

グリホサート耐性遺伝子組換えダイズの狭畦栽培による収量性と土壤微生物活性

山本 理恵・森川クラウジオ健治・三枝 正彦

Yield of glyphosate-resistant transgenic soybean and soil micro organism activity under narrow-row planting cultivation

キーワード：グリホサート系除草剤，遺伝子組換えダイズ，狭畦栽培，収量，土壤微生物

1. 結論

世界人口は増え続けており食糧不足が懸念されている今、食糧生産に対する研究は必要不可欠である。地球上で栽培されている主な作物の中でダイズは栄養価に富み、かつ空气中の窒素を固定して低肥料栽培が可能であることから環境に優しい有望な作物と言える。現在、ダイズの栽培体系では広葉雑草に有効な除草剤が少ない。そのため生育後期の雑草防除が困難であり機械的剪頭除草を余儀なくされ、また中耕培土のため広畦栽培が一般的だが、近年開発されたグリホサート系除草剤とその耐性遺伝子組換えダイズの組み合わせ導入（山根 2002）により、受光体勢に優れた狭畦栽培が可能となり増収が期待できる。

このように遺伝子組換え作物は栽培管理や収量性に優れているが、その一方で開発の歴史が浅い植物体であることから食物としての安全性が懸念されている。本試験の遺伝子組換えダイズについても既に農林水産省と環境省の一般農家圃場での栽培許可がおりているにも関わらず、消費者団体による反対運動や自治体の規制で度々作付けが中止に追い込まれている。また、食物としての安全性以外でも栽培時における土壤微生物への影響や花粉などによる導入遺伝子の環境中への放出など生態系への影響についても危惧されている（玉置 2005, 横山 2005）。

そこで本研究ではグリホサート系除草剤耐性遺伝子組換えダイズを用いた狭畦栽培と土壤微生物検定を行ない、ダイズの多収栽培法の有効性と遺伝子組換え植物の土壤微生物活性に及ぼす影響を検討した。

2. 材料及び方法

グリホサート耐性遺伝子組換えダイズの狭畦栽培試験及び土壤微生物検定を東北大学大学院農学研究科附属複合生態フィールド教育研究センター構内の隔離圃場及び付属施設で実施した。

1) 栽培方法と試験区の設定

土壌は耕起したアロフェン質黒ボク土（蔵王 B 層）の圃場を用い、供試作物としてグリホサート耐性遺伝子組換えダイズ（*Glycine max*）（モンサント社の T.MON2）と遺伝子非組換えダイズ（タンレイ）を用いた。2005 年 6 月 24 日にダイズ化成を用いて N-P₂O₅-K₂O=2.5-7.5-10kg/10a の割

合で側条施肥しダイズを播種した。一箇所につきダイズ種子を 3 粒ずつ播種し、26 日後の 7 月 21 日に 2 本立ちにした。除草剤のトリフルラリン剤（トレファノサイト乳剤）（200ml/10a）、リニュロン水和剤（ロロックス）（100g/10a を 100 l に希釈）を播種直後全面に散布した。試験区は処理の組み合わせで①非組換え慣行栽培、②非組換えグリホサート散布栽培、③組換え慣行栽培、④組換えグリホサート散布栽培、⑤組換えグリホサート散布狭畦栽培を設定した。すなわち栽植様式は慣行広畦栽培（畦幅 70cm, 株間 20cm）と狭畦栽培（畦幅 35cm, 株間 20cm）で、除草方法は慣行除草（ダイズ 4 葉期にセトキシジム乳剤（ナブ乳剤）（=イネ科選択性除草剤）+栽培後期に機械的除草）とグリホサート系除草剤散布による除草（ダイズ 4 葉期にグリホサート系除草剤散布のみ）の 2 種類をそれぞれ設定した。播種後 30 日の 7 月 25 日にセトキシジム乳剤（ナブ乳剤）（200ml/10a を 500 倍希釈）と、グリホサート系除草剤（ラウンドアップ）（250ml/10a を 50 倍希釈）を各々の試験区に散布した。8 月上旬、慣行除草区は機械的除草作業を行った。

