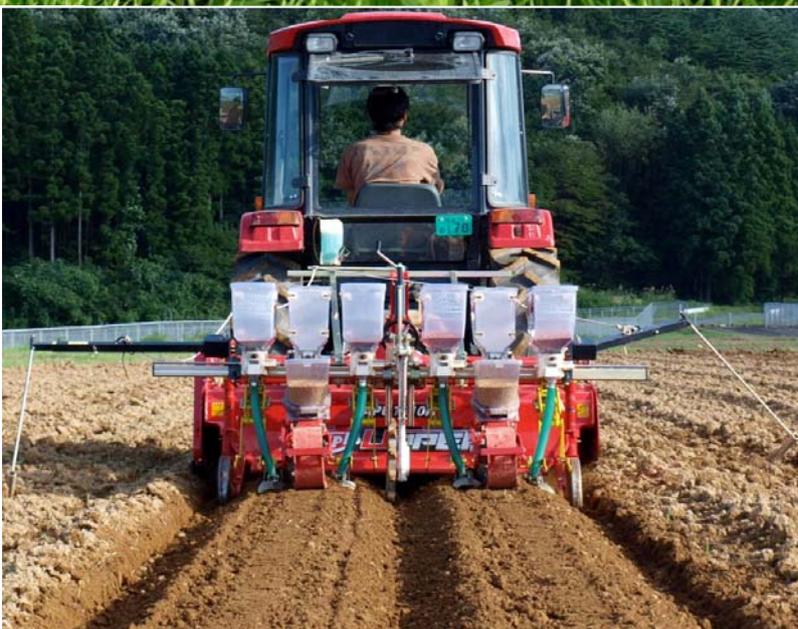


麦類をリビングマルチに用いる 大豆栽培技術マニュアル

[増補改訂版]



2014年3月

東北農業研究センター
中央農業総合研究センター

転載・複製する場合は当研究センターの許可を得てください。

はじめに

環境への影響を極力低減するなどの観点から、除草剤などの資材の使用量の少ない栽培技術の開発が求められています。そうした技術の一つとして、被覆作物を生きたマルチとして用いて雑草を抑制するリビングマルチ栽培があります。東北地域では、大豆栽培において、麦類をリビングマルチとして用いる独特な栽培技術の開発がさまざまな場所で行われてきました。この技術は、秋播き性の高い麦類品種を大豆と同時に播くことで麦類を大豆のリビングマルチとして活用し、雑草を防除するものです。

農研機構では、これまでに蓄積した知見を取りまとめ、2010年3月に「麦類をリビングマルチに用いる大豆栽培技術マニュアル」を作成し、配布してきたところですが、その後に行われた試験結果などから、新たな知見がいくつか蓄積されてきました。また、この間、地球温暖化防止を目的とした農地土壌の炭素貯留に効果の高い営農活動などを支援する「環境保全型農業直接支援対策」が創設され、リビングマルチ栽培もその対象となるなど、技術をめぐる状況にも大きな変化がありました。そこで、このたびこうした新知見を書き加えるとともに、以前のマニュアルに修正を施した増補改訂版を作成し、改めて公表することとしました。新たに書き加えられた内容には、リビングマルチ大豆栽培による温暖化ガス排出抑制効果の試算結果も含まれています。

この技術マニュアルを活用して多くの方がリビングマルチ大豆栽培を導入し、また、この技術の有する環境保全機能についてご理解いただければ幸いです。リビングマルチ大豆栽培の今後の発展、普及に向けて、皆様のご協力をどうかよろしくお願い申し上げます。

麦類をリビングマルチに用いる大豆栽培技術マニュアル[増補改訂版]

目次

| | |
|------------------------|----|
| 1. リビングマルチ大豆栽培とは | 1 |
| 2. 栽培方法の概要 | 2 |
| 3. 麦類の生育・抑草効果と大豆の生育・収量 | |
| (1) 麦類の生育と抑草効果 | 4 |
| (2) 大豆の生育と収量 | 6 |
| 4. 麦類の品種選定と生育目標 | |
| (1) 品種選定 | 10 |
| (2) 生育目標 | 11 |
| 5. 播種の作業技術 | |
| (1) 平畝条播 | 12 |
| (2) 畝立て条播 | 13 |
| (3) 浅耕散播 | 15 |
| 6. 他の技術との組み合わせ | |
| (1) 中耕培土 | 16 |
| (2) 農薬散布 | 16 |
| (3) 狭畝密植栽培 | 17 |
| (4) 田畑輪換 | 18 |
| 7. 技術の適応性 | |
| (1) 気象条件 | 20 |
| (2) 土壌条件 | 21 |
| (3) 雑草の埋土種子 | 22 |
| (4) 病虫害（シストセンチュウ） | 23 |
| 8. 経済性の試算例 | 24 |
| 9. 多面的効果と今後の課題 | |
| (1) 温室効果ガスの排出抑制 | 26 |
| (2) その他の効果 | 27 |
| (3) 今後の課題 | 28 |
| 執筆者一覧 | 29 |

コラム

| | |
|----------------------|----|
| リビングマルチ大豆栽培における根系の分布 | 5 |
| リビングマルチ大豆栽培における養分動態 | 8 |
| リビングマルチ大豆栽培を助ける土壌微生物 | 9 |
| 大豆わい化病を抑制する小麦リビングマルチ | 27 |

1. リビングマルチ大豆栽培とは

リビングマルチ大豆栽培は、秋播き性の高い麦類品種を大豆と同時に播くことで生きたマルチ（リビングマルチ）として活用し、雑草を防除する技術です。麦類は低温に遭遇しないので、夏には出穂することなく枯死して自然に倒れ、茎葉は敷わら状になって地表面を被覆します（図 1-1）。品種を適切に選択した麦類は収穫期までに枯死して緑色が抜けるので、汚損粒の原因になりません。

抑草効果は、主として播種後に出芽した雑草の実生が麦類や大豆の被蔭により生育が抑制されることで生じます。大豆は被蔭力に優れ、雑草との光を巡る競争に強い作物と考えられていますが、生育初期の被蔭力は案外弱いものです。一方、播種から2か月までの麦類の生育は極めて旺盛で、地上部乾物重は大豆の約3倍、単位面積当たりの総葉面積（葉面積指数；LAI）は約5倍に及びます（図 1-2 表 4 (2)）。すなわち、リビングマルチ大豆栽培の抑草力の源泉は、麦類による強い被蔭にあるのです。

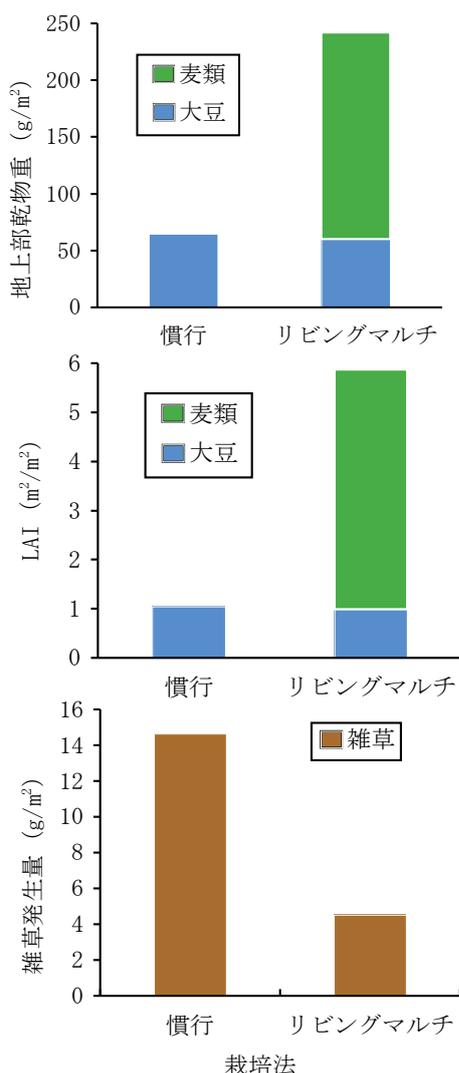


図 1-1 リビングマルチ大豆栽培の概要
(a)麦類を大豆と同時に播いておくと、(b)旺盛に生育して大豆の畝間を被い、雑草の生育を抑制するが、(c)夏には出穂することなく枯死して倒れ、敷わら状になる。

図 1-2 播種後 50 日目の大豆と麦類の地上部乾物重、LAI と雑草発生量（平畝栽培）

2. 栽培方法の概要

播種と施肥

圃場を耕起・整地して、大豆と麦類を同時に播種します（図 2-1）。播種量は、大豆は通常と同じで、2～3kg/10a 程度、麦は8～10kg/10a 程度とするのが普通です。栽植様式は、麦類、大豆ともに条播とする方式⑤(1)、(2)のほか、大豆を条播、麦類を散播とする方式、大豆、麦類ともに散播して土壌に浅く混和する方式⑤(3)などがあります。

大豆、麦類ともに条播する場合、大豆の条間は70～75cm程度とするのが普通で、この場合、麦類は大豆の条間に2条ずつ条播します。出芽個体の密度は、大豆は13～15個体/m²、麦類は200個体/m²程度が目安となります。この方式の播種には、後述するようにハローシーダーを用いることができます。大豆の条間を35cm程度の狭畝栽培とする場合には、麦類は大豆の条間に1条だけ播種します（大豆と麦類を1条ずつ交互に播種することになります）⑥(3)。

麦類としては、大麦が適していますが、小麦も使用できます④(1)。リビングマルチ大豆栽培では倒伏が助長されることがありますので、大豆は、倒伏しづらい品種が適します。

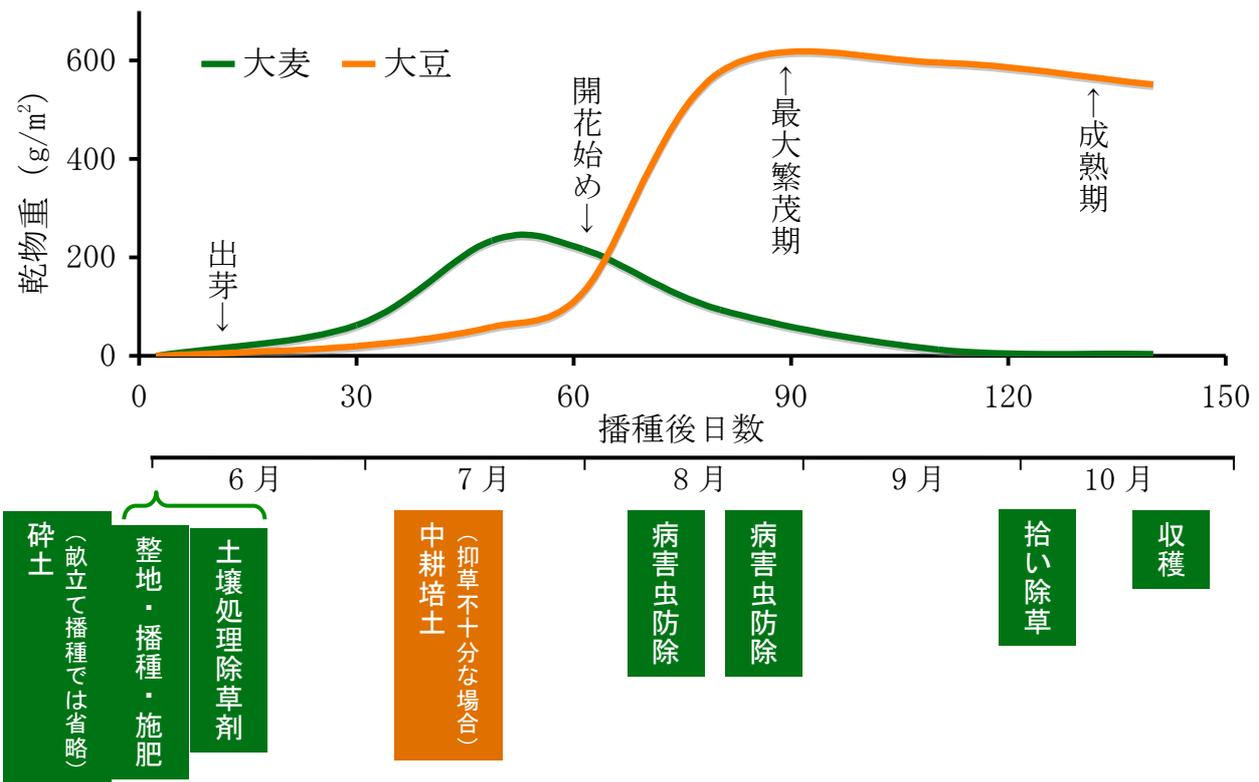


図 2-1 リビングマルチ大豆栽培における生育ステージと一般的な栽培管理
リビングマルチは大麦、暦は南東北を想定。

播種は、大豆の播種適期に行います。播種が遅れると、気温が上がって麦類の生育を十分確保することが難しくなります。したがって、リビングマルチ大豆栽培は晩播には向きません⑦(1)。一般に、耐暑性は大麦よりも小麦の方が高い傾向があります。しかし、小麦

