封して保管する必要があります。

## 3. 種子処理をする農薬による影響

殺菌剤、殺虫剤や除草剤を根粒菌接種資材に接触させた時は根粒着生が阻害されるおそれがあります。しかし、紫斑病の防除のためのベノミル剤、タネバエ防除や鳩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剤については根粒菌資材への影響は小さいことが確かめられています。しかし、先に農薬の処理を行いその上から根粒菌粉衣剤の接種をする、もしくは粉衣剤の農薬と根粒菌粉衣剤を混合して接種する、そして速やかに播種するなどの注意を行った方が良いです。

## 4. 根粒着生の良否判定とその活用

収量を高めるには大豆が同化する全窒素の絶対量を増やすことが必須です。しかし、作物には固定窒素には施肥窒素や土壌窒素の供給量の不足分を補うに必要なだけの量を生産するという性格があるため、土壌、品種や栽培条件が異なる大豆をひとまとめにして調べても根粒による固定窒素量と収量の間にはっきりとした関係が認められません。まして、着生根粒数が少ない場合には個々の根粒が窒素固定活性を高めて不足を補おうするため、極大まかなレベルはともかく根粒着生量について良否の判定を下すことは困難です。

そのため、後期窒素追肥なども根粒着生程度によってその要否判定をするのではなく、作物体の生育量や栽培圃場の過去の収量レベルによって判断する方が容易です。また、湿害など窒素固定が阻害された時に窒素追肥で障害軽減をはかろうとする場合も同様です。ただ、そのようにして窒素追肥を行っても、根粒着生や窒素固定が抑制されすぎて生育や収量が低下するという恐れはまずありません。

(中野 寛)

## Q14 播種時の湿害の原因は何ですか？

A

大豆の乾燥種子は吸水に対してとても弱い性質を持っています。通常の畑に播種された場合の吸水は問題ありませんが、播種直後に激しい降雨などに遭遇して土が水浸しの状態になってしまった場合や降雨直後の過湿な土壤に播種せざるを得ない場合には大きな問題が発生します。これは大豆種子が水を吸う時の性質に由来します。日本で一般的に栽培されている大豆品種は種皮の透水性が高いものが多く、水が多量にある環境に置かれた種子は急激に水を吸って膨張します。しかし、乾燥状態の種子の組織は硬くて伸展性が乏しいため、急激な吸水による膨張に耐えきれず種子が崩壊してしまいます（図1）。このように物理的に破壊された種子では正常な発芽・苗立ちは期待できず、たとえ出芽してきたとしても、幼植物の生長は大きな阻害を受けます。これが発芽時の湿害です。水に漬かった種子が酸素欠乏に陥り、それが湿害を引き起こしている可能性も考えられます。しかし、播種直後の吸水を開始して間もない頃の種子は、まだ生理的に眠った状態に近く、酸素欠乏はあまり問題となりません。乾燥種子を水に漬け込むと2時間足らずの間に種子の崩壊が観察されることから、僅かな期間水に漬かっただけでも播種時の湿害が発生する可能性があります。したがって播種時の天候と播種する土壤の水分には十分に注意が必要です。

急激な吸水により種子が破壊されてしまうことを説明してきましたが、吸水による種子の壊れやすさは、種子の含水率によって大きく左右されます。乾燥種子ほど水に漬かった時に壊れやすく、逆に含水率が高い種子は水に漬かっても破壊を受けにくくなることが確認されています（図1、図2）。先に述べたように、乾燥種子の組織は硬く伸展性に欠けますが、含水率を種子の新鮮重あたり15%程度まで高めた種子では組織が柔軟になって可塑性が向上するため、急激な吸水による種子の膨張にもうまく対応できるようになることが、その理由と考えられます。秋に収穫・調製され、冬の間保管された大豆種子の含水率は、播種時には一般的に10%程度になっています。これは冠水による障害が発生するのに十分な含水率です（図2）。一方、含水率を高めた種子は水に漬けても破壊されにくくなるため、播種前にあらかじめ含水率を緩やかに15%程度まで高めた種子を使用することで、播種時の湿害を大幅に軽減できる可能性があり、現在、各所で実用化に向けた検討が行われています。また、冠水による種子の破壊は急激な吸水によって生じることから、種子の吸水速度を緩やかにすることによっても播種時の湿害を回避できる可能性があります。私たちの実験結果では、含水率40%程度まで緩やかに吸水させた種子は、その後に水に漬けても冠水障害が発生しませんでした。種子のコーティングを行う等の、この方面からの試みも進められています。

ここまで播種時の湿害の発生要因について述べてきましたが、あくまでこれは播種された直後から発芽中にかけての期間に種子が冠水に遭遇した時の湿害です。正常に吸水を終えて膨潤した種子では急激な吸水はもう起こらないので、発芽を終えて幼根が種皮を突き破って現れた状態の実生が冠水に遭遇した場合は、また全く別の要因による障害が発生します。これを「発芽後の湿害」と呼び、「発芽時（播種時）の湿害」とは区別して整理し

ています。実際の栽培現場を想定した場合、激しい降雨が予想される状況や土壌が水浸しの状況で播種が行われることはあまり考えられず、また、好適な条件の圃場に播種された種子は一日程度で十分に膨潤し、もはや急激な吸水による障害は発生しないので、発芽後の湿害の方がより重要な問題と考えられます。発芽後の湿害が発生する要因については、まだ詳しく明らかになっていません。発芽を終えた実生は、新たな植物個体を形成するために活発に代謝活動を行っているので、冠水条件下で酸素欠乏にさらされることによる障害が一つの要因である可能性はあります。しかし、大豆実生を冠水状態に置くと、確かにある程度の障害を受けるものの、致命的なダメージにまでは至らないというデータが集まりつつあります。むしろ、酸素欠乏により弱ったところを土壤微生物に攻撃されることで出芽不良が引き起こされるのではないかと考えています。土壤微生物による悪影響は、発芽時（播種時）の湿害についても同様で、いくら種子の破壊を防いでも、その間に微生物の攻撃を受ければ大きなダメージになります。発芽後の湿害についてはまだ検討の途上にあるので、明確な対応策を提示できませんが、播種時に適切な殺菌剤を用いること、健全な（劣化していない）種子を用いることである程度の効果は期待できると考えています。

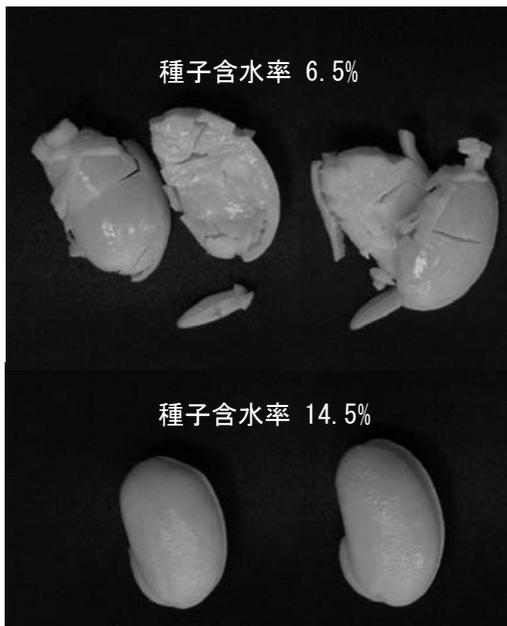


図1 冠水処理による大豆種子の破壊  
品種タチナガハ

農業技術61(9)：391-395 より引用

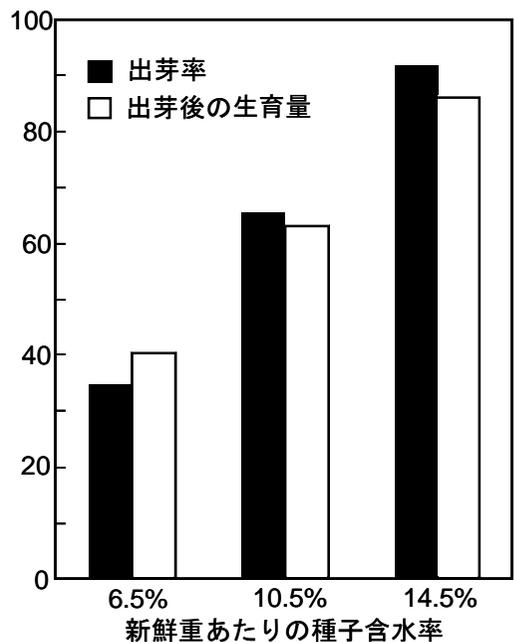


図2 種子の冠水処理が出芽と出芽後の初期生育に与える影響

9品種の平均値。2日間冠水処理した種子の出芽率と出がしてきた個体の生育量。冠水処理をしない種子の出芽率・生育量を100とした相対値。

農業技術61(9)：391-395 の図を改変

(中山則和)

## Q15 湿害を回避する調湿技術とは？

A

### 1. 調湿技術とは

ダイズにおいて、播種時の調湿技術とは、湿度が高い時には吸湿して湿度が低い時には放出する調湿の原理を利用して、一定の種子水分に調湿する技術をいいます。またこの技術によって製造した種子を調湿種子と呼びます。

図1は、乾燥種子(タチナガハ、種子水分7.6%)を浸漬した際の水分動態と子葉の損傷を観測したMRI画像です。ダイズ乾燥種子に供給された水分は表層全体より徐々に内部へ浸透しますが、浸漬した場合でも種子中心部の葉脈に水分を到達するまでに半日程度の時間を要します。一方種子の吸水(吸湿)は、温湿制御により調湿した場合は可塑性の低い低水分種子ほど遅くなりますが、浸漬した場合には調湿種子と同等以上に速まり、種子の表層の一部のみが急速に膨張することとなるため、種子内部の膨張速度との差が許容以上となり子葉が裂けるものと考えられます。また種子の膨張は長軸方向が主であるため、子葉の裂けは短軸方向に発生します。

このようにダイズ乾燥種子は急速に吸水すると子葉が損傷し易いため、播種後降水量多い地域や降雨量が少なくても種子が冠水しやすい播種条件では、調湿技術によって種子水分を高めた種子を播種することで、出芽が安定化することが期待されます。

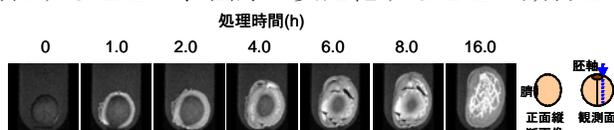


図1 MRIを利用したダイズ乾燥種子の水分動態  
<出所> 国立卓生ら(2006) 平成17年度関東東海北陸研究成果情報

### 2. 調湿種子の水分

図2は温湿制御により製造した水分の異なる調湿種子を利用して、浸漬後の子葉の損傷割合および発芽率への影響、種子水分と3週間保管時に種皮にカビが繁殖した割合の関係を調べたものです。

子葉の損傷割合は種子水分が高いほど少なく、種子水分14%前後でほぼ0%に低下します。また子葉の損傷割合が減ることで発芽率が向上します。一方種子水分を16%以上に調整すると発芽率が低下しやすくなります。これは種子水分が高いほど水分調整に時間がかかりカビが繁殖しやすくなるためで、食品工学の分野で利用されるカビが繁殖できる水分活性値0.8をダイズ種子水分に置き換えると、約15.5%となります。よって種子の保管も考慮すると、種子水分は15%前後が適正と言えます。

### 3. 調湿処理の条件

各々物質は、温度、湿度が一定の空气中に長時間放置されると、ある一定の水分に落ち

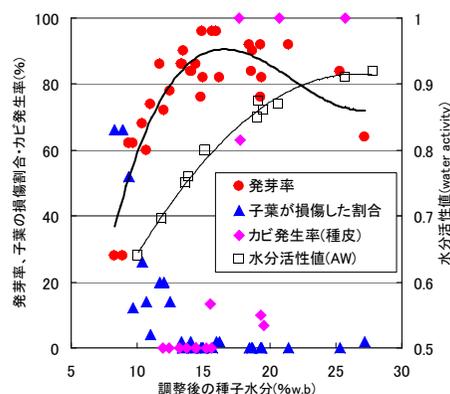


図2 種子水分と浸漬時の子葉の損傷割合、発芽率とカビの繁殖の関係

<出所> 国立卓生ら(2006) 平成17年度関東東海北陸研究成果情報

着き平衡状態になります。この時の水分を平衡水分と呼びます。またこの性質を利用することで、目標とする種子水分へ誘導(調湿)することが可能となります。

#### (1) 処理温度

処理温度を高めると発芽率が向上する傾向にあります。これは処理温度を上げることで種子の活性が高まるためと推察されます。逆を言えば、種子保管時の温度が高く、保管期間が長いほど種子の活性が落ち、発芽力が低下しやすいという裏付けともなりますが、35℃以下で調湿した種子では数週間程度の保管に関して発芽へ悪影響は確認していません。一方、40℃以上で処理した場合は発芽率が低下することを確認しています。

#### (2) 処理湿度

ダイズにおいて種子水分15%に高めるためには、その平衡となる相対湿度約80% RH を常に確保する必要があります。また湿度を上げることで種子の吸湿速度が向上するため、効率的に処理するには90%RH 程度の湿度を常に確保できる条件が必要です。

#### (3) 処理時間の目安

恒温恒湿器で数 kg 処理した場合、処理湿度95%RH で種子水分15%に達するまでの時間は、処理温度35℃では初期水分12%の種子で約30分、同7.4%の種子では半日かかります。また処理温度15℃では、同12%の種子で数時間、同7.4%の種子で丸一日かかります。

### 4. 調湿技術の方法と性能

#### (1) 穀物用循環型乾燥機を用いた方法

筆者が開発中の穀物用循環型乾燥機に加湿装置を装着して種子を循環しながら調湿する方法です。この方法を導入すると数百 kg の乾燥種子が0.30%/h 前後の速度で調湿でき、水分ムラも少なくできます。また種子の搬送速度を落とすことで種子の損傷が大幅に減るため、発芽へ悪影響もありません。装置コストの低減化が今後の大きな課題です。

#### (2) 水稲用育苗箱を用いた方法

一定量のダイズ種子と水を殺菌剤や忌避剤とともにすばやく混和・攪拌し、数 kg ごとに水稲用育苗箱に均等に広げて積み上げ、防水シートで覆って水分を種子になじませる方法です。この方法では、作業前の種子水分と加水量、その後の種子水分との関係を予め明らかにしておく必要があります。また均一に加水する必要があります。

#### (3) 浸漬による方法

ダイズ種子5～10kg 程度を網袋に小分けし、ごく短時間浸漬して水切りした後、ビニール袋に入れて密閉保管します。ビニール袋には滞水しないように底に穴を開けておきます。この手法は簡便な反面、種子水分調整の精度や水分ムラが大きな課題です。

### 5. 調湿種子の保管技術

調湿種子を長期保管すると発芽率が低下しやすいため、調湿種子の保管技術は数週間程度にとどめる必要があります。またこの際、最も重要なのは保管中に種子水分が低下しないことで、現在、ブルーシートや布団圧縮袋等で供出用の種子袋毎密封する方法を検討しています。(国立卓生)

<参考文献>

- 1) 国立卓生ら(2006)平成17年度関東東海北陸研究成果情報

<引用文献>

- 1) 牛尾昭浩ら(2003)平成15年度近中四農業研究成果情報
- 2) 北野順一ら(2005)平成17年度関東東海北陸研究成果情報

**Q16 大豆の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**

大豆産地としての重要な条件の一つは、生産量を確保する産地であることです。本稿では生産量が安定した産地を作る事を目標とします。そのために、播ける日はいつでも播き、単収を最大取りに行き、播き直しは厭わない、と考えます。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。なお、本稿の方針はどこでも通じる栽培法ではなく、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にご理解下さい。

