

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

松森一浩*・三枝正彦**・伊藤豊彰**

Weed control in glyphosate-resistant soybean under no-tillage cultivation

Kazuhiro Matsumori*, Masahiko Saigusa** and Toyoaki Ito**

要約：ダイズの不耕起栽培では広葉雑草の防除が困難な場合があり、雑草管理は重要な課題である。そこで、グリホサート系除草剤（以下、GL）とグリホサート耐性ダイズを用い、10 cm間隔に播種穴を形成できる試作穴播き式不耕起播種機を用いたダイズの不耕起栽培に有効な雑草防除法を、黒ボク土の隔離圃場（東北大学大学院農学研究科附属農場）で検討した。収穫期の雑草植被率は、播種前GL散布のみの播種後無処理区が83%で最も高く、播種前GL散布にトリフルラリン剤（播種直後）とセトキシジム剤（3～4葉期）の散布を組合せた慣行処理区も播種後無処理区並の高さになった。ダイズ1～2葉期にだけGLを散布したGL1回散布区の雑草植被率は約40%であった。一方、播種2週間前とダイズ3～4葉期にGLを散布したGL2回散布区は約20%、同処理+狭畦栽培のGL2回散布狭畦区（畦幅が標準の1/2）はほぼ0%になり、GLを2回散布することで十分な防除効果が得られた。単位面積当り雑草乾物重は、播種後無処理区と慣行処理区が450～500g/m²で最も大きくなった。両区に対しGL1回散布区の単位面積当り雑草乾物重は1/10以下、GL2回散布区とGL2回散布狭畦区は1/100以下となり、生育中にGLを使用した三つの処理区はいずれも1%水準で有意に減少した。グリホサート耐性ダイズの単位面積当り収量は、GL2回散布区およびGL2回散布狭畦区で他の処理区に比較して5%水準で有意に高いか、有意差はないが高くなる傾向にあった。収量と雑草植被率との間に高い負の相関（ $r^2 = 0.97$, $p < 0.01$, $n = 6$ ）が認められた。

キーワード：グリホサート系除草剤、グリホサート耐性ダイズ、処理方法、雑草植被率、雑草乾物重、収量

はじめに

風雨による土壌侵食の防止という観点から導入が始まった不耕起栽培（Unger and McCalla 1980）は、多量の化石燃料を消費する耕うん作業を省略できるため、排気ガスの放出量削減という点からも環境負荷軽減に有効といえる。また、燃料消費量の節減、労働力の軽減にもつながることから経済的にも有益であり（春原ら1985；坂井ら1987）、一層の関心が高まっている。

ところで、不耕起栽培では耕起・中耕を行わないため雑草防除が重要な課題になるが、除草剤を使用する化学的雑草防除が防除効果・経済性・栽培法別対応性（佐合1999）などの点で有効と考えられる。ダイズの不耕起栽培

における雑草防除体系の例として農林水産省は、①非選択性の茎葉処理除草剤を播種2週間前に散布して生育中の雑草をすべて枯死させる、②土壌処理除草剤を播種直後に散布して雑草の出芽・生育を抑制する、③茎葉処理除草剤をダイズ3～4葉期に散布して新たに出芽・生育した雑草に対処する、という工程を示している（1999）。しかし③では広葉雑草に有効な除草剤を散布できないため、手取り除草で対処せざるを得ない場合も見受けられる。ダイズの不耕起栽培を普及し定着させるには、根本的な雑草対策を講じる必要がある。

その方策として効果的と考えられるのが、グリホサート系除草剤（以下、GL）と遺伝子組み換えグリホサート耐性ダイズ（以下、GRダイズ）の組合せである（山

* 宮城県農業短期大学 〒982-0215 仙台市太白区旗立2-2-1

Miyagi Agricultural College, 2-2-1 Hatatate, Taihaku-ku, Sendai, 982-0215, Japan

** 東北大学大学院農学研究科

第1表 グリホサート耐性ダイズ栽培試験区の除草方法と畦幅

	播種後2週間前 (6月3日)	播種直後 (6月17日)	ダイズ1～2葉期 (7月13日)	ダイズ3～4葉期 (7月20日)
播種後無処理区	GL500ml / 10 a			
慣行処理区	GL500ml / 10 a	トリフルラリン乳剤 300ml / 10 a		セトキシジム乳剤 250ml / 10 a
GL1 回散布区			GL500ml / 10 a	
GL2 回散布区	GL500ml / 10 a			GL250ml / 10 a
GL2 回散布狭畦区	GL500ml / 10 a			GL250ml / 10 a
完全除草区	GL500ml / 10 a	以降適宜手取り除草		

