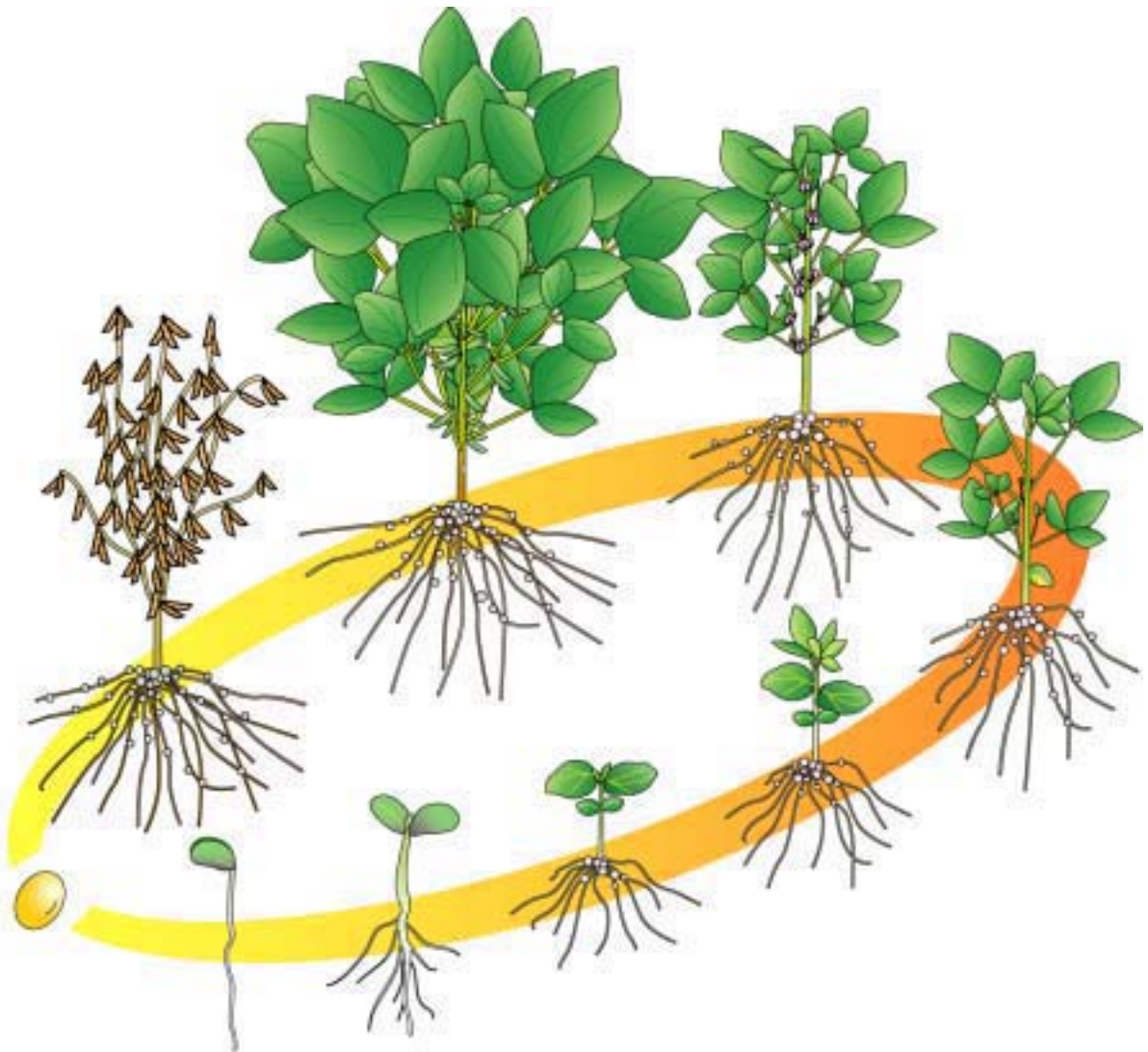


# 本作ダイズ安定多収栽培技術



農業総合試験場

## 発刊に当たって

当場の試験研究成果は、愛知県農業総合試験場年報、同研究報告や研究短報などの印刷物のほか普及、行政機関等が作成する資料の中にもいろいろな形で掲載され、その利活用が進められています。

この「農業の新技术」は、当场で開発した試験研究の中から、特に、実用的な技術を取り上げ、体系的にわかりやすく解説した実践的な新技术の手引き書として発刊しているものであります。

本編では、麦大豆の本作化に伴い水田農業の担い手経営者に大きな比重を持つようになった大豆生産について、県下の主な低収要因と、中核となる10～20haの大規模経営で導入可能な収量改善技術を中心に解説しました。この冊子が普及、行政、農業団体を始め農業経営士等生産者の方々にも広く利用され、ここに掲載した栽培技術が広く普及することを期待します。

2005年2月

愛知県農業総合試験場長

浅井 靖

## 目 次

はじめに	1
愛知県ダイズ作の現状と低収要因	
1 現地実態調査による低収要因の解明	
(1) 愛知県ダイズ作の現状	2
(2) 洪積地帯の低収要因	2
(3) 沖積地帯の低収要因	6
新しい収量改善技術	
1 フタスジヒメハムシ幼虫による根粒摂食の影響と対策	9
2 開花期追肥を想定した肥効調節型肥料の中耕時追肥	15
3 生育期の心土破碎による生育収量の改善	18
4 不耕起播種栽培	22
5 スリット播種機の開発と効果	24
6 合理的摘芯技術	26
7 根粒活性の向上による増収技術	28
8 その他の増収技術	30
新しい品質向上技術	
1 愛知県産ダイズの品質低下要因	32
2 近赤外分析による簡易なダイズ成分分析	34
3 適期収穫のための簡易茎水分測定	36
新技術の適用基準	38
本作ダイズの栽培ごよみ	40
参考文献	42
おわりに	44
とりまとめ担当者	44

## はじめに

愛知県農業総合試験場では国の施策が転作作物の本作化に大きく舵を切ったことに呼応し、「本県産ダイズの低収要因の解明と対応技術の開発」に向けプロジェクトチームを編成し研究を開始した。試験は栽培、土壌肥料、病虫、機械部門が共同し、2000年には、単収140kg程度と全国的にも低位にある収量水準を高めるべく、県下の各地域を代表する45ほ場について6月中旬から12月上旬まで毎週1回の定点調査を継続し、低収量の技術的問題点を摘出した。この結果、フタスジヒメハムシの根粒食害など幾つかの要因が相互に関連している結果であることが明らかになり、2001年からは、この解決に向けた技術開発に取り組んだ。

試験を実施するにあたり試験場内ほ場での従来型の比較試験は行わず、農家ほ場を試験ほ場とする徹底した現地解決型の研究手法を採用した。これは食糧法施行前後を境として現場ニーズの変化が著しく、従来型の栽培研究手法で年次を重ねて検討する時間的余裕がなくなったこと、場内試験における限定された諸条件下では短期間にニーズに対応する成果が得難いこと、『 』とは裏腹に広範で数多くの現地ほ場における技術の適応性を検討することで短期間に技術の完成度が高まること、農家のほ場を試験ほ場とすることで多くの人々の評価を得られること、農家ほ場を中心に農家、農協、普及課、試験場及びメーカーが一体となった取り組みが可能なこと、これらの結果、成果の普及が著しく早まること、等による。この試験手法は、現在、普及面積が急速に拡大している水稻不耕起V溝直播栽培技術体系の開発過程で用いた手法である。

2001年には、現地調査で明らかとなった低収要因に対する対策として幾つかの改善技術を提示し、現場農家からの手上げ方式により延べ163か所でほ場規模の現地試験を行なうと共に新たな問題点の発掘を行った。その後も農家に対し冬期間に開催される農協等の主催する研究会・検討会を通じて年間の試験結果の報告と次年に向けた改善技術の提示を行い、2002年には292か所、2003年には216か所において現地実証試験を行った。本書はこうした実証試験のなかで得られた成果を取りまとめたものである。

本研究開始以来3年を経過したに過ぎないが、以下本文に記述するように数多くの成果が得られ、そのなかには新技術として1,000ヘクタールを越えて普及している技術もあり今後更なる波及が期待されている。

農家経営はますます厳しい状況に置かれている。こうした状況を切り開くのは新技術の開発による経営費の削減と収量の向上であることは論を待たない。ここに報告する新技術はそうした観点から、新たな機械・資材・労働力の投入を出来る限り押さえ、現状行っている技術の代替えあるいは費用対効果を十分に検討したなかで開発したものである。これらの新技術が水田作農家の経営改善に若干なりとも役立つことが出来れば幸甚である。

・愛知県ダイズ作の現状と低収要因

1. 現地実態調査による低収要因の解明

(1) 愛知県ダイズ作の現状

愛知県のダイズ作は全体の 86% が県中央部の平坦な西三河地域に集中し、安城市、豊田市に広がる極めて強粘質の細粒黄色土地帯と、西尾市、岡崎市の低湿な沖積地帯に分けられる。また、西三河地域ではダイズ作の大部分が大規模農家により担われ、全国に冠たる大規模で省力的なダイズ作が展開されている。

しかし、愛知県の平年単収は、約 140kg/10a と極めて低収な上に、年次による収量変動が大きい。いわゆる「本作化」に対応した「儲かる」ダイズ作を実現するには、地域の低収要因を明らかにし、特徴である省力性を損なわない生育改善技術を開発して収量の大幅向上を図る必要がある。

(2) 洪積地帯の低収要因

2000 年に播種前の耕起作業から収穫時の損失まで、生育量、栽培条件、環境条件について大規模実態調査を行った結果、子実収量は 50 ~ 450kg/10a とほ場ごとの変動が非常に大きく、低収ほ場の収量改善を重点的に図ることが地域全体の単収向上につながると考えられた。以下では、西三河洪積地帯における低収要因について解説する。

1) ダイズ作ほ場の土壌

収穫後土壌の化学性のうち EC (電気伝導度：土壌中に存在する塩類濃度の指標) は、多収ほ場でやや高かったものの全般に低かった。しかし、ほ場間に大きな差がみられないことから、収量を直接左右する要因ではないと考えられた。

pH はダイズ作に適するとされる「中性 - 弱酸性」よりは低かったが、調査ほ場の範囲では pH と収量との関係は判然としなかった。したがって、収量改善のためには、作業が忙しい播種前に土壌改良材を施用するよりも、砕土を十分に行うなど物理性の改良を進めることが効果的かつ現実的と考えられた。実際に後述するように播種時の砕土を十分に行うと収量改善につながることが明らかとなっている。

2) 播種期の早晩

主要播種期は 6 月中旬から 7 月中旬で、6 月第 6 半旬が中心であったが、播種期の早晩が収量に及ぼす影響は判然とせず、当地域におけるフクユタカの播種適期内 (6 月 20 日 ~ 7 月 10 日) であれば、播種期の早晩は収量に影響しない。

表 -1-1-1 洪積地帯ダイズ作の実態調査 (2000)

調査項目			全45平均	多収	低収
子	実	重 g/m <sup>2</sup>	213 ± 9.3	340	91
土	理	E C mS/cm	0.13 ± 0.07	0.16	0.12
		p H	5.5 ± 0.4	5.5	5.6
化	学	土壌 10cm kgf/cm <sup>2</sup>	9.6 ± 7.4	8.3	7.9
		硬度 <sup>1)</sup> 20cm kgf/cm <sup>2</sup>	18.1 ± 9.8	19.6	15.7
播	種	期 月/日	6/30 ± 8	6/28	7/01
		回数 回	1.2 ± 0.5	1.2	1.5
		深 cm	9.1 ± 3.1	9.5	9.4
		砕土程度 (1~5)	2.8 ± 1.1	3.4	2.5
		麦稈処理 <sup>2)</sup> (有無)	0.8 ± 0.4	0.8	0.8
出	芽	条 間 cm	74 ± 4	73	74
		出 芽 期 月/日	7/07 ± 7	7/05	7/08
		出 芽 数 本/m	8.4 ± 3.1	8.4	7.5
中	耕	初 生 葉 長 cm	3.9 ± 0.5	4.3	3.6
		中 耕 期 月/日	8/01 ± 9	7/29	8/02
施	肥	培 土 高 cm	8.8 ± 5.5	12.6	6.3
		基 肥 Ng/m <sup>2</sup>	0.5 ± 0.8	1.0	0.3
肥	追	肥 Ng/m <sup>2</sup>	1.3 ± 3.2	3.7	0.2

注・多収；上位10ほ場平均 低収；低位10ほ場平均

1) cmは測定深さ 2) 有は1、無は2とする。

### 3) 麦稈処理および播種方法

2000 年に行った大規模調査の結果では、「耕起深さの大小」「麦稈などの前作残さ処理の方法（鋤込み、焼却、搬出）」が収量に及ぼす影響は判然としなかったが、これらは播種時の降雨に密接に関係しており留意が必要である。すなわち、多雨条件では耕深が深いほど冠水の危険が回避されるし、耕深が浅く麦稈が多い場合に乾燥に遭うと出芽が不安定になる。ただ、麦稈の焼却は環境問題に発展する恐れがあり、また、搬出は大規模ダイズ作では労力の問題で、両者ともに適用は困難である。したがって、麦稈の鋤込みを前提とすれば耕深は可能な範囲で大きい方が合理的と考えられる。一方、播種時の碎土条件が収量に及ぼす影響は明らかで、十分な碎土が行われたほ場では低収の事例がほとんどなく、不十分なほ場では低収となる場合が多かった。愛知県ではダイズ作付け面積の増大に伴い、「耕起」「播種」「除草剤散布」を同時に行う耕起同時播種作業（農家は「一発播き」とよぶ）が大型農家を中心に急速に普及している。「一発播き」は雨の多い梅雨時の計画的播種には極めて有効であるが、安城市や豊田市に広がる強粘質の細粒黄色土では十分な碎土が得られないまま「播いただけ」となる場合も多い。

### 4) 播種条間

2000 年の調査ほ場の播種条間は 60～80cm（平均 73cm）の範囲にあり、ほ場による差が小さいことから、その大小が収量に及ぼす影響は判然としなかった。当地域の転換水田にダイズが本格導入された 1980 年代当初の条間は 80～110cm と現在より広く、地域、農家による差も大きかった。20 年の間に

表 -1-2-1 洪積地帯ダイズ作の低収要因 (2000)

平均坪刈り収量 (当該ほ場数)	主な減収要因(ほ場数)
100kg/10a 未満 (5)	黒根腐れ病(1) フタスジヒメハムシ加害(2) 豪雨冠水(1) 灌水過多(1) ヒエ多発(雑草害)(4) 品種特性(エルスター)(1)
100kg/10a 以上 150 kg/10a 未満 (6)	豪雨冠水(5) フタスジヒメハムシ加害(1) 低地力(3) 出芽不良(1) 灌水過多(1)
150kg/10a 以上 200 kg/10a 未満 (9)	豪雨冠水(4) フタスジヒメハムシ加害(2) 干害による生育停滞(3)
200kg/10a 以上 250 kg/10a 未満 (8)	ハスモンヨトウ加害(1) カメムシ類加害(1) 出芽不良(2) 密植過繁茂(3)
250kg/10a 以上 300 kg/10a 未満 (10)	ハスモンヨトウ加害(4) 干害による生育停滞(4) 密植過繁茂(3)
300 kg/10a 以上 (7)	-



図 -1-2-1 「一発播き」播種作業(2001 西尾市)

狭畦化が進んだ要因として、コンバイン収穫への適応の必要性があげられる。しかし、見方を変えると、狭畦化しても蔓化しない生育量に大きな問題がある。すなわち、20年の間に年々生育量がとれなくなってきた要因を明確にしなければ画期的な収量改善は期待できないかもしれない。

#### 5) 出芽の遅速

多収ほ場では出芽率が高く、初生葉が大きい特徴があった。加湿な条件や極端な乾燥条件で出芽が遅れたり出芽数が減少した場合の初生葉は小さい。すなわち、大きな初生葉が着生する迅速な出芽苗立ちを得ることが収量改善に重要であると考えられる。したがって、播種時の碎土向上や天候を勘案した播種深さの設定など、栽培の起点である播種を丁寧に行うことは多収の大きなポイントと考えられる。

#### 6) 栽培管理における低収要因

##### a. 中耕培土

当地域の中耕は、ほとんどのほ場で培土と同時に1回行われ、時期は7月第6半旬～8月第1半旬であった。多収ほ場における培土は高く、低収ほ場では低かったが、作業精度は必ずしも良好でなく、根元まで確実に培土されないいわゆるM字型の培土が非常に多かった。

強粘質の細粒黄色土は、碎土が困難だけでなく締まりやすく、また、ほ場には大型機械の踏圧による強固な耕盤が形成されてしまう。このような固く緻密な土壌条件は根系の発達を阻害し、低収要因の一つになっている。

##### b. 施肥

当地域では窒素施肥は基肥、追肥ともに、ほとんど実施されていなかった。このことはコスト低減が意識されているというより窒素施肥の効果が農家に体感あるいは期待されていないためと考えられた。トラクタ作業では、播種時（基肥）か中耕時（追肥）にしか効率的な施肥はできないが、この時期の肥効が不安定なことが施肥の意欲を減退させていると考えられる。

##### c. 防除

当地域のダイズ作における最大の害虫はハスモンヨトウであり、農家もこれの発生に常に神経を尖らせている。この地域ではダイズ作付け地帯にフェロモントラップが配され、ハスモンヨトウの発生は常にモニターされ防除に注意が払われている。このような体制の下、近年、発生が少な目に推移していることもあり、過去に経験した壊滅的な被害はなくなっている。大規模栽培においても、ハスモンヨトウの発生はほ場外から「白変葉」の発生として比較的容易に見つけることができ、ラジコンヘリ防除や効果的な脱皮阻害剤の普及により、当地域では比較的防除がしやすい害虫になった。しかし、カメムシや後述するフタスジヒメハムシの加害はほ場外からでは確認が難しいため見過ごされやすく、当地域における主要なダイズ害虫になってきた。大規模栽培ではほ場内のきめ細かな観察はなかなかできないが、畦畔のり面が多い丘陵地帯やイネ科雑草の多いほ場など、カメムシの発生が懸念される地域では、特に開花期以降は農道からではなくほ場内に入って「見る」ことが必要である。新たな害虫として注目されているフタスジヒメハムシは、成虫による実害はほとんど確認されず、害虫として認識されていなかったが、幼虫による根粒食害被害が大きな低収要因になっていることが大規模調査の中で明らかになった（-1）。

##### d. 裂莢および収穫損失

当地域では、収穫前の裂莢や収穫時の機械損失により収穫できない「ロス」が非常に多く、「一俵は捨てている」という農家の認識がある。愛知県では、ほとんど全ての農家がコンバインによりダイズの収穫を行っている。茎や雑草に含まれる水分による汚粒の発生を回避するために、茎水分が

十分に下がってから、あるいは、雑草の発生が多い場合にはそれらが枯れるまで待って収穫作業が行われており、このような収穫の遅れが自然裂莢による損失を増やしている。汚粒を発生させないためには茎水分を50%以下にする必要があると言われているが、2000年の調査では茎水分が50%に低下する頃を境に急激に自然裂莢が発生していた。ロスを減らすには「収穫適期」になったら速やかに刈り取らなければならないが、大規模ダイズ作では、ほ場ごとの成熟条件により大型コンバインを移動して収穫作業を進めることは困難なため、地域のほ場全体の「適期」を待って収穫されることが多く、このことが損失をさらに大きくしている。ほ場に残され損失となった子実重量の平均は2000年は10アール当たり43.8kg、2001年は34.8kg、2002年は27.0kg/10aと年次による違いはあるものの、これをなくすることが収量改善につながることは明らかである。