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。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。

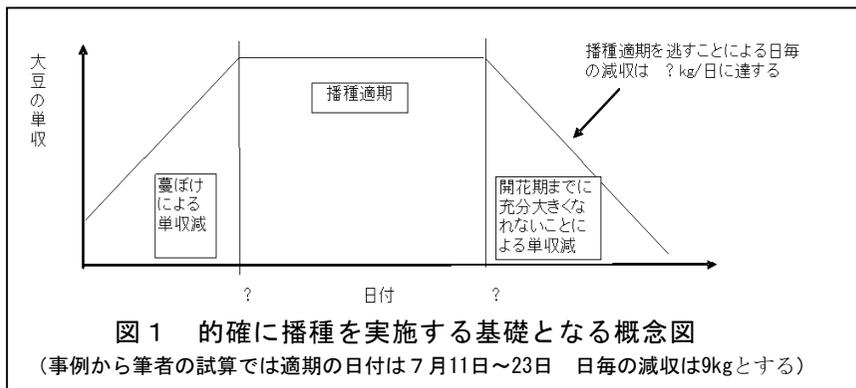
そこで、急激に単収が下がる地域にて単収を高位安定化させる改善方策として、土壌水分の計測と、当日の気象予報に基づく播種行動「攻めの播種」を提案します。積極的な性格を持っています。

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いう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、品種によって状況が異なるでしょうが、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>注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。

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

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

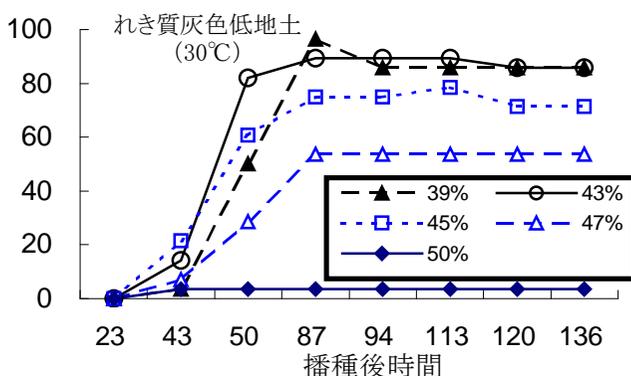


図2 体積含水率と出芽率の関係

(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)

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、接地輪が十分に動き、良好な出芽が得られ、最終的に単収が232kg/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、それをおそ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。

降雨リスクつまり、天気予報と現実に対応する具体的な筆者からの提案を述べます。着実なのは、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、先になるほど当たる確率が下がり易くなるからです。

「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、播種を控えます。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、一番判断が難しいところです。「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、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>注2)</sup>。もちろん、播かれた大豆が被害に遭う、即ち出芽率が低下する可能性があります。しかし、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。また、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るからです。

#### 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、播き直した場合の期待できる「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」を上回る時、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。

ただし、契約量の確保を重視すべき状況で、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。本質的には、播き直しの可否基準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。

#### 5. 試算による播種行動の比較

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。

なお、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

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年は台風等により著しい不作であるが、播種時は順調である。

に基づき決定します。適期は7月11～23日とし、11日から播種を開始しようとします。播種作業の能率は1日6haとし、4日をかけて組合の全作業面積24haを播種します。適期播種による収量を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しております。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。

その結果、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を確保できます。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。

(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、無事に出芽するからです。

<引用文献>

- 1) 笹原和哉ら(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。

## Q17 中耕培土は必ず必要ですか？ 行う際の留意点は？

A

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、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します。ただし、中耕を行う際は生育初期に限定することが肝要です。開花期近くになると畦間にすでに根系が伸長しているため、断根による減収を引き起こしてしまいます。

#### (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、播種時の作畦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。茎元部分まで土がかからないM字型の培土では不定根発生が期待できず、さらにこの凹んだ部分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、培土した土が茎まできちんと覆う山型とすることが重要です(図1)。

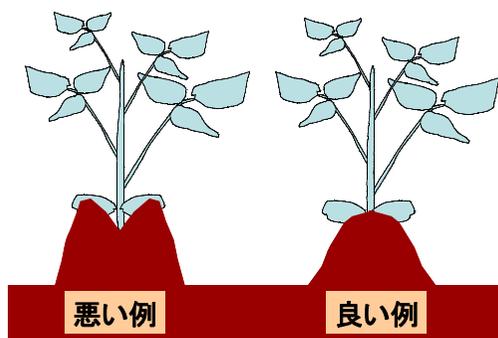


図1 培土における株元への土寄せ方法

<出所>島田信二(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、28-30

## 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もあります。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、干ばつ条件下では効果が見られない場合がほとんどです。中耕培土による土壌の攪拌は有機物分解を促進して大豆が利用できる養分を増加させますが、その一方で圃場の地力消耗を加速させています。水田転作が始まった当初は、蓄積していた有機物を中耕培土により分解促進させて増収効果が期待できました。しかし、汎用化水田は長期的に地力が低下傾向にあり、この効果は低減してきていると思われます。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) 有原文二(2000)「ダイズ安定多収の革新技術」、農文協
- 2) 島田信二(2006) 農業技術大系 6(追録28): 技37-40の2

## Q18 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？

A

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安価な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、根が地表付近にかたより、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。子実肥大後期の乾燥は葉の老化を促進させることにより、子実肥大期間を短縮させ、百粒重が減少します。また、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や莢先熟が発生します。

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。灌水が必要かを簡単に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 pF2.5~2.7 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 90%エタノール液を綿棒で塗り、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1万円程度するため、普及には至っていません。そこで、土壤の乾燥

程度を判定する安価な測器を開発したので紹介します（**図1**）。測器はポーラスカップ、目盛りを付けた透明の塩ビ管、ゴム栓から構成されています。構造が簡単で、1個2千円程度で作ることができます。使い方はまず、ポーラスカップ部分が作物の根群域に行くように測器を土中に挿します。次に、塩ビ管に脱気水を満たし、ゴム栓をすれば設置完了です。後は、指示値を読めば土壤の乾燥程度が判定できます。ここで、指示値とは塩ビ管上部にたまった空気層の厚さであり、脱気水とは10分程度沸騰させたお湯を冷ました水です。市販のポーラスカップは空気侵入値が0.5～0.6気圧（pF換算で2.7～2.8）程度のもので多いようです。そのため、土壤のpF値が2.8以上になると、ポーラスカップから水が土壤に出て行くとともに、少しずつ空気が入り、この空気が塩ビ管内の負圧によって膨張します。塩ビ管上部の空気層の厚さを読むことにより、灌水の必要性が判定できます。従来の土壤水分計は含水率やpF値の瞬時値しか測定できませんでしたが、この測器は土壤の乾燥程度に応じた値が日々積算される特性があります。さらに、灌水や降雨によって土壤が湿ると、塩ビ管内の負圧によって土壤中の水が吸い込まれ、指示値はほぼ0に戻るという、おもしろい特性を持っています。青立ちを防ぐには、指示値が50cmを超えたら灌水が必要でした。

### 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。水が停滞すると土壤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。

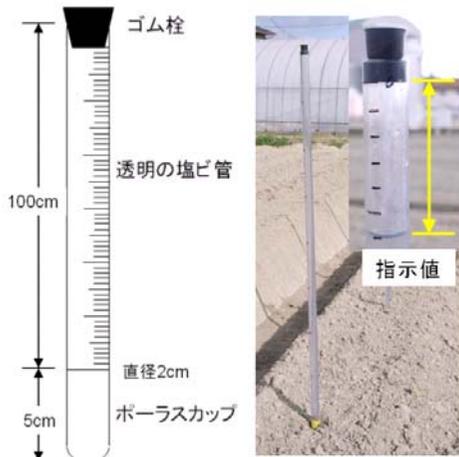


図1 灌水の必要性を判定する測器

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壤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

## Q19 青立ち（莢先熟）の原因と対策は？

A

青立ち（莢先熟）の原因は色々あるため、それぞれの原因に合わせて対策を立てる必要があります。現在では青立ちが発生すると正常に戻す術はなく、収穫前に青立ち株を除去するしか方法がありません。したがって、適切な品種を選択し、青立ちの発生原因が生じないように圃場を管理することが、青立ちの抑制に効果があります。

### 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莢数が少なく、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は、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。莢の伸長が始まってから子実の肥大が始まるまでの期間（莢伸長期）から子実が肥大する期間（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を播種溝処理すると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

葉腐病は大豆の葉や莢に腐敗症状を呈するほか、クモの巢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。葉腐病は高温・多湿な環境で発生しやすく、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では発生が認められており、いずれも青立ちが発生しています。この病気への対策ですが、2007年6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。しかし、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。

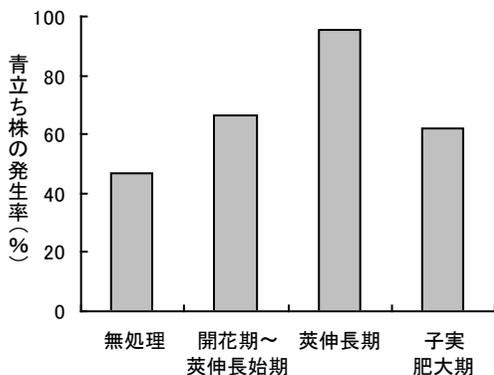


図1 生育期間別に土壤を乾燥した場合に発生する青立ち株の発生率（パーセント）

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

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の防止にも効果があります。

#### (3) 土壤の乾燥

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、干ばつによる土壤の乾燥ストレスが発生原因であると考えられます。実際、開花期以降に土壤を過度に乾燥させると青立ち株の割合が増え、特に莢伸

長期に土壤が乾燥すると発生率が高くなります(図1)。したがって、開花期以降の土壤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効果的です。特に莢伸長期の乾燥に注意することが必要です。かん水の時期を判断する方法として、葉の調位運動から大豆の水ストレスを知る方法、湿潤試薬を用いて葉の気孔開度を知る方法、テンシオメーターを用いて土壤水分を測定する方法等があります。

#### (4) 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るので増収しますが、過繁茂になってしまうと青立ちが発生しやすい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。

#### (5) 品種

大豆には青立ちしやすい品種とにくい品種があり、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際に青立ちが発生する可能性があります。また、青立ちが出ない品種であっても、土壤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

上述したように、青立ちが発生する原因は色々ありますが、青立ち株は発生の原因を問わず莢数が少ないことが多いです。人為的に莢を除去した場合や莢伸長期の土壤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、莢数が十分でも青立ちが認められることがあり、子実の生育が不良な株や茎葉の生育が大きい株で認められています。これらの事実は、子実が減少するほど、また、茎葉の生育が増加するほど青立ちが発生しやすいことを示唆します。したがって、莢数や子実重を確保する一方で、茎葉の生育が過剰とならないように生育を管理することが、青立ちの発生を抑制する秘訣かもしれません。

青立ちは原因の特定が困難であり、不明な点がまだまだ多く残されています。青立ちの品種間差や、排水不良な圃場で青立ちが多発するしくみについて、まداولく説明されていません。青立ちの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)

#### <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) 竹原利明ら(2005)日本植物病理学会報 71 : 217
- 4) 竹田博之ら(2006)日本作物学会中国支部研究集録 47 : 32-33

**Q20 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それに収穫時期と青立ち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）。

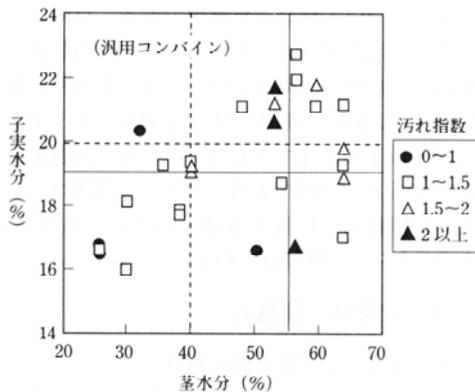


図1 汎用コンバインによる  
茎水分・子実水分と汚れ指数

〈出所〉竹中秀行(2005)『農業技術体系 第6巻』

189-195

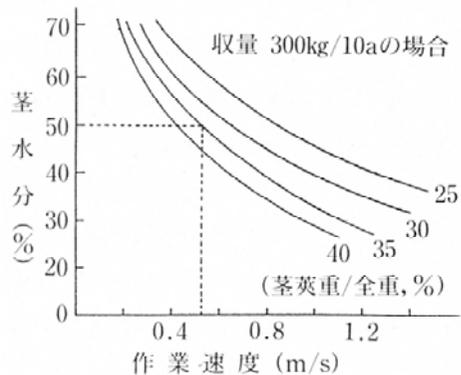


図2 汚粒発生軽減のための  
作業速度と茎水分との関係

〈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

なお現在行われている汚粒に関する研究として、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)。どちらも現在も研究及び技術指導を進めており、これら技術によって汚粒の低減および収穫時茎水分条件の緩和につながることを期待されます。

(土屋史紀)

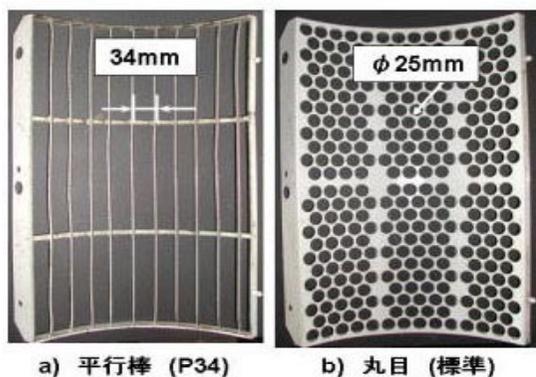


図 3 中央農研開発 平行棒コンケーブ

〈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

## Q21 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. 収穫損失の種類

コンバイン収穫ロス（損失）は頭部損失と排塵口損失とに大別されます。頭部損失はヘッダーからこぼれて機体へ取り込めない子実の量です。排塵口損失は脱穀損失と選別損失の合計です。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：切株に残った子実、倒伏損失：倒伏等によって切断されずに圃場に残った子実、落莢損失：莢に子実が入った状態で圃場に落ちている子実（茎や分枝から離れていない状態は枝落ち損失）、裂莢損失：莢から子実が出た状態で落ちている子実です。



図1 頭部損失の種類

（出所）梅田直円ら(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、50-54

#### (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高くなります。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。リールで引き寄せた後に切断する通常の工程では、茎の動きが小さく裂莢せず落莢損失もありません。しかし、通常の工程と異なる場合には、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、等の現象が起こります。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高くする要因の1つです。

茎の前方へ飛び出しを低減する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、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

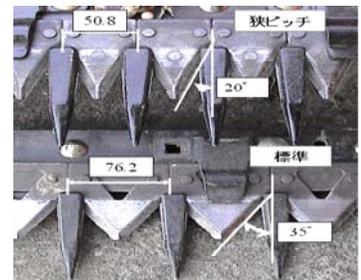


図2 狭ピッチ切断部

（出所）梅田直円ら(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、50-54

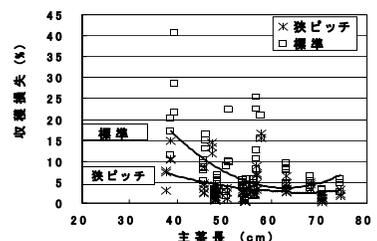


図3 狭ピッチ切断部の頭部損失低減効果

（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、50-54

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、茎の前方への変動を抑えることが可能となります。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のおよそ半分に低減されました。頭部損失は大豆の草姿や水分にも影響を受けます。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高くなり、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のため、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、顕著な差が現れたと考えられます。