であっても高温でうどんこ病（図 2-2）が多発するなどにより、生育が著しく劣る品種があるので留意が必要です。

施肥は、**全量基肥で大豆用の肥料を、通常と同程度の量（2～3kgN/10a）**施用します。大豆の生育に対する悪影響を考慮して、麦類には施肥しないのが普通です。

除草剤の散布

雑草発生が少ないことが分かっている畑以外では、**播種時に土壌処理除草剤を散布する必要があります**。リビングマルチ大豆栽培では、生育期処理除草剤を使用できる期間は麦類が生育しているので、その使用は作業上難しく、散布しても薬剤の付着が妨げられて効果が劣る可能性があります。したがって、**残草が見られる場合には、中耕培土が手取りにより防除することになります**。中耕培土を行うと、それ以降はリビングマルチの抑草効果は失われます。

中間管理

夏期、気温が上昇すると麦類は自然に枯死して敷きわら状になります（図 2-3）。これは、大豆の開花期頃にあたります（南東北では8月初旬頃）。その後の防除作業は、通常の大豆栽培と同様に行うことができます。また、中耕培土も行うこともできますが、中耕培土を行った後はリビングマルチの抑草効果は失われます。収穫作業などは通常の大豆栽培と同様に行うことができます。ただし、**小麦品種では枯死の時期が遅れる傾向があるので注意が必要です**（4（1））。



図 2-2 小麦に発生したうどんこ病



図 2-3 枯死して地表面に倒れた大麦の茎葉

3. 麦類の生育・抑草効果と大豆の生育・収量

(1) 麦類の生育と抑草効果

麦類の生育と抑草メカニズム

麦類リビングマルチの抑草効果は、群落内の被蔭による雑草の生育抑制によって生じます(図3-1)。具体的には、出芽した、主に一年生夏雑草の生育を被蔭によって抑制して枯死させ、または、これらの植物体を徒長させて、麦類が枯死してその茎葉が一時に倒れる

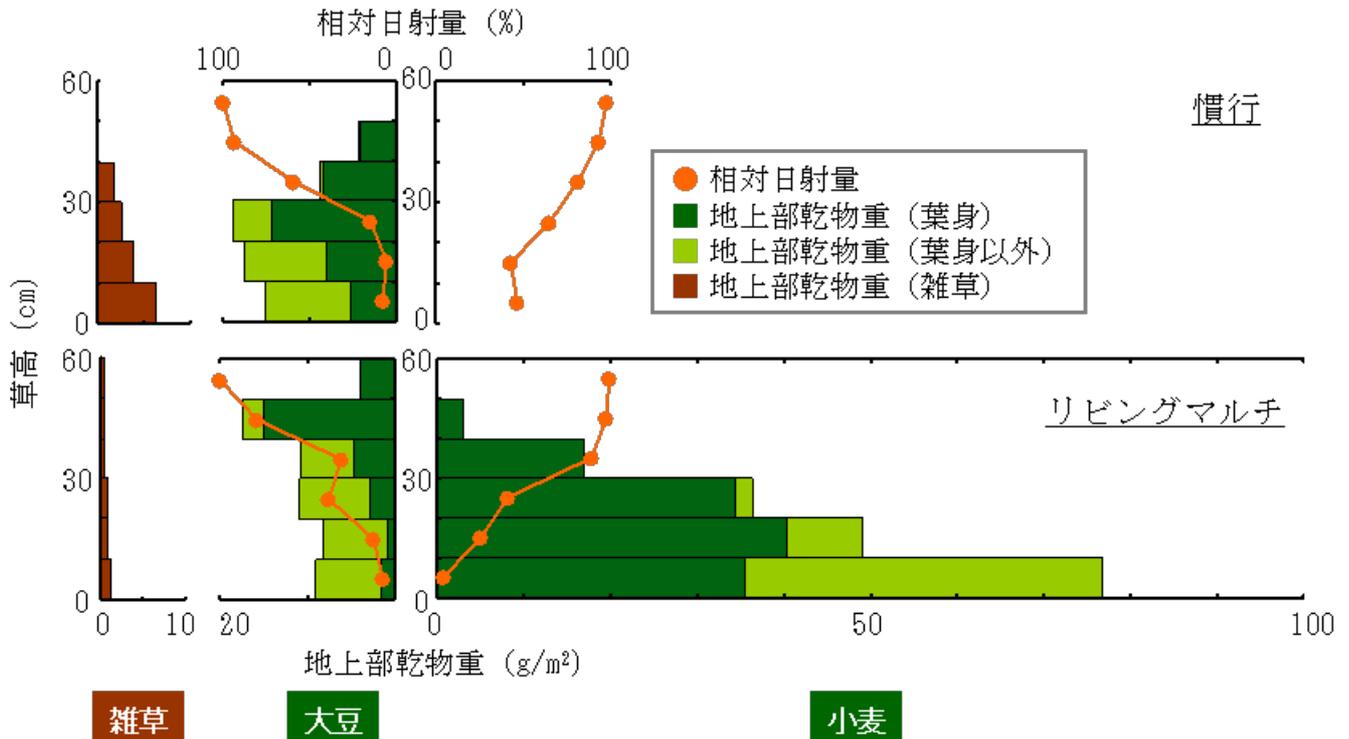


図3-1 リビングマルチ大豆栽培と慣行栽培における群落の垂直構造と群落内の相対日射量

際になぎ倒します。麦類の生育が速いとはいえ、播種後しばらくは被蔭が存在せず、麦類の出芽が始まって被蔭は不十分なため、大豆の生育初期には雑草の出芽抑制効果が限定的です(図3-2)。土壌処理除草剤は雑草の出芽数を減らすとともに、出芽開始時期を遅らせる効果があることから、リビングマルチに土壌処理除草剤を組み合わせるのは抑草効果を高めるのに効果的であると考えられます。なお、スギナ、ギンギン類などの多年生雑草に対しては、リビングマルチの抑草効果は

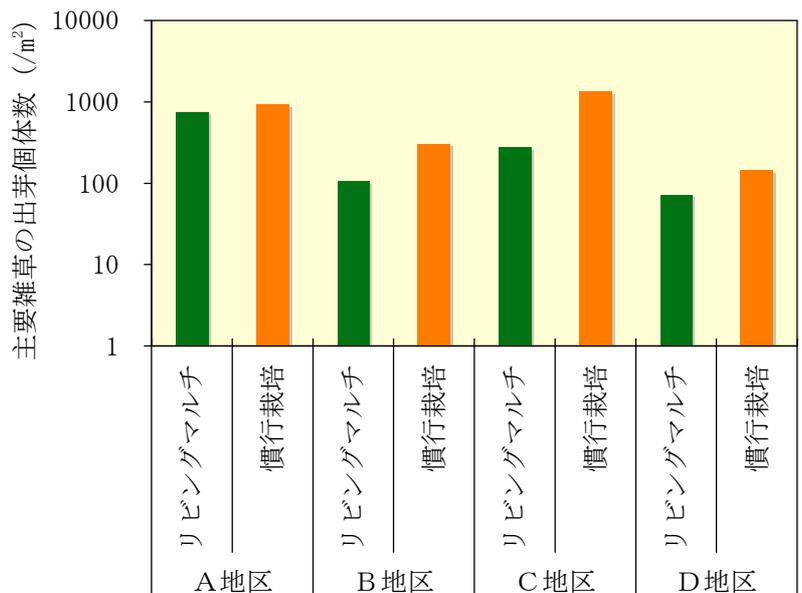


図3-2 リビングマルチ栽培と慣行栽培における主要夏雑草の大豆生育初期の出芽個体数(播種後1か月目)

期待できません。

抑草効果を高めるためには麦類の生育を旺盛にすることが必要で④4(2)、圃場により、または年次によって麦類の生育量が変動すると、抑草効果も大きく変動する傾向があります。平均的には、麦類が十分に生育すれば、リビングマルチを用いない場合と比較して、雑草の最大繁茂期の乾物重で80%前後の抑草効果があります。

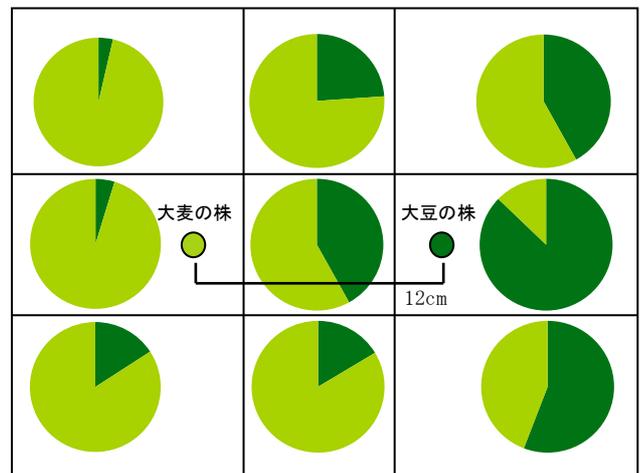
大豆、麦類ともに条播とし、側条施肥をした場合、残草の多くは、大豆の条付近から発生した個体です。その原因として、大豆よりも麦類の被蔭力の方が強いことが考えられます。他に、側条施肥された肥料によって雑草の生育が旺盛になった可能性も考えられます。しかし、因果関係は今のところ実証されていません。

リビングマルチ大豆栽培における根系の分布

麦類の初期生育が旺盛なのは地上部だけでなく地下部も同様で、麦類の根が大豆の株元付近まで速やかに回り込むのに対して、大豆の根が分布を広げる速度は遅い傾向があります(図)。この結果、大豆の根の生長がやや抑制される傾向が認められます。生育初期の段階では、根の生長抑制の影響は地上部の生育に及びませんが、その後の生育に対して、どのような影響があるのかは明らかになっていません。

図 近接して播種された大麦と大豆の根長密度の空間分布(播種後約1か月)

円グラフは、それぞれのブロックにおける大麦と小麦の根長密度の割合。試験には30cm×18cm×深さ15cmのコンテナを用いた。



抑草効果の草種間差

抑草効果には草種間で差があり、シロザ、ヒユ類など種子が小さな広葉雑草に対しては効果が高いですが、**タデ類やノビエ類など種子が大きな雑草には劣る傾向**があります(図3-3)。このような草種間にみられる抑草効果の違いは、主に実生の初期生育の速さによるようです。また、初期生育の速さに違いがなくても、低温発芽性で、大豆の播種当初から多数の個体が出芽する草種には効果が劣り、発芽適温が高く、出芽が遅れる草種には高い効果が認められる傾向があります。例えば、同じイネ科でも低温発芽性のノビエ類には効果が劣り、温度がある程度高くなると発芽しないメヒシバには比較的高い効果が認められる傾向があります。

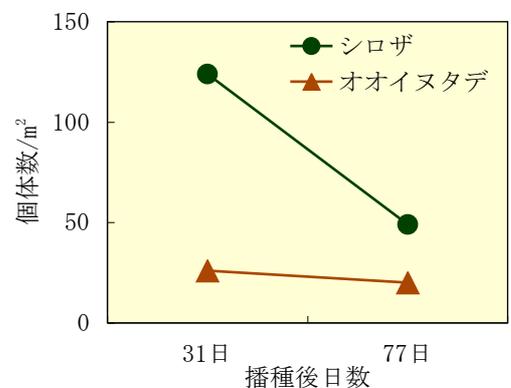


図 3-3 大豆の生育期間中における雑草個体数の変化

リビングマルチには小麦を使用

麦類の枯死・分解

麦類は、夏になると枯死（☞図 2-3）しますが、これは高温と、麦類よりも遅れて繁茂する大豆の茎葉の被蔭によると考えられます。枯死の時期は、大麦の品種では大豆の開花期頃（南東北では8月上旬頃）ですが、小麦の品種では大豆の最大繁茂期またはそれよりも遅い時期まで生きて残る場合があります☞7(1)。枯死して地表面に倒れた麦類の茎葉は、通常の麦類栽培で発生する収穫後の茎葉残さと比べて分解の速度は速く、収穫期まで残存する量はそれほど多くはありません。これは、収穫後の茎葉残さに比べてC/N比が低いため、分解した麦類由来の養分は、大豆に吸収されます☞コラム P8。