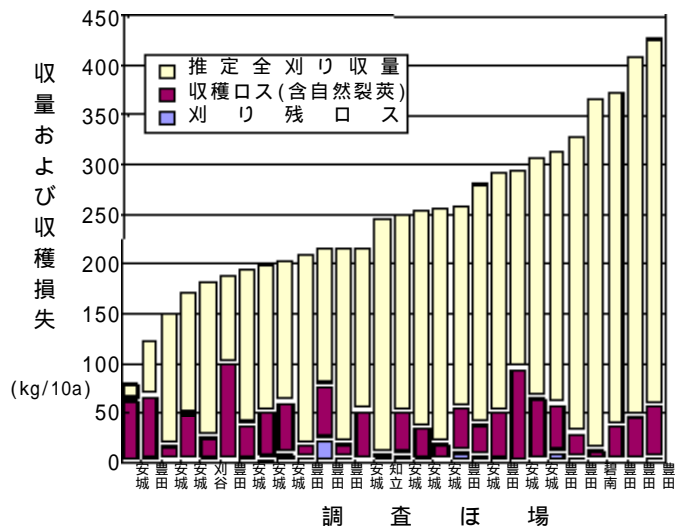


図 -1-2-2 収穫損失の実態(2000)



### (3) 沖積地帯の低収要因

洪積地帯で明らかになった低収要因に基づく収量改善技術を、地下水位が高く、肥沃な沖積地帯に適用したところ効果の認められない場合があった。このことは、強粘質土壌で乾燥しやすい洪積地帯と、常にダイズに水分が供給され地力が高い沖積地帯では、多収を阻む要因が大きく異なることを示している。愛知県ダイズ作全体の底上げには、沖積地帯に特異な低収要因の解析も進め、新たな改善技術の開発が必要である。

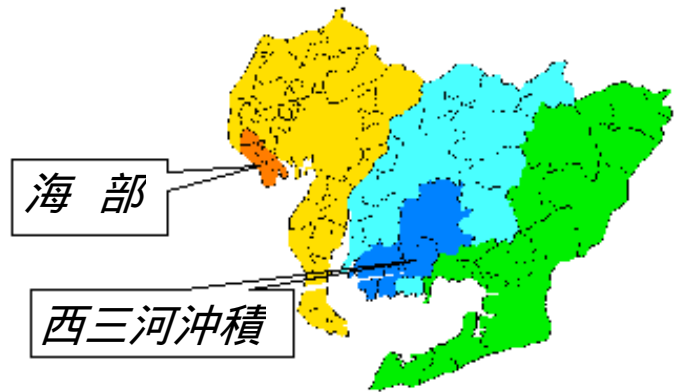


図1-1-3-1 沖積地帯におけるダイズ作付け地域

特に収量が低迷している西三河沖積地帯（図1-1-3-1）に対して、近年、栽培が開始され急速に面積が拡大している海部郡（以後、海部沖積）は同じ沖積地帯にありながら2001年、2002年と県下の多収を得ている（表1-1-3-1）

そこで、両者を大規模に比較調査して西三河沖積地帯の低収要因を明らかにした。

表1-1-3-1 西三河沖積および海部沖積のダイズ収量比較

地 域	2002年			2001年		
	収 量		百粒重	収 量		百粒重
	kg/10a	%	g	kg/10a	%	g
西三河 沖 積	319 ± 10.2	84.7	30.1 ± 0.3	278 ± 13.5	75.6	30.6 ± 0.5
海 部	376 ± 14.2	100.0	31.6 ± 0.6	368 ± 40.0	100.0	32.6 ± 0.6

注1．収量，百粒重は15%水分換算値

注2．±値は平均値の95%信頼区間

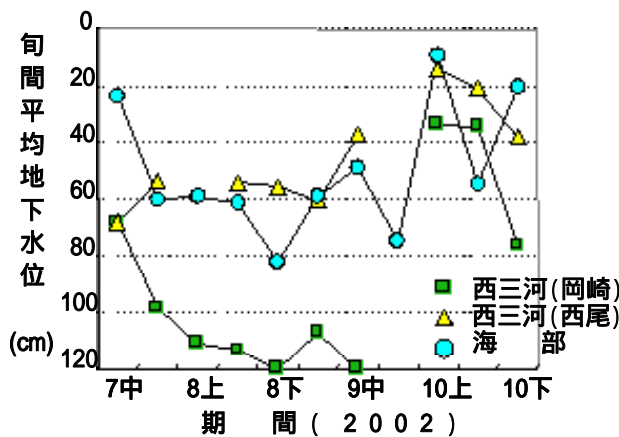


図1-1-3-2 低湿地帯における地下水位の推移

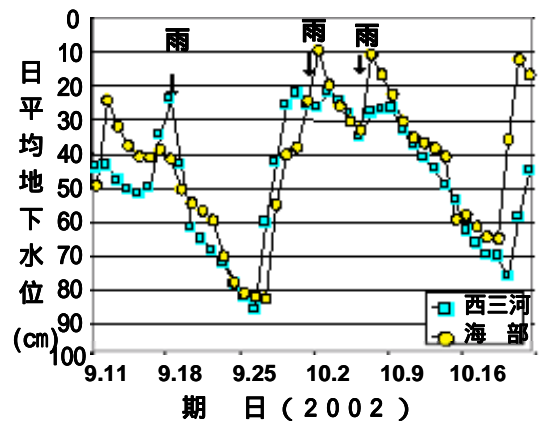


図1-1-3-3 低湿地帯における降雨後の地下水位低下速度

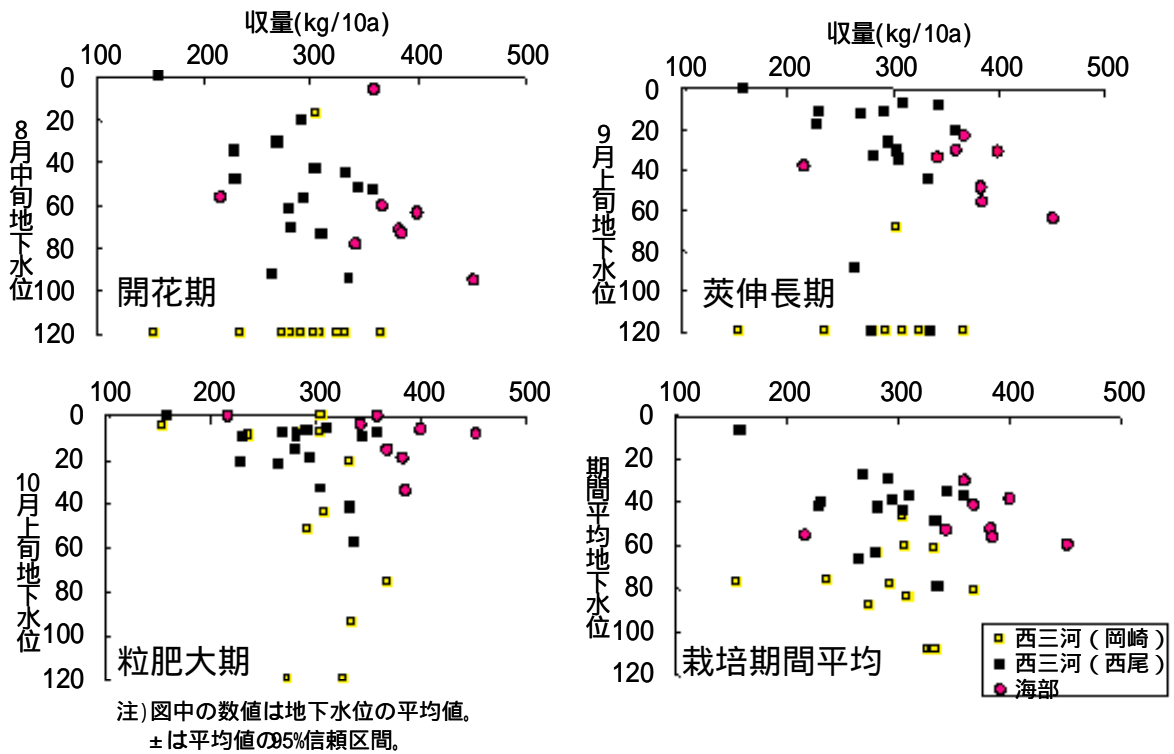


図1-1-3-4 低湿地帯における各生育ステージの地下水位と収量の関係

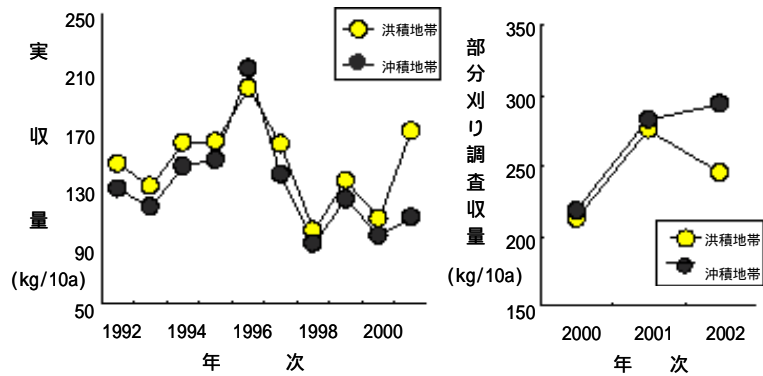


図1-1-3-5 西三河洪積および沖積地帯のダイズ実収量・部分刈り収量の推移

西三河沖積と海部沖積の収量差について、農家や関係者は「ほ場の地下水位あるいは排水性能に大きな差がある」と考えていた。そこで、両地域において35カ所の定点を設け、地下水位を経時的に測定したところ、最も低収な西三河沖積の西尾地区と多収の海部沖積の間に大きな差は認められなかった。また、各生育ステージにおけるそれぞれの地域の地下水位と収量の間にも顕著な関係や差は見られなかった。さらに、西三河沖積の中でも、西尾より矢作川の上流に位置する岡崎地域は

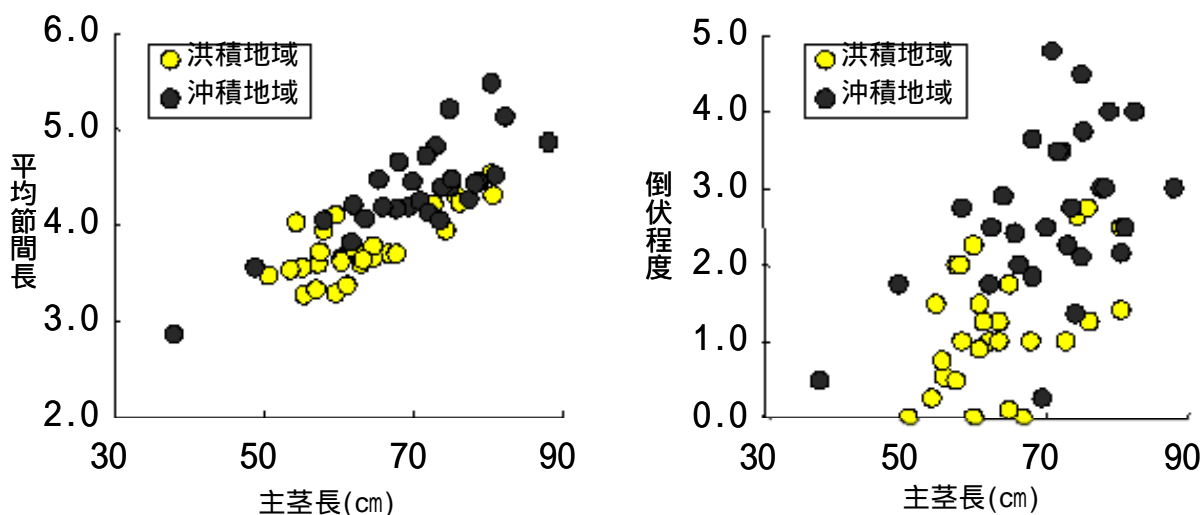


図1-1-3-6 西三河沖積におけるダイズの主茎長と節間長および倒伏程度の関係

地下水位が常に海部沖積よりも低いにもかかわらず低収であった（図1-1-3-2～4）。ところで、西三河地域について過去の実収量をみると常に沖積が洪積を下回ったが、農総試が行った3年間にわたる大規模な現地試験の部分刈り収量はいずれの年次も沖積が洪積を上回っていた（図1-1-3-5）。このことは、西三河沖積ではほ場の収量レベルは高いものの収穫歩留まりが悪いことが低収要因となっていることを示している。実際に、倒伏程度をみると、沖積は洪積に比較し、倒伏しやすい傾向があり収穫歩留まりの悪さを裏付けている（図1-1-3-6）。以上から、倒伏による収穫損失は西三河沖積の大きな低収要因の一つであるが、地下水位の高低は第一義的な低収要因ではないと考えられた。

一方、転換畑ダイズが年々低収になっていることは各地で報告されており、農家も「とれなくなった」ことを実感している。昭和50年代には、生育が旺盛すぎて蔓化が大きな問題となっていた地域でも、狭畦栽培により生育量の確保が必要な事態に陥りつつある。

本県の主要ダイズ作地帯について過去25年間のダイズ作付け率を地域別に累計したところ、大規模試験における部分刈り収量（2002年）と作付け率の累計には明らかな負の相関が認められ、作付け履歴が長いほど穫れなくなる実態が明らかとなった（図1-1-3-7）。西三河沖積と海部沖積の決定的な差がここにも見られた。今後は、地力の減退という観点はもちろん、生育阻害物質の累積の視点でも徹底的な調査検討が必要となろう。

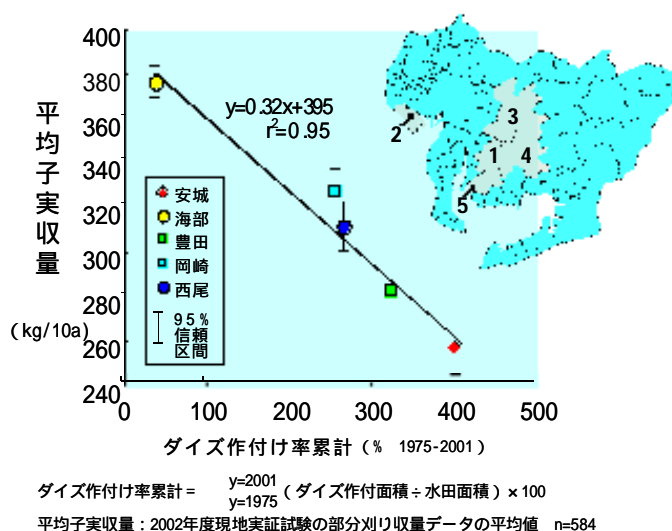


図1-1-3-7 各ダイズ作付け地域の作付け率累計と収量の関係

## 新しい収量改善技術

### 1. フタスジヒメハムシ幼虫による根粒摂食の影響と対策

#### (1) フタスジヒメハムシ被害の発見

農総試が大規模な実態調査を行うまで、フタスジヒメハムシによるダイズの被害は見過ごされてきた。調査の中で、「出芽は順調でも元気がなく、葉色が薄い」というダイズほ場がよく見られた。これまで湿害とわれてきたこのような症状を呈する株には、葉にフタスジヒメハムシによる食害痕があるものが多いことが観察された。

本虫は、成虫がダイズの地上部、すなわち、子葉、本葉、莢、茎などを食害し、幼虫が根粒を食害する害虫である(図 -1-1-1)。東北や北陸などでは、莢の食害が黒斑粒(粒に黒い斑点がつく)の発生を助長するため問題視されているが、愛知県では子実被害はわずかで、葉の食害痕も小さいことから、害虫として認識されていなかった。現地ほ場を数多く巡回調査したことで、本虫の食害痕のある個体が生育不良になっている例を確認し、幼虫の根粒加害が生育収量に影響していると推察するに至った。

ダイズは子実生産に多量の窒素を必要とする作物であり、窒素吸収量のうち根粒固定窒素の占める割合は40~70%と言われている。ところが、本県のダイズ栽培では無施肥栽培が慣行となっており、土壌の肥沃度も必ずしも高くないことから、本虫による根粒摂食被害の影響は極めて大きいと考えられる。ここでは、農総試が明らかにした根粒摂食被害がダイズの生育及び収量等に与える影響と、簡易かつ効果的な防除技術について詳しく述べる。

#### (2) フタスジヒメハムシの発生実態

##### 1) 発生活消長及び被害の程度

西三河地域のフタスジヒメハムシ多発生ほ場では、8月上旬、9月上旬、9月下旬に成虫発生のピークが見られ(図 -1-2-1)、幼虫は8月中下旬および9月中旬にピークがみられた。根粒の被害率(摂食された根粒の全根粒に対する割合)は、調査期間を通して極めて高く、葉の食害程度も高めに推移した(図 -1-2-2)。

8月初旬の根粒被害率は既に89%に達していたが、この時期に見つかる成虫の多くは越冬成虫より



図 -1-1-1 フタスジヒメハムシ成虫(左)と根粒を摂食する幼虫(右下)

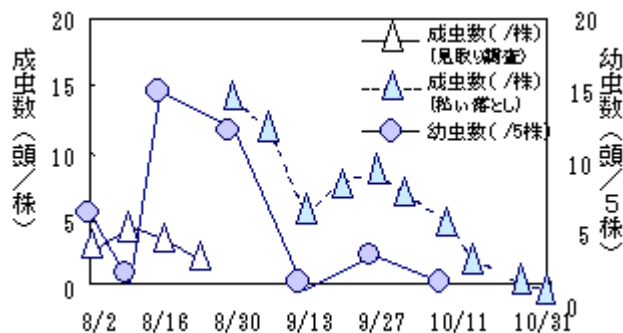


図 -1-2-1 フタスジヒメハムシ発生活消長(安城市)

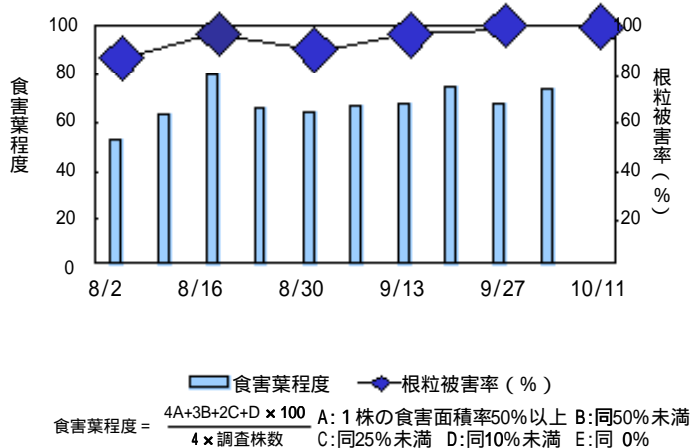


図 -1-2-2 フタスジヒメハムシ被害実態(安城市)

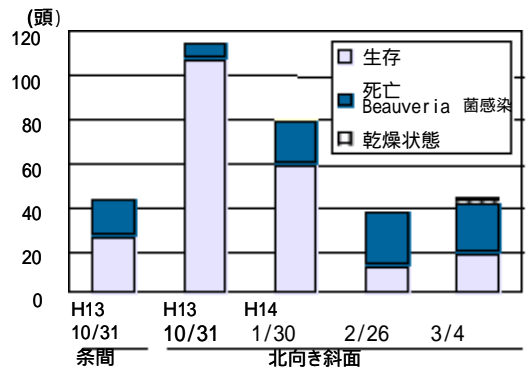


図 -1-2-3 フタスジヒメハムシ越冬場所と越冬量(2001)