### 3. 排塵口損失

#### (1) 排塵口損失の発生要因と対策

排塵口損失は脱穀損失と選別損失の2種類あります。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の量です。選別損失は、選別風によって飛ばされたりチャフシートの揺動によって選別部から排出される子実の量です。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。また、前方揺動部からの選別損失は少ないことが報告されています。したがって、排塵口損失の低減するためのコンケーブには高い子実の漏下性が求められます。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、排塵口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排塵口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。これは、コンケーブの漏下性の向上により脱穀部入口付近で選別部に落下する子実割合が増え、選別損失が低減したためと考えられます。

(梅田直円)

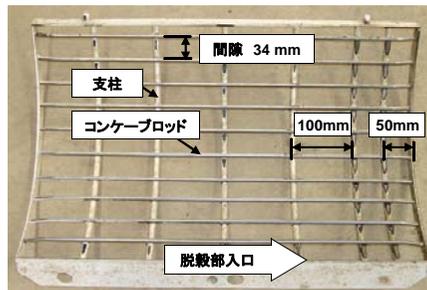


図4 幅広コンケーブ  
(出所)梅田直円(2007)研究成果情報

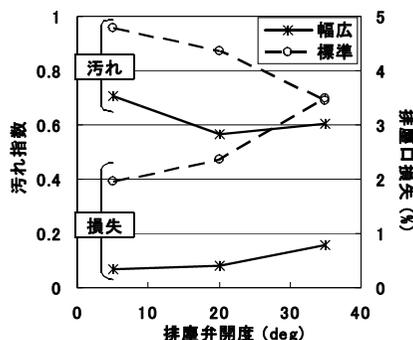


図5 排塵口損失に排塵弁がおよぼす影響  
(出所)梅田直円ら(2005)「ここがポイント 大豆づくり」全国農業改良普及支援協会.50-54

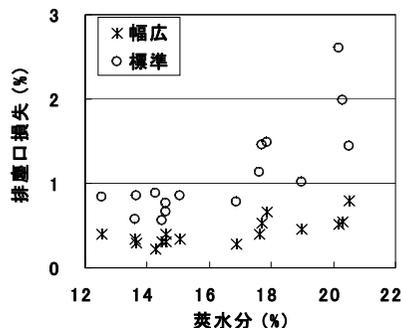


図6 排塵口損失に莢水分がおよぼす影響  
(出所)梅田直円(2007)研究成果情報

<参考文献>

- 1) 全国農業改良普及協会(1999)「大豆の機械化栽培とコンバイン収穫事例集」
- 2) 梅田直円ら(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

## Q22 品質を落とさずに高水分種子を乾燥させる省力的な乾燥調整法は？

A

### 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、過温度の通風や搬送過程での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、過温度の通風によるしわや皮切れ、および機械的衝撃による破碎、皮切れ、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きましたが、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、しわや皮切れしやすく人工乾燥は難しいとされています。現在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、搬送速度を落としたり、スクリーコンベアのクリアランスを 10mm くらいに広げたり、落下時の破碎を防ぐためシュータを設けるなどの措置を講じた乾燥機を使用する。
- ②水分が 18%以上の高水分大豆では、皮切れやしわ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. 乾燥により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。したがって、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。ここでは空気温度よりも相対湿度が主に大きく影響します。

図1にしわ、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通風だけにした方が損傷もなくよいでしょう。

図2は、図1の特性に基づき、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2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、表層部が低湿な空気に接し、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、堆積層内で蒸れを生じる危険があります。通常、温度20℃以上、湿度80%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、貯留中の湿度は大豆の水分と平衡する湿度になります。

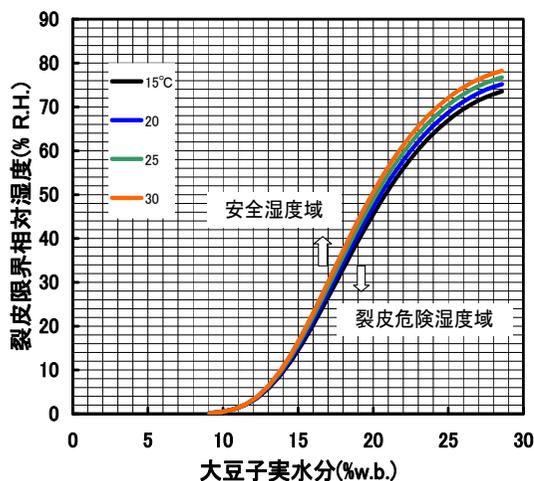


図1 大豆の子実水分ごとの乾燥による皮切れ発生の限界相対湿度と通風安全湿度域

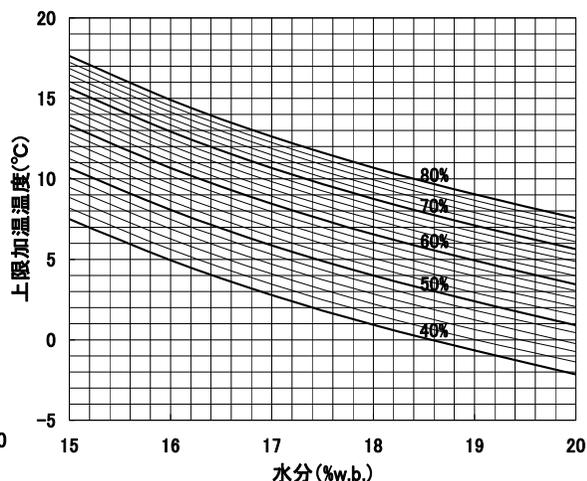


図2 外気の湿度と子実水分ごとの皮切れ発生を回避できる加温温度の上限(大豆:ツルムスメ、外気温5~20℃)

### 3. 汎用乾燥機での大豆の乾燥方法

米、麦に加えて大豆用にも使える汎用乾燥機、遠赤外乾燥機が各メーカーから発売されており、この乾燥機を使った大豆乾燥を行っている例も多くなっています。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もあります。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中心に述べます。

メーカーの大豆モードで乾燥したときに皮切れ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に間接熱風装置を取り付け、乾燥機上部から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に、**写真 1、図 3**のように外部接点で ON-OFF 制御可能な温風ヒータ、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。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際には、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・湿度に応じて、

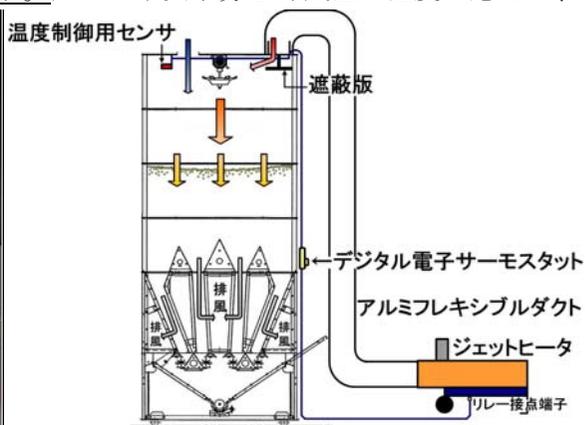


写真 1 間接加熱式のジェットヒータによる加温装置と上部加温送風方法 図 3 上部加温送風装置による乾燥方法の模式図

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。ここでのジェットヒータは、クリーンな温風を送風できる間接加熱方式で乾燥機内部の空気温度を調整できる温度調節用のサーモスタットを取り付けられる外部リレー接点用端子を有する間接加熱方式のものを使用します。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。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。

### 5. 上部加温通風乾燥ではしわ、皮切れは発生せず、機械的損傷粒も1%以下

大豆生産農家（岩見沢管内北村地区）に設置している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 4.5 t）に装置を取り付けて乾燥機上部から温風を通風した試験結果について紹介します。約 2.5 時間で一巡する低速の搬送モード(22 リットル/分)で大豆（ツルムスメ、初期水分 18.7%、初期重量 2、350kg）を乾燥（乾燥期間、10 月 27～28 日）し、約 1 時間ごとの水分と破損粒の割合についてサンプリング調査し、乾燥による皮切れ、搬送による損傷粒の粒数を調べました。

その結果、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<sup>2)</sup>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。その後 5 年間、農家での累計 100t 程の乾燥でもしわ、皮切れの発生は見られず、機械的損傷も 0.5%以下とほとんどない状態で推移しています。



写真 2 上部加温通風による乾燥終了後の大豆（ツルムスメ）

表 1 上部加温通風による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 (%w.b.)	初期重量 (kg)	風量比 (m <sup>3</sup> /100kg/s)	平均乾減率 (%/h)	終了時水分 (%w.b.)	乾燥裂皮 (%)	機械的損傷 (%)	正味乾燥時間 (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

(井上慶一)

#### <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製法、機械化農業10月号：11-14、（株）新農林社
- 2) 大豆の乾燥ホームページ <http://www.cryvo.affrc.go.jp/bean/DrySoybean.htm>

## Q23 しわ粒の発生要因と防止技術は？

A

### 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。特定の技術を一貫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。

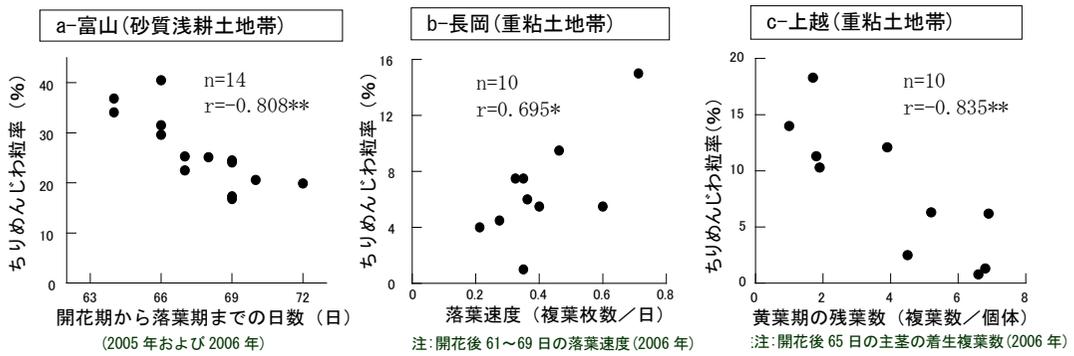


図1 落葉とちりめんじわ粒の発生との関係

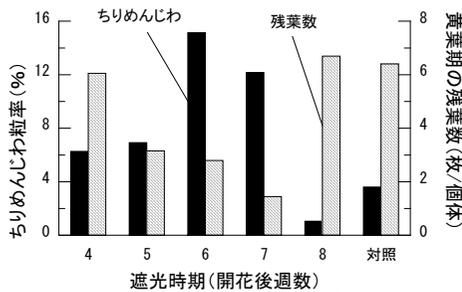


図2 遮光時期と落葉及びちりめんじわ粒発生との関係

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

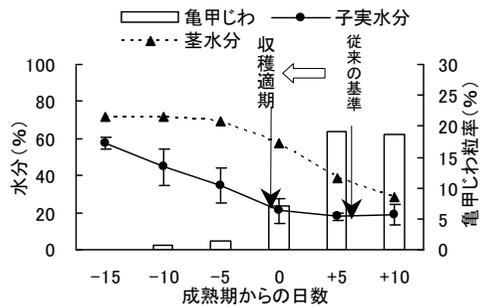


図3 作物体水分の推移と亀甲じわ粒発生との関係

(新潟農総研、2004~2006 年平均)

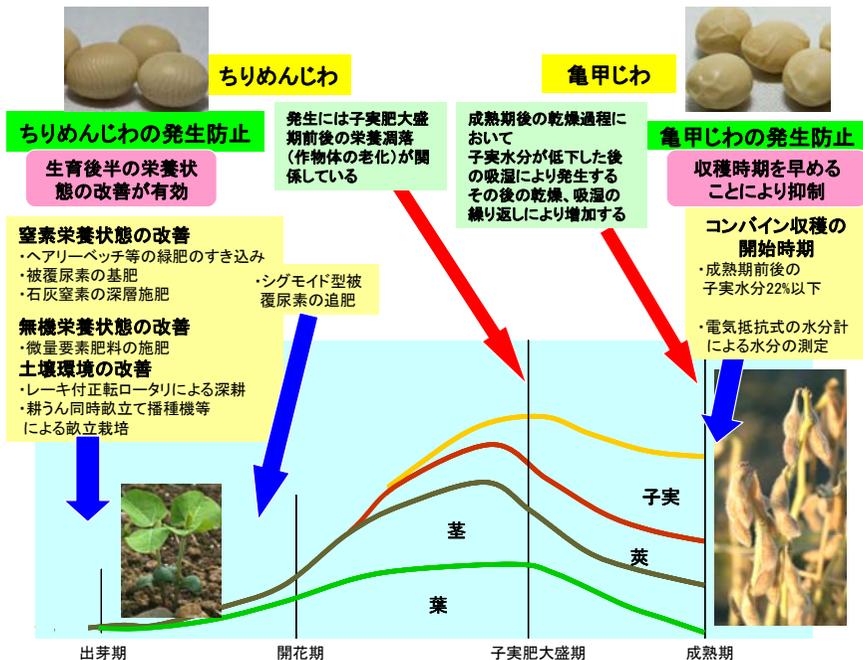


図4 大豆しわ粒発生低減化技術の概要

(田淵公清)

**Q24 大豆の子実タンパク質含有率を左右する要因は？  
タンパク質含有率を向上させる技術は？**

A

大豆の子実タンパク質含有率の向上には、根粒菌からの窒素供給をうまく利用することが重要です。大豆は子実中に多量のタンパク質を蓄積するため、窒素要求が極めて大きい作物です。この窒素要求を施肥や土壌からの窒素だけで確保することは困難であり、このため子実タンパク質含有率に対する根粒菌による固定窒素の貢献は大きいものとなります。根粒菌

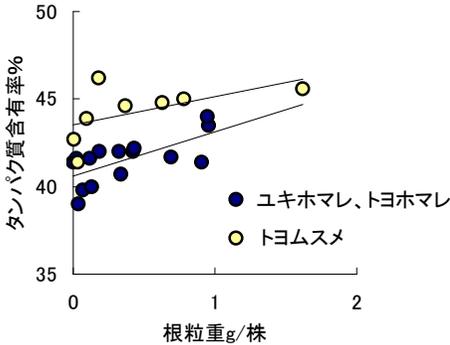


図1 根粒重と子実タンパク質含有率の関係

の着生ということで比較すると、水田転換畑の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易くなります。逆に作付歴があると、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。品種にもよりますが、根粒重とタンパク質含有率には直線関係が認められ(図1)、タンパク質含有率に対する窒素固定の依存度が大き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となります。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、畝間が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です。

そこで根粒着生が不良となりやすい北海道において緩効性肥料として、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 (大豆播種 40~55 日後) 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

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

\*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

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わかります。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やや減少し、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、根粒着生が良好な場合には追肥の効果はあまり期待できないことになります。

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ことで追肥処理の効果と比べると(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認められないという結果を示します。これは連作でタンパク質含有率が高いことを反映したものと見ることができます。