病虫害対策として MEP 乳剤（スミチオン乳剤）（100ml/10a を 1000 倍希釈）とシモキサニル・マンゼブ水和剤（ガーゼート PZ 水和剤）（100ml/10a を 1000 倍希釈）を随時散布した。莢が十分黄変した 10 月 22 日に刈り取り、はぜ掛けした。植物体の乾燥後、子実を分取した。

ダイズの生育調査は 1 ヶ月毎に行い、またダイズの収量、品質調査を行った。生育調査は処理区ごとに 10 本（3 反復で 30 本）で主茎長、主茎節、葉齢、分枝数を測定した。収量及び品質調査は全乾燥重、粗収量、収量、被害粒率、100 粒重を測定した。また処理区ごとの雑草被度調査を行った。

2) 土壤微生物検定法

培養試料として組換えダイズと非組換えダイズが栽培されている土壌約 1g ずつを使用し、検定は 1 ヶ月ごとに行った。検定方法は非選択培地の YG 培地、選択培地の HV 培地（放線菌用）とローズベンガル培地（糸状菌用）を用いての希釈平板法を採用した。

検定は細菌、放線菌、糸状菌の 3 種についてそれぞれコロニーをカウントした。乾土 1g 分に換算し組換えダイズ

と非組換えダイズの各々のコロニー数を比較検討し、組換えダイズの土壤微生物相への影響を考察した。

3. 結果及び考察

1) ダイズの狭畦栽培

処理区別の生育調査について図 1 (主茎長), 図 2 (主茎節数), 図 3 (葉齢), 図 4 (分枝数) に示した。

②非組換えグリホサート散布栽培区は非組換えダイズがグリホサート系除草剤に耐性がなく枯死したため散布後のデータは全て 0 である (写真 1)。①非組換え慣行栽培区とそれ以外の③組換え慣行栽培区④組換えグリホサート散布栽培区⑤組換えグリホサート散布狭畦栽培区では T.MON2 とタンレイという品種の差があるため生育の差が栽植様式や除草剤の影響とはただちに言えないため、生育調査については③組換え慣行栽培区④組換えグリホサート散布栽培区⑤組換えグリホサート散布狭畦栽培区の組換え同士で比較する。主茎長については⑤組換えグリホサート散布狭畦栽培区が一番高く最終的には 78.0cm に達する。その次に③組換え慣行栽培区④組換えグリホサート散布栽培区が 65 ~ 68cm と続く。これらの差がわずかなことから慣行除草剤とグリホサート系除草剤の薬害の程度に大差はないと考えられる。⑤組換えグリホサート散布狭畦栽培区の高い伸長は狭畦であるため隣接するダイズと光競合を起こした結果、他の広畦栽培の試験区よりも上部に生育したと考えられる。主茎節数や葉齢では栽培期間を通して試験区間で差がほとんどないことから、これらの生育に関して除草剤や栽植様式による影響は少ないと考えられる。分枝数につ

いて⑤組換えグリホサート散布狭畦栽培区だけが他より低い値であるがこれは畦幅を狭めて密植した事により分枝の発生が抑制された、あるいは主茎長が高くなったため分枝が増えなかったと考えられる。

収量及び品質調査について表 1 に示した。①非組換え慣行栽培区は他の処理区に比べて有意に被害粒の割合が高いことからタンレイ自体の形質として病害虫に弱いことが推測される。組換えのみで比較した際、⑤組換えグリホサート散布狭畦栽培区の株当りの莢数や完全粒量が少なかった。グリホサート系除草剤と狭畦の効果で雑草の影響は無いと考えられるが、上で述べた分枝数の減少が莢数や完全粒量を低下させたと考えられる。しかし⑤組換えグリホサート散布狭畦栽培区は栽植密度が他の処理区の 2 倍であり、また株当りの莢数が低いため 100 粒重も他の処理区より高い