注) 条間: ほ場内ダイズ条間 北向き斜面: ダイズほ場に隣接する水路沿い北向き斜面

も体色の淡い新成虫であったことから、7月下旬までに越冬成虫から生まれた第一世代幼虫により、多くの根粒が摂食されたことが明らかとなった。その後、8月下旬、9月下旬にも成虫密度のピークが見られ、本地+域では本虫は年3世代を経過すると考えられた。

## 2) 越冬の様子

成虫の越冬場所を明らかにするために、農道、畦畔、ほ場の表層土を枯れ草や雑草などとともに採取し成虫数を調査した(図 -1-2-3)。ダイズ収穫前(10月31日調査)には、既にほ場内の成虫数は減っており、ほ場に隣接する北向き斜面で密度が高まった。しかし、これも2月後半を過ぎると低下し、越冬期間が長くなるほど、昆虫病原糸状菌(*Beauveria* 属菌)に感染し死亡した虫が多く見られた。また、越冬成虫はほ場畦畔よりも隣接する水路沿いの北向き斜面に集中して見つかったことから、本虫はダイズほ場付近の湿潤な環境を選んで越冬するものと推察された。

## (3) 防除方法の開発

### 1) 施薬による防除

出芽直後にフタスジヒメハムシに侵入されたほ場では、最も根粒活性が高まる7月下旬から8月上旬に根粒を食害されるためダイズの生育が不良となる。したがって、根粒摂食被害を効果的に抑えるためには、生育初期に侵入する越冬成虫を防除することが重要である。そこで、播種機にあらかじめ装着された施肥装置に薬剤を入れて播種溝に種子とともに条施する省力的な防除方法(図 -1-3-1)を考案し、エチルチオメトン粒剤(4kg/10a)を適用して効果をみた。また、フタスジヒ

施肥装置にエチルチオメトン粒剤を入れる

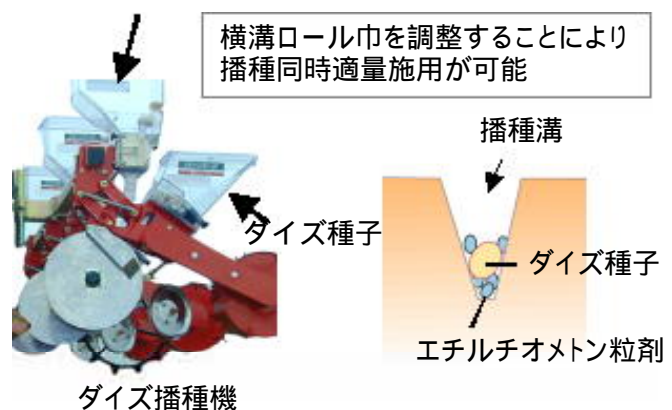


図 -1-3-1 施肥装置を利用した施用法

メハムシ侵入を確認した後の対策として7月中旬にダイアジノン粒剤（6kg/10a）を散布する方法も併せて検討した。

その結果、無施薬では、フタスジヒメハムシ幼虫により8月2日までに90%以上の根粒が食害されたのに対し、エチルチオメトン粒剤を播種溝に条施すると、8月下旬まで効果的に被害を抑えることができた（図 -1-3-2、図 -1-3-3）。8月下旬には薬効が無くなるが、この頃には根粒の活性も低下するため、幼虫による根粒食害の生育に対する影響は小さいものと考えられる。一方、ダイアジノン粒剤を本虫の侵入確認後に散布した場合は、無施薬に比べ被害は軽減されたものの、8月2日の根粒被害率は約60%と、エチルチオメトン粒剤（0%）と比べ明らかに効果が劣った。施薬による防除効果は、そのままダイズ生育に反映され、エチルチオメトン条施、ダイアジノン散布、無施薬の順に生育が良好に推移した。



（左側：施薬したほ場 右側：無施薬のほ場）

図 -1-3-2 エチルチオメトン粒剤施薬の効果

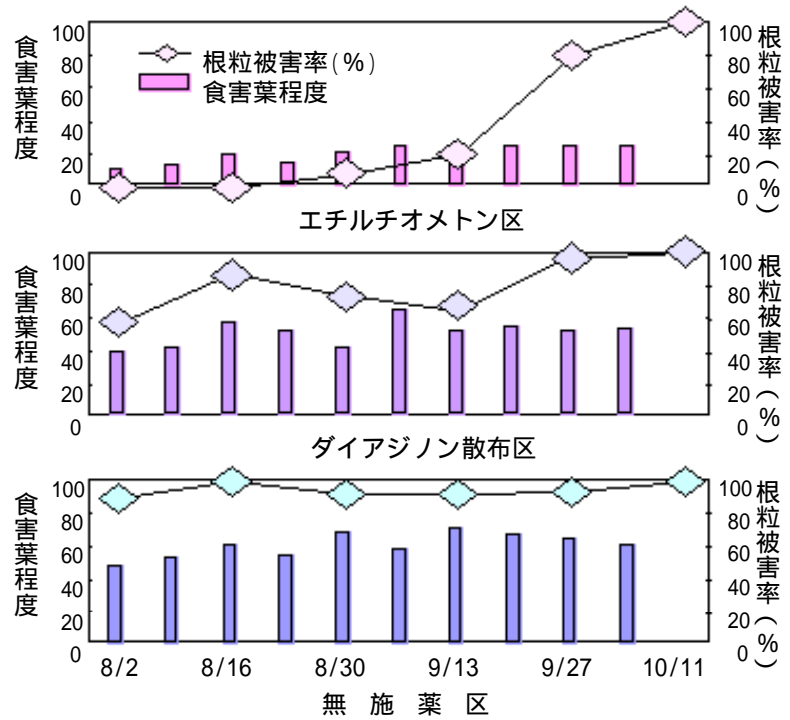


図 -1-3-3 フタスジヒメハムシ加害に対する施薬の効果

ダイアジノンは、使用登録のある「播種前の土壌混和（6kg/10a）」についても検討したが、散布と同様に、エチルチオメトン播種溝条施よりも防除効果及び生育改善効果は小さかった。

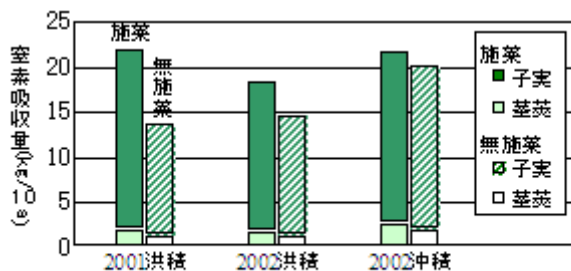
施薬がダイズの生育・収量に及ぼす効果を土壌地帯別に見ると、洪積地帯ではエチルチオメトン播種溝条施により、着花・着莢率が向上し、収量は安定的に約20%増加し（表 -1-3-1）、多発地域では50%近く増収した例もあった。ダイアジノン粒剤は散布、土壌混和、いずれの方法においてもエチルチオメトン粒剤より効果が小さく、無施薬に対する平均収量増は10%程度であった。一方、沖積地帯では、幼虫による根粒摂食被害は洪積地帯同様に確認され、施薬により被害も回避されたが、洪積地帯に比較して収量向上効果は非常に小さかった。

表 -1-3-1 フタスジヒメハムシ防除がダイズの生育・収量に及ぼす影響

処理区	収量	百粒重	大粒比率	主茎長	主茎節数	分枝数	総莢数	
								kg/10a
2001 洪積	エチルチオメトン	309 ± 21 ( 120 )	31.1 ± 1.1	63 ± 5	69	16.1	4.5	660
	ダイアジン散布	281 ± 49 ( 109 )	29.5 ± 0.7	57 ± 7	64	17.0	4.7	634
	無 施 薬	257 ± 26 ( 100 )	30.7 ± 1.1	58 ± 6	66	16.5	4.3	569
2002 洪積	エチルチオメトン	273 ± 23 ( 123 )	29.9 ± 0.8	46 ± 5	69	17.8	4.3	604
	ダイアジン混和	248 ± 46 ( 112 )	30.7 ± 1.3	54 ± 6	68	17.4	3.8	524
	無 施 薬	222 ± 21 ( 100 )	29.4 ± 0.9	45 ± 3	64	17.3	3.8	530
2002 沖積	エチルチオメトン	289 ± 27 ( 102 )	29.2 ± 0.7	35 ± 4	79	16.8	4.8	751
	ダイアジン混和	286 ± 30 ( 101 )	29.1 ± 0.8	39 ± 5	77	16.0	4.3	733
	無 施 薬	284 ± 23 ( 100 )	29.8 ± 0.8	41 ± 5	77	16.5	4.1	619

注 結果は西三河地域の調査ほ場の平均±平均値の95%信頼区間。収量、百粒重は水分15%で表示。  
 調査地点数は2001洪積:32点(ダイアジン散布のみ4点)、2002洪積:34点(ダイアジン混和10点)、沖積:10点(ダイアジン混和8点)  
 幼虫による根粒被害率は、洪積-エチルチオメトン:4.7%、無施薬71.8%、沖積-エチルチオメトン3.8%、無施薬74.8%(2002.9.5調査)  
 ( )内は無施薬を100とした場合の比。エチルチオメトン:エチルチオメトン粒剤4kg/10a施用(播種時播種溝処理)  
 ダイアジン散布:ダイアジン5%粒剤6kg/10a施用(7月中旬散布)、ダイアジン混和:ダイアジン5%粒剤6kg/10a施用(播種前土壌混和)

ところで、根粒摂食被害が窒素固定に及ぼす影響を調べたところ(図-1-3-4)、洪積地帯では本虫の根粒摂食によりダイズの窒素吸収量が大幅に低下して低収を裏付けたのに対し、沖積地帯では、根粒摂食があるにもかかわらず窒素吸収量の低下が比較的小さいことがわかった。このことは、沖積地帯では根粒以外からの窒素供給が多く、フタスジヒメハムシによる実被害が見えにくいことを示している。



注) 施薬:フタスジヒメハムシ対策としてエチルチオメトン粒剤4kg/10a施用  
 結果は西三河地域調査ほ場の平均。(2001)洪積:8点、2002)洪積:34点、沖積10点)

図 -1-3-4 フタスジヒメハムシ被害が窒素吸収量に及ぼす影響

一方、本成虫の加害による黒斑粒及び腐敗粒、褐斑粒の発生率は、黒斑粒発生率で1.0~1.8%、腐敗粒、褐斑粒で0.5%未満と非常に小さく、施薬の有無による発生率にも有意差は無かった。本虫の多発ほ場では莢に成虫による食害が多く観察されたが、黒斑粒や腐敗粒の発生は少なかった。これらの発生には子実肥大期から成熟期にかけての天候が大きく関与するものと考えられ、北陸や東北と比較し、この時期の晴天率が高い本県では多発の危険は少ないと考えられた。

また、無施薬区ではほぼ全個体が青立ちとなったが、エチルチオメトン区では青立ち個体が無く成熟期の揃いが良好になったほ場を多く確認した。このことはフタスジヒメハムシ被害が、ダイズの着莢率を低下させ植物体の栄養バランスを崩し、青立ち症状の一因になっていることを示している。

## 2) 越冬成虫防除の可能性

冬季の畦畔雑草焼却(どて焼き)が各地で自粛されている。そこで、どて焼きが越冬成虫数に及ぼす影響を調べたところ、焼却直後、一週間後ともに焼却の有無が成虫数に及ぼす差は認められなかった。前述のとおり、調査で見つかった冬季の死亡虫の多くは昆虫病原糸状菌(*Beauveria*属菌)に感染したものであった。これらが焼却と直接の関連があるかどうかは判別しがたいが、干からびた

状態で死んでいた成虫は無処理の5%に対し、焼却したところで約10%であった。焼却直後でも、土は熱く感じられず、成虫が越冬している地表から2-5cm程度の深さでは湿度も保たれていたため、成虫が直接焼却されるとは考えられない。ただし、地表面を覆っていた雑草等が焼け払われ、むき出しになった土壌が乾燥状態となったなど、その環境変化が原因で淘汰される可能性はある。

#### (4) 施肥による被害軽減策

前述のとおり、洪積地帯におけるエチルチオメトン粒剤の播種溝条施の効果は非常に高いが、発生後にダイアジノン散布により防除を行っても効果的とは言えなかった。そこで、根粒摂食による固定窒素の不足分を追肥で補う方法を検討した。追肥は、中耕期では既に窒素不足の影響が現れている可能性が高いため、根粒被害を確認した直後の7月中旬に行った。その結果、生育初期に本虫に侵入されたほ場でも、7月中旬の追肥により生育が確保されて収量が向上し(表 -1-4-1)、根粒被害による窒素吸収量の低下を追肥で補えることがわかった(図 -1-4-1)。

生育初期における速効性肥料の施用は根粒が着生する条件では根粒の働きを阻害するが、根粒を摂食された場合には、当然ながら追肥による悪影響は無く、フタスジヒメハムシの被害が発生した場合の一つの対処法となると考える。

表 -1-4-1 初期被害ほ場におけるエチルチオメトン処理および追肥効果 (2002)

処理区	収量	百粒重	大粒比率	主茎長	主茎節数	分枝数	総莢数
	kg/10a	g	%	cm	節本/株	英/m <sup>2</sup>	
追肥1 無施薬	290 ± 36 ( 129 )	30.3 ± 0.7	42 ± 4	72	18.6	3.6	612
追肥2 無施薬	269 ± 41 ( 119 )	30.1 ± 0.6	39 ± 4	71	18.5	3.6	601
無肥料 無施薬	226 ± 30 ( 100 )	29.6 ± 1.3	45 ± 4	68	18.0	3.0	559
無肥料 施薬	252 ± 41 ( 112 )	29.2 ± 0.4	43 ± 7	75	18.9	3.8	580

注) 結果は平均 ± 平均値の95%信頼区間 (西三河洪積地域各6点)。収量、百粒重は水分15%で表示。  
 施薬 エチルチオメトン粒剤4kg/10a施用 (播種時播種溝処理) ( )内は無肥料 無施薬を100とした場合の比。  
 追肥 7月17日 (追肥1:尿素10kgN、配合肥料(S40:S60=5:5)8kgN、追肥2:尿素10kgN)。

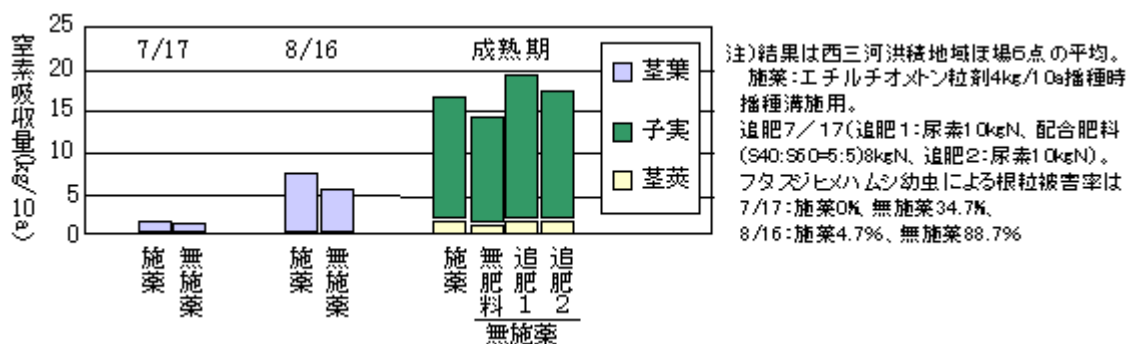


図 -1-4-1 フタスジヒメハムシ対策による窒素吸収量改善効果(2002)



(5) 経済的評価

エチルチオメトン粒剤の播種溝条施が収量改善に及ぼす効果は非常に大きく、播種機に装着された施肥装置の若干の改造で容易に実用化が可能である。例えばダイズ買い取り価格を60kgあたり11,000円とすると、無処理区との平均収量の差は約50kg/10aであるため粗収入増は、約9,000円となる。エチルチオメトン剤を1,200円(3kg/袋)として対費用効果を単純に計算すると、本防除方法は投入資材費を上回る粗収入増による顕著な経済効果が期待され、その合理性は明らかである。

(6) 今後の対応

コムギ - ダイズ輪作が増加しつつあるのに対して、冬季の野焼きが環境問題の高まりとともに自粛されているため、今後ますます本虫の発生密度が高まることが予想される。実際、2002年に行った現地調査では前年に高収量を得た地域で被害ほ場が続出し、8月中旬から深刻な生育不良に陥った例も見られた。前述のとおり本虫は越冬中に50%程度が自然淘汰されると推測されるが、成虫数の増加ペースから予測すると今後の発生密度の減少は期待できない。越冬成虫はダイズが出芽したほ場から順に侵入することが多いので、洪積地帯で安定した収量を得るには早播ほ場を中心に薬剤防除が必要と考えられる。エチルチオメトン粒剤は、ダイズ作でアブラムシとハダニ類に対して播種溝施用で農薬登録されていたが、幼虫被害による収量減が本研究の中で明らかになり、本剤の防除効果が非常に高く安定していたことから、その後の関係者の努力により2004年8月にフタスジヒメハムシに対する登録拡大が認められ、利用可能になっている。

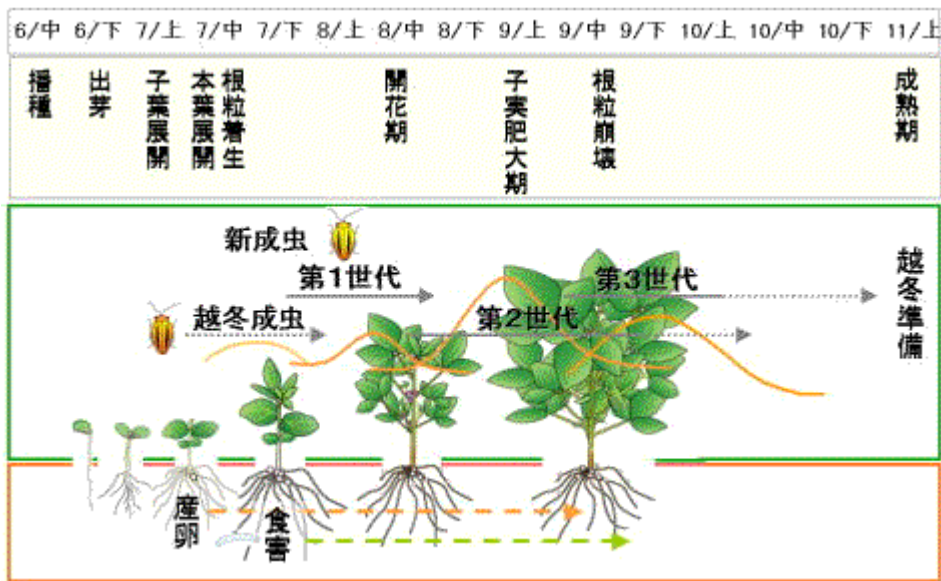


図 -1-6-1 愛知県におけるダイズ生育およびフタスジヒメハムシ発生実態

## 2. 開花期追肥を想定した肥効調節型肥料の中耕時追肥

### (1) 施肥時期とダイズ生育

ダイズの窒素吸収量から施肥時期の効果をみると(図2-1-1) 初生葉展開期の施肥は無施用と大差なく、農家が基肥の効果を実感できないことを裏付けた。分枝発生期及び開花 20 日前の施肥(いずれも中耕時期)では子実の窒素吸収量が極端に小さくなり、この時期の施肥が根粒菌の活性を阻害し、窒素吸収が大幅に抑制されることが示された。一方、開花期の窒素施肥は、特に分枝の子実に吸収されることから、分枝の落莢を防止するとともに粒の肥大を促進し収量向上につながると考えられる。