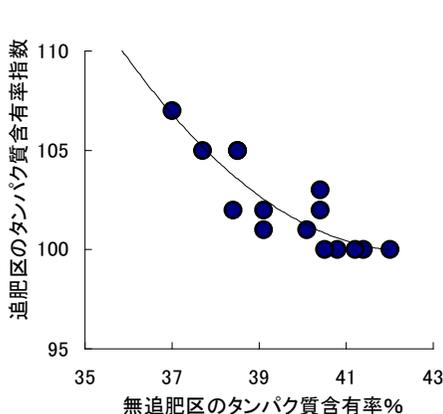


図2 無追肥区のタンパク質含有率水準と追肥効果の関係(LPS40追肥)

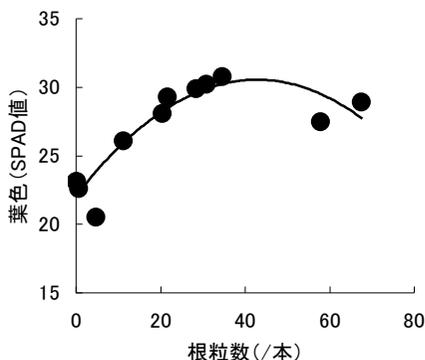


図3 根粒数と葉色の関係 (6月30日調査、2005年度)

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、大豆を引っこ抜かなくても葉色で判断することも可能です。

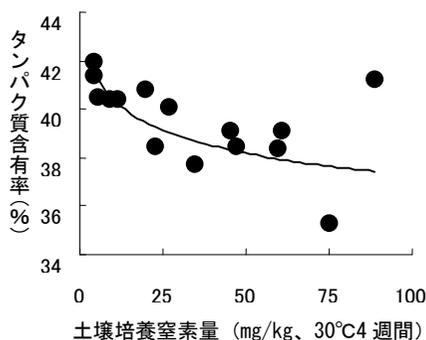


図4 土壌培養窒素量とタンパク質含有率の関係

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が考えられますが、土壌窒素肥沃度の指標としての土壌培養窒素量とタンパク質含有率の間には、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関係(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。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、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ものを、選択するとよいのではと思われます。

(安田道夫)

Q25 豆腐の加工適性を左右する要因は何でしょうか？

A

豆腐の加工適性を左右する要因はタンパク質、フィチン、カルシウム含量などです。タンパク質含量は主に品種に、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。

豆腐加工適性で特に問題とされるのは、「豆腐の堅さ」です。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。この豆腐の堅さに影響を及ぼすものとして、大豆種子のタンパク質含量、フィチン含量、カルシウム含量などの要因が挙げられます。

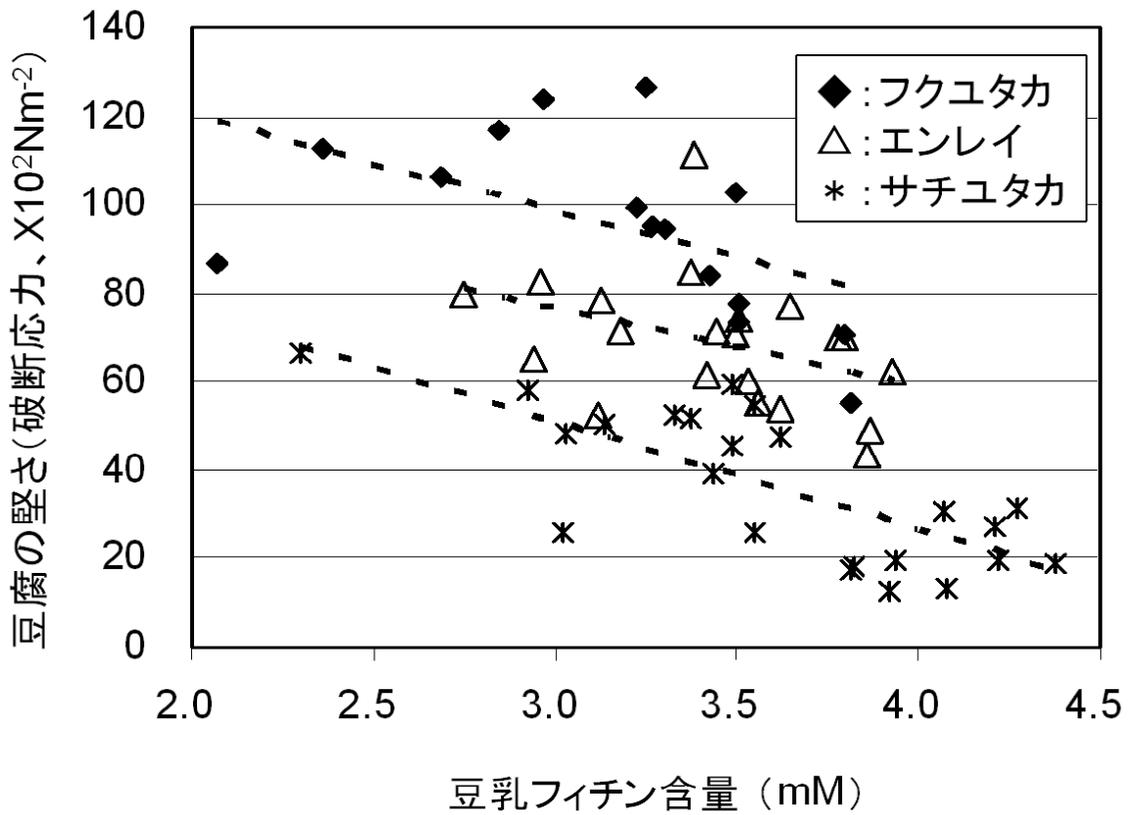
タンパク質含量は豆腐を堅くするのに重要であり、低タンパク大豆からは、十分な堅さの豆腐は作れません。タンパク質含量は品種の寄与が大きいので（平1992）、豆腐の加工適性の良い大豆を作るためには、一般に豆腐加工用と言われている、ある程度タンパク質含量の高い大豆を選ぶ必要があります。「フクユタカ」「エンレイ」「リュウホウ」などが代表的な品種です。

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、土壤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。

カルシウムは、フィチンやカルシウム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すが、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ため、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

## Ⅱ 大豆300A技術について (地域別)

# 1. 北海道地域：大豆の密植遅播き「田植え後播種」栽培技術

## 1. はじめに

北海道の大豆作は水田転作割合の増加により田作大豆の作付けが増え、道内作付面積の50%以上を占めており、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の競合を避けるため、5月10日頃に早播きされます。この時期は比較的低温で、融雪から20～30日程度しか経過しておらず、圃場の乾燥が不足しがちです。また、田作大豆は一般に泥炭土や灰色低地土など粘質な土壤に作付けされることが多く、透水性や碎土性が劣り、多湿条件では碎土不足になりやすい。さらにその後に田植えを控えることから作業日数が制約され、規模拡大の障害にもなっています。

一方、熟期の早い品種「ユキホマレ」（中生の早）が開発され、6月上旬の遅播きでも十分な成熟と収量を確保できる見通しが得られています。田植後は労力に余裕があり、天候も比較的

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ます。これらを背景に「ユキホマレ」を用いて田植

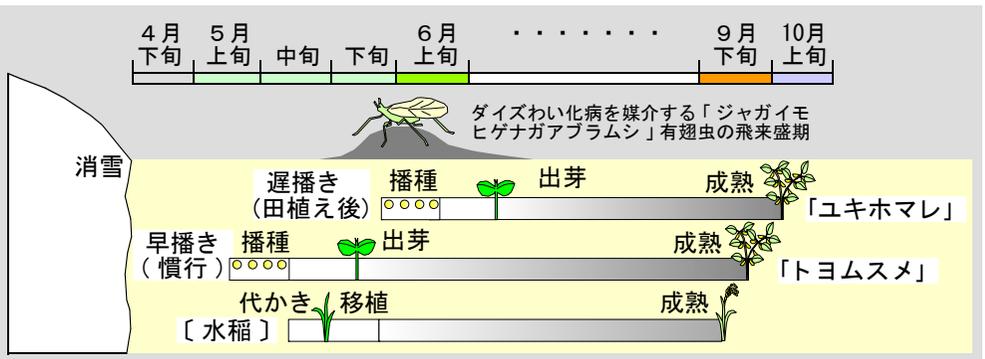


図1 大豆の栽培法と生育期間

<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

後に遅播きをして、さらに密植により収量を確保する取り組みが行われています(図1)。

## 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」と主力品種の「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、生育および収量を調査しました。

「ユキホマレ」は田植え後播種でもおおむね10月第1半旬までに成熟しました。播種期の違いによる収量の有意差はみられませんが、早播きの収量はやや低く、標準播きと田植え後播種の収量はほぼ同等でした。一方、「トヨムスメ」は「ユキホマレ」に比べると成熟期は9日程度遅く、「トヨムスメ」の標準播きが「ユキホマレ」の田植え後播種の成熟期と同等でした。また、「トヨムスメ」の田植え後播種の収量は標準播きに比べて低下しました。収量構成をみると、両品種とも田植え後播種では百粒重は小さく、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粒数を確保する必要があると考えられます。また、田植え後播種では発芽から開花始めまでの気温が相対的に高いことから、茎葉の伸

長が速く、主茎長が長い傾向にありました。また、最下着莢位置も高いことから、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が激しく、

表1 播種期と生育収量（北海道農研・札幌）

品種	播種期 月/日	出芽期 月/日	成熟期 月/日	収量 kg/10a	百粒重 g	粒数 粒/m <sup>2</sup>	主茎長 cm	最下着莢 位置cm	倒伏 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
	田植え後	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
	田植え後	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

茎葉が繁茂しやすいことから倒伏しやすい草型になり、台風や強風雨などの条件で容易に倒伏する欠点がみられました（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した。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）。安定した収量の確保と成熟遅延によるリスクを軽減するには6月第1半旬が播種晩限と推測されました。

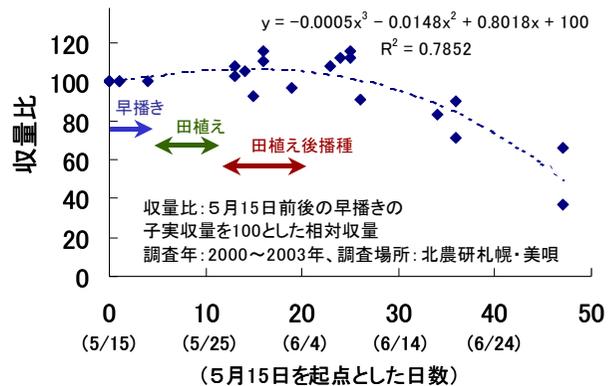


図2 「ユキホマレ」の播種期と収量比

＜出所＞大下泰生(2006)農林水産研究ジャーナル29(12)：10-14

## (2) ダイズわい化病

ダイズわい化病感染率は年次により感染率が変動するものの、各年とも播種期が遅いほど感染率は明らかに低下しました（図3）。

北海道では大豆の出芽まで7～10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日頃に飛来のピークがあることが明らかになったことから、田植え後播種では飛来盛期後に出芽することにより感染を回避できると考えられます。

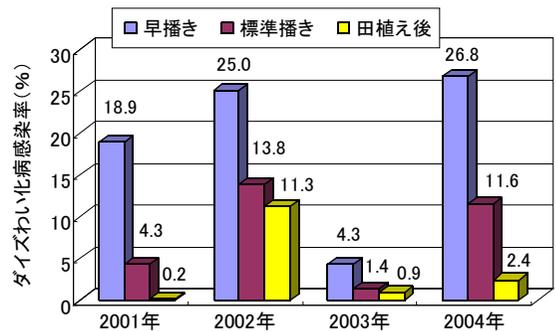


図3 播種時期とダイズわい化病感染率

＜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ーダ（以下「開発機」）は耕うん部、施肥部、施薬部、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)。耕うん部は砕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、アブラムシ防除薬剤(粒剤)を施用する施薬装置を備え、従来のように肥料と殺虫剤を混和して施用する手間を省くことができます。さらに、鎮圧部は新たに開発した覆土前鎮圧法を用いました。

## (2) 砕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砕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、土壤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以内にすることが望ましいと考えられます。砕土性の目安として、土塊直径2 cm以下の重量割合が70%以上必要とされており、これは平均土塊直径で1.5 cmに相当します。平均土塊直径が1 cm以内になるのは土塊直径2 cm以下の重量割合が90%以上、もしくは土塊直径1 cm以下の重量割合が70%以上必要とします。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以下に砕土でき、高い砕土性が得られました。ただし、必要以上に細かく砕土

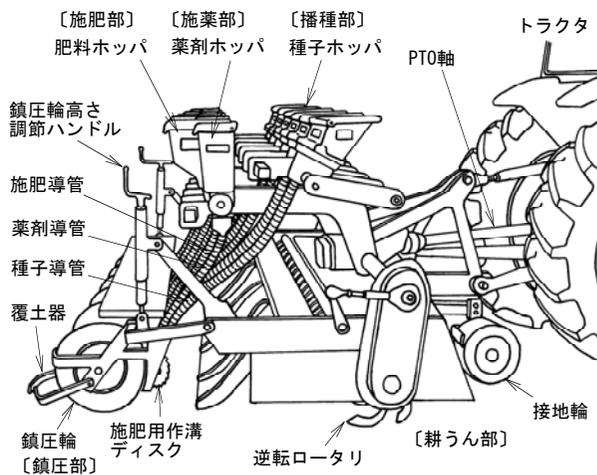


図4 浅耕逆転ロータリシーダの外観

<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

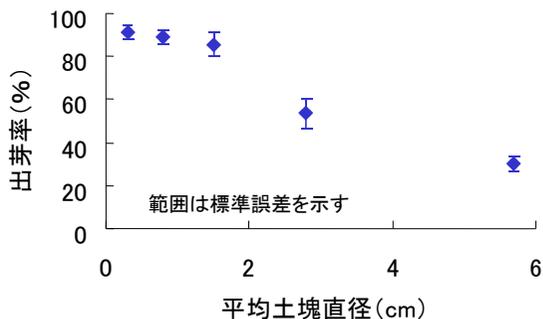


図5 平均土塊直径と出芽率

<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

すると、土壤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、透水性を低下させたり、乾燥して硬化すると出芽の抵抗となるため、適正な砕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、耕うん部で砕土して整地した播種床表面に種子を点播し、種子の近傍に殺虫剤と肥料を施用した後、镇压輪で種子を踏みつけ、深さ3 cm程度の播種溝を形成します。最後に覆土器で播種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镇压され、種子と土粒子が密着して毛管水が供給されやすい。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、表層を镇压する従来法では、表層にクラストが形成される場合があります。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、種子が容易に覆土を貫通して出芽できます。覆土前鎮圧は乾燥した条件でも、降

雨が多く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

田植え後播種がない場合と導入した場合について限界面積の作付け構成を試算した結果、導入前は面積の上限が24.1haにとどまるのに対して、田植え後播種導入後は34.2haへと10ha程度の規模拡大が可能になります(表2)。これは大豆の作付面積が4.8ha増加し、これにもなるとして輪作される小麦の面積も増大することによります。また、田植え後播種導入前後の半旬別労働時間をみると、6月第1～2半旬、6月第5～8月第1半旬頃の労働時間が大きく増加しているものの、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、5月第4半旬の労働ピークは変化しません(図7)。以上のことから、大豆田植え後播種は水稲・小麦・大豆水田輪作の規模拡大に必要な栽培法であり、作付け面積の増加に伴う労働時間の増加は農閑期の活用で対応でき、労働時間の分散と平準化に有効であると考えられます。