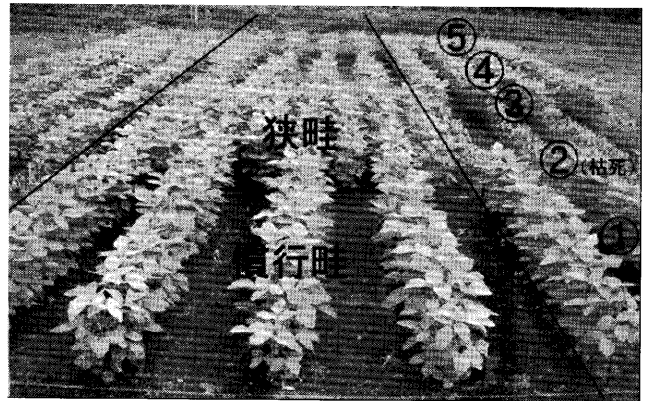


写真 1 試験全体図 (2)はグリホサートによって枯死

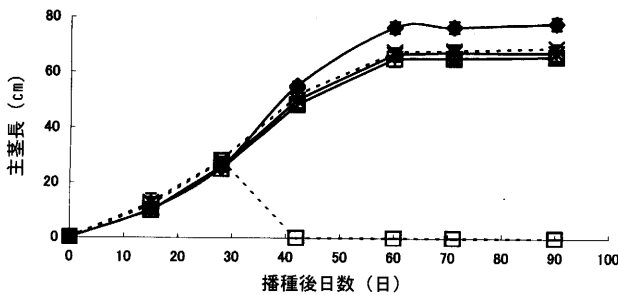


図 1 播種後日数と主茎長

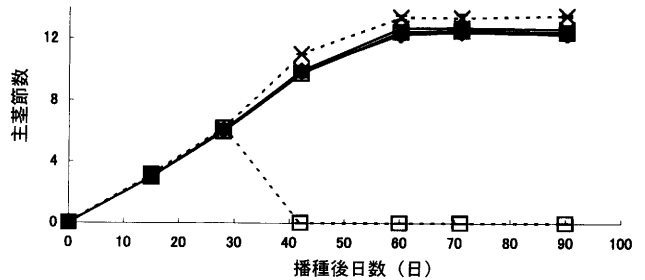


図 2 播種後日数と主茎節数

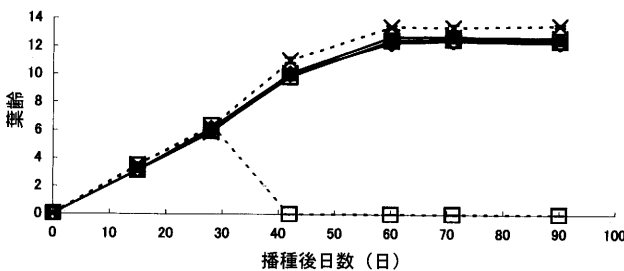


図 3 播種後日数と葉齢

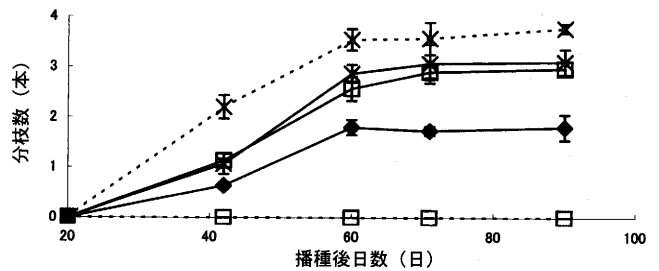


図 4 播種後日数と分枝数

- *--- ①非組換え慣行栽培
- ②非組換えグリホサート散布栽培
- ×--- ③組換え慣行栽培
- ④組換えグリホサート散布栽培
- ⑤組換えグリホサート散布狭畦栽培

処 理 区	全乾燥重 (g/m ²)	莢数 (個/m ²)	粗収量 (g/m ²)	収量 (g/m ²)	被害粒率 (%)	100粒重 (g)
①非組換え慣行栽培	1598	1207	211.7	154.7 (b)	26.9	33.2
②非組換えグリホサート散布栽培	0	0	0	0 (a)	0	0
③組換え慣行栽培	1550	1372	226.2	182.1 (bc)	19.5	30.1
④組換えグリホサート散布栽培	1499	1350	215.0	170.9 (bc)	20.5	30.9
⑤組換えグリホサート散布狭畦栽培	1068	852	285.0	230.4 (cd)	19.2	33.0

※同一アルファベットを含む処理区間では有意差がないことを示す (P=0.05 : LSD 法)