注1) “GL” はグリホサート系除草剤 (グリホサートイソプロピルアミン塩液剤) を意味する。

2) 栽培様式は標準栽培が 70 cm × 20 cm (条間 × 株間), 狭畦栽培が 35 cm × 20 cm。

根 2002)。アメリカでダイズの不耕起栽培面積が急激に拡大したのは、1996年にGRダイズの栽培が始まって以降、GLの散布だけで雑草防除ができ、コストを低く抑えられる体系が確立したことによる (Fawcett and Towery 2002)。

しかし今日、GLの1回散布では防除不可能な雑草の出現が問題となっており、これに対して、「GLの連続散布、他の除草剤との混合散布、他の除草剤と時をずらしての散布」などの方法が報告 (Reddy 2001, Gonzini et al. 1999) されるなど、両者の一層の有機的なつながりが模索されている。本報告では、日本国内でのGRダイズ作におけるGL処理の雑草防除効果と収量、および狭畦栽培の影響について検討したので、栽培試験1年目 (2002年) の結果を以下に報告する。

材料および方法

GRダイズの不耕起栽培試験を、東北大学大学院農学研究所附属川渡農場内のP1施設で実施した。試験圃場では1999年にダイズ、2000年に飼料用トウモロコシの栽培試験が行われたが翌年は耕作されず、不耕起状態で維持された。土壌は普通非アロフェン質黒ボク土であった。

1. 試験区の設定

試作の施肥播種位置分離型・穴播き式不耕起播種機 (松森ら 2003) を用いて 10 cm 間隔に播種穴と施肥穴を形成し、GRダイズ (*Glycine max* L., 品種: モンサント社の MON1) と肥効調節型肥料 (コープケミカル: 大豆専用一発 522) を手作業で交互に配置した後、覆土・鎮圧して試験区を設定した。

栽植様式は条間 70 cm, 株間 20 cm を標準とし、一穴当たり 3 粒を 2002 年 6 月 17 日に播種して、18 日後の本葉展開時に 2 本立ちとした。肥効調節型肥料は N - P₂O₅ - K₂O が 10 a 当たり 7.5 kg - 6 kg - 6 kg となるよう施用した。同肥料の N は LP40 と LPs80 が 1 : 2 の割合で混合してあるた

め、全量基肥として施用し、開花期追肥を省略した。実験計画は 3 反復の乱塊法で、1 区画 20 株 × 4 条 (狭畦区は 20 株 × 7 条) とした。

試験区は除草方法と畦幅によって播種後無処理区、慣行処理区、GL1 回散布区、GL2 回散布区、および対照として手取りで適宜除草を行う完全除草区を設けた。また、畦幅を 1/2 にした GL2 回散布狭畦区も設定した。各処理区の詳細を第 1 表に示した。

2. 調査方法

試験区に 1 m 四方のコドラートを設置し、その中で生育する雑草の植被率と草種ごとの最高位にある草高を定期的に調査した。植被率はデジタルカメラ (CASIO, QV - 3000EX) で撮影したものを画像処理して算出した。コドラート内の雑草は、草高の低下が多くる区で認められた 10 月 4 日に地際からすべて刈取り、草種ごとに分別して 70°C で 72 時間乾燥させた後、乾物重を測定した。