(大下泰生)

<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)日本土壤肥料学会雑誌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

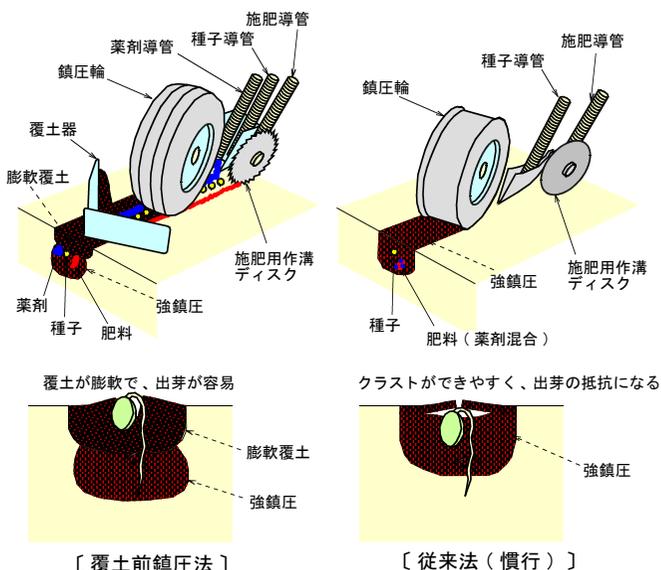


図6 覆土前鎮圧法と従来法の比較

<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

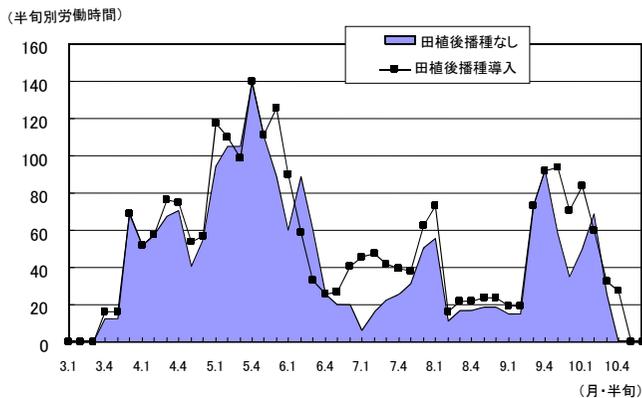


図7 田植え後播種導入による労働時間の変化

<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 (ha)	水稲移植 (ha)	水稲直播 (ha)	大豆早播き (ha)	大豆田植え後播種 (ha)	秋まき小麦普通作 (ha)	秋まき小麦大豆間作 (ha)	転作率 (%)
田植え後播種なし	24.1	10.3	2.5	5.6	—	2.8	2.8	47.0
田植え後播種導入	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

## 2-1. 東北地域：有芯部分耕栽培技術

### 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、砕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、東北地域の転換畑大豆の主要な作付けでは、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。「有芯部分耕栽培」は、東北農業研究センターにおいて2003年より検討を行っているもので、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。

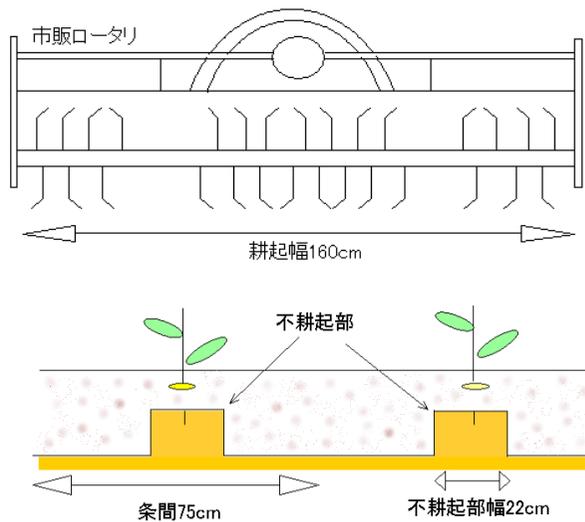


図1 有芯部分耕のロータリ爪配置および耕起条件

### 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70~75cmで、不耕起部を20cm程度、10~13cmの耕起深で耕起すると不耕起部上に4~5cmの覆土が得られています。本栽培法では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。

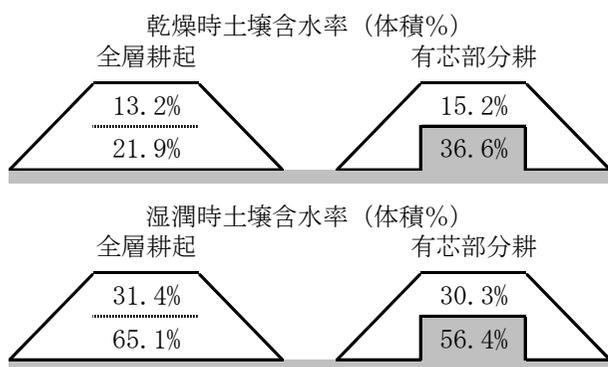


図3 耕起法と土壌含水率との関係  
 上部は地表面0~8cm、下部は同8~16cm  
 塗りつぶし部分は不耕起

### 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です。

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）。

一方、土壌での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2003~2006年の4ヶ年にわたり灰色低地土、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

表1 耕起法が開花期の生育に及ぼす影響

耕起法	主茎長 (cm)	茎径 (mm)	乾物重 (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力年データ平均(n=4). \*  
 5%水準で有意差有り.

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）。



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

有芯部分耕による生育促進や増収効果の要因として、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。

### 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0.8～1.7km/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10～20a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3～4km/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. 今後の課題

2006年の現地試験面積は合計20ha程度に及んでいますが、有芯部分耕栽培技術の実用化には、作業性の向上が不可欠と考えています。作業性向上策については現在検討中です。また、多様な土壌条件下で異なる品種を用いて、さらに実証試験を行って問題点を摘出しながら、本栽培法の改善方策を検討していく予定です。

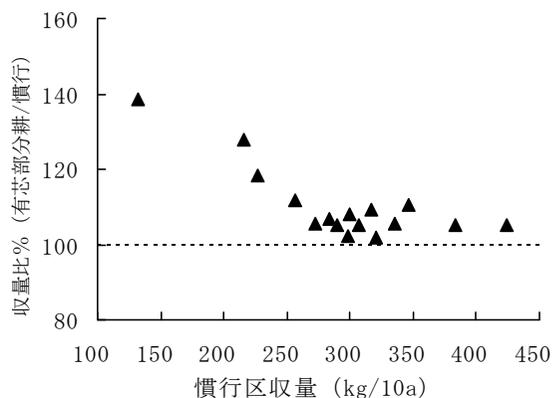


図5 慣行区の収量水準と有芯部分耕による収量比  
2003～2006年の現地試験、場内試験坪刈りデータ

## 2-2. 東北地域：立毛間播種技術

### 1. 作付け体系

土地の利用効率を高め高生産性水田輪作体系を確立するには作付け体系を多毛作化する必要がありますが、東北地域北部の様な冷涼な気候条件のところでは、大豆と麦の2毛作は作期の競合により実施は困難です。しかし、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）によってこれらの作物の2毛作が可能となります。すなわち北東北の盛岡市近郊では、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、という栽培体系を組むことができます（図6）。立毛間播種は古くから行われてきましたが、播種の機械化が遅れ、近年では大豆や米の後作に麦を散播する例が一部で見られる程度です。

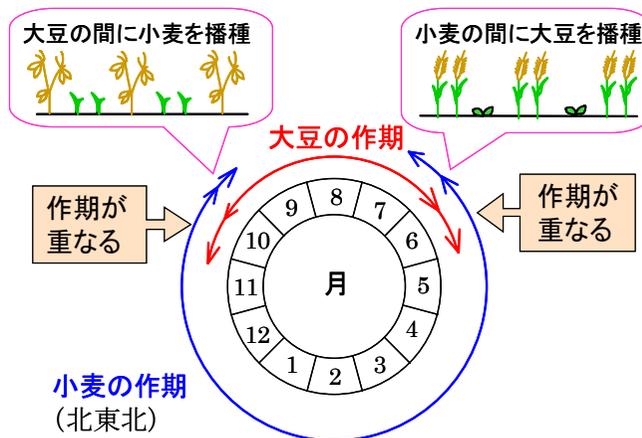


図6 立毛間栽培の概念図

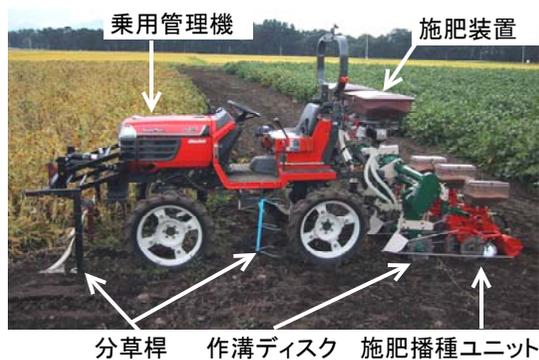


図7 立毛間播種機

### 2. 立毛間播種機の概略

畝間への立毛間播種（条播）作業については、我が国の圃場等の諸条件に適した小型乗用機械体系を東北農研センターが構築してきており、開発した播種機（2002年）が市販

されています（(株)ササキコーポレーション、RT301RH）。図7が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（図8）。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。本機は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8）。



図8 立毛間播種作業の様子

左：大豆立毛間小麦播種

右：小麦立毛間大豆播種

なお、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。なお、立毛間播種機の作業能率は最大で30a/h程度、播種機1台の負担面積は15ha程度です。

### 3. 作付け体系および管理作業

立毛間播種栽培では一般に、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。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。また、立毛間播種栽培体系における雑草防除については、全面耕起による埋没処理や非選択性の薬剤による全面処理はできません。除草剤は、現状では立毛間播種後の土壌処理剤使用はできないので、前作物の収穫以降に選択性除草剤を散布するか、畦間処理で非選択性除草剤を使う以外にありません。結果として、特に中耕除草できない株間などに雑草が残り、作付けの進行につれて増加し繁茂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必要があります。

なお、次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、次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。

#### 4. 普及状況と問題点

この立毛間播種作業方式による大豆・麦の栽培は、各地の現地試験などで収益性の向上が確認され、東北地域で40ha程度（2004年）実施されています。また、本技術は主に寒冷地向けですが、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を目的とすれば有用と考えられます。なお、前述のように立毛間播種栽培には、前作の倒伏に弱い、播種作業能率がそれほど高くない、雑草防除が難しくなることがある等の問題点もあります。さらに、立毛間播種機の導入コストは、作業機の価格は約150万円ですが、ハイクリアランス型の乗用管理機の価格は200～280万円です。乗用管理機は水稲や野菜の薬剤散布・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。

（吉永悟志、天羽弘一）

#### <参考文献>

- 1) 島田信二(2005)日作紀74(別2):382-387
- 2) 倉本器征(2001)東北地域における水田地域輪作営農の展開、倉本器征ら(2001)「水田輪作技術と地域営農」、農林統計協会、29-66

### 3. 関東地域：不耕起狭畦密植栽培技術

#### 1. 不耕起狭畦密植栽培とは

関東の転換畑における大豆栽培は麦との二毛作を行う場合が多く、麦収穫期と大豆播種期が梅雨期間中なので、耕耘後に播種する方法では大豆播種は適期を逃しがちです。また、ロータリシーダによる耕耘・播種の同時作業は低能率なので大規模な大豆作では播種適期を逃す場合も少なくありません。不耕起播種は、播種前耕耘を省くので雨による播き遅れや麦収穫と大豆播種の作業競合を回避できるうえに、播種作業そのものが高能率なので、適期播種を可能にする技術です。大豆栽培で耕耘する作業には播種前耕耘のほかに中耕培土があります。中耕培土は、倒伏防止や除草を目的に行われますが、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時の損失や汚粒の原因になってます。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い栽培法でもあります。中耕培土の省略を前提に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、茎葉が畦間と株間を早く覆うので、大豆による雑草抑制が期待できる栽培法です。

#### 2. 不耕起狭畦密植栽培導入に適した条件

麦類収穫と大豆播種の作業が競合する地域、降雨で大豆播種作業が遅れやすい地域で導入効果が期待できます。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を必ず施しておきます。地下水位の高い圃場、排水路の水位が高い圃場、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

汎用不耕起播種機（後述）による不耕起栽培は千葉、茨城、福島等で百数十ha定着しており、適期播種や省力性は評価されています。一昨年の茨城県筑西市の納豆小粒の事例を紹介します。不耕起播種は梅雨期間中に百筆を超える圃場（約30ha）を不耕起播種しましたが、作業ができた日には2.6ha/日で播種でき、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200 kgを超えましたが、播き遅れた耕起栽培の反収は約150 kg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. 汎用不耕起播種機による大豆不耕起狭畦栽培の実際

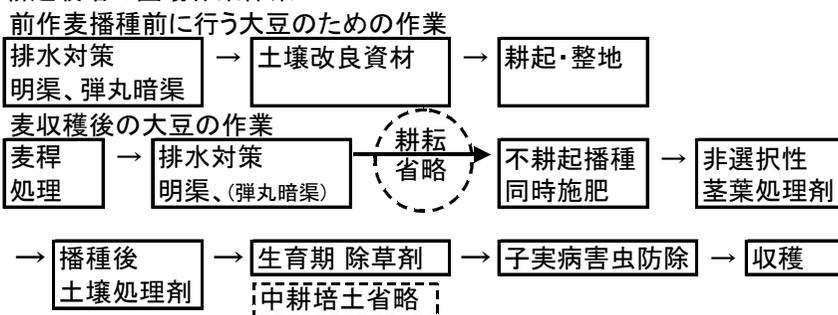
耕耘には土壌の膨軟化、圃場の均平、肥料の混和、残さのすきこみ、除草等の効果があり、中耕培土には倒伏防止や除草の効果があります。不耕起栽培では作業の時期や方法の変更あるいは栽培法や不耕起播種機の工夫で耕耘と中耕培土の効果を補っています。以下

に不耕起狭畦密植栽培の作業方法を紹介しますが、どの作業も不耕起、狭畦、密植を意識して行う必要があります。たとえば、播種前の機械作業を土壌水分が高い条件で行うと土壌が圧密され、表面に轍が残ります。その後で雨が降ると水がたまり、病気や湿害の発生を助長してしまいます。

### (1) 圃場作業体系

不耕起狭畦密植栽培は播種前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。土壌水分が高い条件で機械作業を行うと土壌が圧密され、表面には轍が残ります。麦収穫や大豆播種前の作業はできれば土が乾いた時に行い、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の除草が必要な場合は除草剤で対応します(図1)。