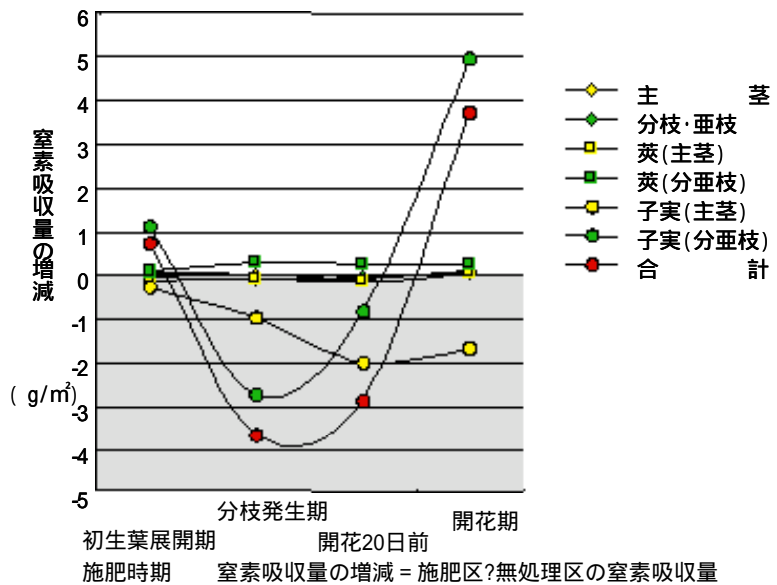
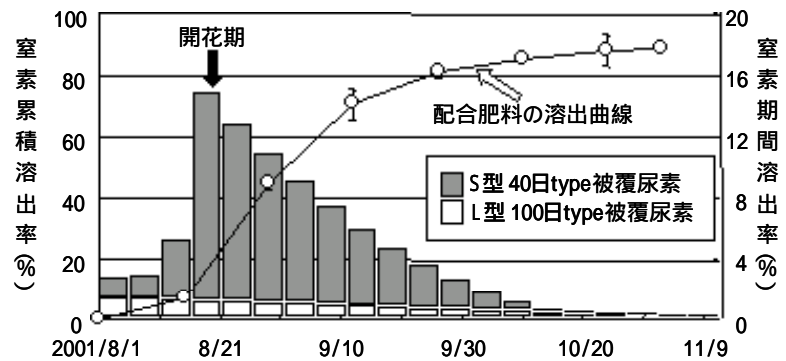


図 -2-1-1 施肥時期が成熟期の各部位別窒素吸収に与える影響

ところで、開花期は高温に加え最もダイズが繁茂している時期にあたり追肥するにも作業性が悪く、本県のような大規模営農において「開花期追肥」は現実的ではない。また、現場で散見される尿素肥料の中耕時多量追肥は、窒素吸収量を低下させる分枝発生期から開花 20 日前に施肥するもので、実は大変危険な時期の追肥である。安価な尿素を用いた中耕時追肥に対する意欲は非常に高まっているが、このような降雨により効果が大きく変動する可能性を持つ追肥技術は、基幹的な多収技術とは考えにくい。そこで、大規模経営に導入可能で、省力的かつ効果的な施肥法として、肥効調節型被覆尿素肥料を中耕と同時に施肥する技術を開発したので解説する。

### (2) 肥効調節型肥料の中耕時追肥

愛知県ではフクユタカを適期播種すると開花期までの日数は 50 ~ 60 日となり、中耕期から開花期までは約 20 日である。したがって肥効調節型肥料による開花期追肥を想定すると、播種同時施肥(基肥)に用いる場合は、シグモイド型被覆尿素 100 ~ 120 日タイプ、中耕時追肥では同 40 日タイプが適当と考えられる。



注) S型とL型の 2種類の被覆尿素を2:1の窒素量で配合した。期間溶出率は5日間隔の溶出量を表示した。

図 -2-2-1 実証試験に用いた配合肥料の肥効パターン

表 -2-3-1 中耕時の肥効調節型肥料施肥が生育収量に及ぼす影響

処理区	収量 kg/10a	百粒重 g	大粒 比率 %	蛋白質 含量 %	主茎長 cm	主茎 節数	分枝数 本/m <sup>2</sup>	莢数		
								主茎	分枝	合計
中耕時施肥	355* (126)	33.0	73*	40.6	72	16.7	38.5	290	377*	666*
無施肥(慣行)	281 (100)	32.5	67	40.5	71	17.0	36.0	254	281	535

注) 収量、百粒重は水分15%で表示。( )内は無処理を100とした比率。\* 99%水準で有意。

ところで、出芽が必ずしも安定的でない強粘質土壌における大規模営農では、高価な被覆尿素肥料を出芽前に基肥として施用することは合理的とは言えない。したがって、生育を確認してから行える中耕時追肥を前提として、肥料配合、施肥技術を開発した。

開発した中耕時施肥用の肥料は地力補完を目的としたリニア型のLP100と開花期に効くシグモイド型のLPS40を1:4に配合した肥料である(図-2-2-1)。実際の溶出をほ場で確認したところLP100は施用直後より溶出し、栽培期間を通じて肥効が継続した。一方、LPS40日は施肥2週目頃から溶出量が増し、開花期頃にピークを迎え、期待した肥効が得られた。また、いずれの肥料とも、その後は溶出が暫減し、成熟期にはほとんど残らなかった。

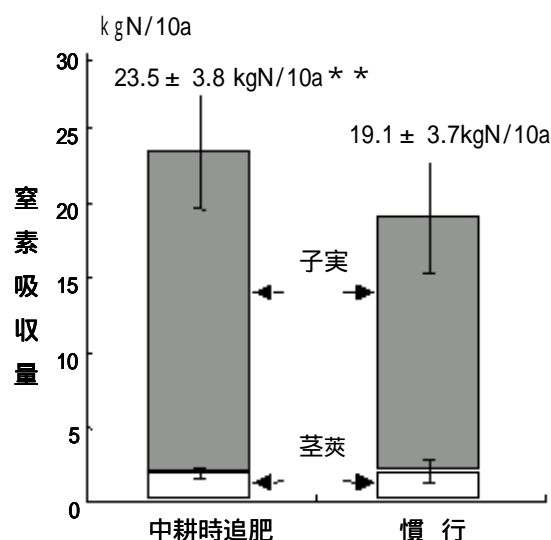
### (3) 中耕時の肥効調節型肥料施肥による増収効果

中耕時追肥ほ場の平均収量は355kg/10aと、無施肥ほ場の281kg/10aに対し26%の顕著な増加を示した。増収効果は、もともと低収なほ場ほど大きく、最も効果が大きい場合には57%の例もあった。しかし、無施肥栽培でも収量が300kg/10aを超える多収ほ場では、施肥による増収率は8%程度と小さかった。

追肥ほ場ではいずれも分枝莢数が増加し、これが増収の主要因と判断された。一般に、莢数が増加すると小粒化(百粒重が低下)するが、施肥ほ場では莢数が増加しても百粒重は低下しなかった。また、本施肥が生育過剰を招くことはなく、倒伏は無施肥ほ場と同様にほとんど見られなかった。本施肥により、子実蛋白含量の増加はみられなかったが、大粒比率は明らかに高まり、均質な製品確保に効果的であると考えられる。また、成熟期の窒素吸収量をみると、子実で明らかに高まり、施肥窒素が子実へ効率的に転流したことを示していた(図-2-3-1)。

### (4) 収量および品質向上を目指した肥料の改良

前述の「LP100 + LPS40」肥料はもともと莢数が多く取れる多収ほ場では増収効果が小さかった。このような多収ほ場でさらに収量改善を図るには粒大を大きくする必要がある。そこで、



注) 15ほ場の平均値、数字は吸収量合計(99%有意)

図 -2-3-1 成熟期における窒素吸収量

地力の異なる多くのほ場で、莢数を確保しつつ百粒重を増加させることを目標とした配合肥料（LPS40 と さらに後半に肥効がある LPS60 [シグモイド 60 日タイプ被覆尿素肥料] を組み合わせた肥料）に改良した。

着莢を促進するために配合した LPS40 の溶出は施肥 2 週目頃から増加し、開花期頃にピークを迎え、成熟期の残存はほとんどなかった。子実肥大を目的とした LPS60 は、LPS40 より 2 週

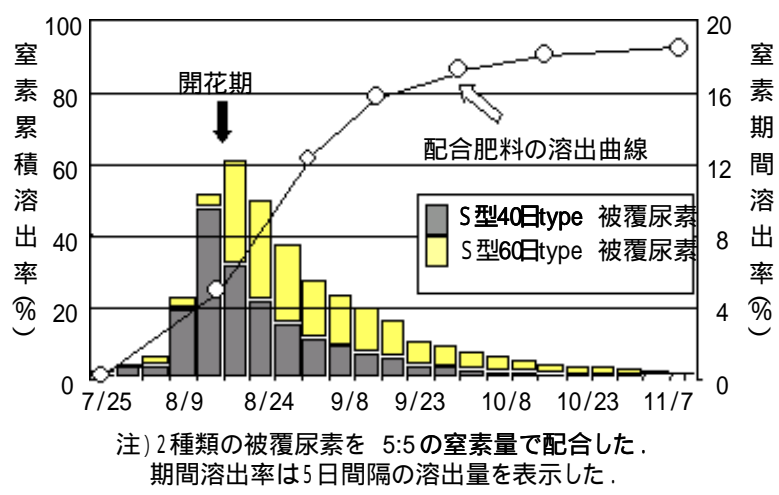


図 -2-4-1 改良した配合肥料の肥効パターン

表 -2-4-1 中耕時の肥効調節型肥料施肥が生育収量に及ぼす影響

試験区	収量	百粒重	大粒比率	蛋白質含量	株数	主茎長	主茎節数	分枝数	総莢数	倒伏程度
	kg/10a	g	%	%	本/m <sup>2</sup>	cm	節	本/株	莢/m <sup>2</sup>	
配合肥料(5:5)	326	31.4	49	47.5	10.0	67	16.1	4.8	707	2.0
S型40日 type	336	31.0	46	47.4	10.5	67	15.9	4.8	671	2.2
S型60日 type	335	30.9	46	47.9	9.8	66	15.9	4.6	679	1.9
無肥料	292	30.3	44	46.4	10.2	66	16.0	4.7	656	2.0

注) 中耕時追肥は愛知県主要ダイズ産地ほ場 48地点 (品種フクユタカ) で行い、近接した慣行栽培ほ場を無肥料区として調査した。追肥は 6 葉期 (7 月下旬) に 8kgN/10a を施用し、それ以外のほ場管理は両処理区ともに同一とした。収量、百粒重は水分 15%、蛋白質含量 (N.C-ANALYZER、換算係数 6.25) は乾物% で表示した。倒伏程度: 0 (無) ~ 5 (甚)

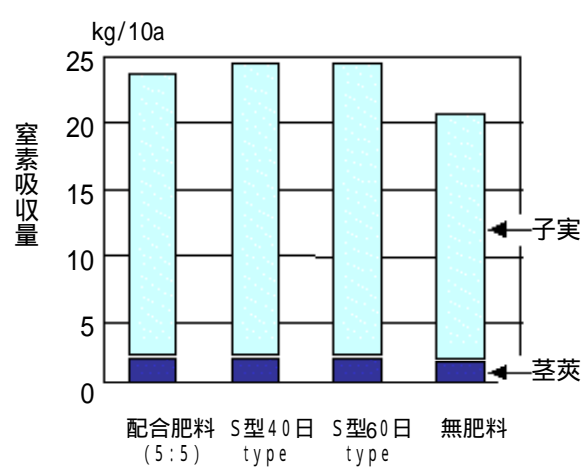
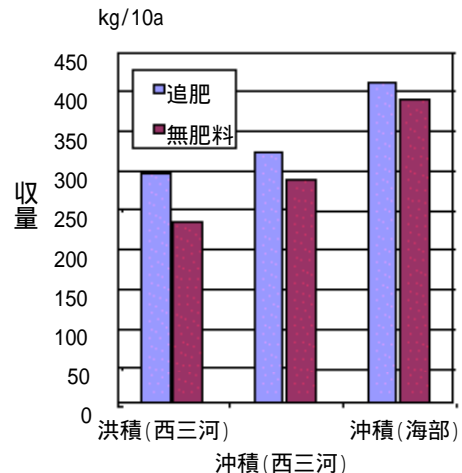


図 -2-4-2 成熟期の窒素吸収量



注) 試験点数は、洪積(西三河)14点、沖積(西三河)22点、沖積(海部)8点。追肥区収量は、配合肥料(5:5)及びS40、S60区の平均値。

図 -2-4-3 地域別の増収効果

間程度遅れて莢伸長期に溶出のピークを迎え、成熟期の残存は10%程度であった(図 -2-4-1)。この配合肥料を中耕時に施用すると無肥料に比較して総莢数が増加し、収量が10~15%程度高まった(表 -2-4-1)。また、大粒比率、100粒重、子実蛋白質含量も高まる傾向が認められた(図 -2-4-2)。

一方、中耕時の被覆尿素肥料施肥の効果を地域別にみると、収量レベルの高い沖積地帯では、増収効果が小さくなり、収益増加分が投入コストを下回る場合があると考えられた(図 -2-4-3)。

### (5) 経済的評価

肥効調節型肥料の中耕時追肥は、資材費が10a当たり4,500円程度と高価であるが、特に洪積地帯では増収効果が大きい。例えばダイズ買い取り価格を60kgあたり11,000円とすると、無肥料と比べ平均の粗収入増は、約13,700円/10aとなり、十分な経済的効果が見込める。また、中耕時追肥技術の導入は、実需側の要求する「充実した粒を生産し、タンパク質含量を高め、品質を安定させる」効果も期待できる。ただし、本技術は、地力が高い沖積地帯では、効果が小さいので収量性と追加コストを十分に判断し、導入可否の決定をすることが重要である。

中耕時追肥技術は、施肥装置付き中耕機を用いれば、作業時間は肥料の補給時間が上乘せされるだけで、作業能率の低下はほとんどなく、本県の大規模省力栽培に適した技術と言える。

## 3. 生育期の心土破碎による生育収量の改善

### (1) 生育期心土破碎処理のねらいと方法

愛知県の西三河洪積地帯は、非常に強粘質の細粒黄色土に覆われている。このような固く緻密な土壌条件では、慣行の中耕培土で表層の土壌を膨軟化することはできるが、深さ10cm以下の緻密土壌の改善は困難である。緻密な土壌はダイズの根系の発達を阻害し、生育不良や、収穫前の裂莢を招き、低収要因の一つになっている。

「生育期心土破碎処理」は、生育期にサブソイラ施工して心土を破碎して緻密な下層土の膨軟化を図り、ダイズ根系の発達を促進して、生育量の確保、ひいては収量増加を目的とした技術である。

サブソイラによる心土破碎作業は、慣行栽培(品種：フクユタカ)における中耕期(7月下旬)に、ダイズ条間の1条おき約25~30cmの深さに施す(図 -3-1-1)。施工は、約1.5m/sの高速作業が可能で、振動式2連サブソイラを使用すれば、3連のロータリカルチを用いた慣行の中耕培土作業より能率よく、生育改善に加えて省力化にも有効である。

サブソイラ施工直後は、施工した条間の土が砕け、土壌表面が少し盛り上がり、土壌が膨軟化される(図 -3-1-2)。

その後、葉色が濃くなったり(図 -3-1-3)降雨等による倒伏が軽減されるなど、根系の発達助長をうかがわせる変化がみられる。



図 -3-1-1 空気噴射式サブソイラ



図 -3-1-2 サブソイラ施工直後のほ場表面

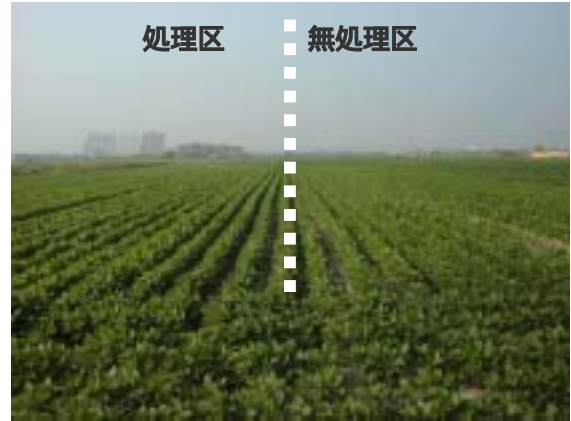


図 -3-1-3 サブソイラ施工後の1週間目のほ場の様子

## (2) 生育期心土破碎処理の生育収量に対する効果

生育期心土破碎処理を行うと、分枝数及び総莢数が多くなり、増収する(表 -3-2-1)。このことは心土破碎処理により、ダイズ根系の発達が進められるとともに、根の活力が高められていることを示唆している。したがって、極端な乾燥条件など不良条件では、断根による生育停滞のリスクを負いながら行う中耕培土より、断根が少なく、根域確保が確実にできる合理的な手法と見ることが出来る。

一方、心土破碎処理による収量の増減割合に注目すると、土壌の緻密性の大きい不耕起播種ほ場や収量が200kg/10a程度以下の低収ほ場において増収効果が大きい。言い換えると、多収ほ場は、もともと土壌が軟らかく、根系の発達が良好なため、この処理が収量向上に結びつきにくいと結論づけられる。そのようなほ場では従来どおり中耕・培土作業を丁寧に行い、除草や倒伏防止を図ることが大切である。

表 -3-2-1 生育期心土破碎が生育収量におよぼす影響

試験区	サブソイラ施工後 出液速度		主茎長 cm	主茎節数 節	分枝数 本/m <sup>2</sup>	総莢数 莢/m <sup>2</sup>	最下着 莢高 cm	百粒重 g	粒径分布			部分刈り 収量 kg/10a
	41日後(1)	54日後(2)							大粒 %	中粒 %	小粒 %	
処 理	19.3	87.6	64.4	16.4	44.6	721	18.7	29.0	64.1	26.4	9.5	308
無処理	17.6	83.9	66.2	16.7	38.9	599	20.7	28.5	62.8	26.2	11.0	262
					**	**						*

注 調査か所数：14ほ場×2反復 平均値の差：\*\*99%、\*95%有意  
出液速度：単位時間・茎単位面積当たりの出液速度 出液速度調査箇所数：(1)n=4、(2)n=8

### (3) 生育期心土破碎の導入の留意点

実際にこの技術を取り入れるにあたっては、

サブソイラ施工を作業方向に処理するため、水田作に戻したときに田植機などの作業機が落輪しないように注意する

2 連型のサブソイラを使用する場合には、ダイズ播種時にその条間をあらかじめサブソイラの作業幅に合わせておく

の2点に留意しなければならない。

ほ場に明きょが設置されている場合は、それと接続させるようなかたちでサブソイラ施工すると、排水面においてもダイズの生育に適した環境にできる。さらに夏の干ばつ時には、明きょからの通水口としても利用でき、暗きょの保水による持続的なかん水効果も期待できると考えられる。