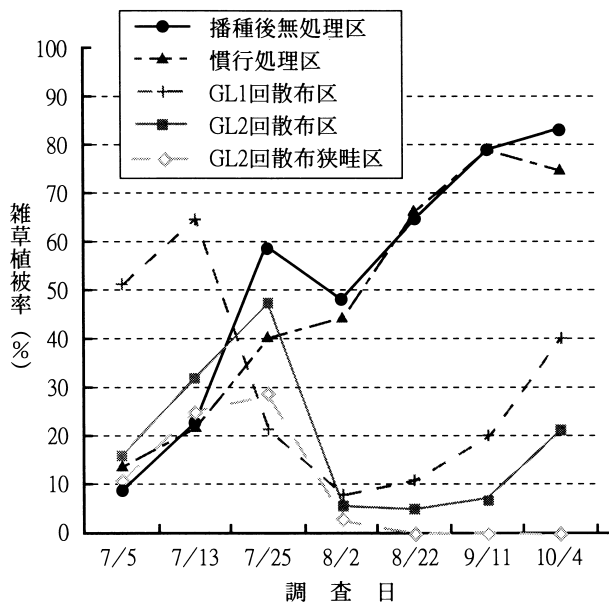
ダイズは試験区内中央 2 条の両端を除く株から 10 株 (狭畦区は中央 5 条から 4 株) ずつ抽出し、定期的に主茎長と SPAD 値 (ミノルタ, SPAD - 502) を測定した。落葉後の 11 月 1 日に生育調査対象の 20 株から 10 株を抽出して地際で刈取り、株ごとの分枝数、莢数、子実数を調査の後、6.7 mm の篩で選別した整粒を 70°C で 72 時間乾燥させて乾物重を測定した。その後、これを 15% 水分重に換算して 100 粒重を求めた。さらに、試験区内に残るすべての株を足踏み式脱穀機と 6.7 mm の篩で脱穀・選別した後乾燥し、先に求めた収量構成要素算出用の株から得られた整粒と合わせて、単位面積当たりの収量 (15% 水分換算) を算出した。平均値間の有意差検定は分散分析の後、Tukey 法を用いた多重比較により行った。

結果および考察

1. 雑草の生育

(1) 雑草植被率の推移

試験区別のコドラート内雑草植被率の推移を第 1 図に



第1図 グリホサート耐性ダイズの不耕起栽培における雑草
 植被率の推移
 凡例中の“GL”はグリホサート系除草剤を意味する。

示した。

播種後無処理区と慣行処理区では6月3日のGL散布以降に出芽したオオマツヨイグサやヨモギなどが生育を続け、8月2日には畦間を覆った雑草により植被率がそれぞれ48%と45%になった。9月11日の雑草植被率は共に79%、10月4日は83%と75%になり、ダイズは雑草との強い光競合関係にあったと考えられる。この時点での両区におけるオオマツヨイグサの草高(10月4日の平均±標準偏差, 以下同じ)は 88 ± 44 cmと 138 ± 20 cmで、どちらの区もダイズ主茎長(30 cm程度)を大きく上回るため、植被率に及ぼす影響は大きかったと考えられる。ヨモギの草高も 100 ± 7 cmと 134 ± 23 cmなため、影響は大きかったと考えられる。播種後無処理区ではイネ科雑草の草高もイヌビエ 159 ± 1 cm, エノコログサ 100 ± 28 cm, メヒシバ 93 ± 14 cmなため、やはり影響は大きかったと考えられる。しかし慣行処理区では、イネ科雑草に有効な除草剤を6月17日と7月20日に散布した効果でこれらの雑草は生育せず、植被率に影響を及ぼすことはなかった。

GL1回散布区ではダイズ播種前から雑草が生育し、7月5日時点ではヨモギ、ヒメムカシヨモギ、オオアレチノギクなどが本葉展開後間もないダイズを覆い隠すほどに生育した。7月13日には畦間がこれらの雑草で覆い尽くされて雑草植被率は65%まで上昇したが、同日のGL散布により、7月25日の21%を経て8月2日には8%まで低下した。しかしそれ以降は雑草植被率が再び高まり、10月4日では40%になった。この時、オオマツヨイグサ

は全コドラートでの再生・生育が確認されたが、草高は 14 ± 4 cmですべてがダイズ主茎長以下だった。GL散布時点で既に大きく生育していたオオマツヨイグサは、GLに対する抵抗性が強く枯死には至らないが萎縮してその後の生育が著しく抑えられたため、植被率に及ぼす影響は大きくなかったといえる。ヨモギについては、GL散布以降の影響は認められなかった。イネ科雑草の草高はメヒシバ 68 ± 8 cm, イヌビエ 105 cm(1コドラートでの生育)だった。GL2回散布区で撮られた画像との比較から、8月2日時点のGL1回散布区はダイズ生育量の劣っている様子が認められた。このためGLの作用で雑草が枯死・萎縮すると、畦間が広く空いて日射量が多くなる。その結果、例えば8月2日にはほとんど認められなかったメヒシバが、22日は $21 \sim 33$ cm(平均28 cm)、9月11日は $68 \sim 100$ cm(同82 cm)と急激に生育・伸長するなどして、植被率に影響を及ぼす状態になったと考えられる。