#### 不耕起栽培の圃場作業体系



#### 耕起栽培の圃場作業体系

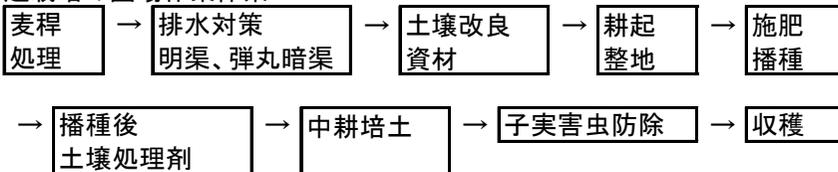


図1 不耕起栽培と耕起栽培の圃場作業体系の比較

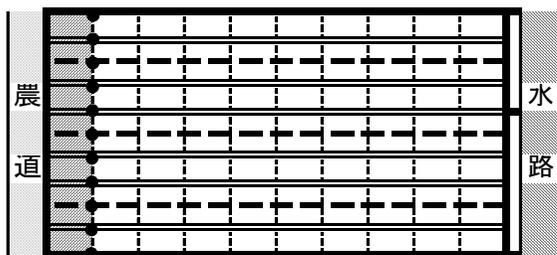


図2 圃場の排水対策

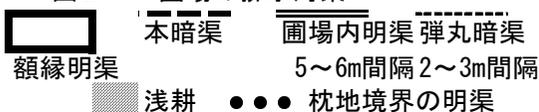


図3 枕地の苗立ち不良  
明渠や轍に水がたまっている。  
大豆の苗立ちや生育も悪く、  
茎疫病も発生している。

<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)

### (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。大区画圃場では5~6m間隔で明渠を圃場内部にも掘ります。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、表面に轍が残りやすい所です。特に道路側（水口側）の枕地は用水の漏水や水田からの浸透水の影響もあり病害や湿害や発生しやすい所です。茎疫病菌やピシウム菌による不出芽や苗の立枯れが発生すると、水の流れに沿って圃場内部にひろがり大きな被害を出すので、枕地の排水対策は重要です。枕地と圃場内部の境の明渠や枕地の浅耕には一定の効果があります（図2・図3）。

### (3) 汎用不耕起播種機による播種

中央農研が開発した汎用不耕起播種機を松山（株）が製品化し、受注生産しています。汎用不耕起播種機NSV600（図4）には、凹凸の多い不耕起の田面をよく追従する独立懸架の作溝部と播種部を持つ、作溝ディスクを強制回転させて根の生長の助長と排水性の向上に効果



図4 汎用不耕起播種機(NSV600)  
試験用に除草剤散布装置を装着している

があるY字溝を形成する、作溝ディスクをアップカット回転させて麦稈を播種溝から排除し種と土との接触を確かにする、不耕起圃場でも見やすい泡マーカを備えている等の特徴があります。また、耕起後鎮圧した圃場や5cm程度の浅耕圃場でも播種できます。30cm条間なので乾直や麦類の播種も可能です。NSV600は重量が約650kgあり、50馬力以上のトラクタが適合します。価格は約250万円です。

NSV600以外にも稲麦大豆に利用できる不耕起播種機が市販されています。三菱農機（株）のMJSE18-6とみのる産業（株）のPFT-6はNSV600に比べ小型軽量なので30馬力クラスのトラクタで作業できますが、れきや残さの量、圃場の堅さなどに対する適応範囲がNSV600よりも狭いと指摘があります。また、近畿中国四国農業研究センターも30馬力クラスのトラクタで作業可能な軽量小型の不耕起播種機を開発しています。

播種深度は約3cmが適当です。播種深度は圃場毎に調整や確認をする必要があります。前作残さがある時は作溝ディスクはアップカット回転させます。細断拡散された麦稈であれば500kg/10a程度まで問題なく作業できます。作業速度は0.7～1.0m/s位が適当です。覆土輪や鎮圧輪は泥や麦稈が多量に付着すると働かなくなります。そうすると作業精度が極端に悪くなるので、これらに付着した麦稈や土はまめに落としてやる必要があります。

20本/m<sup>2</sup>程度の株数を確保するために25粒/m<sup>2</sup>位播きます。栽植密度が高いので耐倒伏性の強い品種を使います。作業前に播種量設定と繰出し部を点検し、作業中にはホッパーの残量、種子誘導ホースの折れ等に注意し、設定した量で播種します。また、殺虫剤、殺菌剤を種子処理し、苗立ちを確保します。基肥は窒素3kg/10a程度を施用します。3-10-10

化成では施用量が 100kg/10aになり頻繁な補給が必要です。筆者らは5-20-20化成肥料を使い補給回数を減らしていますが、基肥をブロードキャストで散布する現地もあります。

#### (4) 雑草防除

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の前または後に処理します。播種後に土壌処理剤を散布しますが、この時に茎葉処理剤を同時処理すると効率的です。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大切です。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。筆者等の現地試験では雑草が問題になることはありませんでした。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が必要になります。これらの剤は登録の上では大豆にかかってはいけないため機械による散布が難しいので、非効率ですが人手で散布することになります。

#### (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。乗用管理機のブームスプレーヤーで防除する場合、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乗用管理機が走行するので大豆に損傷を与えますが、ブームスプレーヤーの散布幅が広いので圃場全体でみると損傷が収量に及ぼす影響は大きくありません。防除を複数回行う場合も、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、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)。

#### (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リールや作業速度等を調節する必要があります。

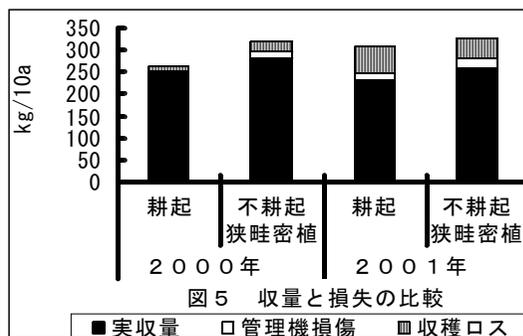


図5 収量と損失の比較

### 5. 今後の課題

不耕起狭畦密植栽培の安定化には、不出芽や苗の立ち枯れを引き起こす茎疫病菌やピシウム菌に有効でかつ播種時に使用できる殺菌剤の早期の登録が必要です。また、生育期に非選択性茎葉処理除草剤の畦間散布に使用できる散布装置や、大豆の下位の茎葉や株元に除草剤ががかることを前提にした除草剤処理法とその散布装置の早期の実用化が望まれます。(浜口秀生)

<参考文献>

- 1) 農林水産省(1999)大豆の不耕起播種技術マニュアル
- 2) 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
- 3) 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
- 4) 岩手県農業研究センター(2003)研究レポートNo. 209

## 4. 東海地域：小明渠作溝同時浅耕播種栽培技術

### 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、小明渠作溝同時浅耕播種機（略称：小明渠浅耕播種機）を開発しました（図1）。

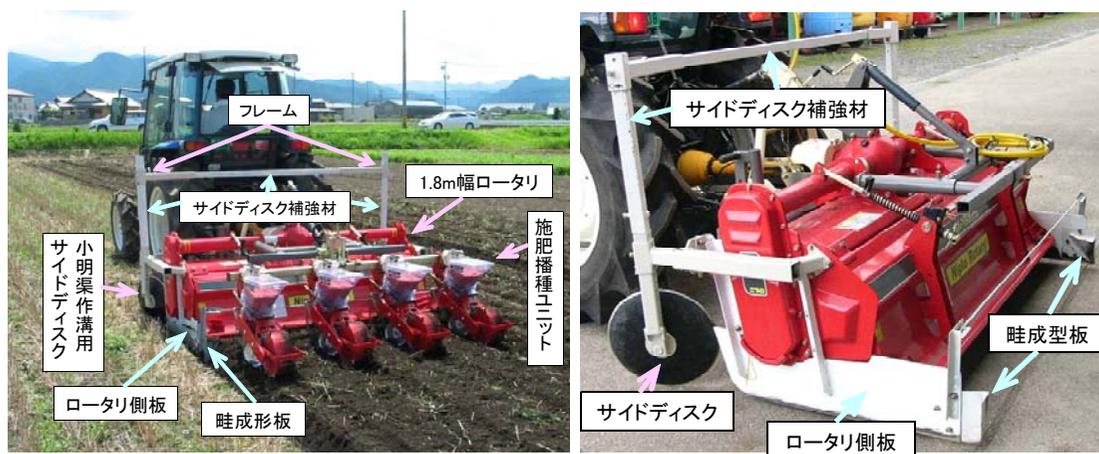


図1 小明渠作溝同時浅耕播種機（略称：小明渠浅耕播種）

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

### 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1.8mのロータリの両サイドに取り付けた作溝を行うサイドディスク、サイド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型板から構成されます。サイドディスクで作溝する小明渠の深さは約12cmとなります。小明渠を作溝するサイドディスクの中心間隔から、小明渠作溝同時浅耕播種の作業幅は約2mとなります。

(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。トラクタとロータリに耕深制御機能がある場合は、それを利用すると浅耕時の耕深を簡易に制御できます。

(3) 施肥播種部は既存の傾斜目皿式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、サイドディスクと補強材、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、小明渠浅耕播種へ改造します。改造に必要な資材には市販部品とロータリの型式やサイズに合

わせた製作部品とがあります。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。

### 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(2006)農林水産研究主要成果(平成16年度)、  
 農林水産技術会議事務局：12-13

#### (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(2m)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)。

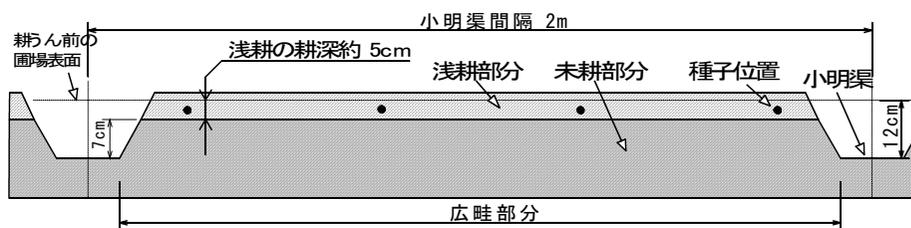


図3 小明渠・広畦・浅耕播種の模式図  
 〈出所〉渡辺輝夫(2006)機械化農業2006年2月号、新農林社：16-21

#### (3) 多雨条件における生育・収量

浅耕播種と狭い間隔の小明渠を組み合わせることで、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)。

#### (4) 高い作業能率

ロータリ耕うん幅が1.8mの小明渠浅耕播種機は、2m間隔の小明渠を作溝する



図4 降雨後の広畦成形・浅耕播種圃場  
 〈出所〉渡辺輝夫(2006)農林水産研究主要成果(平成16年度)、  
 農林水産技術会議事務局：12-13

と同時に小明渠間を浅耕して大豆の播種を行い、作業速度は約0.6m/s、作業効率は約20分/10a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

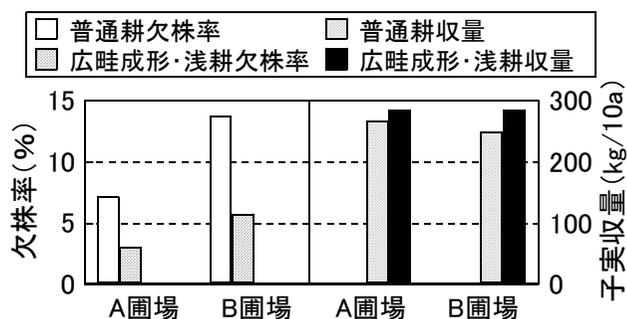
浅耕栽培体系では耕うんは播種時のみ浅耕を行い、耕うんしない未耕部分は収穫時まで高い地耐力を維持するので、生育期間の管理作業時の管理機や収穫時のコンバインの走行部が過度に沈み込むことがなく、精度の高い作業が可能であり轍が深く残ることも少なくなります。

### (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。基本的には麦収穫から浅耕播種までは耕うん作業を行いません。

小明渠作溝同時浅耕播種後は速やかに土壤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、大豆作では省力的な無中耕無培土栽培を目指しており、中耕培土作業は研究としては実施していません。大豆を無中耕無培土栽培する場合は、耐倒伏性品種の導入や倒伏しにくい播種時



※A,B圃場とも三重県安濃町灰色低地土圃場フウカ (2003年)  
※普通耕は明渠間隔9.5m、浅耕は明渠間隔1.5m

図5 耕うん法と欠株率および大豆収量  
〈出所〉 渡辺輝夫(2006)農林水産研究主要成果(平成16年度)、  
農林水産技術会議事務局：12-13

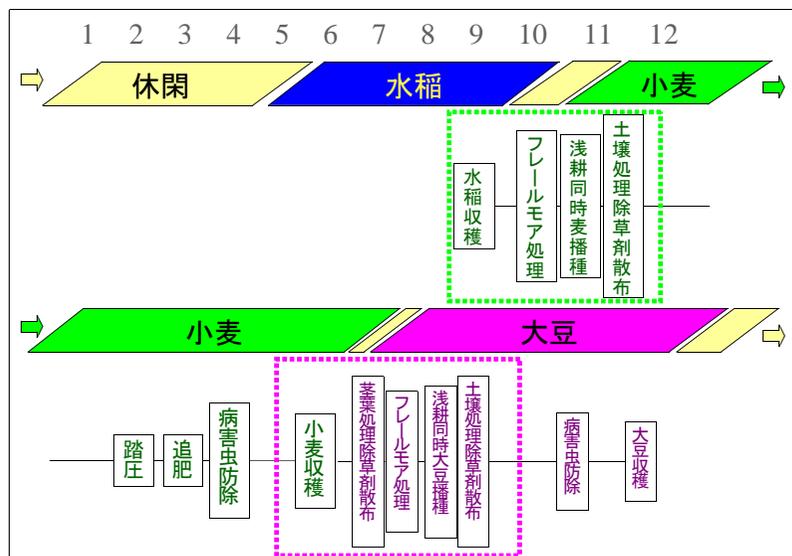


図6 東海地域水田の2年3作と想定される浅耕播種作業体系

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

期、栽植様式などを検討する必要があります。

ところで、小麦も大豆に劣らず湿害に弱く、小麦播種は大豆収穫時期と重なって適期作業が難しい場面があり、大豆用に開発した浅耕播種技術を水稲跡の小麦にも適応可能かどうか、栽培試験を実施して検討を進めていますが、特に問題はないようです。水稲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、水稲跡は雑草が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想定され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発揮されると思います。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。透・排水性が良好で乾燥しやすい圃場、干ばつ害を受けやすい圃場では、小明渠の深さを浅めに調整して過乾燥を軽減する等の工夫をする必要があります。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

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ため、表層しか耕うんしない小明渠浅耕播種は作業が可能になります。また、播種後に降雨が予想されている時期は、特に湿害軽減効果が発揮されると思います。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。浅耕と同時に播種を行う小明渠浅耕播種では、この降雨リスクを解消することができます。

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、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ことで、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

すべての土性で適応試験を実施してはいませんが、通常作業としてダウンカットのロータリで耕うんして大豆の播種を行っている土壌であれば、適応可能と考えます。砕土性が低い土壌では、作業速度やPTO回転数を調整して、砕土率が70%以上になるように工夫する必要があります。

##### (4) 導入規模

小明渠浅耕播種機は、生産農家の所有しているロータリと播種機をベースにしているため、使用するトラクタとロータリの性能・緒元が導入規模へ大きく影響します。小明渠浅耕播種機の作業幅(ロータリ耕うん幅+0.2m)と、作業速度の0.6m/s(2.16km/hr)の値が作業能率の目安になります。

##### (5) 使用条件

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、サイドディスクに過負荷がかかり破損する場合があります。作溝深さは12cm程度、圃場表面が硬い場合は作業速度は0.6m/s以下で使用することを推奨しています。

(渡辺輝夫)