表 1 収量及び収量構成要素

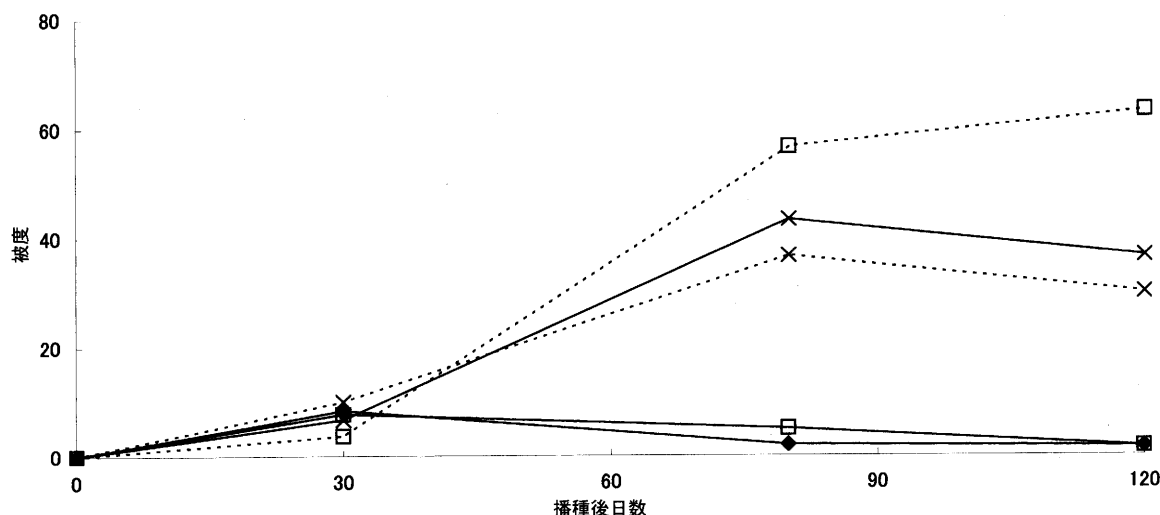


図 5 播種後日数と雑草被度

---x--- ①非組換え慣行栽培 - - □ - - ②非組換えグリホサート散布栽培 —x— ③組換え慣行栽培
—□— ④組換えグリホサート散布栽培 —●— ⑤組換えグリホサート散布狭畦栽培

ことから単位面積当りの収量は粗収量、収量共に最も高くなり、他の処理区より 1.26-1.48 倍の値になった。特にタレイの慣行栽培である①非組換え慣行栽培と⑤組換えグリホサート散布狭畦栽培区を比較した際は、 $P=0.05$ で有意差が認められた。本試験の収量については他のダイズの狭畦栽培の文献（松森ら 2004, 中央農業総合研究センター 2004）の 306g/m^2 , 312g/m^2 に及ばないが、これについては台風による倒伏被害が原因と考える。また倒伏に伴い殺菌殺虫剤の効果が十分に発揮されなかったことも一因と考えられる。

雑草被度については図 5 に示した。④組換えグリホサート散布栽培区⑤組換えグリホサート散布狭畦栽培区が栽培期間を通じて低く抑えられた。これは非選択性除草剤グリホサートにより栽培初期の雑草を確実に枯死させたことにより、その後ダイズが繁茂する時期に雑草侵入を防いだと思われる。慣行除草区である①③は広葉雑草の防除が不十分で、高い被度を示した。②非組換えグリホサート散布栽培区については散布初期に④組換えグリホサート散布栽培区⑤組換えグリホサート散布狭畦栽培区と同様に雑草を枯死させたが、その後ダイズも枯死し、光の遮断が無かった

事と、グリホサート自体に残効性がないことから雑草の侵入が起きており、全処理区中最も被度が高くなった。

2) 土壤微生物活性の変動

土壤微生物数の計測結果を図 6 に示した。土壤細菌数は播種後 30 日目は $1.76\text{-}3.18 \times 10^6$ (cfu/g 乾土) の範囲であったが播種後 60-90 日目には $4.16\text{-}7.07 \times 10^6$ (cfu/g 乾土) に増加し、また播種後 120 日目には $2.40\text{-}3.58 \times 10^6$ (cfu/g 乾土) と低い値となった。放線菌数は土壤細菌数より変動が少なく、全測定期間を通じて $1.57\text{-}4.71 \times 10^6$ (cfu/g 乾土) の範囲になった。これに対し糸状菌数は全測定期間を通して $0.74\text{-}1.59 \times 10^5$ (cfu/g 乾土) であり、土壤細菌数や放線菌数と異なり 1-2 桁少ない値であった。しかしながら処理区間に変動はあるものの、その値は同桁レベルであり測定期間を通して一定の傾向は見られず、有意な差は認められなかった。