### (4) 沖積地帯における生育期心土破碎処理の適用について

中耕・培土作業の代わりに生育期心土破碎処理を導入した場合、洪積地帯では約60%のほ場で収量が改善され、増収効果の平均は120%となった。一方、沖積地帯で増収したほ場は50%で、増収効果の平均も108%と小さかった(表 -3-4-1)。そこで、心土破碎に培土を組み合わせる処理を行ったところ、75%のほ場で収量が改善され、その増収効果の平均は115%となった(表 -3-4-2)。心土破碎処理だけでは効果の小さかった沖積地帯でも、67%のほ場で増収効果が現れ、増収効果の平均は119%となった。また、心土破碎と培土の併用処理により、ダイズは主茎長が短くなり、倒伏程度が小さくなる傾向が見られ、コンバイン収穫による収量(実収量)向上効果が大きいと思われる。

沖積地帯で収量を向上させるには、生育期の心土破碎処理のみでは効果が得られにくいので、培土を組み合わせた心土破碎+培土処理を導入することが実用的である。

表 -3-4-1 生育期心土破碎の洪積および沖積における効果

試験地域	無処理収量の平均 kg/10a	増収効果の平均値 %	増収効果の最大値 %	増収効果の発現割合 %	平均増収量 kg/10a	最大増収量 kg/10a
洪積地帯	253	120.4	150.8	63.6 (14/22)	39.8	85.8
沖積地帯	311	108.3	115.4	50.0 (11/22)	24.5	40.6

注1 増収効果の平均値：100%以上の対無処理区比(%)の平均値

注2 増収効果の最大値：対無処理区比(%)の最大値

注3 増収効果の発現割合：対無処理区比100%以上の試験区(ほ場)の割合(効果発現ほ場/全試験ほ場)

注4 平均増収量：0以上の対無処理区差の平均値

注5 最大増：対無処理区差の最大値

表 -3-4-2 生育期心土破碎及び心土破碎+培土が収量に及ぼす影響

処理	無処理収量の平均 kg/10a	増収効果の平均値 %	増収効果の最大値 %	増収効果の発現割合 %	平均増収量 kg/10a	最大増 kg/10a
心土破碎 + 培土	312.6	114.7	142.0	75.0 (12/16)	37.3	94.8
心土破碎	335.1	113.1	143.4	80.0 (8/10)	36.4	84.0

注1 増収効果の平均値：100%以上の対無処理区比(%)の平均値

注2 増収効果の最大値：対無処理区比(%)の最大値

注3 増収効果の発現割合：対無処理区比100%以上の試験区(ほ場)の割合(効果発現ほ場/全試験ほ場)

注4 平均増収量：0以上の対無処理区差の平均値

注5 最大増：対無処理区差の最大値

2003年には本技術に注目した農業機械メーカーから各条間を心土破碎しながら培土を行う作業機が市販された。洪積地帯の強粘質の細粒黄色土ほ場での培土の精度はやや不十分であったが、沖積地帯では30PS級トラクタでの実用的な作業が可能であった(作業速度：0.6~1.4m/秒、図-3-4-1、図-3-4-2)。



図 -3-4-1 市販機による  
心土破碎作業



図 -3-4-2 市販機による  
心土破碎+培土作業



#### 4．不耕起播種栽培（農業の新技术 No.36（1988）、No．60（1994）を参照）

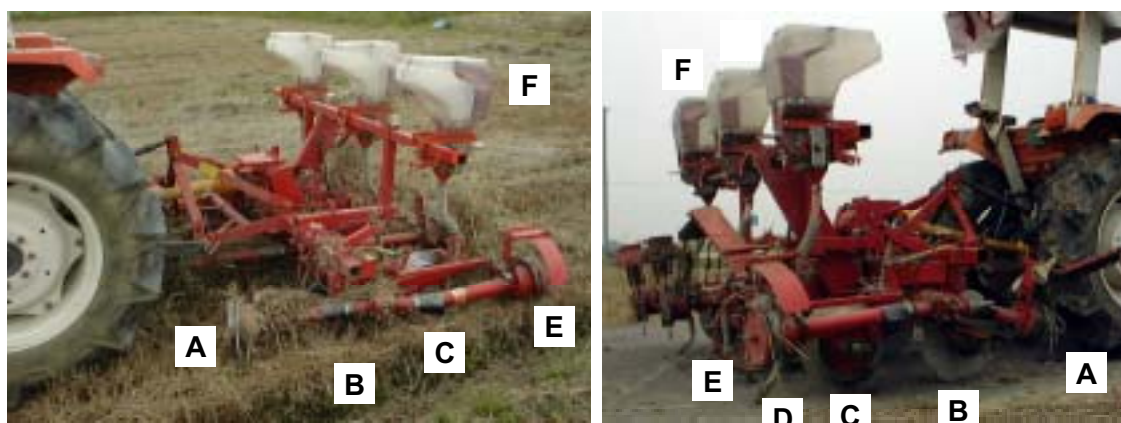
愛知県のダイズ播種期は梅雨に当たる。不耕起播種は、降雨の直後でもトラクタが走行できれば播種できるため、天候により大きく左右されるダイズの作付けを計画的に実施できる。さらに、耕起省略による省力化で適期内の播種面積を大幅に拡大できる。

##### （1）ダイズ不耕起播種機

愛知県農業総合試験場が開発した不耕起播種機はトラクタ装着型の3条用である（図 -4-1-1）。この播種機は、以下の作業を1行程で行うことができる。

- a．播種部分の麦稈を回転レーキで播種条横に排除する。
- b．コルタ（鉄製の円盤）により土壌を垂直方向に切断する。
- c．切断した上部を算盤玉形の作溝輪で押し開いて播種溝を作る。
- d．播種溝に播種する。
- e．排除した麦稈を播種条に戻し被覆する。

この播種機は、播種溝の形状が土壌条件に関係なく安定していること、播種溝底をコルタで深さ15cmまで切断すること、播種条を麦稈被覆することなど、他の播種機にはない特徴を持っている。本播種機は愛知県内のメーカーにより市販されたが、現在は注文生産体制である。



A:麦稈排除レーキ, B:コルタ, C:作溝輪, D:播種パイプ, E:麦稈被覆レーキ, F:種子ホッパ

図 -4-1-1 ダイズ不耕起播種機の特徴

##### （2）不耕起栽培の特徴と留意点

###### 1) 冠水害と排水対策

不耕起ほ場では前作の凹凸が残るため、凹部に滞水しやすく冠水害が懸念される。冠水時期がダイズの出芽苗立ちに及ぼす影響をみると、特に播種直後と播種4日後の冠水の影響が大きいことがわかっている。いずれにしても、播種後約1週間はダイズは冠水に非常に弱いと言える。

播種直後の冠水による障害は、急激に吸水した種子の組織が破壊されることが原因である。これは、種子水分を15%以上に調質して播種すると大幅に軽減されることが明らかになっている。しかし、播種後4日を中心とした時期の冠水害を回避するには、ほ場排水を迅速に行う以外に方法がない。

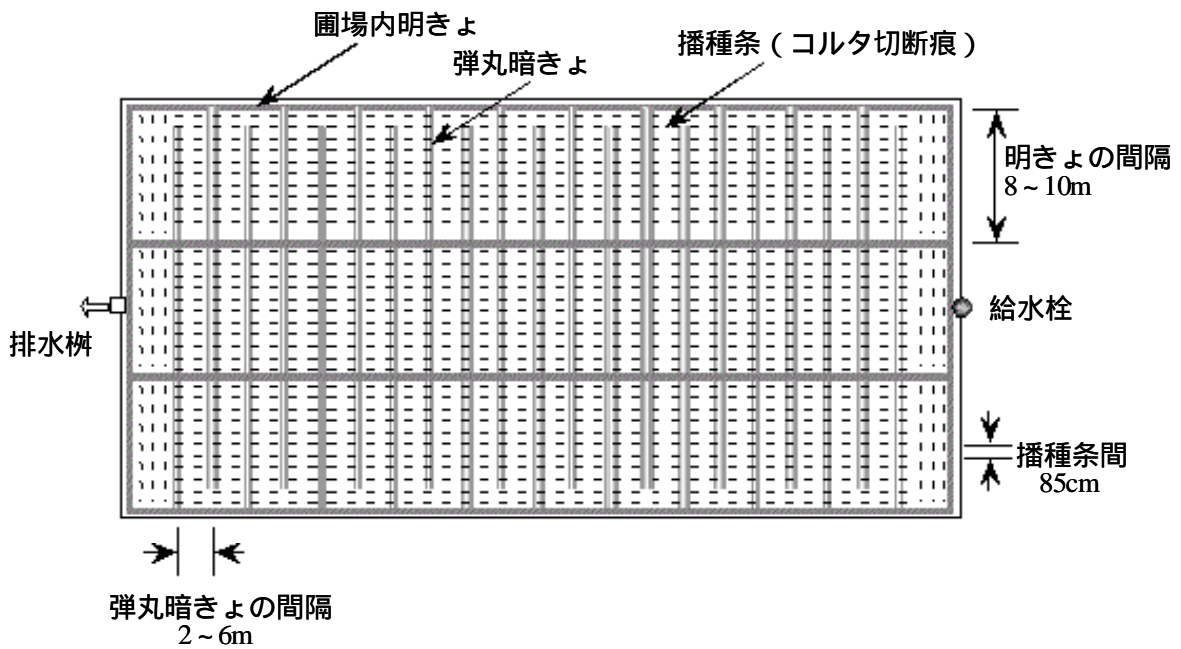


図 -4-2-1 播種様式を活かした簡易な排水システム

不耕起播種栽培では、播種様式を活かした簡易な排水システムで出芽苗立ちを安定化できる。このシステムは、播種溝のコルタ切断痕、播種条に直交する弾丸暗きよ及びほ場内の明きよを連結したものである（図 -4-2-1）。簡易排水システムの適用と種子含水率の調質により、冠水害を大幅に回避軽減できる。この簡易排水システムは、不耕起条件のため構造が維持されやすく、現在、これを灌水に利用した多収栽培法の研究が進められている。

### 2) 根の発達助長

安城市や豊田市の洪積台地の土壌は強粘質の細粒黄色土で、不耕起栽培を行うと土壌硬度が大きくなりやすく、根の発達阻害が懸念される。しかし、愛知式の不耕起播種機を用い、コルタで播種溝の底を垂直に切断してスリットを設けると、土壌硬度が大きい場合にも、ダイズの直根がスリットに沿って伸長し、根系の発達を助長できることが明らかとなっている（図 -4-2-2）。

### 3) 雑草防除

不耕起栽培を成立させるには除草も大きな課題であるが、不耕起栽培の除草にはいくつかの特異的な条件がある。すなわち、既存雑草がある。その場合、土壌処理剤と同時に接触型除草剤の処理が必要である。ほ場面に麦稈が散在する。麦稈は除草剤処理の場合には遮蔽物と

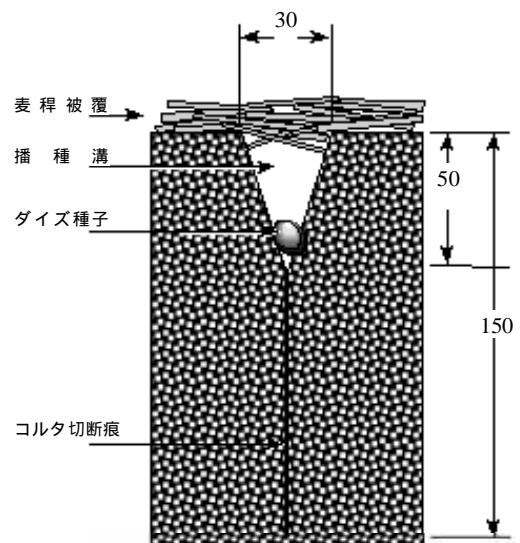


図 -4-2-2 播種様式

なるが、被覆により雑草の発生・生育抑制が期待できる。播種された種子が覆土されない。その場合は、種子に除草剤が付着し薬害が懸念される。

したがって、不耕起栽培ではこれらの特異条件を克服する必要がある。すなわち、播種機に麦稈処理装置を設け、播種条を麦稈で列状に被覆し、種子への除草剤付着を回避すると同時に、播種条の雑草を麦稈により被覆し抑制する。さらに、条間の麦稈を除去して除草剤の効果を高める。これら一連のシステムで良好な除草が可能である。

### (3) 普及の見通しと課題

本技術は不耕起播種機の1号機が試作されて以来、既に20年が経過しようとしている。不耕起播種機開発当初は、作業能率面および全天候性で、不耕起栽培は慣行栽培に比べ極めて優位であった。しかし、現在ではトラクタの大型化により、耕起同時播種の能率が向上し、その優位性は小さくなった。愛知式不耕起播種機は40馬力程度のトラクタ作業機として開発されたので、農家が播種作業に用いる大型トラクタへの適応性が無くなってきている。そのため、不耕起栽培の面積は70haをピークに現在は大きく減少している。その最も大きい要因は、一発播きには特別な機械装備が必要でない一方で、専用機の不耕起播種機が注文生産のため、必要な時にすぐに機械が供給されなかったためと考えられる。また、1戸当たりのダイズ作付け面積の急増で、先に述べた排水システムを十分に整備することが困難になりつつあり、不耕起栽培の不安定さが増している点も要因である。

ダイズ、小麦の作付けが「本作化」によりますます増加する中で、作付け転換期の作業競合は更に熾烈となるため、ダイズ作付け作業能率の更なる向上が必要となってきている。また、米価・麦価が急落している中で、ダイズは農家経営に占める役割が大きくなり、「手を掛けない」で増収する方法が求められている。例えば、無中耕無培土の不耕起栽培では、汚粒の発生を懸念することなく、根際からのコンバイン収穫が可能のため、収穫ロスを画期的に低減できる。また、従来は播種の作業性向上のために、麦稈を焼却することが多かったが、ダイオキシン等の環境問題で焼却ができなくなり、麦稈を合理的に処理する技術も必要になっている。以上から、不耕起播種に再び注目する必要があると考えられる。

## 5. スリット播種機の開発と効果

### (1) はじめに

ダイズ増収のキーは、良好な出芽及び初期生育の確保にある。そこで、発芽後ダイズの直根が速やかに土中深く伸びるために適した土壌構造を、播種と同時に作ることでできるダイズスリット播種機を開発した。

### (2) スリット播種機の構造

図-5-2-1はスリット播種機を後方から撮った写真である。ロータリーにサブソイラを組み合わせ、播種条の真下にスリットと弾丸暗きょが設置できる仕組みとなっている。



図 -5-2-1 スリット播種機

サブソイラは牽引抵抗が大きく、「馬力を食う」作業機であるが、このスリット播種機ではサブソイラにロータリーを組み合わせたことで、サブソイラ単独施工に比べけん引抵抗が軽減され、スリットと弾丸暗きょを比較的楽に設置できる(図 -5-2-2、3)。

土壌水分が高い条件では、砕土が不十分になりロータリ内での土壌の動きがサブソイラにより阻害されるため牽引抵抗が大きくなることがあるが、乾燥した条件であれば、耕起、スリット・弾丸暗きょ設置及び播種を効率的に1工程で行うことができる。また、土壌が湿った条件でも、あらかじめ耕起した後に本機を導入すれば、まったく問題なく播種作業ができる。播種後の土壌断面をみると深さ約15cmにある耕盤を垂直に貫くスリットと、深さ約30cmの位置の弾丸暗きょが確認できる(図 -5-2-4)



図 -5-2-2 スリット播種作業



図 -5-2-3 サブソイラ部位

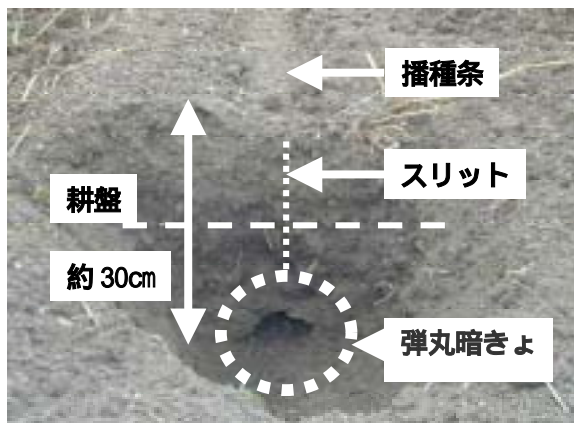


図 -5-2-4 播種条直下の構造



図 -5-3-1 播種44日後のダイズ根系

### (3) スリット播種によるダイズの生育改善効果

スリット播種では慣行播種に比べ、生育初期には直根が長く、土壌深くまで伸長していることが観察された(図 -5-3-1)。しかし、側根や下胚軸根(横に伸びる根)は慣行に比べ減少する傾向にあり、収量に及ぼす影響は判然としなかった。また、スリット播種での根粒着生は直根基部に多く見られ、スリット設置によって、直根近傍の気相が多くなったことが推察された(図 -5-3-2)。

スリット播種の目的は、播種溝底にスリットと弾丸暗きよを設け、ダイズの直根の伸長経路とすることで根系発達を助長することである。これは生育改善を図るだけでなく、干ばつ回避にも有効であると考えられる。このスリット播種の効果が、最終的な目標である増収効果として現れることを期待し、更なる改良を進めている。

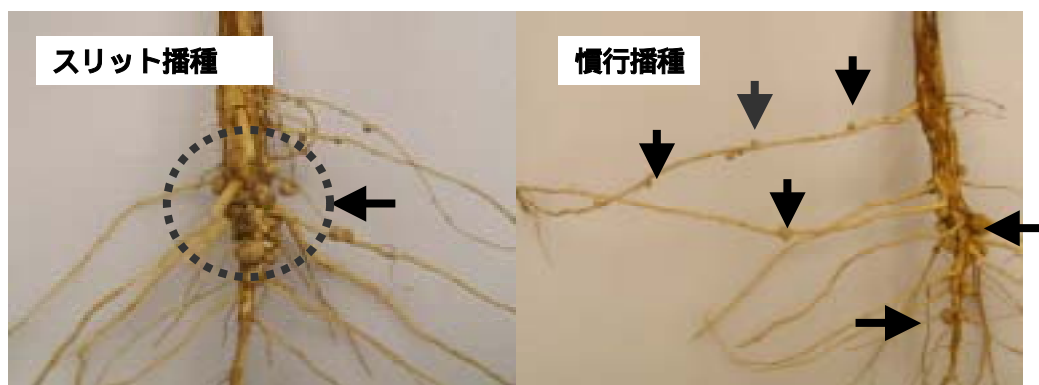


図 -5-3-2 播種 44 日後の根粒着生のようす ( は根粒着生位置)

## 6. 合理的摘芯技術

### (1) 摘芯の必要性

西三河沖積地帯のダイズ栽培では、地下水位が高く土壌に十分な水分があるため、ダイズ生育は旺盛で徒長しやすく、蔓化(つるぼけ)や倒伏が大きな低収要因となっている。このため、当該地域では播種を遅らせて栄養生長を抑制し、蔓化や倒伏を回避する努力がなされている。しかし、播種を遅くする方法は、多雨条件では極端な播種遅延となり生育不足につながる。逆に、梅雨が早く上がってしまう条件では播種時期が高温・乾燥状態になって出芽不良につながる場合もある。したがって、ダイズ栽培面積が非常に大きくなった現状では、播種期を遅らせる方策は必ずしも合理的とは言えない。