## 5. 北陸地域：耕耘同時畝立て播種栽培技術

### 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播種土壌の砕土性を高め、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多々あります。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。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、溝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。砕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、砕土性が低下する圃場でもできるだけ高い砕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、本技術では、ダウンカットロータリよりもさらに砕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ので、発芽には多くの水分が必要です。大豆の種子は、水分ポテンシャル-1.4MPa以上に、4日間程度保つと発芽しず（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。また砕土性の劣る重粘な土壌の地域では少しでも砕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。砕土性に有利になる反面、乾燥が進みすぎることもあります。一方、砕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砕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、後半の生育に悪影響を及ぼしたり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、これらの問題を少しでも回避できます。

④慣行栽培では、耕うん後に砕土作業と播種作業を実施、もしくは耕うん後に砕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、土壌の間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、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ト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て行う構造です（図1）。畝高さの調節は整地板の高さで調節可能であり、通常ロータリ作業では、整地板を下げた状態で固定しますが、畝立ての場合はやや上げた状態で固定します。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170cm）の作業機では、75～80cm、3条用（同220cm）の作業機では、70～75cmの畝を作ることができます（写真1）。畝間部分に成型板を取り付けるとさらに畝を高く成型することができます。畝高さは、土壤水分やPTO回転数、作業速度等により異なりますが、5～15cm程度です。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。

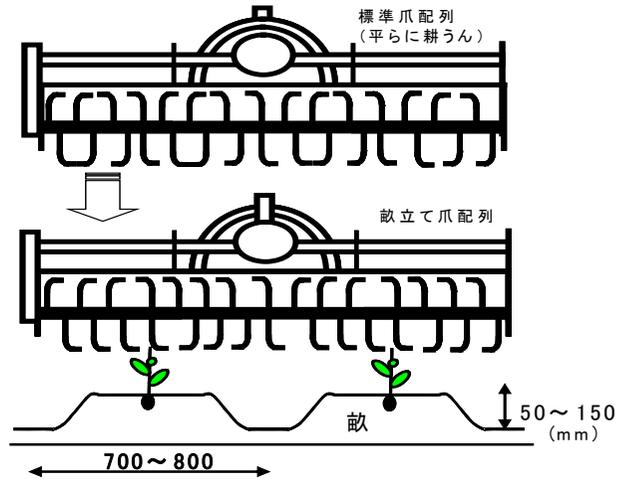


図1 作業機の爪配列



写真1 2条用作業機（左）と3条用作業機（右）

## 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。畝立て栽培の土壤水分は、5cmの深さでは、常に畝立てが低くなり（図3）、10cmの深さでは、降雨後に高くなりにくい傾向が認められました。また畝が高くなるほど土壤水分が低くなる傾向がありますが、あまり高くしすぎると中耕培土作業時の培土量が少なくなり、倒伏の発生が多くなる場合もあります。圃場の湿害程度にもよりますが、10cm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。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ありました。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、収穫前に早く葉が黄化したり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。

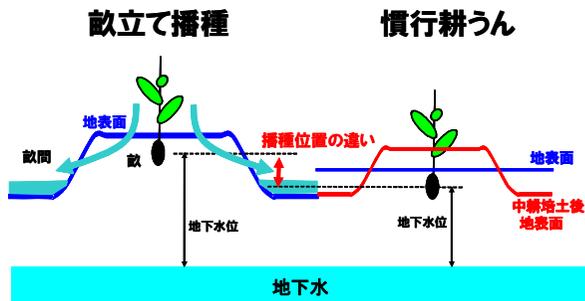


図 2 畝立て栽培の地下水位

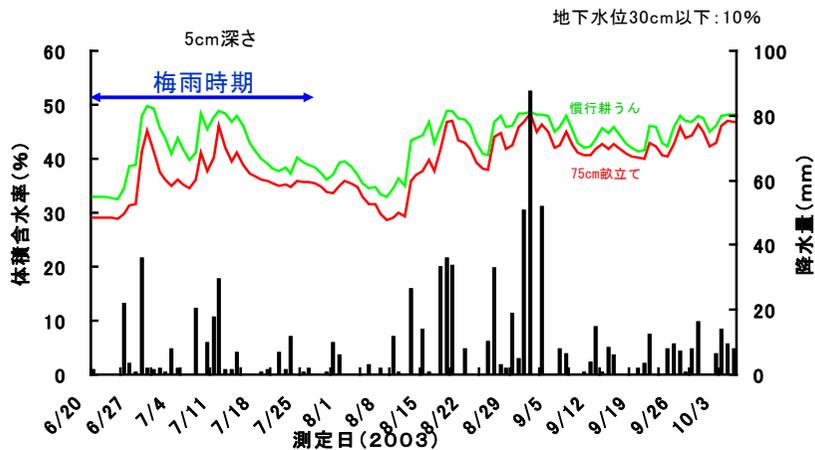


図 3 畝立て栽培の土壌水分

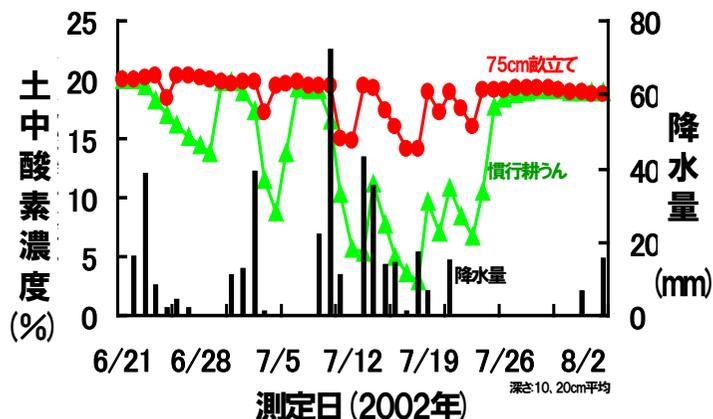


図 4 畝立て栽培の土中酸素濃度

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)(表1)。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



写真2 畝立て栽培の生育状況

表1 畝立て栽培の収量等

圃場名	処理	実収量 (kg/10a)	子実重 (kg/10a)	莢数 (/10a)	百粒重 (g)	分枝数 (本/m <sup>2</sup> )	大粒割合 (%)	収穫期の窒素吸収量 根粒由来	根由来
A	標準	236	317	668	28.9	57.2	43.4	12.6	5.9
	75cm畝	278	398 *	742	32.0 *	53.7	70.9	15.5	5.5
B	標準	207	292	519	31.1	33.9	54.9	11.9	5.7
	75cm畝	255	331 *	537	35.1 **	56.5 *	75.3	16.1	9.7
C	標準	254	301	560	34.0	44.8	69.4	9.6	3.9
	75cm畝	271~301	375 *	606	35.7	68.3 **	65.7~70.1	13.0	7.7

圃場名は生育期間中の地下水位30cm以下の割合 A: 60% (暗渠有り)、B: 10% (暗渠無し)、C: 20% (暗渠無し)  
 実収量はコンバイン刈り取り収量/刈り取り面積、子実重は坪刈り収量、大粒は7.9mm以上  
 \*\*: 各圃場毎の標準との比較で5%、1%で有意 2003年(品種: エンレイ)

(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。

#### 4. 作業機の性能

アップカッターロータリを使用しているため、砕土性が劣る土壌条件でも、表層の砕土率の低下は少なくなりました。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した。通常ロータリ作業で砕土率を向上させるためには、整地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、通常の整地板を下げた耕うん方法に比べて全層砕土率はやや低下しました。しかし整地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の砕土率の低下はほとんど認められませんでした。土が集まらない畝間の砕土率は低下しました。

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整地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、所要動力が減少すると考えられます。装着するトラクタは、これまでの現地の実証試験では、2条用で30PS以上、3条用で60PS以上でした。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、重量バランスから、トラクタ前方にウエイト等を装着すると、作業機が安定化しました。

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、条件が良ければさらに高能率となる場合もあり、土壌・圃場条件やトラクタの種類等により異なります。慣行の播種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: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。すでに導入した組織では、2条用作業機1台

**大豆実証ヶ所、面積(推定値)**

H16年度:約17ヶ所 約39ha  
H17年度:約45ヶ所 約171ha(導入含む)  
H18年度:約46ヶ所 約363ha(導入含む)

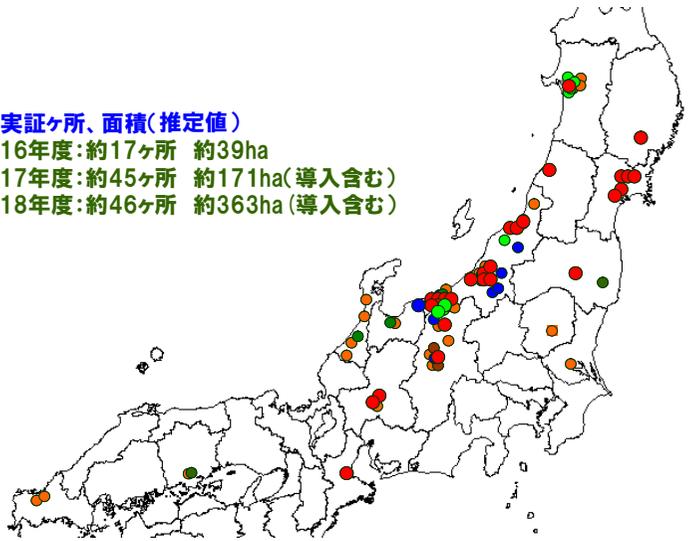


図5 実証地域

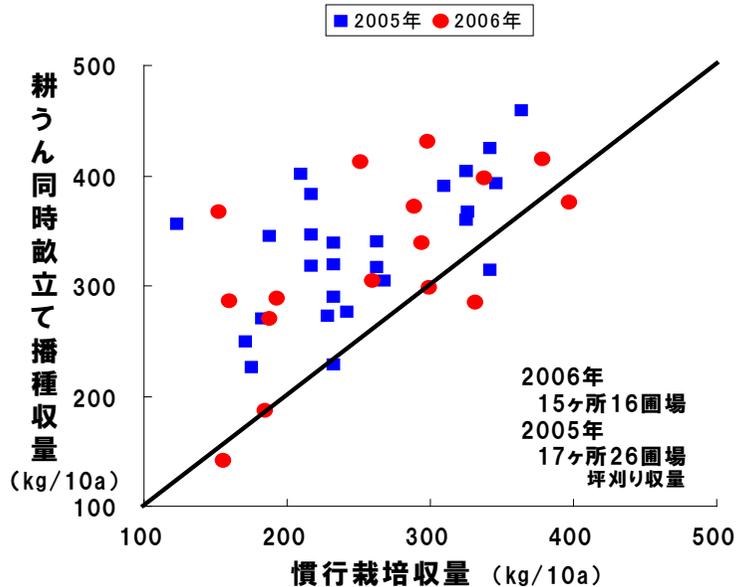


図6 実証試験地の収量

すでに導入した組織では、2条用作業機1台

で約 20ha 実施している例や、50ha 以上規模では、複数台の作業機を導入している事例もあります。またほぼ同速度でダウンカット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。注意点としては、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。

## 5. 普及状況

現在のところ、新潟を中心に日本海側と東北地域に多く普及しています（**図 5**）。排水が不良な地域への導入が最も多く、土壌が粘質で碎土が低下する地域で効果が発現されています。平成 16 年度から開始した実証試験では、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りました（**図 6**）。（細川寿）

### <参考・引用文献>

- 1) 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
- 2) 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

## 6. 中国四国地域：小型不耕起密条播種技術

### 1. はじめに

近畿、中国、四国地域に多い赤・黄色土圃場では、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 300A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（無中耕無培土栽培）の現地試験を行いました。ここでは不耕起播種に関する一般的事柄については割愛して、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. トリプルカット不耕起播種機

近中四農研で開発したトリプルカット不耕起播種機は、作業機の汎用利用により簡易に不耕起播種作業を行うことを目的としています。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刃、普通爪と交換し、施肥装置、農薬散布装置、除草剤散布装置を取り付けました（一工程型）。28～45馬力程度のトラクタで使用します（図1）。

#### (1) 播種機の特徴

一工程型トリプルカット不耕起播種機は溝切り、施肥・播種、殺虫剤散布、除草剤散布（細粒剤）を同時に作業できます。作業速度は約 2.8km/h 程度で補給等を含め 10a 当たり約 25 分程度の作業時間となります。爪や播種ユニットの脱着・調整により 75cm 条間 3条～30cm 条間の 6条播種に対応します。簡易型は、直刃以外は比較的容易に入手できる部品だけで構成したものです。

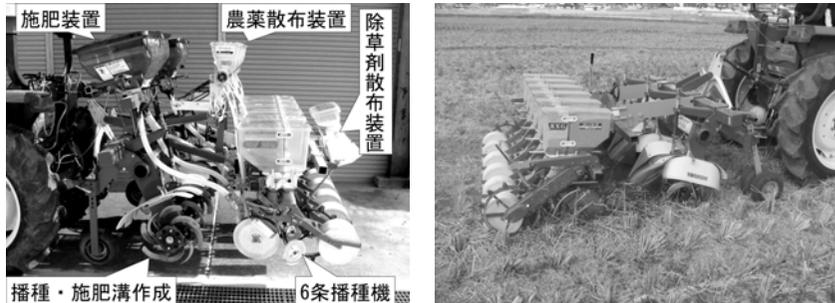


図1 トリプルカット不耕起播種機(左：一工程型、右：簡易型)

#### (2) 不耕起播種の方法

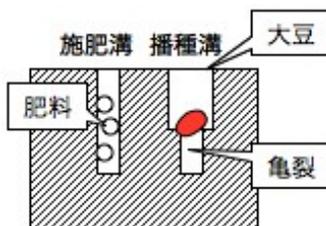
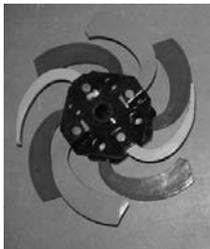


図2 爪の配置と不耕起播種の方法

播種1条当たり、施肥用に直刃4本、播種用に普通爪2本、直刃2本（同一軌道上に普通爪と直刃を交互に配置）を使用しています。普通爪と直刃は幅と長さが違うので、播種溝内に亀裂を作成します。亀裂は排水促進、根の直下への伸長を目的としています。施肥溝は播種溝から約6cm離れたところに作成します（図

2）。ロータリの回転方向はダウンカットで作業します。直刃は通常の爪より幅が細いので土

をあまり後部へとばしません。また、前作の麦わら等をかき分け播種するので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ることは、ほとんどありません。

### (3) 播種作業の失敗事例

トラクタ車輪跡がくっきりと残るような土壌水分で作業をするのは好ましくありません。作業自体はできますが、種子露出等が生じ、発芽不良となります。また前作収穫時に生じた圃場面の凹凸も播種作業に影響します。排水性のよくない圃場は大豆播種作業前に必ず額縁明渠を設け、播種面積の減少や作成・管理の手間がかかりますが、収穫機の刈幅、播種機の作業幅を考慮し、4～6m毎の明渠を作ることをおすすめします。



図3 圃場の状態と軟弱圃場での播種跡

### 3. 広島県中山間地域における麦跡不耕起密条栽培

2003年から2005年の3年間に麦跡不耕起密条栽培試験を行いました。慣行作では6月中下旬の播種期ですが、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。管理は慣行と同じですが、播種前に非選択性除草剤を使用しています。条