(2) 大豆の生育と収量

大豆の生育と収量・品質

リビングマルチ大豆栽培では、若干減収する場合があります（図 3-4）☞7(2)。大豆は生育初期に麦類との強い競合にさらされるため、分枝数が制限され、結果として着莢数が減少するのが減収の主な原因です（図 3-6）。一方、子実重は大きくなる場合があります。図 3-4 で、分枝数や着莢数の抑制程度から想像されるほどには減収していないのは、そのためです。また、麦類との競合の結果、下位節間長が長く、莖径も小さくなる傾向があり、倒伏の増加につながる場合があります

（図 3-5）。中耕培土の省略も倒伏を助長します。ただし、同じ理由から莢のつく位置（最下着莢節高）は、慣行栽培よりも高くなる傾向があり、コンバインによる収穫ロスは減少すると考えられます。虫害粒は若干増加する場合があります。大豆の子実成分には、リビングマルチ栽培と慣行栽培で違いが認められません（表 3-1）。

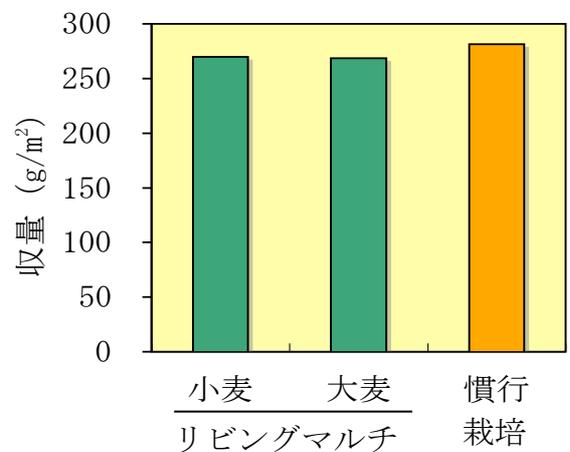


図 3-4 小麦と大麦をリビングマルチに使用した場合と慣行栽培の大豆の収量
3年間（2007～2009年）のべ14地区、59処理区の平均値。



図 3-5 倒伏が著しい大豆圃場（2005年、岩手県）
右側がリビングマルチ栽培で、左側は慣行栽培。

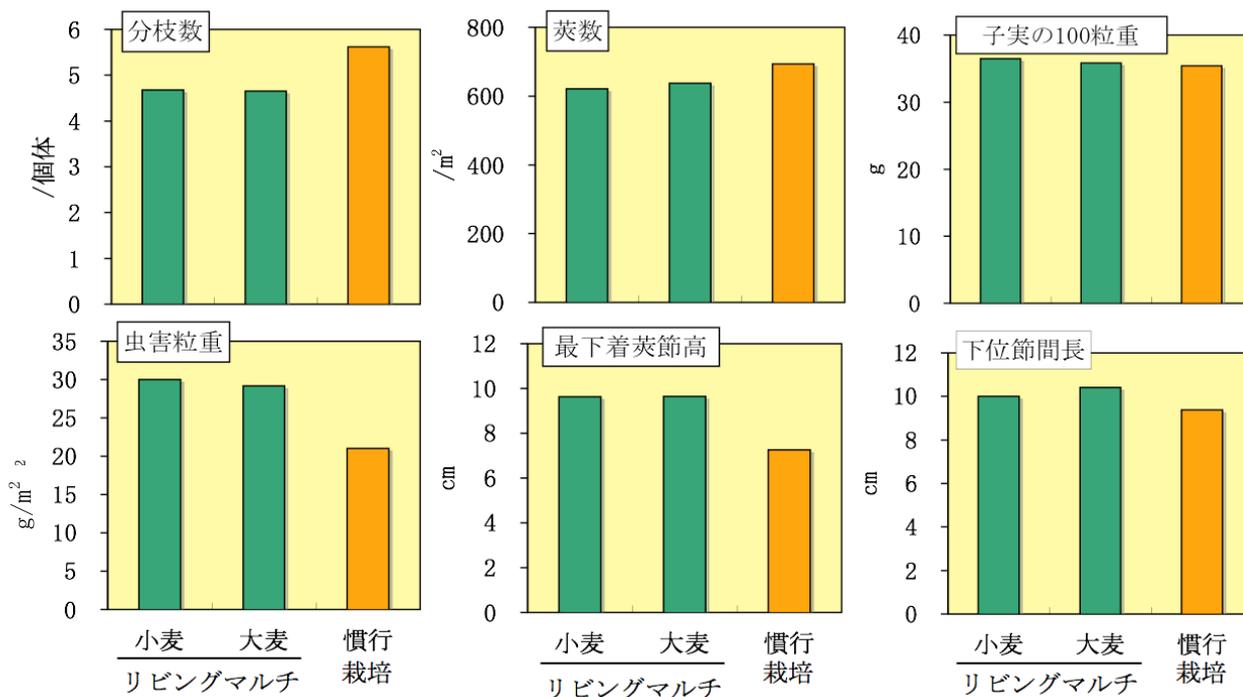


図 3-6 小麦と大麦をリビングマルチに使用した場合と慣行栽培の大豆の生育
3 年間（2007～2009 年）、東北地域内のべ 14 地区、59 処理区の平均値。

表 3-1 リビングマルチ大豆栽培における子実の成分含有率

| 圃場区分 | 土壌 | 大豆の品種 (早晩性) | 子実収量 (g/m ²) | 子実成分含有率 (%) | | |
|------|------|----------------|-----------------------------|--------------|--------------|-------------|
| | | | | 粗蛋白 | 粗脂肪 | 全糖 |
| 転作畑 | 沖積土 | タチナガハ (中の晩) | 260 (103) | 44 (100) | 21 (100) | 22 (101) |
| | | 普通畑 | 沖積土 | スズカリ (中生) | 228 (109) | 43 (101) |
| | 黒ボク土 | リュウホウ (中の早) | 306 (93) | 44 (98) | 20 (101) | 22 (105) |
| | | 里のほほえみ (晩生) | 287 (92) | 45 (100) | 21 (100) | 21 (99) |

東北地域における現地試験の平均値で、かっこ内は対慣行栽培比 (%)

土壌条件と大豆の生育の関係

肥沃で、生育初期から窒素の可給化が顕著に見られる土壌では、麦類が窒素を吸収することで大豆の過繁茂を防止し、さらに、大豆の根粒着生を促進することで生育後半に子実の充実を促して精粒歩合や百粒重を高め、慣行栽培並かそれ以上の収量が得られる場合もあります(9(2))。枯死した麦類由来の窒素が生育後半に再び可給化し、追肥効果となって現れます(コラム P8)。このような効果は、黒ボク土の圃場では小さく、養分の土壌への吸着が弱い灰色低地土などの沖積土の圃場で顕著に認められるようです(7(2))。

リビングマルチ大豆栽培では、麦類残さ由来の窒素は大豆に吸収される

リビングマルチ大豆栽培では、開花期頃に大豆の株元で麦類が枯死分解し、それに由来する窒素等の養分が大豆に吸収されると考えられてきましたが、その証拠は得られていませんでした。そこで、リビングマルチに用いた大麦由来の窒素が実際に大豆に吸収されるのかどうか、また吸収されているとすれば大豆子実の窒素量に対する寄与率はどれほどかをポット試験で調べた結果が下の図です。この試験では重窒素標識肥料で育てた大麦の地上部を播種後50日の大豆の株元に敷き、大豆を栽培しました。用いた土壌は黒ボク土です。

その結果、株元に敷いた大麦由来の窒素の10%が大豆に吸収されて子実に移行していたことがわかりました。この窒素量は、大豆の子実の窒素量 8.3gN/m^2 の5%に相当しました。この10%という利用率は牛糞堆肥に匹敵するものですが、作物への供給時期のコントロールが難しい牛糞堆肥と比べて、大豆の追肥適期に窒素を供給できるところが優れています。

なお、灰色低地土など、黒ボク土にくらべて保肥力の弱い土壌では、リビングマルチ大麦由来の窒素は大豆により多く吸収され、増収に貢献する可能性があります。

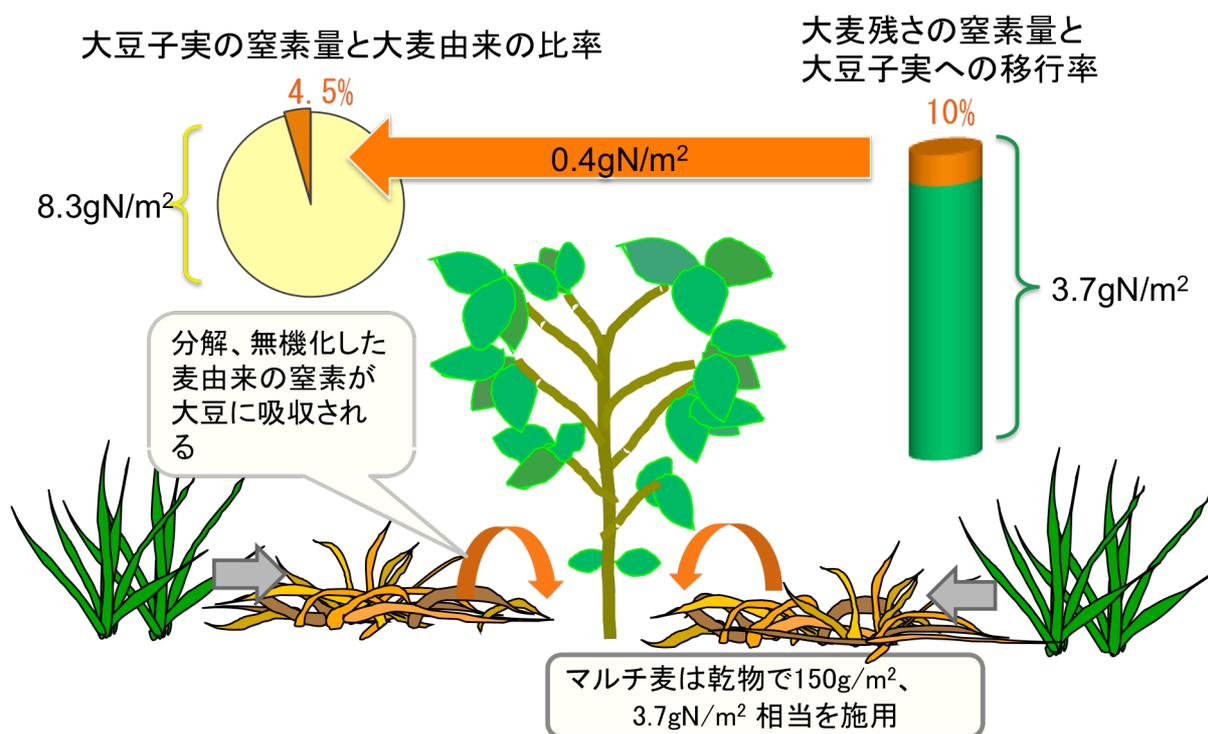


図 リビングマルチに用いた大麦由来の窒素の大豆子実への寄与
重窒素標識肥料を用いたポット試験に基づく推定値。土壌は黒ボク土。

リビングマルチ大豆栽培を助ける土壌微生物

通常リビングマルチ大豆栽培ではマルチ麦に対する施肥は行いません。従って、生育初期には大豆と麦の間で養分の競合が起こりますが、土壌微生物がこの競合の影響を緩和する働きをすることが分かってきました。その主役が窒素とリンの供給を助ける根粒菌とアーバスキュラー菌根菌（AM菌）です。リビングマルチ大豆栽培では、麦の吸収による無機窒素濃度の低下を補うように大豆の根粒着生量の増加がみられます（写真）。また、AM菌の宿主である麦の根系の発達に伴って大豆の根のAM菌感染が促進され、リン吸収量が慣行体系よりも増加する事例が観察されています（図）。リビングマルチ大豆栽培は、土の中の微生物の機能をうまく利用した栽培体系であるといえます。