ところで、徒長、蔓化の防止技術としては古くから摘芯(芯止め)が有効であるとされてきた。しかし、現在の大規模なダイズ栽培では鋏による摘芯作業など考えられない。そこで、硫酸、塩安、塩化カリなどの肥料を水に溶いて生育期のダイズに処理し生長点に濃度障害(肥焼け)を発生させて「摘芯」と同じ効果を出す技術と乗用管理機にレシプロモアーを取り付けた摘芯機を検討している(2003年現在)。

### (2) 塩類による生育制御(処理の方法)

塩類として尿素(窒素肥料)、塩化カルシウム(食品添加物、凍結防止剤)及び塩化カリ(カリ肥料)を比較検討したところ、いずれの塩類でも生長点に肥やけを起こさせることは可能で、「鋏による摘芯」の代替が可能となった。しかし、濃度が濃すぎたり、処理が早すぎると生育抑制が大きすぎて減収につながる危険性も明らかとなった。

### (3) 塩類溶液の散布による「摘芯」の実際と効果

噴霧には乗用管理機を用いるが、現状機械のままでは散布を行うと塩類溶液はダイズの葉に遮られ生長点に届かない。そこで、散布用ブームの前方にダイズの葉を押し倒すバーを取り付ける簡単な改造を施したところ、ブームノズルから噴霧された塩類溶液を効率的に葉の下にある生長点に付着させることができるようになった(図 -6-3-1)。

実証試験の結果、塩類溶液の噴霧によりいずれのほ場においても主茎長が明らかに短縮し生育抑制の効果が認められた。しかし、2003年の実証試験は降雨により播種が遅れたため、噴霧を行わない無処理区でも生育量が不足気味で倒伏や蔓化は見られず、収量向上効果は判然としなかった。しかし、噴霧を行った場合と無処理の節数に差が見られなかったことから、塩類溶液による「摘芯」効果は鉄によるものとは異なり全体の生育抑制としての効果であることが明らかであった。

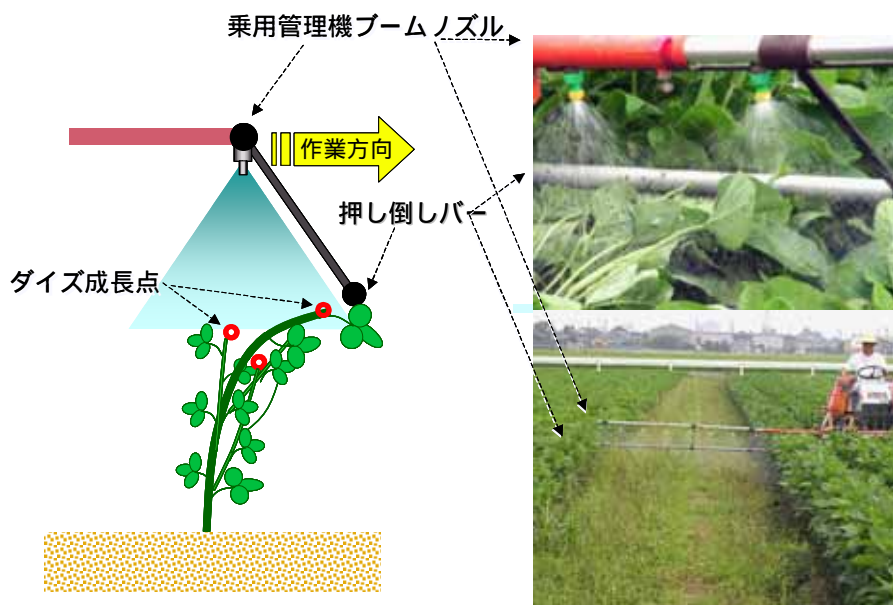


図 -6-3-1 乗用管理機を用いた「摘芯」方法の試行

### (4) 実用化の見通しと問題点

前述のように2003年現在、増収効果は確認できていないが、主茎長を短縮する効果は十分に確認されていることから(図 -6-4-1)倒伏の発生する条件では増収効果が期待できると考えられる。しかし、塩類溶液による「摘芯」は、農薬取締法上、実用化が難しいと考えられるため、摘芯の効果を實現できる方法として、乗用管理機の前部に取り付けたレシプロモーターにより、主茎茎頂を刈り取る方法を検討している。本機の摘芯による収量改善効果は試験結果を待たなくてはならないが、0.85ha/hの高い能率で作業が可能で、十分に実用に耐えうるとの感触を得ている。最新の技術開発の状況については、各農業改良普及課にお問い合わせ頂きたい。



図 -6-4-1 「摘芯」処理30日後の状況  
(塩類溶液処理:塩化カルシウム8%溶液100L/10a噴霧)

## 7. 根粒活性の向上による増収技術

### (1) 根粒菌とダイズ

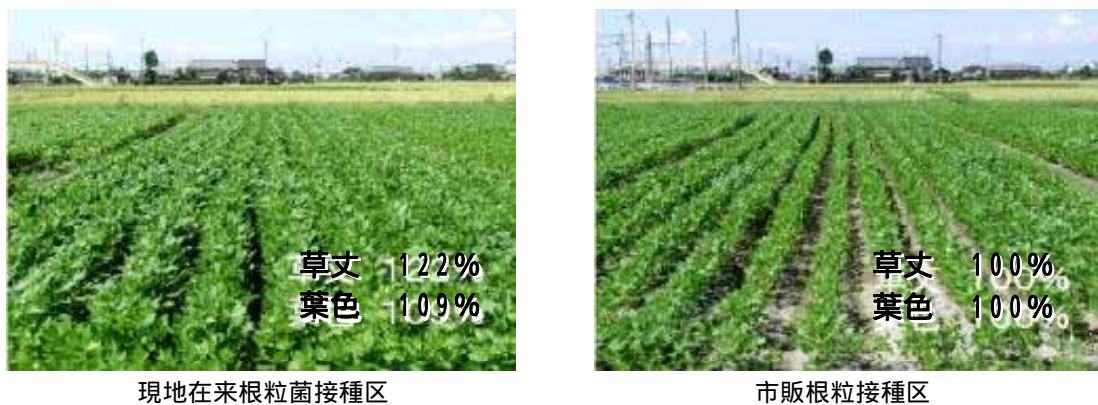
ダイズはマメ科作物の中で最も窒素吸収量が多く、主に根粒の窒素固定機能により供給されている。根粒菌は、地温24 前後、日温較差12 前後で最も着生・活性が旺盛になるが、気象条件等により根粒菌の働きが弱くなると、ダイズは生育不良となり低収となることがある。

根粒菌の能力を十分に発揮させると25kg/10 a 以上の窒素供給が可能であり、コスト低減の面からも根粒を有効に活用することが必要である。前述の中耕時追肥技術、フタスジヒメハムシ対策などは、根粒の能力を十分に活かすことを念頭に開発した技術である。

### (2) 県内土壌と根粒着生状況

生育後半まで根粒の活性が維持されたダイズ株は、分枝の充実が良く、下位分枝だけでなく、発生が遅い上位分枝にも着莢が多く高い収量が得られる。このようなダイズは海部沖積地帯に多く、西三河沖積地帯にはあまり見られない。

2001年度に県内主要ダイズ作地帯で採取した土壌で、フクユタカを用いポット栽培により根粒の着生状況及び生育を調査した。その結果、土壌中の根粒菌密度はいずれの土壌もダイズ生育に必要な根粒を着生させるには十分であった。したがって、現地ほ場における根粒の着生・活性の差は、土壌表面の地温、水分、土壌の通気性など栽培条件によるものと考えられる。



注) 図中の数値は市販根粒試験区対比(%)

図 -7-3-1 試験区の生育状況

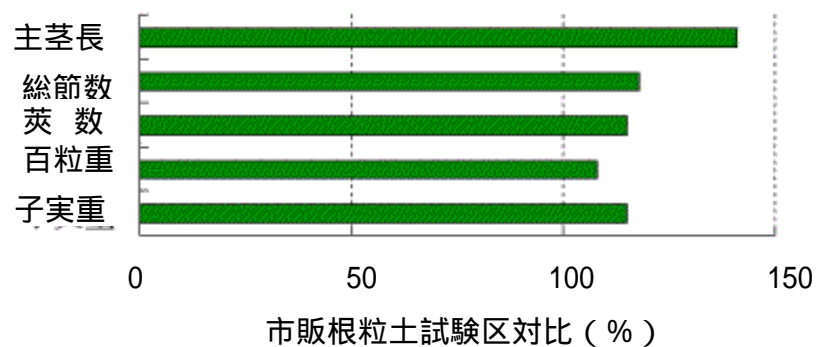


図 -7-3-2 現地在来根粒菌接種区のダイズ生育・収量

### (3) 現地在来根粒菌接種による初作地ダイズの生育向上 - 海部地域限定技術 -

海部地域には、ダイズ栽培履歴のないほ場がまだまだ多く、このようなほ場では根粒の着生が不良なため、市販の根粒菌が接種されている。しかし、ダイズの生育改善には栽培地の土着根粒菌がよいといわれていることから、当地域ほ場から単離した根粒菌（現地在来根粒菌）の接種による初作地ダイズの生育改善が試みられている。

根粒着生・肥大および生育収量を在来菌及び市販菌で比較すると、着生程度は同程度か在来菌でやや多く、根粒肥大も在来菌の方が良好であった。在来菌を接種したダイズの生育は初期から旺盛で、成熟期には主茎長が長く、節数、莢数が多く、粒大も大きくなり、収量が高くなる（図 -7-3-1、図 -7-3-2）。

根粒菌の接種は種子消毒後に行い、接種量は種子20kg当たり根粒菌懸濁液（菌密度約 $10^7$ /ml）100 mlとする。なお、播種時期が早い場合には在来菌接種により初期生育が過剰になる場合があるので注意が必要である。根粒菌を接種した種子は、低温（現地既設玄米用低温倉庫を利用、温湿度条件： $12.4 \pm 0.3$ 、63%）であっても1か月以上保存すると根粒着生能が明らかに低下するが（図 -7-3-3）2週間程度なら低温倉庫で活性を落とさずに保存できる。

現在、現地在来根粒菌が分離・保存されているのは、海部地域のみであるが、既にダイズ栽培が行われている地域では土壌中に根粒菌が十分に存在しており、あえて市販根粒菌を接種する必要性は無いと考えられる。

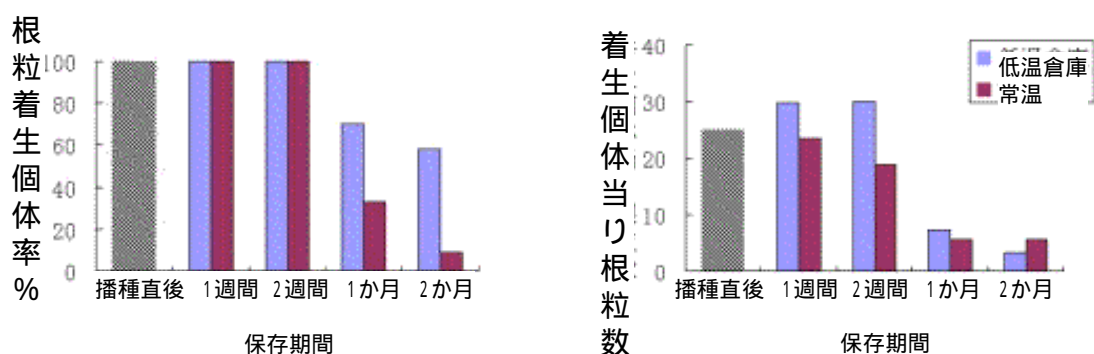


図 -7-3-3 根粒菌接種種子の保存条件と根粒着生個体率及び着生個体当たり根粒数



## 8. その他の技術

### (1) 種子水分の調質

ダイズの種子は冠水に極めて弱く、播種後、出芽前に豪雨に遭遇すると出芽が皆無となる場合も少なくない。これは、種子の周りに過剰な水があると吸水が急激に行われ組織が破壊されるためである。過湿な条件で出芽したダイズの子葉にひび割れが多くみられるのはこのためである。組織が破壊されると子葉が脱落したり胚軸（茎）が折れたりして順調な発芽・出芽が行われただけでなく、種子に含まれるデンプンなどが流出して、これに雑菌がとりつき種子が冒されて腐敗することも多い。

農業総合試験場では既に 1982 年に種子水分を高めて播種をすると急激な吸水が緩和され、冠水害を回避軽減できることを明らかにしている。水分が 10 %程度の種子は播種後一昼夜冠水するとほとんど出芽しなかったのに対し、15 %調質種子では約 90 %の出芽率が得られた。

種子水分の調質は 15 %程度がよく、これより水分を高めると吸水により種子が膨らんでしまう。調質は網袋に種子を入れて水稻育苗器内に置くことで簡易に行うことができるが、もともと水分が 15 %に近い種子を加湿してさらに水分を高めても効果はない。さらに、一旦、調質され水分が高められた種子は高温下に置くと逆に発芽力が減退するため注意が必要である。例えば、調質種子をビニール袋に入れたまま車中に放置するなど炎天下にさらすと発芽力が大きく減退する。したがって、調質種子の利用にあたっては特に冷暗所に保存するなどの注意が必要である。

### (2) 播種時の砕土

耕起と砕土・播種を別工程にしたり、「一発播き」でも作業速度を落としたりして砕土に心がけたほ場の収量を、一般のほ場と比較すると両者に大きな差が認められ、砕土向上による収量改善効果が実証されている（図 -8-2-1）。しかし、十分な砕土のために作業能率が低下すると播種に長期間を要し、適期の播種を難しくする懸念もある。実際に、「砕土は十分にできたが乾燥により出芽しなかった」事例もあった。後述するが「播種適期前でも適作業条件であれば播種を開始すべき」理由がここにある。また、十分な砕土が得られていれば、播種深さ、覆土の鎮圧程度などの調整が容易になり、天候、土壤水分などの条件に合わせた精度の高い播種も可能になる。

### (3) 播種適期

近年、梅雨期間における降水量は変動が非常に大きく、長期間にわたって降雨がなかったり、降るときはスコールのように「ザーッ」と降ったりする傾向にあり、過去に頻発した湿害による出芽不良に加えて、乾燥による出芽不良も度々発生している。一方、一戸当たりの作付け面積の増加により、播種作業に要する期間が長くなり、全てのほ場を適条件で播種することが困難な状況で、適期を遵守するあまり播種期が遅れてしまう事例も多く見られる。小麦の収穫が終われば、ほ場及び天候条件が整い次第、適期前でも播種を開始することが、適作業条件のチャンスを多くし、結果的には適期の拡大につながる。

砕土良好上位10ほ場の平均収量253kg/10a  
砕土不良下位10ほ場の平均収量204kg/10a

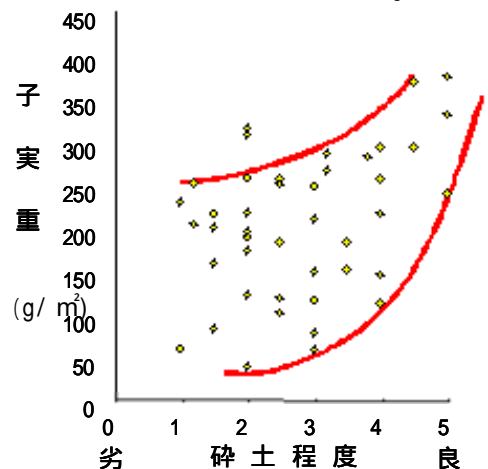


図 -8-2-1 砕土による収量改善効果

#### (4) 中耕培土の精度

除草および根系の発達助長など、中耕培土の効用はよく理解されており、必須の管理作業として認識されている。しかし、大規模ダイズ作では「所定期間内の作業の実施」が最優先されているため、ほ場ごとに条件を勘案した中耕の実施は難しく、精度の低い「M字型の培土」が多く見られる(図 -8-4-1、-2)。特に、強粘質の土壌では中耕培土においても播種と同様に碎土が不十分になりやすく、面積をこなすための「速い」作業が培土精度の低下に拍車をかけている。また、強粘質ほ場における中耕は、極端な乾燥条件では断根のストレスをもたらすだけで生育改善の効果は見られない。逆に極端な多雨・過湿条件では条間にクリークを作り湿害を助長する場合もあり、決して必須の技術ではない。実施にあたっては、特に作業前後の気象条件、ほ場条件に留意し、「やっただけ」の不十分な中耕はむしろ中止した方が良い。中耕を中止すると除草作業が必要となる場合があるが、イネ科雑草であれば、乗用管理機と選択性除草剤により効率的に「中耕除草」を代替できる。

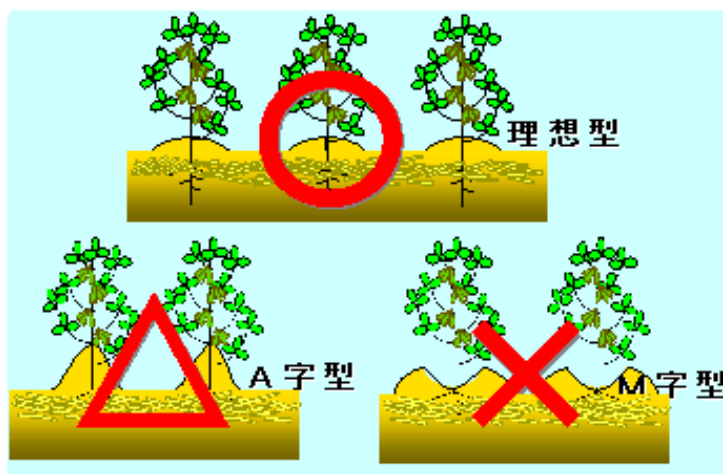


図 -8-4-1 中耕培土の模式図



図 -8-4-2 理想的な中耕培土

また、洪積地帯の場合、極端な乾燥条件など不良条件下では、リスクを負いながら中耕培土を実施するより、生育期心土破碎( -3参照)により根域の土壌を膨軟化し根系の発達助長を図る方が得策である。

#### (5) 裂莢の防止

裂莢による損失調査を大規模に進める過程で、100kg/10aものマメが弾けとんでいるほ場がある一方で、同時期にほとんど裂莢の見られないほ場、個体もあり、栽培技術による裂莢低減の可能性が窺えた。このような成熟期を過ぎても裂莢しない株は、裂莢した株に比較して引き抜くのに非常に大きな力が必要で、生育後期まで十分な根張りがあることが分かった。このことから、前述した播種時の碎土条件向上、生育期のサブソイラ施工などは、裂莢を低減して収量改善効果も期待できそうである。

## 新しい品質向上技術

### 1. 愛知県産ダイズの品質低下要因

#### (1) ダイズ品質向上の重要性

「本作化」によるダイズ生産の急増は生産過剰により、需給バランスを崩し、価格低下を助長する危険性をはらんでいる。このような中、需要拡大を図っていくには実需側の要望に沿った高品質ダイズ生産を推進し、県産ダイズの評価を高める必要がある。実需側のダイズの評価の1つにタンパク質含量が挙げられ、県産ダイズに対して低タンパク含量により「豆腐」が固まらない事例も指摘されている。ここでは、ダイズのタンパク質含量実態を中心としたダイズの品質向上のための方策について解説する。

#### (2) ダイズの品質

生産現場で重視される品質は、現状では検査規格に反映される外観品質（百粒重、粒度、被害粒混入率など）が中心である。全国的にみた外観品質の低下要因としては、充実不良が40%、ついでしわ粒が30%を占めている。しかし、今後、品質として問題になるのは、実需要求に見合う成分内容を確保できるか否かであり、これを達成しなければ、産地としての評価を得ることはできない。