図4 麦跡不耕起密条栽培の様子

間30cmの密条栽培では、徒長・過繁茂による倒伏や病虫害、生育期除草剤散布の効果を検討すると晩播がよいのではないかと考えられます(図4・図5)。

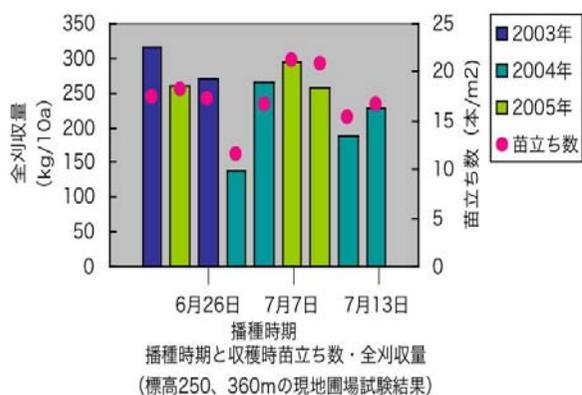


図5 3ヶ年の全刈収量と苗立ち数(サチユタカ)

<参考文献>

- 1) 窪田潤ら(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、86-89

### 4. おわりに

ここでは限られた事例のみ示しましたが、前作、雑草の程度・種類、排水性等の圃場条件・品種・気象・作付面積等を考慮し、密条栽培を浅耕播種、中耕培土作業を行う不耕起播種と組み合わせ、様々な条件に対応するのが安定した大豆栽培につながるものと思われます。

(窪田潤)

## 7. 九州地域：一工程耐天候型播種技術と無培土・狭畦密植栽培

### 1. 一工程耐天候型播種技術

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

九州北部に多い灰色低地土ではクラストが形成されやすく大豆栽培の不安定要因の一つになっています。クラストによる被害を低減させる技術としては砕土しすぎないことや3粒点播などがありますが、ここではまず播種機の鎮圧輪を交換するだけで出芽を安定化させる技術を紹介します。

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

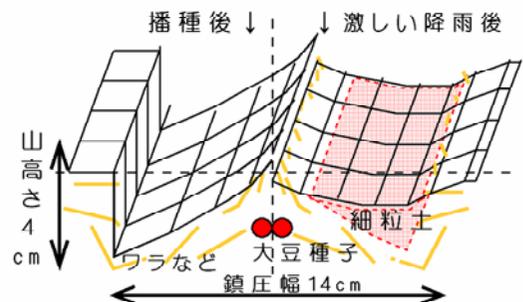


図2 山形鎮圧輪による鎮圧の概略

## (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ト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。アップカット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



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)

だけなので、除草対策は充分に行う必要があります。

## (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、現在実用化に向け加湿時の風量や温度などの最適条件が明らかにされています。

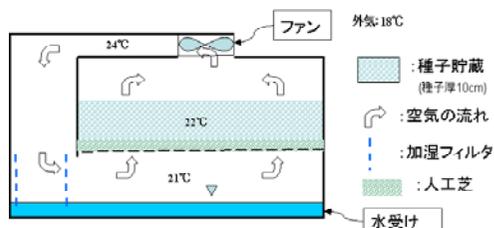


図4 種子加湿装置の概念

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(図5)。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。

## 2. 無培土・狭畦密植栽培

九州地域における稲・麦・大豆の輪作体系では長茎(主茎長が長い)・中生品種は倒伏や麦作との作期競合が懸念されています。そこで現在、短茎で従来の主力品種「フクユタカ」より成熟期の早い「サチユタカ」を導入し、無中耕無培土による省力栽培技術の確立を図っています。狭畦栽培では草冠が早く地表を覆って雑草の発生・生育を抑える効果があるため、播種後土壌剤のみの使用により、中耕培土が必要ないことは既に報告されています。ここでは大豆を狭畦密植栽培した場合の生育および収量特性について紹介します。

サチユタカを用いて狭畦栽培した場合、主茎長(地際から茎の生長点までの高さ)は長くなり、主茎の節数には大きな違いはありませんが、分枝数(2つ以上の節数を持つ枝の数)は減少します。また、稔実莢数は増加し、子実重も増加傾向となります(表1)。

〈出所〉古畑 昌巳(2006)「ここがポイント大豆づくり」、全国農業改良普及支援協会、90-92

表1 福岡県筑後市と夜須町における「サチユタカ」の栽培条件と生育・収量および稔実莢数(2002年度)。

場所と播種日	条間(cm)	麦稈使用	個体数(/m <sup>2</sup> 収穫時)	主茎長	主茎節数	分枝数	稔実莢数(/m <sup>2</sup> )	子実重(g/m <sup>2</sup> )
筑後市・7月16日 <sup>1)</sup>	80	有	10.9	42.5	42.5	4.8	634	371
		無	11.4	46.4	46.4	3.7	640	369
	60	有	14.3	48.3	48.3	2.7	679	385
		無	14.4	49.3	49.3	3.9	685	399
	40	有	20.0	52.7	52.7	3.8	684	374
		無	17.9	54.4	54.4	2.5	738	405
30	有	28.9	53.7	53.7	2.7	760	436	
	無	27.3	63.5	53.5	2.4	715	402	
夜須町・7月11日 <sup>2)</sup>	80		8.3±0.7	40.7	40.7	5.2	545±17	355
	60		7.6±0.6	43.1	43.1	4.8	528±28	342
	40		13.4±0.5	43.0	43.0	3.6	642±27	376
		有	10.5±0.3	47.4	47.4	4.4	559±7	330
夜須町・7月25日 <sup>2)</sup>	60		21.9±2.3	51.2	51.2	2.9	552±28	312
	40		16.7±1.2	54.4	54.4	2.5	548±11	303
	30		29.6±0.4	57.9	57.9	1.2	588±18	339

1)2反復の平均値。2)3反復の平均値および標準誤差。

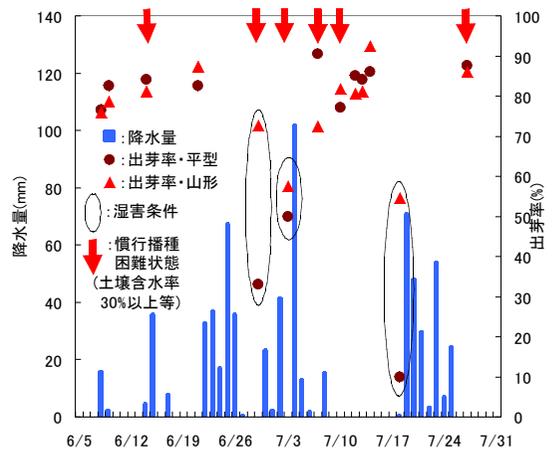


図5 降雨量と出芽率

このことはサチユタカを狭畦栽培した場合、稔実莢数の増加による子実重の増加によってより多収となりやすいことを示しています。一方、フクユタカを用いて狭畦栽培した場合、長い主茎長が更に伸びるため、著しく倒伏しやすくなります。一般に作物が倒伏した場合には、受光体勢（草型）は悪化して光合成速度が低下し、光合成産物の転流も阻害されて収量が低下しやすくなることから、フクユタカは狭畦栽培には向いていません。サチユタカはフクユタカに比べて主茎長が短く、最下着莢位置（一番下の莢が付いている高さ）も低い特性を持っているため、狭畦栽培にした場合でも著しい倒伏をする程まで主茎長は伸びずに最下着莢位置は高くなることから、コンバイン収穫による刈り残しロス減少も期待されます。

サチユタカを狭畦栽培した場合に多収となりやすい要因として以下のことが考えられます。乾物生産性の指標であるCGR（個体群生長速度）、NAR（純同化率）およびLAI（葉面積指数）は値が大きいほど乾物生産性に優れることを示しますが、サチユタカを狭畦栽培した場合、播種密度が高いことによって単位面積当たりの個体数が多くなり、播種～開花期までのCGRおよび開花期のLAIが最も高くなります。また、開花期～子実肥大中期にかけてのCGRは条間に関わらずほぼ同様に推移するため、子実肥大中期のLAIも大きくなります（表

表2 異なる条間での大豆のCGR（個体群生長速度）、NAR（純同化率）、LAI（葉面積指数）の変動（2003年度）。

品種	条間 (cm)	播種～開花期			開花期～子実肥大期		
		CGR ( $gm^{-2}day^{-1}$ )	NAR ( $gm^{-2}day^{-1}$ )	開花期 LAI ( $m^2m^{-2}$ )	CGR ( $gm^{-2}day^{-1}$ )	NAR ( $gm^{-2}day^{-1}$ )	子実肥 大期LAI ( $m^2m^{-2}$ )
サチユタカ	30	6.8	1.3	5.2	12.8	2.4	5.4
	40	5.3	1.2	4.3	15.2	3.2	4.7
	60	4.1	1.3	3.3	15.2	3.4	4.4
	80	3.2	1.3	2.5	15.7	4.0	3.9
フクユタカ	80	4.9	1.2	4.1	16.9	3.1	3.7

4反復の平均値。開花期調査はサチユタカを8月23日、フクユタカを8月28日に行い、子実肥大期調査は両品種とも10月1日に行った。

2)。

〈出所〉古畑 昌巳(2006)「ここがポイント大豆づくり」、全国農業改良普及支援協会、90-92

生育の長期にわたって高いLAIを維持する特性を持つことは、大豆の多収品種の育成上で目標の一つとなっていることから、サチユタカを狭畦栽培することによって多収が図られることの意義は大きいといえます。狭畦栽培でサチユタカのLAIが高く維持されることはサチユタカが上層直立型の草型を持っていることを示唆しており、今後は詳細な草型の解明が待たれるところです。(古畑 2006)

(土屋史紀)

〈参考・引用文献〉

- 1) 古畑 昌巳ら(2006)「ここがポイント大豆づくり」、全国農業改良普及支援協会、90-92

### Ⅲ 大豆関連ホームページの紹介

#### 1. 農林水産研究文献解題「大豆 自給率向上に向けた技術開発」

国内の大豆に関わる広範な分野の研究者が近年の大豆研究成果を体系的にまとめたものです。各分野の主要文献一覧も付属しています。

[http://rms1.agsearch.agropedia.affrc.go.jp/contents/kaidai/daiizuNo27/27\\_m.html](http://rms1.agsearch.agropedia.affrc.go.jp/contents/kaidai/daiizuNo27/27_m.html)

#### 2. 国産大豆品種の事典

国内の主要な品種の加工適性、栽培特性などに関する情報が掲載されています。

<http://www.maff.go.jp/soshiki/nousan/hatashin/jiten/sakuin.htm>

#### 3. 大豆300A研究センター

大豆の安定多収、高品質を目標として平成14～18年度に組織された大豆300A研究センターの主な成果を紹介しています。

<http://www.naro.affrc.go.jp/daiizu/index.html>

#### 4. 大豆不耕起狭畦栽培マニュアル

汎用型不耕起播種機を用いた大豆の不耕起狭畦栽培技術について解説しています。

<http://narc.naro.affrc.go.jp/kanto/pro1/fukoki/saibai>

#### 5. 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/work/combime/INDEX.html>

#### 6. 大豆乾燥調製マニュアル

大豆の乾燥や貯蔵に関する理論、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/soshiki/nousan/hatashin/daiizu/kanso/index.html>

#### 7. 農林水産省 大豆のホームページ

大豆の施策や統計、関連ホームページのリンク先などの多くの情報が掲載されています。

<http://www.maff.go.jp/soshiki/nousan/hatashin/daiizu/>

#### 8. 独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構

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ホームページです。傘下の各研究機関では「大豆を作ろう」や研究成果情報などの大豆に関する情報を公開しています。

<http://www.naro.affrc.go.jp/>

## IV 執筆者及び編集委員

### 1. 執筆者

#### I 単収・品質、安定生産のためのQ&A

氏名	所 属	質問番号
島田 信二	中央農業総合研究センター 大豆生産安定研究チーム長	1、17
住田 弘一	農業・食品産業技術総合研究機構 総合企画調整部企画調整室長	2
藤森 新作	農村工学研究所農村総合研究部 水田汎用システム研究チーム長	3
足立 一日出	中央農業総合研究センター 田畑輪換研究チーム（北陸）	4
増田 欣也	中央農業総合研究センター 水田輪作研究東海サブチーム	5
土屋 一成	九州沖縄農業研究センター 九州水田輪作研究チーム（筑後）	6
大野 智史	中央農業総合研究センター 田畑輪換研究チーム（北陸）	7、8
関口 哲生	中央農業総合研究センター 田畑輪換研究チーム（北陸）	9
羽鹿 牧太	作物研究所 大豆育種研究チーム	10
田澤 純子	中央農業総合研究センター 大豆生産安定研究チーム	11
小原 洋	中央農業総合研究センター 北陸水田輪作研究チーム	12
中野 寛	北海道農業研究センター 北海道畑輪作研究チーム（芽室）	13
中山 則和	作物研究所	14
国立 卓生	中央農業総合研究センター 大豆生産安定研究チーム	15
笹原 和哉	九州沖縄農業研究センター 異業種連携研究チーム	16
黒瀬 義孝	近畿中国四国農業研究センター 暖地温暖化研究近中四サブチーム長	18
竹田 博之	近畿中国四国農業研究センター 中山間耕畜連携・水田輪作研究チーム（福山）	19
土屋 史紀	九州沖縄農業研究センター 九州水田輪作研究チーム	20
梅田 直円	中央農業総合研究センター バイオマス資源循環研究チーム	21
井上 慶一	北海道農業研究センター 北海道水田輪作研究チーム	22
田淵 公清	中央農業総合研究センター 北陸水田輪作研究チーム	23
安田 道夫	北海道農業研究センター 北海道水田輪作研究チーム	24
戸田 恭子	作物研究所 大豆育種研究チーム	25

#### II 大豆300A技術について

氏名	所 属	地 域
大下 泰生	北海道農業研究センター 北海道水田輪作研究チーム長	北海道
吉永 悟志	東北農業研究センター 東北水田輪作研究チーム（大仙）	東北
天羽 弘一	東北農業研究センター 東北水田輪作研究チーム（大仙）	東北
濱口 秀生	中央農業総合研究センター 関東東海水田輪作研究チーム	関東
渡辺 輝夫	中央農業総合研究センター 水田輪作研究東海サブチーム長	東海
細川 寿	中央農業総合研究センター 北陸水田輪作研究チーム長	北陸
窪田 潤	近畿中国四国農業研究センター 中山間耕畜連携・水田輪作研究チーム（福山）	中国四国
土屋 史紀	九州沖縄農業研究センター 九州水田輪作研究チーム	九州

注 各研究センター及び研究所は、独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構に属する

## 2. 編集委員

氏名	所属
編集委員長 島田 信二	中央農業総合研究センター 大豆生産安定研究チーム長
細川 寿	中央農業総合研究センター 北陸水田輪作研究チーム長
齋藤 富士男	宮城県産業経済部農業振興課 技術補佐
池崎 誠二	栃木県農務部経営技術課 副主幹
田村 良浩	新潟県農林水産部経営普及課 副参事
岩田 忠康	富山県農林水産部農業技術課 副主幹普及指導員
小西 敏郎	愛知県農業総合試験場企画普及部 広域指導グループ普及指導員
堀口 清博	滋賀県農業技術振興センター普及部 副参事
鍋谷 敏明	兵庫県立農林水産技術総合センター 専門技術員
山口 喜久一郎	佐賀県農業技術防除センター専門技術部

協力 財団法人 日本豆類基金協会

---

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—

発行 社団法人 全国農業改良普及支援協会

〒107-0052 東京都港区赤坂1-9-13 三会堂ビル7階

電話 03-5561-9562

FAX 03-5561-9569

---