写真 リビングマルチ区大豆の根粒

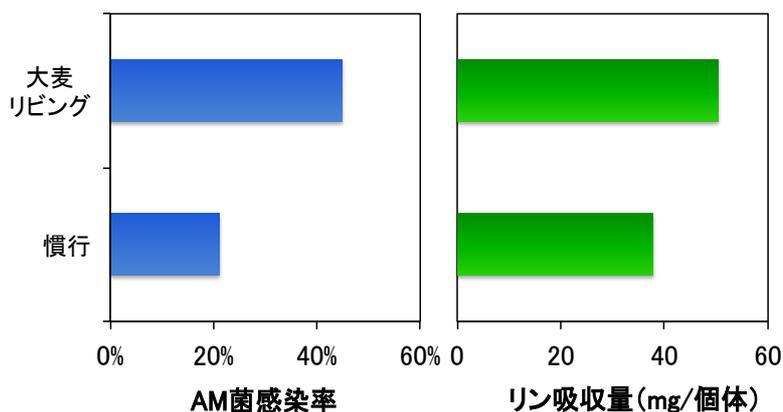


図 播種後9週の大豆のAM菌感染率とリン吸収量

1. リビングマルチ大豆栽培とは

(1) 麦類の品種選定

リビングマルチとして重要な形質

リビングマルチとして用いる麦類の品種選定にあたって重要な形質として、

- ①初期生育が旺盛で、速やかに強い被蔭を形成すること
- ②ある程度の期間、枯れずに被蔭を保ち続けること
- ③収穫期までには確実に枯死すること

があげられます。①、②は抑草効果に関わる形質で、③は収穫のじゃまにならず汚損粒の原因とならないために重要な形質です。①、③については、一般に、大麦の品種が優れます。②については、小麦の品種が優れますが、一方で、地域によっては枯死せずに③が問題になるものがあります。

リビングマルチに適する麦類の品種例

リビングマルチには、大麦、小麦のいずれも用いることができますが、抑草効果には顕著な品種間差が見られます。一般的には、抑草効果の高い品種は大麦に多い傾向があります(表4-1)。例えば、マルチ

用の品種として市販されている六条大麦の「てまいらず」は地表面を被蔭する能力が高く、高い抑草効果を期待できます。六条大麦の「べんけいむぎ」や「シンジュボシ」も、てまいらずに近い生育を示し、抑草効果の高い品種です。また、大麦は総じて枯れる時期が早く、収穫期にまで生存する心配はない一方で、生育後半の抑草効果は劣る場合があります。

小麦は総じて大麦よりも葉が細く、初期生育もやや劣るので被蔭能力が劣る傾向がありますが、大豆の生育期間を通じてみると、大麦よりも良い結果をもたらす場合もあります。

これは、小麦の方が枯れる時期が遅れ、被蔭が長い期間持続すること、大麦に比べて耐暑性が高いことと関係していると考えられます。生育期間が多少長くなることは、抑草の上で有利となりますが、その一方で、収穫期まで残ると汚損粒の原因となる危険性があるので、用いようとする品種が収穫期までに確実に枯死することを確認しておく必要があります。

表4-1 リビングマルチ大豆栽培に適する麦類品種の例

| 種 | 品種 | 特性 | 播性 |
|----|--------|--|----|
| 大麦 | てまいらず | ○葉が幅広くねじれ、匍匐するなどマルチに適した形態。 ○生育が旺盛で、効率的に地面を被覆。 ○マルチムギとして市販。 | - |
| | シンジュボシ | ○てまいらずに近い生育。 | IV |
| | べんけいむぎ | ○てまいらずに近い生育。 ○やや直立するが、地面の被覆には問題ない。 | IV |
| 小麦 | ゆきちから | ○小麦の中では初期から生育が旺盛だが、収穫時に残存しやすい。 | V |
| | ナンブコムギ | ○ゆきちからより生育は緩やかだが、ゆきちからより収穫時に残存しにくい。 | V |

幼穂分化のための低温要求性の違いを播性程度といい、数字が大きいほど低温要求性が高い。IV以上は秋播性品種で、春以降に播種すると、通常出穂しない。

(2) 生育目標

リビングマルチとして用いる麦類の生育は、最大繁茂期（適期に播種した場合、南東北では播種後 50 日頃で、大豆はおおむね開花始期に相当）の時点で、地上部乾物重で $150\text{g}/\text{m}^2$ 以上、葉面積指数（LAI）で約 3 以上を目標とします（図 4-1⇨図 1-2）。これらの値を同時に生育している大豆と比較すると、地上部乾物重は約 3 倍、LAI は約 5 倍にあたります。通常、リビングマルチ大豆栽培では麦類に対しては施肥は行わず、大豆に対する施肥も $2\sim 3\text{kgN}/10\text{a}$ 程度と少ないので、地力が低い圃場ではこの程度の生育を確保することは困難です⇨7 (2)。地力が低い圃場で生育目標を達成するためには、麦類に対する施肥を検討する必要がありますが、そのための技術は未確立です。なお、播種後 30 日頃に麦類の地上部乾物重が $50\text{g}/\text{m}^2$ 以上に生育していることが、最大繁茂期に $150\text{g}/\text{m}^2$ 以上の地上部乾物重を得るための一つの目安となります。麦類の生育がそれよりも劣る場合には、中耕培土などによる防除を検討します⇨6 (1)。

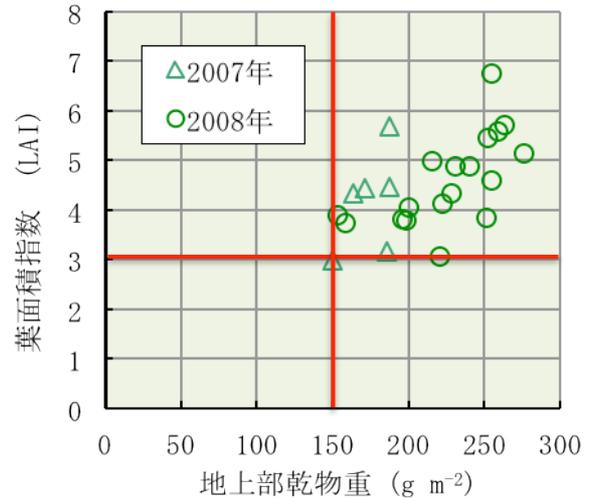


図 4-1 リビングマルチによる抑草効果が得られた圃場における麦類の地上部乾物重と葉面積指数（LAI）の関係

5. 播種の作業技術

(1) 平畝条播

播種機の準備

畑圃場や、排水性の良い転作田圃場では、平畝栽培が可能です。

市販のハローシーダーに播種ユニットを追加することで、リビングマルチ大豆栽培用に麦類と大豆を同時に平畝播種することができます。ハローの耕耘幅が200cmの場合には、大豆用のユニット（傾斜回転目皿式）3台と麦類用のユニット（回転横溝ロール式）6台の計9台を、麦類用のユニット2台で大豆用のユニットを両側からはさむように配列します

（図5-1、表5-1）。これらの2種類の播種ユニットは取り付けバーおよび繰り出し軸の規格が同一なので、装置の改造などは不要です。全体としては、「麦類-大豆-麦類-麦類-大豆-麦類-麦類-大豆-麦類」の順番で配置されます。この時、大豆の条間は70cmで、それぞれの条間に麦類が2条入ります。栽培上は、大豆と麦類の条の間隔が麦類と麦類の条の間隔



図5-1 平畝麦類・大豆同時播種機

(a) 播種作業 (b) 播種ユニットの構成

表5-1 平畝麦類・大豆同時播種機の主要諸元

| | | | |
|------------------------|---|---|---|
| 耕耘部 (代かきハロー) | 名称 | 代かきハロー | |
| | 機械寸法 / 質量 作業幅 爪外径 / 本数 排土板 | 全長1000mm×全幅2185mm×全高1000mm / 250kg 2020mm 365mm / 52本 鉄製・スプリングレーキ付 | |
| 播種・施肥部 (シーダー) | 名称 | けん引型シーダー（単独鎮圧タイプ） | |
| | 機械寸法 / 質量 播種条数 | 全長1100mm×全幅1700mm×全高1600mm / 135kg 9条（大豆3条、麦類6条） | |
| | 播種ユニット | [麦類播種用] | [大豆播種用] |
| | 播種方式 駆動方式 ホッパー容量 開口ディスク 覆土板 | 横溝ロール回転式 変速付設置輪駆動 10L ダブルディスク 径30cm, 開き7cm 横置き円盤形, 径17cm | 傾斜回転目皿式 変速付鎮圧輪駆動 10L ダブルディスク 径30cm, 開き7cm 横置き円盤形, 径17cm |
| 施肥ユニット | [麦類施肥用]* | [大豆施肥用] | |
| 施肥方式 駆動方式 ホッパー容量 | 横溝ロール回転式 変速付設置輪駆動 10L | 横溝ロール回転式 変速付設置輪駆動 10L | |
| その他の装備 | トラクター用条間マーカ | | |

* 通常は使用しないが、土壌条件等により必要な場合には施肥することも可能。

よりもせまい方が望ましいですが、実際にはホッパーの幅が制限となり、全ての播種ユニットがほぼ等間隔（22cm～24cm 程度）で並ぶことになります。

播種機の性能

この播種機を用いたときの播種能率は、大豆だけを3条播種する場合と変わりなく、35psのトラクタに装着すると、0.6m/s程度の速さで走行し、10aを約20分で播種することができます（表5-2）。播種精度も良好です。ただし、播種深度を大豆と麦類それぞれ別個に調整することは難しいので、土壌条件等に応じてどちらかにあわせることになります。

表5-2 平畝麦類・大豆同時播種機の性能の評価例

| 試験地と栽培法 | | 面積 (a) | 麦類の品種 | 安定走行時の 播種速度 (m/s) | 砕土率 (%) | 播種量 (kg/10a) | | 出芽個体数 (/m ²) | | 施肥量 | |
|------------|-------------|-----------|-------|-------------------------|------------|-----------------|-----|-----------------------------|----|--------|---------|
| | | | | | | 麦類 | 大豆 | 麦類 | 大豆 | kg/10a | kgN/10a |
| 宮城県 大崎市 | リビング マルチ | 15 | てまいらず | 0.62 | 83 | 9.6 | 4.2 | 165 | 12 | 31.0 | 4.7 |
| | 慣行栽培 | 16 | - | 0.65 | 90 | - | 4.2 | - | 11 | 30.8 | 4.6 |
| 福島県 福島市 | リビング マルチ | 14 | ゆきちから | 0.66 | 90 | 9.4 | 4.3 | 185 | 13 | 34.5 | 1.7 |
| | 慣行栽培 | 16 | - | 0.67 | 91 | - | 4.4 | - | 10 | 37.3 | 1.9 |

(2) 畝立て条播

播種機の準備

排水性が十分でない転作田圃場では、湿害回避のため、畝立て栽培とするのが望ましいと考えられます。

畝立て条播のための播種機は、畝立て逆転ロータリが前置される市販の畝立て播種機に、野菜用の播種機を組み合わせることで比較的簡単に製作できます。平畝条播の播種機と同様に、大豆用のユニットが麦類用のユニット2台に両側からはさまれるように配列します

（図5-2(a)、表5-3）。麦類用のユニットには、野菜用の小型のユニット（横溝ロール回転式）を用います。2条の畝立て播種機（畝を2列立て、それぞれに1条ずつ播種する播種機）を用いる場合には、ユニットの配列は「麦類-大豆-麦類-麦類-大豆-麦類」となります。大豆の条間は75cmで、麦類を畝の上に播種するためには、大豆と麦類の条の間隔は概ね15cm以下とする必要があります。しかし、野菜用のユニットをそのまま設置する場合には、構造上、その間隔は17cm程度が限界で、それ以上狭めるには、播種機の下部、オープナーと覆土板を、それらを支持する台ごと大豆の播種ユニット側に付け替える必要があります（図5-2(d)）。これにより、大豆と麦類の条の間隔は約13cmとなり、大豆1条と、その両側に麦類2条を同じ畝上に播種することができます（図5-2(b)、表5-3）。この麦類用の播種機のホッパは容量が1リットルと小さいので、かわりに上述の平畝播種で用いる麦類用の播種ユニットのホッパを用いて、播種ユニットの下部にホースで直結（図5-2(c)）すれば、播種能率の低下を防ぐことができます。