GL2回散布区とGL2回散布狭畦区では、7月13日時点にはダイズと同程度の大きさに生育したオオマツヨイグサやヨモギが畦間に散見され、雑草植被率はそれぞれ32%と25%だった。7月20日に行った2回目のGL散布後も雑草植被率は上昇したが、8月2日には6%と3%に低下した。これはGRダイズが生育する一方で、生育中のすべての雑草はGLが徐々に移行して萎縮または枯死したことによる。10月4日のGL2回散布区の雑草植被率が21%に上昇したのは、GLの2回目散布で枯死に至らなかったヨモギやオオマツヨイグサが畦間で再生し、一部がダイズ主茎長以上に生育したためである。GL2回散布狭畦区は8月2日時点でダイズ草冠が畦間をほぼ覆ったため、8月22日以降の植被率は0%になった。両区では、植被率に影響するようなイネ科雑草の生育は認められなかった。

(2) 主な雑草種の乾物重

各処理区において、10月4日の雑草刈取り時点でコドラート内に生育していた主な雑草種の乾物重を第2表に示した。

播種後無処理区の雑草乾物重は合計 447 g/m²であった。このうちオオマツヨイグサは 242 g/m²で全体の54%を占め、ダイズ生育に大きな影響を及ぼしたと考えられる。ヨモギは 37 g/m²で8%を占めた。イヌビエ, エノコログサ, メヒシバなどのイネ科雑草は合計 160 g/m²で36%を占め、オオマツヨイグサと同様ダイズ生育に大きな影響を及ぼしたと考えられる。イネ科雑草は、オオマツヨイグサやヨモギなどの乾物重が小さいコドラートで増える傾向が見られた。

慣行処理区の雑草乾物重は合計 498 g/m²であった。オオマツヨイグサは 356 g/m²で全体の71%を占め、ダイズ生育に大きな影響を及ぼしたと考えられる。ヨモギは乾

第2表 試験区内の主な雑草の乾物重

		乾物重 (g/m ²)
播種後無処理区	オオマツヨイグサ	242 ± 213
	イヌビエ	19 ± 18
	エノコログサ	16 ± 15
	メヒシバ	126 ± 153
	ツユクサ	6 ± 5
	ヨモギ	37 ± 32
	その他	2 ± 2
	合計	447 ± 122 a
慣行処理区	オオマツヨイグサ	356 ± 248
	ヨモギ	139 ± 151
	その他	3 ± 2
	合計	498 ± 235 a
GL1 回散布区	オオマツヨイグサ	12 ± 9
	イヌビエ	8 ± 15
	メヒシバ	18 ± 13
	エノコログサ	2 ± 2
	その他	3 ± 3
	合計	43 ± 20 b
GL2 回散布区		3 ± 2 b
GL2 回散布狭畦区		1 ± 1 b
完全除草区		0 ± 0 b

注1) 表中の数値は平均値±標準偏差。

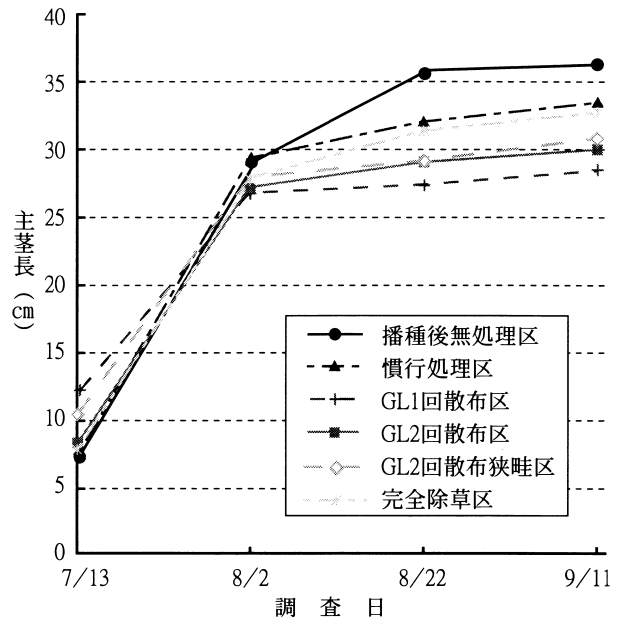
2) “GL”はグリホサート系除草剤を意味する。

3) 同一アルファベットを含む試験区間では有意差がないことを示す (P=0.01: Tukey 法による)

物重が139g/m²で28%を占め、オオマツヨイグサと同様ダイズ生育に影響を及ぼしたと考えられる。同区ではイネ科雑草に有効な除草剤を散布した効果で、イネ科雑草は見られなかった。