以上の結果から GM の狭畦栽培は機械除草の手間を省きその上、従来の 1.5 倍の収量増加を図ることができるといえる。また GM の土壤微生物への影響について明らかな変化は認められなかった。

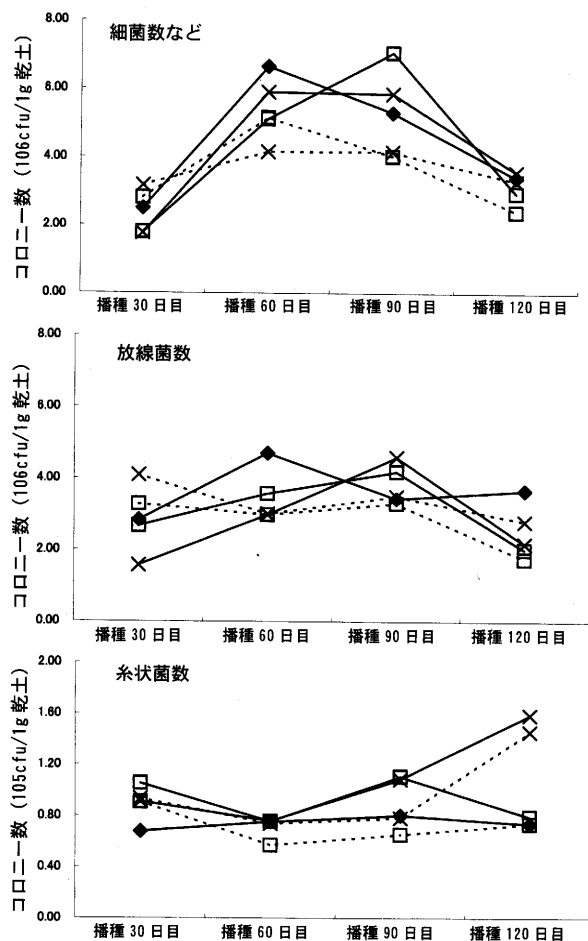


図6 播種後日数と土壌微生物数

- ×---①非組換え慣行栽培
 ---○---②非組換えグリホサート散布栽培
 ---×---③組換え慣行栽培
 ---□---④組換えグリホサート散布栽培
 ---●---⑤組換えグリホサート散布狭畦栽培

要約

グリホサート系除草剤とグリホサート耐性遺伝子組換えダイズを組み合わせた栽培体系で、慣行のダイズ栽培では難しいとされる狭畦栽培を行った。その結果、コントロールと比較して約1.5倍の収量の増加と作業体系の簡略化が実現できた。また遺伝子組換えダイズの土壌微生物相への影響を希釈培養法で検査した結果、細菌など、糸状菌、放線菌数において、非遺伝子組換えダイズのタンレイと有意な一定の差は認められなかった。

引用文献

- 山根精一郎 2002 遺伝子組換え作物の実用化について 農業及び園芸 77: 545-549
 松森一浩, 三枝正彦, 伊藤豊彰 2004 グリホサート耐性ダイズを用いた不耕起栽培における雑草防除 東北の雑草

4:8-13

- 中央農業総合研究センター 2004 汎用型不耕起播種機による大豆不耕起狭畦栽培マニュアル 2-17
 玉置雅紀 2005 遺伝子組換え作物の何が問題か 科学 75:18-26
 横山和成 2005 遺伝子組換え作物：土壌の健康から見た影響 科学 75:27-30
 久野秀二 2005 遺伝子組換え作物：農業会社主導で進められる商品開発とその社会的妥当性 科学 75:31-38
 好井久雄他編著 1995 食品微生物学ハンドブック 3-613, 技報堂出版
 扇元敬司「微生物学」3-177 生物研究社
 森川クラウジオ健治, 三枝正彦, 山本理恵, 中西啓仁, 鈴木基史, 西澤直子, 森敏 2004 Fe 欠乏耐性遺伝子組換えイネの環境への影響 センター報告 20:5-9