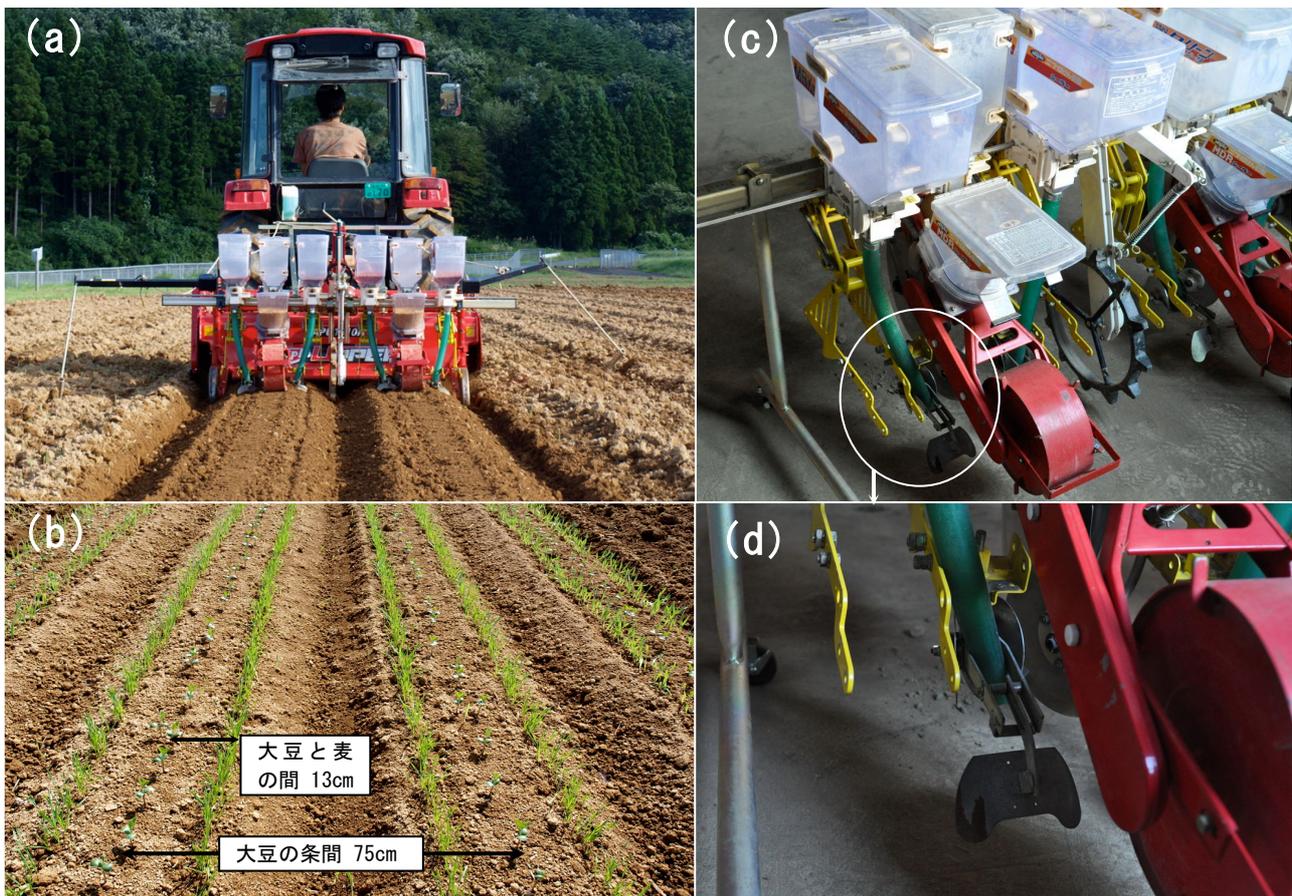


図 5-2 畝立て麦類・大豆同時播種機

(a) 播種作業 (b) 麦類と大豆の出芽 (c) 麦類用播種ユニットのホッパーと野菜用播種ユニットの下部をホースで連結 (d) 野菜類用播種機のオープナーと覆土板は大豆側に付け替え

表 5-3 畝立て麦類・大豆同時播種機の主要諸元*

| | | | |
|------------------------|---|--|---|
| 耕耘部 (アッパー ローター) | 名称 | アッパーローター 播種用 2 畝仕様 | |
| | 機械寸法 / 質量 作業幅 爪外径 / 本数 排土板 | 全長1430mm×全幅1800mm×全高1150mm / 375kg 1500mm 510mm / 34本 鉄製・スクリーン付 | |
| 播種・施肥部 (シーダー) | 名称 | けん引型シーダー (単独鎮圧タイプ) | |
| | 機械寸法 / 質量 播種条数 | 全長1030mm×全幅1400mm×全高1100mm / 55kg (麦類播種ユニット含まず) 6条 (大豆2条、麦類4条) | |
| | 播種ユニット | [麦類播種用] | [大豆播種用] |
| | 播種方式 駆動方式 ホッパー容量 開口ディスク 覆土板 | 横溝ロール回転式 変速付設置輪駆動 10L ダブルディスク 径11.5cm, 開き7cm 腎臓形, 幅13cm, 高さ7cm | 傾斜回転目皿式 変速付鎮圧輪駆動 10L ダブルディスク 径30cm, 開き7cm 横置き円盤形, 径17cm |
| 施肥ユニット | [麦類施肥用]** | [大豆施肥用] | |
| 施肥方式 駆動方式 ホッパー容量 | 横溝ロール回転式 変速付設置輪駆動 10L | 横溝ロール回転式 変速付設置輪駆動 10L | |
| その他の装備 | トラクター用条間マーカ | | |

* ゴシックは、平畦播種機と異なることを示す。

** 通常は使用しないが、土壌条件等により必要な場合には施肥することも可能。

播種機の性能

この播種機を用いたときの播種能率は、大豆だけを2条播種する場合と変わりなく、35psのトラクタに装着すると、0.5m/s程度の速さで走行し、10aを約30分で播種することができます(表5-4)。播種精度も良好です。播種深度を大豆と麦類それぞれ別個に調整することが難しいのは平畝条播用の播種機と同様です。

表 5-4 畝立て麦類・大豆同時播種機の性能の評価例

| 試験地と栽培法 | | 面積 (a) | 麦類の品種 | 安定走行時の 播種速度 (m/s) | 碎土率 (%) | 播種量 (kg/10a) | | 出芽個体数 (/m ²) | | 施肥量 | |
|-------------|-------------|-----------|-------|-------------------------|------------|-----------------|-----|-----------------------------|----|--------|---------|
| | | | | | | 麦類 | 大豆 | 麦類 | 大豆 | kg/10a | kgN/10a |
| 岩手県 奥州市 | リビング マルチ | 13 | てまいらず | 0.50 | 79 | 10.0 | 3.7 | 293 | 13 | 23.1 | 1.4 |
| | 慣行栽培 | 8 | - | 0.47 | 78 | - | 3.6 | - | 13 | 18.9 | 1.1 |
| 福島県 南相馬市 | リビング マルチ | 10 | ゆきちから | 0.30 | 76 | 7.7 | 4.6 | 263 | 13 | - | - |
| | 慣行栽培 | 6 | - | 0.28 | 73 | - | 2.0 | - | 13 | - | - |

(3) 浅耕散播

大麦をリビングマルチに用いる大豆の散播浅耕栽培が試みられています(図5-3)。これは、大豆を30000粒/10a、麦類を7.5kg/10a程度散播し、ロータリーで浅耕する技術で、中耕培土だけでなく、播種作業も省力化する効果があります。播種後、土壌処理除草剤を散布すると、抑草効果がより安定します。大豆をやや早め(5月中～下旬)に播く場合、大麦が大豆の過剰な生育を抑え、登熟に良い影響を与えると報告されています。☞3(2)

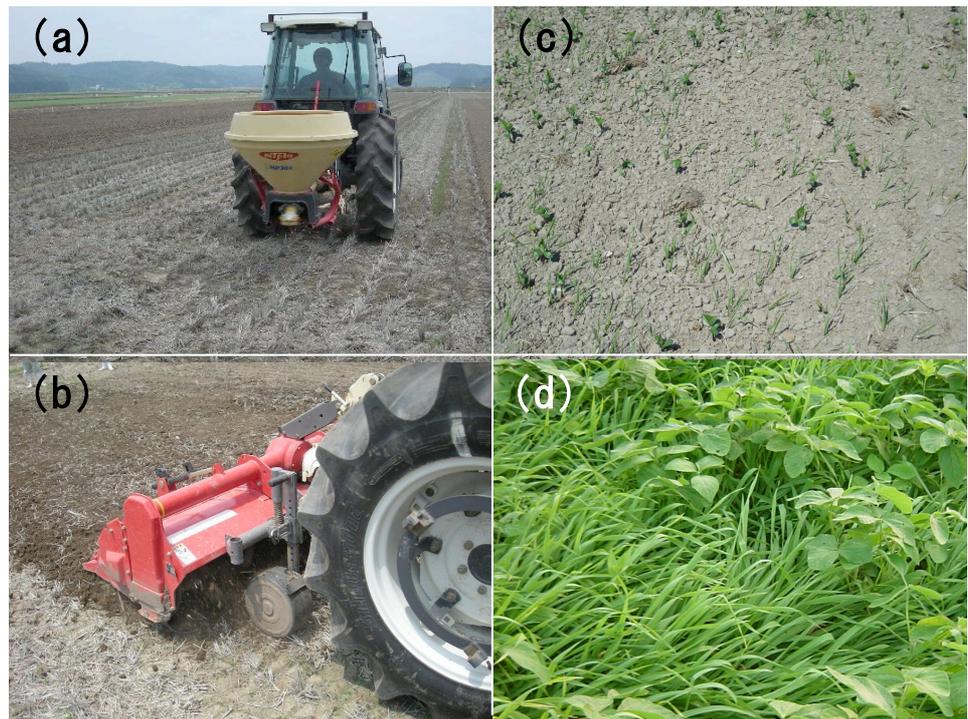


図 5-3 大麦をリビングマルチに用いる浅耕散播栽培

(a)大豆と大麦を散播した後、(b)ロータリーで浅耕する。(c)大豆と麦類の出芽。(d)大麦が大豆の株間を覆う。

(写真提供：佐々木景司・松波寿典(秋田農技セ))

6. 他の技術との組み合わせ

(1) 中耕培土

抑草効果向上のために

中耕培土の有する抑草効果を代替することがリビングマルチ大豆栽培の主要な目的の一つですが、中耕培土との適切な組み合わせによって、抑草効果を補完することができます。残草は、条間よりも株間に多い傾向があるので、中耕（条間の攪拌）だけでなく、培土（土寄せ）も併せて行い、株間の雑草を土中に埋没させることで防除する必要があります（図6-1）。

ただし、中耕培土によってリビングマルチの雑草防除効果は失われ、また、土壌の攪拌を契機として新たに雑草が発生する可能性があるため、できるだけ遅い時期（開花前まで）に行う方が良い結果が得られます。麦類の一部は大豆の条に寄せられ、生き残りますが、生き残った麦には抑草効果は期待できません。

抑草が不十分な場合の対策として

また、麦類の生育が劣る一方で、雑草の発生量が多く、リビングマルチによる抑草が期待できないと判断された場合⇒4(2)に取りうる手段としては、中耕培土と生育期茎葉処理除草剤の散布が考えられます⇒6(2)。麦類がある程度生育している場合には、中耕培土による方が確実です。開花期以降は中耕培土は難しくなるので、実施するかしないかは、それまでに判断する必要があります。



図 6-1 カルチベーターによる中耕培土作業と作業後の条間
(2009年、福島県)

(2) 農薬散布

除草剤

雑草の埋土種子が特に少ない場合を除き、播種後に土壌処理除草剤を散布するのが基本です。土壌処理除草剤によって雑草の出芽個体数を減らすとともに、出芽時期を遅らせることができれば、その間に麦類の生育が進むので、被蔭による防除にも有利になります。土壌処理除草剤は、大豆に登録のあるものを用いますが、麦類に対する生育抑制の危険性も考慮して、大豆と麦類の両方に登録のあるものを選択すべきです。

麦類の生育が劣り、リビングマルチによる抑草が十分でないと判断された場合、生育期茎葉処理除草剤の散布は取りうる手段の一つです。ただし、麦類の植物体が散布のじゃまになって効果が安定しない可能性があります。

一方、麦類の生育が極めて旺盛で、大豆との競合が懸念される圃場では、麦類の最大繁茂期を迎える前に、イネ科雑草に有効な茎葉処理除草剤を散布することで、共存するイネ科雑草の防除を兼ねて、麦類の生育を調整することができます(図6-2)。広葉雑草の残草が心配される場合には、その防除を別に考える必要があります。例えば、広葉雑草に有効の土壌処理除草剤のほか、麦類枯死後の中耕培土、生育後期にも使える茎葉処理除草剤の畦間処理が想定されます。



図 6-2 過繁茂傾向の大麥の生育をイネ科対象茎葉処理除草剤で制御
播種後 35 日目にキザロホップエチル水和剤を散布して 11 日後の状況（2013 年、山形県）

殺菌剤・殺虫剤

リビングマルチ栽培で発生する病害虫の種類、発生消長などは慣行栽培と大きな差はなく、慣行栽培と同様に、防除適期を見逃さず適切な量の殺菌・殺虫剤を散布することで対応できます。

なお、リビングマルチ栽培で用いる麦が、斑点米の原因となるカスミカメムシ類の発生源となることが危惧されますが、リビングマルチ栽培では秋まき性の強い麦を用いるので、出穂することなく枯れ、穂を餌とするカメムシ類の発生源となる可能性は小さいと考えられます。