ダイズの内容成分としては、タンパク質含量、脂質含量、糖含量などが重要であるが、一般的な基準となる適正範囲は示されていない。また、県産ダイズの成分実態も十分に把握されていないのが実状である。これらの成分を分析する手法は煩雑で時間がかかるため、そのことが実態把握を遅らせている要因となっている。そこで、農総試では、2001年よりダイズ成分の近赤外線分析装置（食味計）による簡易分析法の開発を進め、タンパク質含量については測定が可能となっている。

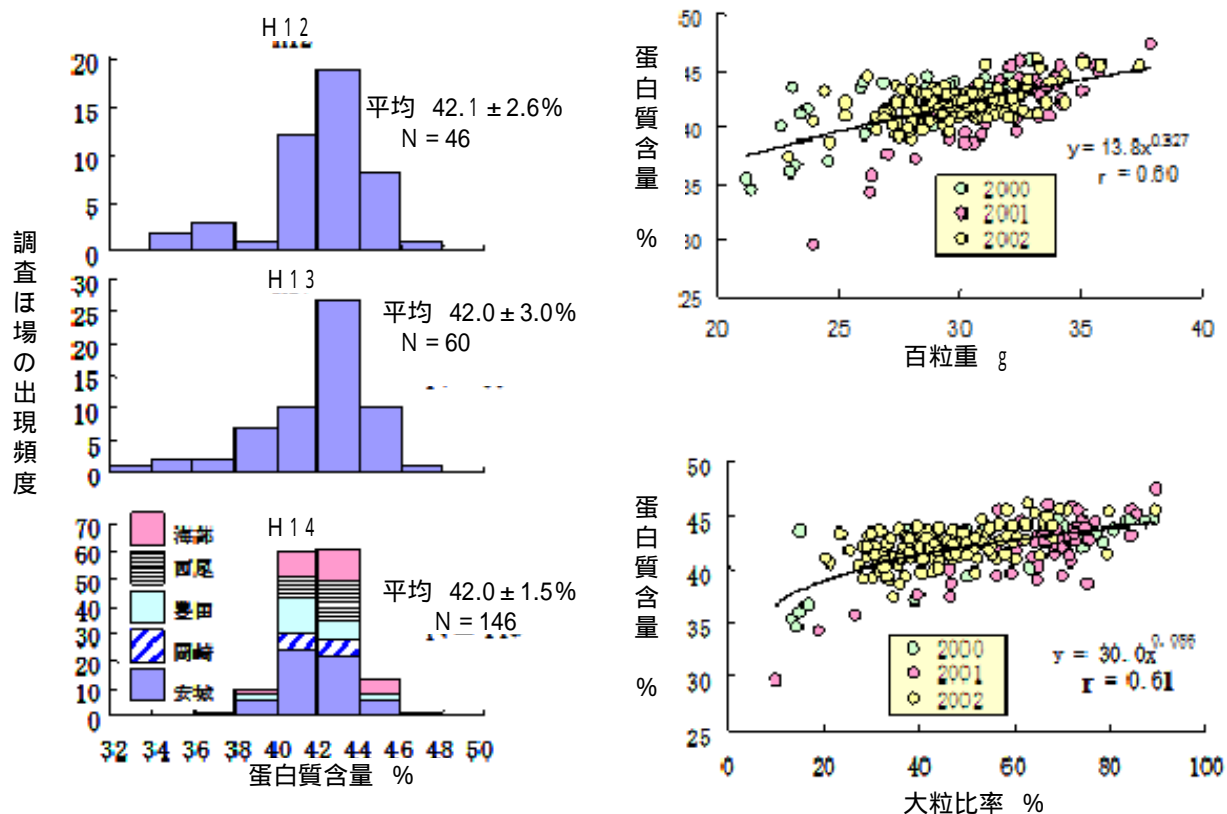


図 -1-3-1 県内産ダイズのタンパク質含量実態

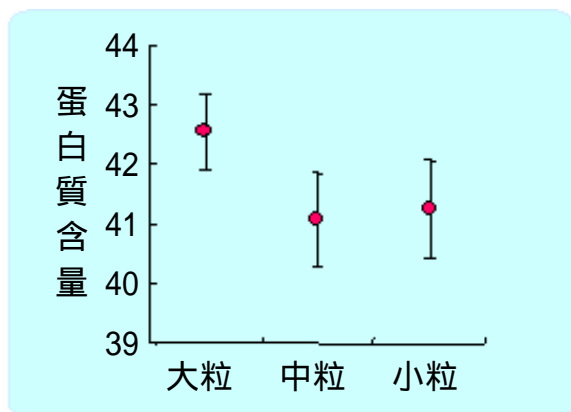


図 -1-3-2 タンパク質含量と粒度の関係  
(2001年度産 県内60試料)

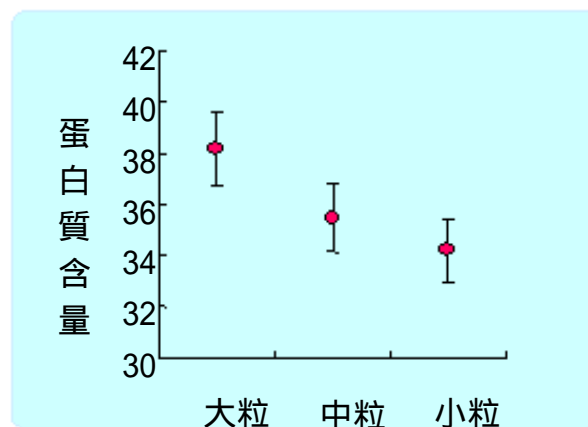


図 -1-3-3 充実不良のほ場で生産されたダイズのタンパク質含量と粒度の関係  
(2001年度産 県内60試料)

### (3) 県産ダイズのタンパク質含量実態

2000年から2002年の県内産ダイズのタンパク質含量は各年とも平均値で42%（換算係数6.25、乾物%）で、概ね実需の要求を満たしている（図 -1-3-1）。しかし、中にはやや低い含量を示すダイズも存在し、このようなダイズは、百粒重が小さく、大粒比率（大粒の収量に占める割合）が低いダイズであることが明らかであった。例えば2001年度産ダイズをみると、全サンプル60点の大粒比率は平均63%であったが（図 -1-3-2）、このうち大粒比率が40%を切るサンプル12点（平均大粒比率23%）では、大粒でのタンパク質含量が38%と低く、中粒、小粒ではさらにタンパク質含量が減少した（図 -1-3-3）。このことから、タンパク質含量の安定化のためには粒の充実が重要であると考えられる。

### (4) タンパク質含量の向上技術

粒肥大期の栄養性を高め、充実した粒を生産することが、タンパク質含量を高めることにつながる。その意味で前述の「肥効調節型肥料の中耕時追肥」は、品質安定面でも意味を持つと考えられる。また、フタスジヒメハムシによる根粒被害を受けた株は、窒素吸収が抑えられ、粒の充実も悪い。したがって、追肥やフタスジヒメハムシ幼虫防除などの新しい収量改善技術は、そのまま品質向上技術としても有効である。

### (5) 評価につながる品質管理

米生産においては、県内各地で食味計が導入され、玄米タンパク質を指標とした品質管理がごく当たり前のことになり、県内産米の評価が高まりつつある。この事例に習い、ダイズ生産においても、食未掲を利用した品質管理の取り組みが広がり、生産者、実需者の双方が納得できるダイズ流通が行われ、ダイズ作が真の「本作」となることを期待したい。

## 2. 近赤外分析による簡易なダイズ成分分析

### (1) 簡易分析法の開発

本県では試験場に近赤外線分析装置（食味計・NIREC06500H0N N社製）が導入された1991年以降、コメ・コムギについて、普及センター、農協など関係機関だけでなく、農家が自分で品質分析を実施し、品質向上への意識の高まりや実際に品質の向上効果が現れている。したがって、品質への認識が未だ十分でないダイズについても、試験場に農家が使いやすいシステムを準備することで、研究・指導サイドへのデータの集積と農家へのフィードバックを迅速かつ的確に行えるようにしようと考えた。

ダイズの出荷にあたっては粒径別に仕分けられるため、粒径別の分析法が必要となる。そこで、県産ダイズ「フクユタカ」について、近赤外分光分析法（NIR法）を用い、豆腐原料として重要な成分である窒素含量（タンパク質含量）を粒径別に簡易に精度良く分析できる方法を開発した（図 -2-1-1）。

### (2) 分析方法

ダイズのタンパク質含量分析はサンプル量に応じて、粒のまま分析する粒分析と、粉碎してから分析する粉体分析が可能である。粒分析では、大、中、小、それぞれの検量線で分析しても、各粒径を統合した検量線で分析しても、窒素測定の精度は同様に高いので、粒径にこだわらない分析が可能である。しかし、窒素と同時に得られる水分の値を利用する場合には高水分域あるいは低水分域では誤差が大きくなるため、粒径別の検量線を用いた方がよい。粒分析には粒径選別後の試料110～150g程度が必要である。

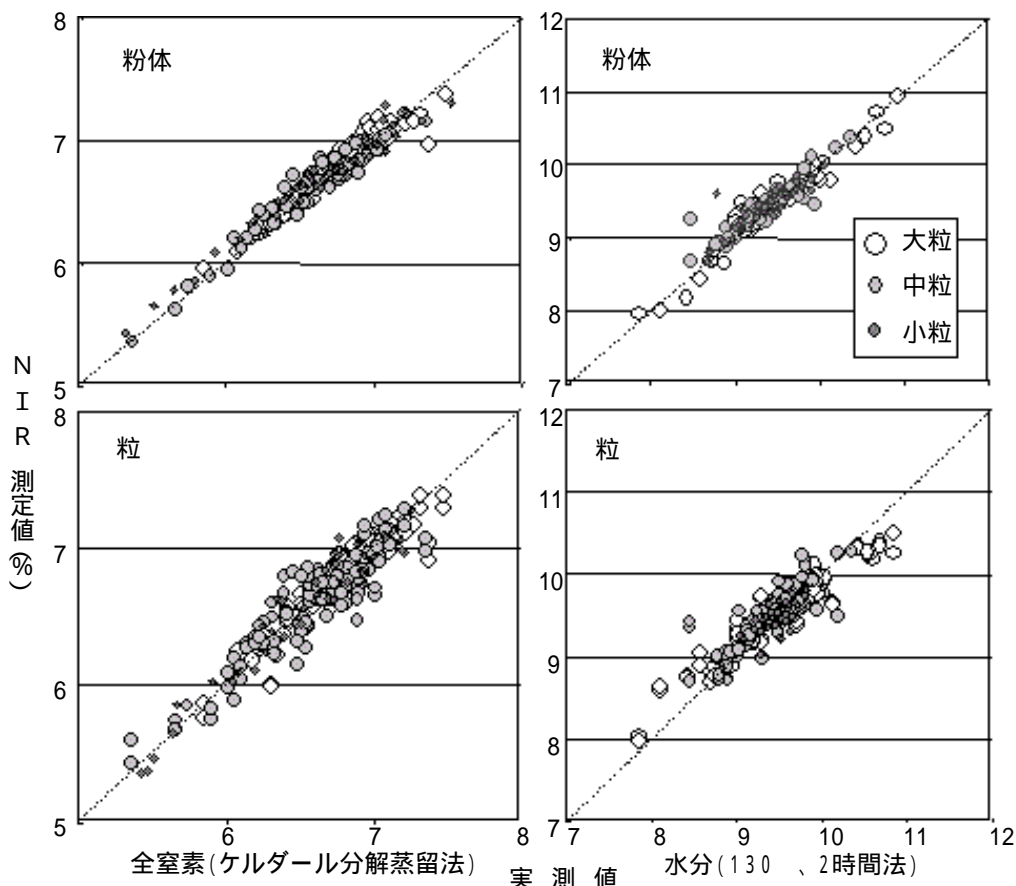


図 -2-1-1 全窒素および水分測定用検量線の検証

一方、粉体分析は10 g 程度の試料で分析できるので、試料の量が少ない場合に適している。また、粉体分析は、粒径の影響を受けないため精度が高い。粉碎は家庭用小形粉碎器（I社製、図 -2-2-1）で、10～40g 程度の試料を簡易（15秒、2回）に能率良く粉碎でき、清掃も容易である。

このように、粒径選別後の製品について、試料が少量のときは簡易粉碎試料、100 g 以上あるときは粒試料でタンパク質含量を分析することができる（図 -2-2-2）。1試料の測定時間は2分弱と非常に簡便である。



図 -2-2-1 家庭用小型粉碎器  
（下：カッター部）

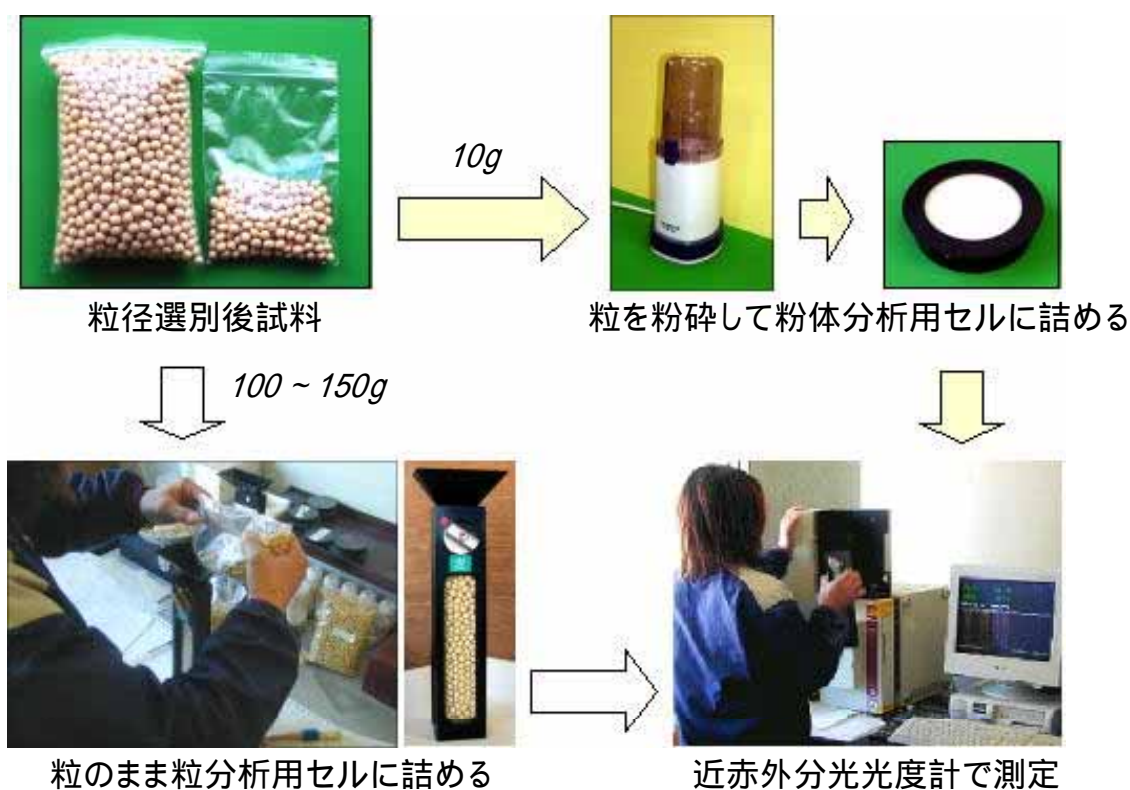


図 -2-2-2 近赤外分光光度計によるダイズの成分分析手法

### 3. 簡易茎水分測定で収穫適期判定

#### (1) 収穫適期判断の必要性

ダイズは茎の含水率が高い時に、コンバイン収穫すると茎に含まれる水分(汁)が原因となって汚粒が発生し外観品質の低下を招く。そのため、コンバインによる収穫適期は、汚粒発生危険が少ない茎含水率が50%w.b.(重量比)を下回る時期とされる。しかし、ほ場で茎含水率を簡単に知り得る手段がないため、適期判定は経験と勘に頼っているのが現状である。茎が暗褐色になり、手で折った時に「ポキッ」と鳴る時期が目安とされている。実際には、品質が検査等級と価格に反映するため、収穫が早いと汚粒発生が懸念されるため、収穫時期が必要以上に遅れる傾向にある。一方、刈り遅れは自然裂莢と収穫時の機械口スを増大させ大きな減収につながりかねない。そこで、木材、食品などの分野で水分測定に用いられている安価な電気抵抗式水分計を用いダイズ茎の含水率測定が可能かどうかを検討した結果、実用的な収穫適期判断手法として利用できることが確認された。

#### (2) 電気抵抗式水分計による水分測定

##### 1) 測定方法

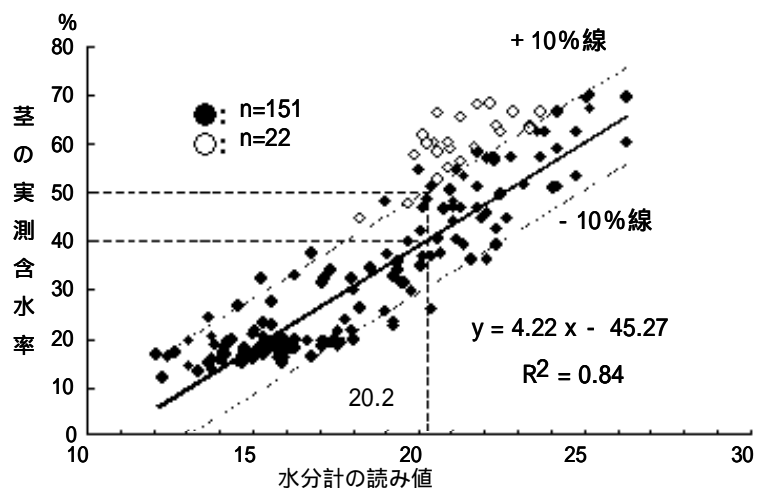
電気抵抗式水分計は種々のメーカーより販売されているが、用いる水分計は農産加工品用の安価なものである(図 -3-2-1 :0社製MDX-P03S、センサ-長3mm、2mm 先針)。この水分計にはセンサーを茎に押しつける圧力が変わると測定誤差が大きくなる特性があるが、針状になったセンサー部分をダイズ茎に差し込む程度の力加減(30~40N)で測定を行ったところ、精度よく測ることができた。1株1回の測定時間は2~3秒程度で、非常に能率的である。

##### 2) 測定精度

本水分計の測定精度は、茎の水分値を高精度に測定するにはやや不十分であるが、読み値が20.2以下の範囲であればコンバイン収穫の目安含水率50%w.b.を概ね下回り、この数値は収穫適期の判断基準として使用するには十分である(図 -3-2-2)。ただし、茎表面が濡れている場合、電気抵抗が小さくなって水分計の読み値が実際より低くなるので、含水率を過小評価する危険性がある。このため、降雨直後や朝夕の結露時での測定は避けるべきである。



図 -3-2-1  
電気抵抗式水分計



注) は茎表面が濡れていた株(回帰計算には除外)  
17ほ場で調査。

-3-2-2 電気抵抗式水分計の読み値と茎の実測含水率の関係

### 3) 収穫適期判断に必要な調査株数

ほ場全体の成熟が均一ならば少ない株数でも収穫適期は判断ができるが、不斉一な場合も多い。そこで、西三河地域の「フクユタカ」栽培ほ場17カ所で、無作為に株を抽出し調査したところ、ほ場の平均茎含水率を精度良く推定するには、10a当たり3~30株、平均で13株程度の測定が必要であることがわかった(表

-3-2-1)。30株程度の測定に要する時間は、1ほ場で移動時間を含め15分程度であり、収穫期の慌ただしさの中でもこの測定法を取り入れることが可能と思われる。

### 4) 測定位置

収穫時のダイズ茎含水率を節間ごとに調査すると、下位節では水分が高く、上位節ほど低くなった(図 -3-2-3)。特に刈り遅れた株ほど、この傾向が強くみられた。このため、収穫適期の判断に用いる含水率測定位置は、コンバインによる刈り取り地上高(14±4cm)にあたる第5~6節間で測定することが望ましい。

### 5) 実用化の見通し

本方式により茎含水率50%w.b.