紫斑病、マメシンクイガ、カメムシなどの主な病害虫の防除剤散布は、開花期以降を中心に行われます。リビングマルチに大麥を用いる場合には、この時期には麦は枯死し地面に倒れているので、薬剤の付着が妨げられるなど、殺菌剤や殺虫剤散布の邪魔になることはありません。ただし、小麦は枯死する時期が遅いため、防除適期に生き残っている場合があります。効果が安定しない可能性があります。

（3）狭畦密植栽培

大豆を狭畝密植とすることで、抑草効果を高めることができます（図 6-3）。この場合、**大豆の条間を 35cm、株間を 10cm 程度**とします。麦類は大豆の条間に 1 条ずつ播種しますが、**播種量は通常の 70~75cm 程度の条間の場合と同じく 10kg/10a 程度**とします。出芽が良好であれば、大豆の出芽個体の密度は約 28 個体/m²となります。

麦類の生育は、播種後 1 ヶ月で地上部乾物重が 50g/m²以上を目標（100g/m²以上を推奨）とします。この時、大豆と麦類による草冠の完成は、大豆の慣行栽培（条間 70cm 程度）と比べて 2 週間以上、大豆のみの狭畝密植栽培（条間 35cm 程度）と比べて 5 日程度早まり、その分、

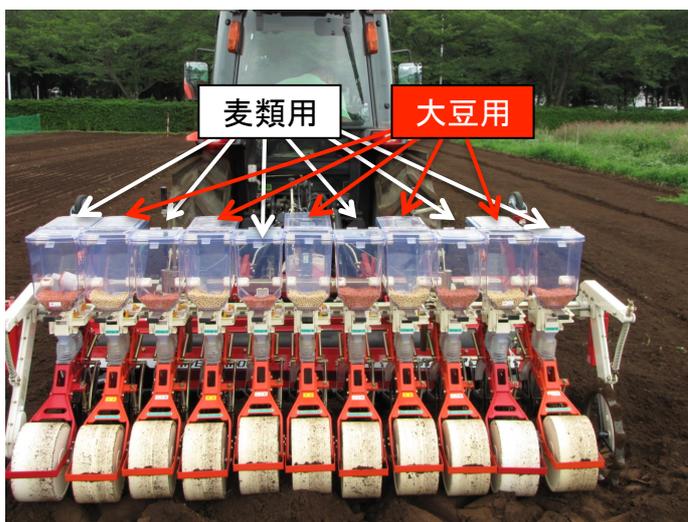


図 6-3 大麥をリビングマルチとして用いた狭畦密植栽培の例（播種の 20 日後）

抑草効果が高くなります。

狭畦密植栽培では、大豆が倒伏する危険性が、通常の条間、播種密度のリビングマルチ栽培よりも若干高るので、耐倒伏性の高い品種の使用が前提となります。また、中耕培土などの中間管理は困難になることに留意する必要があります。

播種作業は、平畝条播の項で解説したハローシーダとほぼ同様の播種機で行うことができます（試験中）。播種ユニットは、大豆用、麦類用ともに横溝ロール式のものを用い、交互に配置する方法で行います（図 6-4）。



市販の横溝ロール式播種ユニットを使用した場合、大豆と麦類の条間は 18cm、大豆と大豆の条間は 36cm まで狭めることが可能です。シーダ部分の重量が重くなるので、30ps 以上のトラクターを使用し、トラクター前部に balancer（おもり）を装着するなどして走行性・安全性を確保する必要があります。畝立て栽培はできないので、排水性が十分でない転作田圃場には適しません。

（4）田畑輪換

リビングマルチ大豆栽培は、慣行栽培の除草（除草剤、中耕培土）に比べて抑草効果が穏やかなため、雑草の埋土種子量が多い圃場には向きません（図 7（3））。一般に、水稻作からの転換初年目は畑雑草の埋土種子量が少ないのでリビングマルチ大豆栽培が適用できる場合が多く、田畑輪換とリビングマルチの組み合わせは有効と考えられます（図 6-5）。



図 6-5 作付体系がリビングマルチの雑草抑制効果に及ぼす影響

大豆の均一栽培後に水稻または大豆を慣行栽培し、リビングマルチ大豆栽培を実施（6月26日播種、8月7日撮影、大豆は狭畦栽培、リビングマルチは大麦で散播）。

(a) 前作は水稻慣行栽培。ヒユ類等の密度が低かったため、リビングマルチによってよく抑制されている。畝間に見えるのは麦類。(b) 前作は大豆慣行栽培。ヒユ類等の密度が高かったため、抑制しきれなかった個体が残草。

水稻作からの転換初年目に畑雑草の埋土種子量が少ないのは、水稻作を行っている期間、新たな種子散布が行われないことが要因の一つです。多くの畑雑草の種子は1年間の湛水

条件では生存していますが、湛水を継続することによって死滅率が高まります。また、詳細は明らかではありませんが、水稲作での水管理や除草などで畑雑草の芽生えが死滅したり、種子が流失したりすることも考えられます。

リビングマルチ大豆栽培は、大豆栽培に問題ない程度に雑草を抑制しても、雑草の種子生産を許してしまうことがあります。したがって、水稲作をある程度の期間継続する一方で、リビングマルチ大豆栽培は連作しない作付け体系が適当と考えられます。

7. 技術の適応性

リビングマルチ大豆栽培は生物機能を活用した技術で、環境条件などの影響を受けやすいため、どこにでも導入できるわけではありません。栽培を成功させるためには、あらかじめ技術導入の適・不適を見極めることが重要です。その際、特に重要な要件と対処方法を図7-1にまとめました。以下、これを詳しく解説します。

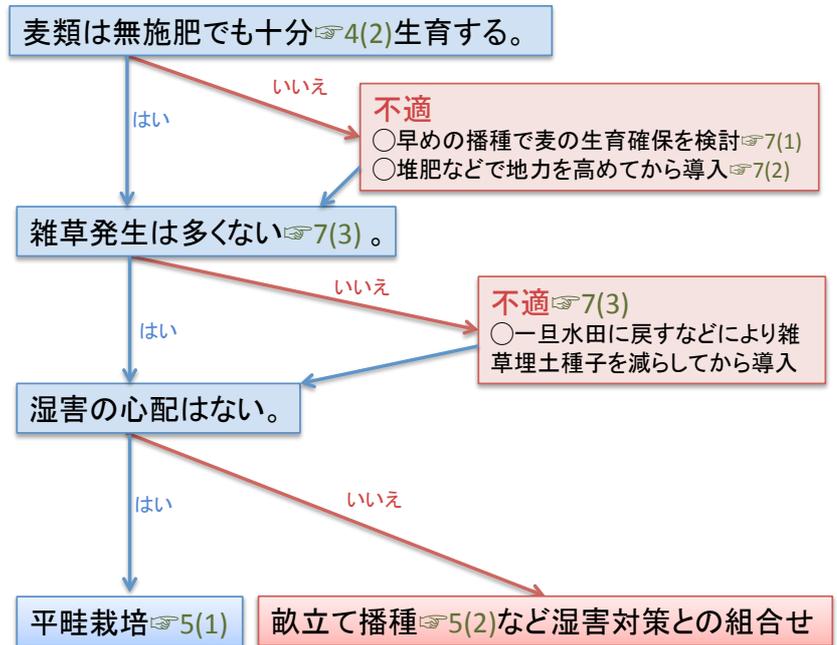


図 7-1 リビングマルチ大豆栽培の適応性確認チャート

(1) 気象条件

リビングマルチに用いる麦類の生育は、気象条件、特に気温に大きく左右されます。また、同じ圃場でも播種時期が遅いと生育が悪くなります(図7-2)。これは播種時期が遅いと生育期間の気温が上がり、暑さに弱い麦類の生育が抑制されるためです。大麦と小麦を比較すると、**大麦の方が早く枯死します**(図7-2の破線が大麦)。大麦は、小麦よりも耐暑性が弱いので気温が生育の制限要因になりやすい傾向があります。小麦では、土壌条件など気温以外が制限要因になりやすい傾向がありますが、これは大麦よりも耐暑性が強いからです。

気温が低い条件では大麦、高い条件では小麦の生育が相対的に良好な傾向があり、播種後2ヶ月間の平均気温で20～21℃程度がその境界となります(図7-3)。播種後2ヶ月間の平均気温が22℃より高い条件では地上部乾物重の目標である150g/m²を確保できない可能性が高く、リビングマルチ大豆栽培は困難と考えられます。

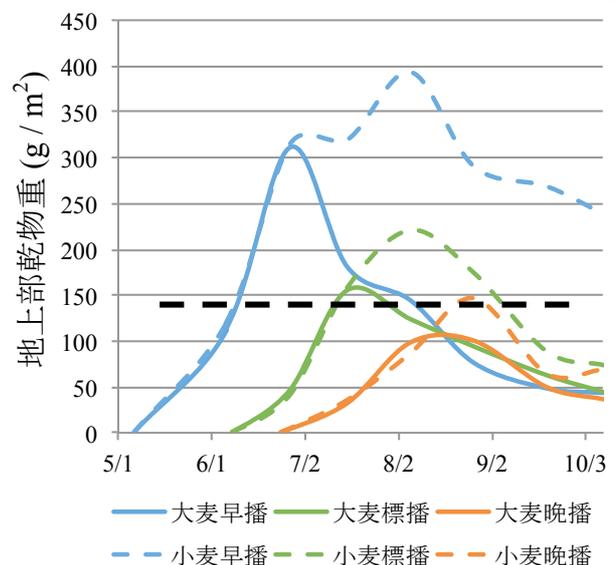


図 7-2 リビングマルチに用いた麦類の地上部乾物重の推移

東北農業研究センター福島研究拠点(福島県福島市)において、2007年5月1日(早播)、6月3日(標播)、6月19日(晩播)に播種。破線は抑草のための麦類生育の目安(150g/m²)。

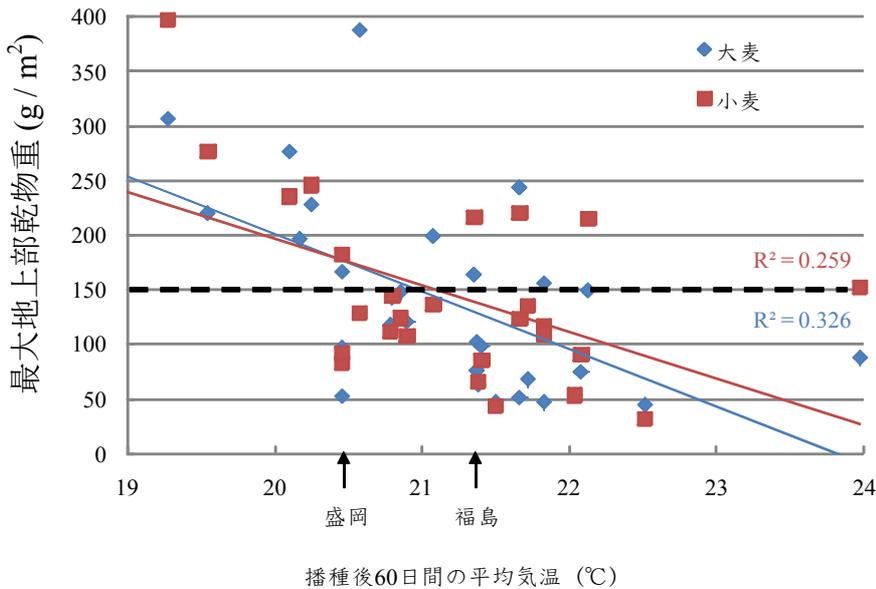


図 7-3 リビングマルチに用いた麦類の乾物重と気温の関係

2006～2009年に東北の6地点で行われた実証試験と東北農研(岩手県盛岡市)、同福島研究拠点における圃場試験の結果。破線は麦類の生育目標(150 g/m²)。R²は決定係数。青線、赤線はそれぞれ大麦、小麦についての回帰直線。矢印は盛岡市と福島市の播種後60日間の平均気温の平年値。

一方、夏になっても気温が低く経過する地域では、大豆の成熟期になっても、欠株となった場所を中心として麦類が枯れずに残る心配があります(図7-4)。麦類が残るのは、本来ならば麦類より大きくなった大豆が麦類に必要な光を遮って枯死させるところを、欠株によって光が差し込むために麦類が生存し続けるためと考えられています。小麦は大麦よりも枯れずに残る傾向が強いので、そのような地域では大麦の品種を選択する必要があります。



図 7-4 冷涼な地域で、大豆の成熟期になっても欠株のある場所で枯れずに残る小麦

(2) 土壌条件

麦類の生育を十分に確保できるかどうか、リビングマルチ栽培による抑草の成否を決めます(図4(2))。したがって、地力が低い圃場では、麦類に施肥をして生育を促進する必要がありますが、麦類に対する適切な施肥法は確立していません。したがって、現時点では、土壌のタイプにかかわらず、地力の高い圃場を用いる必要があります。特に、全窒素や全炭素が多い圃場では麦類の生育が良い傾向があります(表7-1)。また、砂質土壌では麦類の生育が良く、粘土質の土壌では生育が悪い傾向が認められますが、これは湿害の受けやすさと関係があると推察されます。なお、表7-1でリン酸吸収係

表 7-1 リビングマルチ大豆栽培における麦類乾物重と播種時の土壌条件の相関係数

| 項目 | 大麦 | 小麦 |
|---------|-------|-------|
| 全窒素 | 0.63 | 0.70 |
| 全炭素 | 0.68 | 0.70 |
| 無機態窒素 | 0.03 | -0.05 |
| 有効態リン酸 | -0.18 | -0.44 |
| 交換性カリ | 0.00 | -0.20 |
| リン酸吸収係数 | 0.60 | 0.50 |
| CEC | 0.26 | 0.39 |
| 粗砂の割合 | 0.64 | 0.52 |
| 粘土の割合 | -0.82 | -0.53 |

数との間に正の相関が認められるのは、この調査において全窒素や全炭素が高い圃場の多くが黒ボク土だったことと関係があり、リン酸吸収係数と麦類の生育に直接的な関係があるわけではないと思われます。

大豆の収量は、抑草がうまく行った場合であっても、慣行栽培と比較して80%程度に減少することがあります。これは、生育前半の麦類との競合が原因です(3 (1))。しかし、沖積土の圃場では慣行栽培の収量と遜色なく、増収する場合があることも確認されています(図7-5)。その理由として、大豆の生育後半に、分解した麦類由来の養分が再可給化することがあげられます(コラムP8)。一方、黒ボク土の圃場では、このような増収が認められることはまれです。なお、排水性が良い圃場では平畝栽培(5 (1))が可能ですが、一般の大豆栽培と同様に、転作田など排水性が十分でない圃場では畝立て栽培(5 (2))とするのが適当です。一般に、大麦の品種は小麦よりも湿害を受けやすいので、大麦を用いる場合には排水対策が特に重要です。

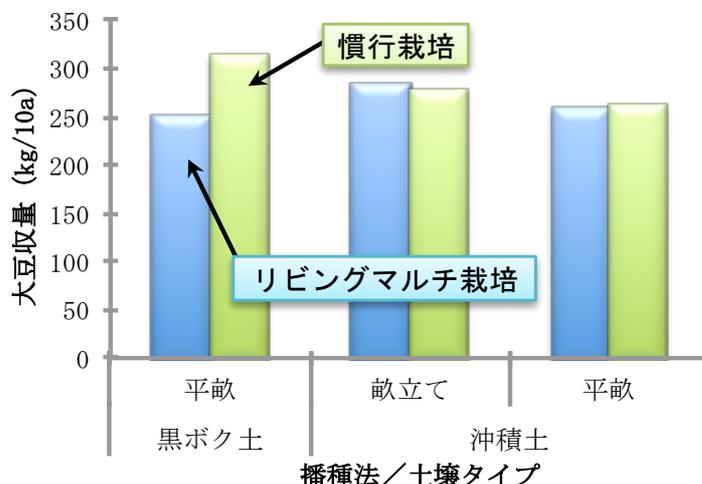


図7-5 リビングマルチ大豆栽培の試験導入で得られた大豆収量(2007~2009年)
沖積土圃場では、畝立て栽培を行ったところと平畝栽培を行ったところがある。黒ボク土圃場では平畝栽培を行った。

(3) 雑草の埋土種子

麦類によるリビングマルチ栽培では、圃場の土壌中に含まれている雑草の埋土種子数が発生雑草量に強く影響します。これは、除草剤や中耕培土による防除が行われる慣行栽培に比べて、リビングマルチ栽培の抑草効果が必ずしも強くないためです。このため、大豆の収量も、慣行栽培よりも埋土種子数に影響されやすい傾向があります。図7-6は、東北でリビングマルチ栽培を行った場合の播種時の雑草埋土種子数と大豆の収量の関係調べた例です。シロザ、ヒユ類などの広葉雑草の埋土種子量が多いほど大豆収量が減少する関係が見られます(図7-6)。一方、埋土種子数と大豆収量の間で明確な傾向は認められていません。調査対象圃場では必要に応じて除草剤も併用しており、イネ科雑草は広葉雑草よりも除草剤が効きやすいこともあって、埋土種子数が多少多い圃

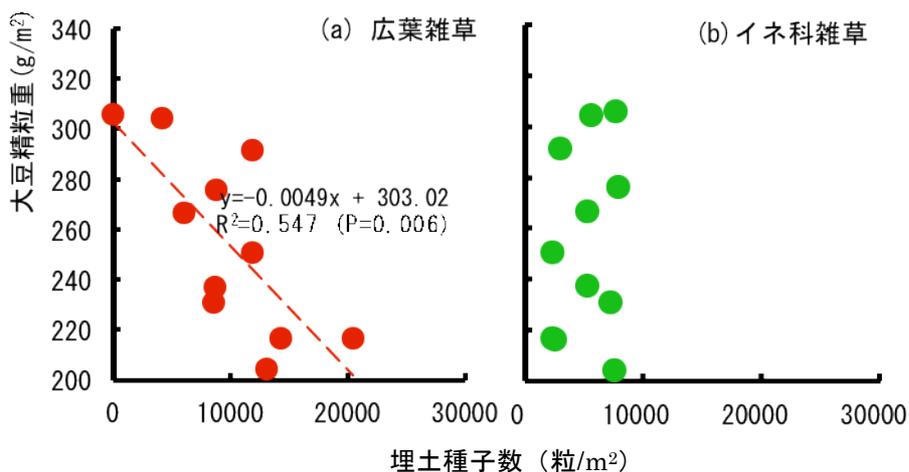


図7-6 リビングマルチ栽培における大豆播種時の埋土種子数(作土層、0-15cm)と大豆収量の関係

東北の複数の圃場で得た2007~2009年のデータ。圃場間、年次間で収量の平均値が等しくなるように補正。広葉雑草はタデ類、ヒユ類、シロザ、ツユクサ、イネ科雑草はノビエ類、メヒシバ、ヌカキビ。

場でも、防除が比較的良好にできているためと推定されます。

広葉雑草と埋土種子数の関係（図 7-6）から、雑草害による減収率に対して許容される作土層中の雑草埋土種子数を求めると、減収率 5% で 3,000 粒/m²、減収率 10% では 6,000 粒程度と試算されます。播種前の広葉雑草の埋土種子数として 3,000~6,000 粒/m² はそれほど多い数ではなく、慣行栽培でも適切な防除が行われれば、普通、雑草害は生じません。

したがって、慣行防除によっても抑草が十分でないほど埋土種子が多い圃場でリビングマルチを用いるべきではありません。むしろ、埋土種子量が少なく、慣行防除では雑草がよく抑えられている圃場を対象として、省力や除草剤使用量の削減を目的として導入するのが適当な技術といえます。

埋土種子が多い圃場にリビングマルチを導入するためには、しばらく休耕して耕うんを繰り返して種子を生産させない、一旦水田に戻すなどにより、埋土種子を減らしておく必要があります。畑雑草の埋土種子は、草種による違いもありますが、新たな種子生産がなければ埋土種子数は比較的短期間でかなり減少します。特に、一年生のイネ科畑雑草の種子は寿命が短い傾向があって、1年間で 60~90% 程度減少するという観察例があります。

（4）病虫害（シストセンチュウ）

前述の農薬散布の項で述べたように、これまでの試験ではリビングマルチ栽培によって特定の病虫害が有意に助長されるといった現象はみとめられていません。

ただし、極端な高温乾燥年にダイズシストセンチュウが生息する圃場でリビングマルチ栽培を行なって収量が大きく低下した事例があり、シストセンチュウ害が懸念される畑への適用には注意が必要です（図 7-7）。リビングマルチ栽培では、生育初期の大豆がマルチ麦との競合的な環境にさらされますが、健全な状態の大豆であればこの競合が問題になることはほぼありません。しかし、シストセンチュウに加害されて養水分の吸収や根粒形成が損なわれた大豆にはこの競合を乗り切るだけの十分な力がなく、リビングマルチの存在が生育をさらに悪化させる要因になってしまうと考えられます。

なお、大麦や小麦はダイズシストセンチュウの宿主ではないため、リビングマルチ自体にシストセンチュウを増やすような作用はありません。シストセンチュウとリビングマルチとの関係については未だ不明な点が多いものの、少なくとも現状ではシストセンチュウ害のリスクがある畑でのリビングマルチの導入は避けるか、抵抗性品種を利用するといった対応が必要です。



図 7-7 リビングマルチ大豆栽培畑で発生したシストセンチュウ害

左：ダイズ根のシストセンチュウ雌成虫

右：シストセンチュウ害により黄化症状の現れたダイズ（7月下旬）

8. 経済性の試算例

大豆栽培にリビングマルチを導入すると、生産費は10a当たり約4,000円増加すると試算されます。生産費の増加はリビングマルチとして用いる麦の種子の購入と、追加で必要になる播種ユニットの減価償却によるものです。したがって、くず麦を使うなどして種子代を抑えれば生産費は慣行栽培と同程度になります(表8、図8)。また、追加する麦類の播種ユニットは、所有していれば流用できますし、年間使用面積を大きくすることでも費用を抑えられます(図8)。

このように、リビングマルチ大豆栽培は工夫次第で慣行栽培と同程度の費用で行うことが可能です。ただし、慣行栽培並の収量が得られなければ所得は下がりますので、リビングマルチ栽培の適用が可能かどうかを見極め⁷、適切な圃場に導入することが重要です。

表8 くず麦を使用する場合の畝立てリビングマルチ大豆栽培の生産費の試算¹⁾

| 項目 | 10a当たり生産費(慣行差) | | | 増減の要因(↑:増加、↓:減少) |
|---------------------|------------------|--------------------------|---------------------|--|
| | 慣行 ²⁾ | 畝立てリビングマルチ ³⁾ | | |
| | | 年間使用面積 | | |
| | | 234 a ⁴⁾ | 330 a | |
| 自動車及び農機具費 | ¥6,971 | ¥9,169 (+¥2,198) | ¥8,529 (+¥1,558) | (↑)播種ユニット追加分(36万円)×年間固定比率(14.3%)÷年間使用面積 |
| 農業薬剤費 | ¥3,992 | ¥2,931 (-¥1,061) | ¥2,931 (-¥1,061) | (↓)茎葉処理除草剤2剤 |
| 光熱動力費 ⁵⁾ | ¥1,908 | ¥1,889 (-¥19) | ¥1,889 (-¥19) | (↑)播種ユニット追加による播種時の燃料(0.52L) ⁶⁾ (↓)中耕培土(-0.74L)および茎葉処理除草剤散布2回(-0.04L) |
| 労働費 ⁷⁾ | ¥12,385 | ¥11,907 (-¥478) | ¥11,907 (-¥478) | (↓)中耕培土(-0.21時間)および茎葉処理除草剤散布2回(-0.16時間) |
| 種苗費 ⁸⁾ | ¥2,338 | ¥2,338 | ¥2,338 | |
| その他 ⁹⁾ | ¥39,777 | ¥39,777 | ¥39,777 | |
| 費用合計(慣行差) | ¥67,371 | ¥68,011 (¥640) | ¥67,371 (¥0) | |

1) 「第56次宮城農林水産年報農業経営統計調査大豆生産費統計(平成20年産)」を基本に試算した。

2) 慣行栽培は堆肥散布、耕耘、畝立て耕起同時施肥播種、土壌処理除草剤散布、中耕培土、茎葉処理除草剤散布2回、殺虫剤散布、殺菌剤散布および収穫作業を1回ずつ行うと仮定。3) 畝立てリビングマルチ栽培は堆肥散布、耕耘、畝立て耕起同時麦類・大豆施肥播種、土壌処理除草剤散布、殺虫剤散布、殺菌剤散布および収穫作業を1回ずつ行うと仮定。4) 東北における1戸あたり大豆作付面積の平均。5) 生産費の増減に係る燃料は全て軽油で、1Lあたり¥76で算出。6) 畝立てリビングマルチの播種作業の燃料消費は、播種ユニットの追加により慣行の燃料消費(2.62L)に比べて2割増加すると仮定。7) 労働費は東北平均の全労働時間(9.58時間)および労働費(¥12,385)より時給¥1,293として算出。8) リビングマルチに用いる麦はくず麦(¥0)を使用するとして算出。9) その他には肥料費、その他の材料費、土地改良及び水利費、賃借料及び料金、物件税及び公課諸負担、建物費、生産管理費、副産物価額、支払利子、支払地代、自己資本利子、自作地地代が含まれる。