以下の個体判別は実用的に行うことができる。しかし、作物生育にはばらつきがあるため、茎含水率50%w.b.以上の個体がどのくらい混入したら汚粒が発生するのかを明らかにしなければ、本当の意味での実用技術とは言えない。したがって、この問題の解決には、農家や営農指導にあたる人達が本水分計を携行し、彼らの経験と勘を水分計の値として数値化することが必要である。本技術が、汚粒を回避するとともに収穫ロスを軽減できる手法として活用されることを期待する。

表 -3-2-1 茎含水率の変動係数と必要標本数

	茎含水率	変動係数	必要標本数
	%	%	本/10a
最小	41.8	7.2	3
最大	54.3	27.2	30
平均	46.2	17.9	13

注) 10ほ場、各10株計測

必要標本数は95%信頼度、目標精度10%、栽植密度8000株/10aとして計算した。

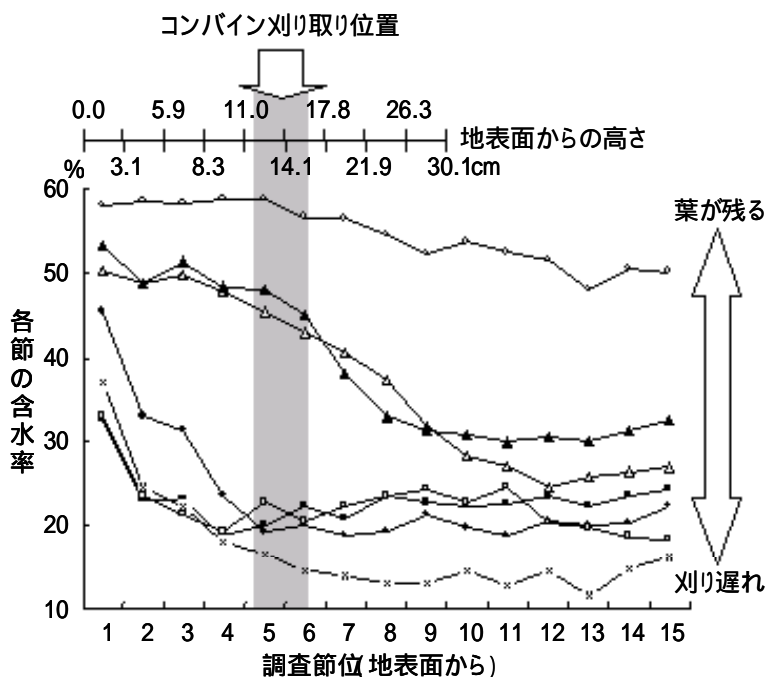


図 -3-2-3 節位毎の含水率



新技術の適用基準

表 ダイズ収量改善・新技術の適用基準

新技術名	技術内容	適用基準	留意点
1 種子調質	種子水分を調質して播種すると、出芽が向上し初期生育が改善される。	種子水分が 10%以下の場合に調質を行う。 調質は播種の直近で行うのが望ましい(留意点) 水分調質の目標値は 15%。 調質方法は指導機関に問い合わせる。	調質種子は冷暗所に保存する(高温貯蔵では発芽力を失い逆効果になる)。
2 不耕起播種	麦作跡に専用の不耕起播種機で播種する。	播種適期：6月中旬～7月上旬 前作：小麦収穫跡 播種機：専用の不耕起播種機 排水：播種前に明きよと弾丸暗きよを必ず施工する。 除草：播種後にグリホサート剤及び土壌処理剤を散布する。	前作の小麦収穫は自脱コンバインが望ましい。
3 フタスジヒメハムシの幼虫防除	根粒を加害するフタスジヒメハムシ幼虫を殺虫剤で防除すると生育が改善され増収する。	薬剤：エチルチオメトン粒剤 施用方法：播種溝に播種と同時に条施する。 施用量：3～4 kg/10a 地域：西三河洪積地帯で増収効果大。沖積地帯では防除効果は大きいが増収効果は小さい。 効果：実収量が 200kg/10a 未満のほ場で特に効果が大きい。	全面散布では効果が非常に小さい。 アブラムシに登録があるが、本虫に対しては申請中。
4 生育期心土破碎	中耕期にダイズ条間にサブソイラを作用させ心土破碎を行い根の発達を助け生育を改善する。	処理適期：ダイズ 6～9 葉期(7月中旬～8月初旬) サブソイラ：弾丸暗きよ用振動式サブソイラなど 処理方法：処理深さ；20～30cm、処理間隔；隔条間または各条間。 地域・土壌：洪積地帯の緻密で固い土壌ほど増収効果が大きい。沖積地帯では培土と同時に行うと効果が大きい。実収量が 180kg/10a 未満のほ場で特に効果が大きい。	極端な乾燥条件では断根による障害が発生する可能性がある。 サブソイラ施工に除草効果はないので、雑草が多い場合には培土を併用する。 次作に水稻を移植する場合は田植機の不等沈下に留意する。

<p>5</p> <p>中耕時の肥効調節型肥料追肥</p>	<p>開花期に溶出する肥効調節型肥料を中耕と同時に追肥すると収量・品質が向上する。</p>	<p>肥料：専用の肥効調節型肥料 (N:P:K=40:0:0%)          施肥量：20～25kg/10a          施肥時期：中耕直前または同時 (7月中下旬)          地域・土壌：洪積地帯のほ場で効果が大きい。沖積地帯では効果がやや小さい。          コスト：増収効果は高いが肥料が高価なため当面は西三河の低収ほ場 (実収量 200kg/10a 未満)</p>	<p>必ず中耕で土壌と攪拌する。          7月下旬以降の極端な晩播では効果が不安定となる。</p>
<p>6</p> <p>茎水分測定による適期収穫</p>	<p>簡易な水分計で茎水分を測定し、収穫を適期に行つて汚粒の発生と裂莢の発生を回避する。</p>	<p>水分計：市販の木材水分測定用電気抵抗式水分計。価格は2～3万円程度。機種については指導機関に問い合わせる。          測定方法：コンバイン刈り取り位置 (地際から15cm付近) にセンサを突き刺し測定する。ほ場1カ所につき20株程度を測定し平均値で判断する。所要時間は1ほ場当たり10分程度。          収穫可能水分：50%以下</p>	<p>水分計の表示値と実際の水分とは異なるので、水分50%対応する表示値を目安にする。          高水分の茎の混入割合と汚粒発生の関係は経験的に捉える必要がある。</p>

新技術を組み入れたダイズ栽培こよみ

最新ダイズ栽培こよみ（例：西三河洪積台地）

作業名	作業時期	資材と作業内容	注意事項
種子準備	6月上旬	品種：フクユタカ，播種量：4kg/10a	被害粒・きょう雑物の除去
種子消毒	6月中旬	キヒゲンを種子重量の1%粉衣	紫斑病・立枯病・鳥害の予防
土づくり	6月中旬	苦土石灰 100kg/10a	酸度矯正と養分補給
溝上げ・暗きょ	6月中旬	明きょ：6～10m間隔 暗きょ：2～4m間隔，明きょと直交 深さ 25～30cm ほ場条件に応じて本数を調整	明きょは必ず排水溝につなぐ 弾丸暗きょは浅めに（明きょ底に弾丸暗きょが見えること）
耕起・整地	6月中旬		一発播きは避け，砕土を十分に行う 過湿条件での強引な耕起は避ける
種子水分調質	播種直前	調質目標水分 15～16%	調質種子は冷暗所に保存する。 低水分種子（12%未満）のみ処理する
播種	6/15～7/10	播種量：4kg/10a	覆土の厚さ：3cm程度。条間：70～80cm 砕土はできるだけ細かくする
不耕起播種	6/15～7/10	播種量：4.5kg/10a	小麦収穫後なるべく早く播種する
防除1	播種時	アブラムシ・ハダニ防除 TD粒剤 3～6kg/10a 播種溝条施	フタスジヒメハムシ幼虫に防除効果
除草	播種直後	エコトップ乳剤 500ミリリットルを水 100リットルに溶かして散布（乾燥状態 では水 150リットル）	粒剤の場合はサターンバアロ粒剤 4kg/10a
中耕時追肥	中耕時	中耕直前または同時に施肥する 専用肥料（窒素 40%）20～25kg/10a	多収ほ場では増収効果が小さい 本追肥を行ったら開花期追肥は不要
中耕・培土	7月下旬	除草を兼ねて開花始め 10日前まで	根元まで十分に土が寄るように
生育期心土破碎	7月下旬	各条間または隔条間に深さ 20～30cm （本作業を実施した場合には中耕・培 土は必要ない）	雑草が多い場合は培土板を装着し同時 に培土を行う。 土壌が軟らかいほ場では本作業よりも 中耕培土の方が望ましい。
開花	8月中旬		
開花期追肥	8月中旬	尿素 10～15kg/10a	子実の肥大を促進する

防除 2	8月中旬	ハスモンヨトウ・アブラムシ ロンダンフロアブル2000倍液とマラソン1000倍液を混用	白変葉を見たら早期防除 葉，莢に薬液が十分にかかるように散布する。(発生予察情報に注意する)
防除 3	8月下旬	ハスモンヨトウと子実害虫の防除 トレボン乳剤1000倍液	ハスモンヨトウ多発の場合 ロンダンフロアブル2000倍液と混用
防除 4	9月上旬	紫斑病の防除 トップジンM水和剤1000倍液	
茎水分測定	11月中旬	簡易木材用水分計を用いてコンバイン刈り取り位置の茎水分を測定する。 収穫可能な茎水分：50%以下(これ以上で収穫すると汚粒が発生しやすい)	1ほ場につき20株程度測定し平均値で判断する。 水分計機種については指導機関に問い合わせる。
収穫	11月中旬	裂莢損失ないように適期収穫に努める	子実水分を15～18%に下げたから行う
乾燥	11月下旬		出荷時の子実水分は15%以下
調製	11月下旬		大中小の粒径選別は厳正に行う

品種名	種別	播種期	茎長 cm	主茎 節数	莢数 /株	子実				蔓化の 難易	密植 適応性	諸抵抗性			
						粒大	へそ色	百粒重 g	品質			耐倒伏性	耐湿性	紫斑病	褐板
フクユタカ	秋大豆	6.17	75	16.8	117	中	淡褐色	30.2	上の下	やや難	中	中	強	中	強
		7.1	68	15.1	95			31.9							

注)

明朝体表記は慣行の栽培こよみ(「JAあいち中央「平成15年度大豆栽培こよみ」」)を参考にした。

新技術は、ゴシック体で表記した。

資材名：参考こよみに記載された商品名をそのまま転記した。登録のある同等品と置換可能。

## 参考文献

1. 濱田千裕・伊藤清一・澤田恭彦・宮下陽里・青木松信・中嶋泰則・野々山利博・青木弘二. 1988. ダイズ不耕起播種技術 農及園 63(4):518-524.
2. 愛知県農業総合試験場編.1988. 麦跡における大豆の不耕起播種技術. 農業の新技術 36
3. 濱田千裕・宮下陽里. ダイズの不耕起播種技術について. 1990. 日作東海支部報 109:29-30.
4. 濱田千裕・野々山利博・釋一郎・小島元・宮下陽里. 1990.ダイズの不耕起播種栽培に関する研究(第1報)不耕起播種ダイズの出芽に及ぼす冠水の影響. 日作紀 59(別1):40 - 41.
5. 濱田千裕・野々山利博・釋一郎・小島元. 1990. ダイズの不耕起播種栽培に関する研究(第2報)不耕起播種ダイズの地下部生育に及ぼす土壌硬度の影響 日作紀 59(別2):47-48.
6. 濱田千裕・野々山利博・釋一郎・小島元・澤田恭彦・宮下陽里. 1990. ダイズの不耕起栽培に関する研究(第1報)雑草防除法.愛知農総試研報 22:85 - 92.
7. 濱田千裕・野々山利博・釋一郎・小島元・澤田恭彦・宮下陽里. 1993.ダイズの不耕起栽培に関する研究(第2報)根系発達の助長方法. 愛知農総試研報 24:61 - 67.
8. 濱田千裕・釋一郎・加藤満・小島元. 1992. ダイズの不耕起播種に関する研究(第4報)出芽・苗立ちの安定化技術. 日作東海支部報 113:7 - 8.
9. 濱田千裕. 1992.ダイズ不耕起播種技術の開発と栽培の安定化 - 愛知県における試験研究を中心として - (研究情報)日作紀 62(3):470-474.
10. 愛知県農業総合試験場編. 1994. 大豆の不耕起播種栽培法. 農業の新技術 60.
11. 濱田千裕 .2000.愛知県西三河洪積台地における大豆の収量変動に關与する栽培・形質要因. 研究成果情報.關東東海北陸農業
12. 濱田千裕 . 低収要因解明に基づく愛知県ダイズ作における収量改善策の効果. 2001. 研究成果情報.關東東海北陸農業.
13. 武井真理 . 2001.フタスジヒメハムシによるダイズ根粒の摂食被害と対策. 研究成果情報.關東東海北陸農業.
14. 谷 俊男.2001.愛知県ダイズ作におけるシグモイド型被服尿素の追肥効果. 研究成果情報.關東東海北陸農業.
15. 落合幾美 . 愛知県西三河洪積台地における生育期心土破碎によるダイズ作の収量改善. 2001.研究成果情報.關東東海北陸農業
16. 城田雅毅 . 2001.轉換畑ダイズの収穫期における穀粒損失. 研究成果情報.關東東海北陸農業.
17. 濱田千裕・谷俊男・吉田朋史・中嶋泰則・城田雅毅・釋一郎. 2001.愛知県西三河地域におけるダイズ栽培の実態調査による低収要因解明. 愛知農総試研報 33 : 87 92.
18. 濱田千裕・釋一郎・中嶋泰則. 2001. 不耕起栽培技術体系の開発と普及(シンポジウム記事). 日作紀 70(2):286-290.
19. 濱田千裕 . 愛知県における水稲とダイズの不耕起栽培技術の開発 . 2002. 日作紀 71(別1) : 312 - 317.
20. 武井真理, 中村 充, 濱田千裕 . 2002.フタスジヒメハムシによるダイズ根粒被害の実態と防除 . 愛知農総試研報 .34,31-36.
21. 濱田千裕 .2002.愛知県におけるダイズ収穫改善技術の地域別効果変動と適用基準. 研究成果情報.關東東海北陸農業.

22. 谷 俊男 .2002.愛知県沖積土地帯における地下水位等がダイズ収量に及ぼす影響. 研究成果情報.関東東海北陸農業.
23. 武井真理 . 2002.フタスジヒメハムシ幼虫のダイズ根粒摂食による窒素吸収量低下と収量改善. 林 元樹 . 2002. 愛知県西三河地域におけるダイズ不耕起栽培の増収技術. 研究成果情報.関東東海北陸農業.
24. 池田彰弘 .2002.電気抵抗式水分系を用いたダイズ茎含水率の簡易測定による収穫期判断. 研究成果情報.関東東海北陸農業.
25. 濱田千裕・池田彰弘・谷俊男・武井真理・落合幾美・釋一郎 . 2003.愛知県におけるダイズ収量改善技術の開発と効果 . 日作紀 72(別 1) : 58 - 59.
26. 武井真理・池田彰弘・濱田千裕 . 2003.フタスジヒメハムシ幼虫によるダイズ根粒摂食被害と対策 . 日作紀 72(別 1) : - .
27. 武井真理, 中村 充, 濱田千裕 . 2003.フタスジヒメハムシ幼虫によるダイズ根粒摂食被害と防除法の開発 . 農業および園芸 . 78(4) :491-497.
28. 武井真理 . 2003.愛知県におけるダイズ害虫フタスジヒメハムシの発生実態と対策 . 今月の農業 .47(3) ,49-53.
29. 武井真理 . 茎含水率簡易測定によるダイズ収穫適期判断 . 2004.農村ニュース . 1月号 ,44-45.
30. 谷俊男・濱田千裕・武井真理・船生岳人・林 元樹・釋一郎 . 2004.愛知県低湿地帯におけるダイズ生育収量に及ぼす栽培条件の影響 . 日作紀 73(別 1) : 72 - 73
31. 武井真理・濱田千裕・釋 一郎 . 施肥窒素がダイズの生育と根粒着生に及ぼす影響 . 2004.日作紀 73(別 1) : 74 - 75.
32. 城田雅毅・濱田千裕・澤田恭彦・釋 一郎 . 2004.ダイズの種子調質による出芽改善の効果 . 日作紀 73(別 1) : 86 - 87.
33. 濱田千裕・金子美千代・武井真理・林 元樹・釋一郎 . 2004.ダイズ栽培における簡易な摘芯技術の開発 . 日作紀 73(別 1) : 88 - 89.
34. 落合幾美・濱田千裕・谷俊男・武井真理・城田雅毅・林 元樹・釋一郎 . 2004 . 愛知県におけるダイズ生育期の心土破碎・培土が生育収量に及ぼす効果 . 日作紀 73(別 1) : 90 - 91.

おわりに

麦・大豆本作化への動きの中、いまや愛知の水田農業の担い手経営者に大きな比重を持つようになった県産大豆の高位安定生産について、平成10年度から関係者が一丸となって取り組んだ試験研究成果を取りまとめた。

ここで行われた試験研究は、県下の水田大豆作の技術改善策の提起とその成果波及を第一義としており、中核となる10～20haの大規模経営で導入可能な技術開発を前提に、県下の低収要因解明とその克服のための増収技術の具体化に取り組んだものである。成果の取りまとめに際しては、開発した増収技術の経営的評価や洪積・沖積の土壌地帯別の対応策など、実際の生産現場で少しでも役立てて頂けるよう配慮したつもりである。

現在も県産大豆の多収・高品質に向け更なる技術改善を継続検討しているところであるが、ここまでの研究成果として本冊子を刊行することで、県産大豆増収のため技術改善として施し得る具体的な対応策のいくつかを提示できたものとする。成果を活用していただければ幸いである。

最後に、本試験研究に多大な御協力をいただいた地元農家を始めとした関係者の方々に、この場を借りてお礼申しあげる。

#### とりまとめ担当者

企画普及部企画調整グループ	武井真理（前作物研究部作物グループ）
環境基盤研究部環境安全グループ	池田章弘（元作物研究所栽培研究室）
作物研究部	井澤敏彦
"    作物グループ	澤田恭彦
	濱田千裕
	谷 俊男
	落合幾美
作物研究部水田利用グループ	林 元樹
山間農業研究所	釋 一郎（前作物研究部作物グループ）
"    稲作グループ	城田雅毅（前作物研究部作物グループ）