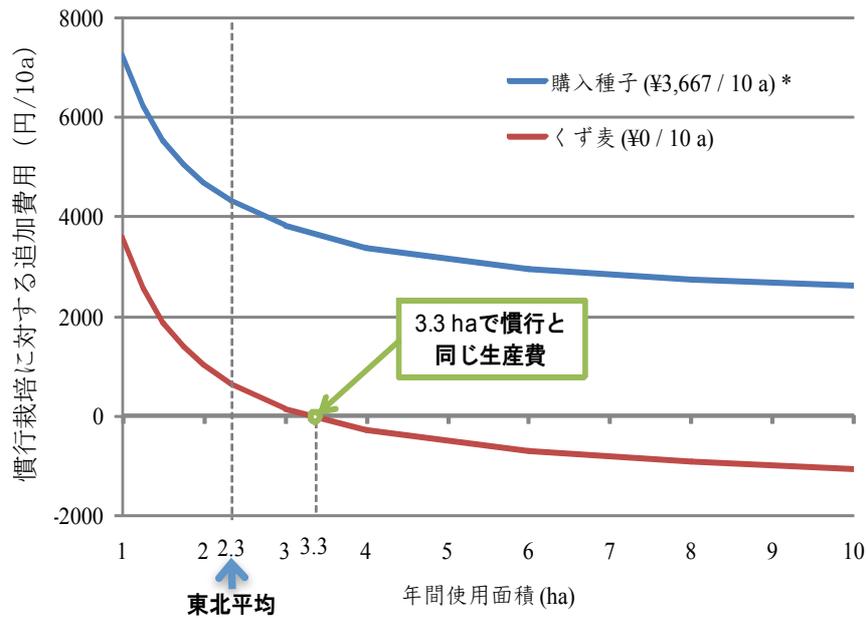


図 8 播種機の年間使用面積、麦類の種子購入費用の増減による畝立てリビングマルチ大豆栽培の生産費の変動

*東北農研における購入実績

9. 多面的効果と今後の課題

(1) 温室効果ガスの排出抑制

リビングマルチ大豆栽培は、もともと大豆栽培で問題になる一年生夏雑草の防除を目的として開発された技術です。しかし、研究の進展に伴ってそれ以外にも様々な効果を有していることがわかってきました。その一つが温室効果ガスであるCO₂の排出抑制効果です。

小麦をリビングマルチとして用いて大豆を単作する場合を例として説明します。慣行栽培では、大豆の収穫残さによる炭素固定量と、微生物などにより有機物が分解される過程でCO₂などとして排出される量の差し引きで、1年間に0.7t/ha程度の炭素(CO₂)が圃場から排出されると試算されます(図9-1; 積み上げグラフの黄色の部分)。ところが、リビングマルチ大豆栽培では小麦植物体による炭素固定分が加わるなどして、炭素排出はマイナス0.5t/ha程度、つまり炭素は圃場に固定されると試算されます。このように、通常の大豆栽培では圃場から炭素が排出されるのが普通ですが、リビングマルチ大豆栽培ではそれが逆転し、圃場に固定されることとなります。このことは、温室効果ガスであるCO₂が空気中から土壤に封じ込められることを意味しますし、農業生産の観点からは、地力が向上することともとらえることができます。

ところで、作物の栽培には農業機械や肥料、農薬が使われます。これらの製造過程では炭素(CO₂)が排出されますし、農作業に農業機械が使われれば燃料が消費され、それによっても炭素が排出されます。栽培と直接的に関係する排出(または固定)だけでなく、こうした間接的な炭素排出量も全て足し合わせるような評価の方法をLCA(ライフサイクルアセスメント)と呼びます。上述のリビングマルチ大豆栽培で、炭素排出についてLCAを行うと、慣行栽培と比べて炭素排出量は1年間に1.18tC/ha程度削減されると試算されました(図9-1)。リビングマルチ大豆栽培は、炭素(温室効果ガス)排出を削減することで地球温暖化防止に役立つ環境にやさしい栽培法ということが出来ます。

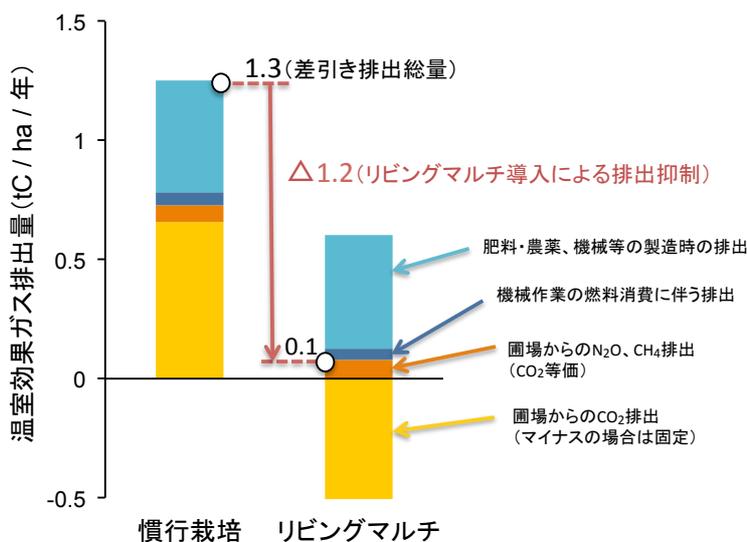


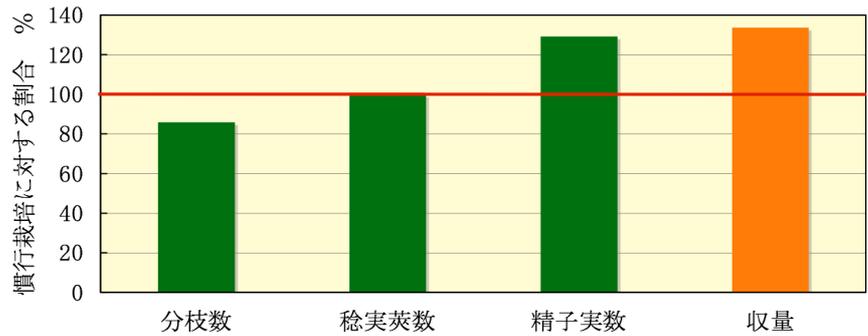
図9-1 小麦を用いたリビングマルチ大豆栽培による温室効果ガス排出抑制効果

土壤からの炭素(CO₂)排出とN₂O(亜酸化窒素)、CH₄(メタン)の排出は、福島市の腐植質黒ボク土圃場における実測値。それ以外は「産業連関表の排出係数等を用いた簡易型LCA」を用いて計算した。○は排出と固定を差し引きして求めた排出量の総計。

(2) その他の効果

リビングマルチ大豆栽培には、地域によってアブラムシに対するバリア効果によるわい化病抑制(コラム P27、効果のあることがわかっています。また、土壌タイプによって増収効果も認められる場合があることが明らかになってきました(図 9-2(コラム P8 も参照)。また、生育初

期における表土浸食の防止、土壌への有機物供給による地力維持効果なども期待されます。今後、リビングマルチ大豆栽培の魅力を高め、多くの方に試していただけるように、そうした多面的効果についても評価を行う必要があります。



収量と収量関連形質

図 9-2 リビングマルチによる増収要因の典型例

初期生育は抑制されるが、後半に挽回する。

大豆わい化病を抑制する小麦リビングマルチ

北海道大豆の重要病害である大豆わい化病を、小麦を使ったリビングマルチにより軽減する事例を紹介します。大豆わい化病ウイルスは、大豆の出芽後にジャガイモヒゲナガアブラムシによって媒介されます。全く防除を行わない場合、発病率は 10%を越えることが多く、播種溝にアブラムシ対象の殺虫剤を施用しても約 5%の個体にわい化病の発病が認められる場合があります。リビングマルチ栽培は、道内 16 カ所で実施した試験で、殺虫剤の播種溝施用だけで発病個体率を約 1%に抑え、通常は生育初期に 2 回か 3 回行うアブラムシ防除が不要でした。

このメカニズムを確かめるため、ポット栽培で大豆と小麦の高さを変え、出芽直後から大豆の草高が小麦よりも高い条件と低い条件を作って実験したところ、小麦の草高が大豆よりも高いと大豆わい化病に感染しにくく、逆に小麦の草高が大豆よりも低いと感染しやすいことがわかりました(写真)。これらの結果から、リビングマルチはジャガイモヒゲナガアブラムシの飛来時にバリアとして機能し、ウイルスの媒介を妨害したために感染が減ったものと考えられました。畑作では古くから夏作物の風害やアブラムシ被害を軽減するために、麦等の条間に夏作物を植える知恵が実践されてきました。リビングマルチのような新しい技術でも、多面的な効果を使いこなす知恵が求められます。

(北海道農業研究センター)



写真 (a) 小麦の草高が大豆よりも高いポット。大豆はアブラムシから隔離して発芽させ、5 月下旬より 30 日間大豆圃場でさらした。(b) 不織布でアブラムシから隔離して栽培している大豆。8 月上旬まで隔離して、大豆わい化病の病兆から発病個体率を調査した。(c) 大豆わい化病に感染した個体(中央の、葉の黄化、縮葉、わい化などが見られる個体)。

(3) 今後の課題

上述のように、リビングマルチ大豆栽培は、どのような地域、圃場にも適応する技術ではありません。技術の安定性を高め、多くの場面で使用していただくためには、適応範囲を明確に示すと同時に、範囲をさらに拡大する努力が今後とも必要です。

適応範囲については、これまでに、土壌条件として麦類の十分な生育を確保できる地力、リビングマルチ大豆栽培による増収効果が期待できる土壌タイプ、さらに十分な抑草効果を得るための雑草埋土種子の許容限界について検討してきましたが、道半ばです。これらについての検討を進めるとともに、リビングマルチ大豆栽培の成否を決める未知の要件をさらに洗い出す努力が必要です。

適応範囲の拡大については、これまでに、東北地域の主な大豆生産の場である転作田にも適応するように、畝立て播種技術を開発してきました。ほかにも、有機栽培への応用、野菜連作圃場への導入など、いろいろな場面での適用が想定されます。こうした新しい場面での導入の成功例、失敗例を是非お寄せください。お寄せいただいた情報は、今後のマニュアルの充実のために有効に使わせていただきます。

執筆者一覧（初版）

- 敖 敏 (東北農業研究センター カバークロップ研究チーム)
池永幸子 (中央農業総合研究センター 北陸水田輪作研究チーム)
伊藤聖一 (東北農業研究センター 研究支援センター業務第4科)
井上一博 (秋田県農林水産技術センター 農業試験場)
内田智子 (東北農業研究センター カバークロップ研究チーム)
小林浩幸 (東北農業研究センター カバークロップ研究チーム)
櫻井貴雄 (東北農業研究センター 研究支援センター業務第4科)
穴戸力雄 (東北農業研究センター 研究支援センター業務第4科)
澁谷知子 (中央農業総合研究センター カバークロップ研究関東サブチーム)
辻 博之 (北海道農業研究センター 北海道水田輪作研究チーム)
三浦重典 (中央農業総合研究センター カバークロップ研究関東サブチーム)
村上敏文 (東北農業研究センター カバークロップ研究チーム)
山下伸夫 (東北農業研究センター カバークロップ研究チーム)
好野奈美子 (東北農業研究センター カバークロップ研究チーム)

執筆者一覧（増補改定版）

- 相場 聡 (北海道農業研究センター 生産環境研究領域)
内田智子 (東北農業研究センター 環境保全型農業研究領域)
小林浩幸 (東北農業研究センター 環境保全型農業研究領域)
豊田 鮎 (東北農業研究センター 環境保全型農業研究領域)
飛奈宏幸 (静岡大学大学院農学研究科)
森本 晶 (北海道農業研究センター 生産環境研究領域)
山下伸夫 (九州沖縄農業研究センター 生産環境研究領域)
好野奈美子 (東北農業研究センター 農業放射線研究センター)

* 五十音順。初版の執筆者の所属は当時のものです。

麦類をリビングマルチに用いる大豆栽培技術マニュアル
[増補改訂版]

発行年月 2014年3月

発 行 農研機構東北農業研究センター
 〒020-0198 岩手県盛岡市下厨川字赤平4
編 集 環境保全型農業研究領域（福島研究拠点）
 電話 024-593-5151 FAX 024-593-2155

※農研機構（のうけんきこう）は、独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネーム（通称）です。