GL1 回散布区の雑草乾物重は合計 43g/m²で、播種後無処理区や慣行処理区と比べると1/10以下の質量となった。したがってダイズ生育に及ぼす影響は限定的なものだったと推察されるが、これは雑草生育中のGL散布の効果による。オオマツヨイグサの乾物重は全体の28%だが、イヌビエ、エノコログサ、メヒシバなどのイネ科雑草が全体に占める割合は66%となり、上記2区の草種比率に比べ著しく高くなった。GL散布で各種雑草が枯死・萎縮した後の畦間で、これらの雑草が新たに萌芽・生育したためと考えられる。ヨモギはすべてが枯死していた。

GL2 回散布区とGL2 回散布狭畦区の雑草乾物重はそれぞれ3g/m²と1g/m²で、生育量は著しく少なかった。両区では播種前のGL散布の効果で、雑草の生育期間がGL1回散布区より短いため、2回目のGL散布時に雑草はそれほど大きく生育していないことが植被率算出のため



第2図 不耕起栽培におけるグリホサート耐性ダイズの主茎長推移

の画像からも判断できた。その結果、ほとんどすべての雑草をGL散布で枯死させることが可能だった。雑草が枯死して畦間に雑草がなくなった段階では既にダイズが優占種となっており、ダイズの生育に影響を及ぼすような雑草の新たな生育を抑えることができたといえる。

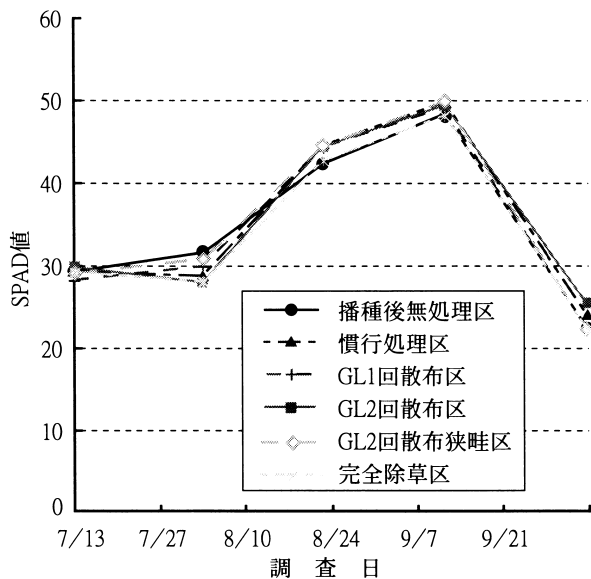
全雑草の乾物重合計は、播種後無処理区と慣行処理区が他の処理区に比べ1%水準で有意に大きくなった。

(3) 処理法と雑草の関係

本研究で用いた不耕起栽培圃場では、オオマツヨイグサやヨモギなどの2年生および多年生雑草がダイズ生育の初期段階から見られる点で、慣行栽培圃場と異なった。既に大きく生育しているこれらの雑草に対しては、GLを散布すれば枯死・萎縮させてその後の草高を低下させることができ、また総乾物重も減らせられるなど防除効果が大きかった。イネ科雑草に対しても、十分な効果が得られた。

しかしGLの1回散布では、雑草を完全に枯死させ、あるいは新たに萌芽した雑草の生育を抑制することは不可能だった。またこの処理法ではダイズの生育が悪いため、ダイズによる畦間の被覆効果が相対的に劣った。その結果、GL散布以前に生育していた雑草が枯死・萎縮して広い畦間が形成されると、その後イネ科雑草が急激に繁茂し、ダイズの生育に再び影響を及ぼす結果となった。

不耕起栽培では、GLの2回散布が各種雑草の防除に効果的であり、さらに狭畦栽培を組合せると畦間の被覆程度を早期に高めることができるため、雑草防除効果の向上が期待できた。



第3図 不耕起栽培におけるグリホサート耐性ダイズのSPAD値推移

2. ダイズの生育と収量

(1) ダイズの生育

主茎長の推移を第2図, SPAD値の推移を第3図に示した。

主茎長は8月2日以降, 播種後無処理区が他の処理区に比べ大きくなった。同区では8月2日時点の草高がダイズ主茎長を上回る雑草として, オオマツヨイグサ, ヨモギ, イヌビエ, メヒシバなどが認められた。雑草の種別乾物重(第2表)と合せて判断すると, これらの雑草はその後も生育・繁茂を続け, ダイズ主茎長以上の草高を持つ個体が多数存在したと考えられる。これらの雑草との競合でダイズが徒長気味に生育したと推察される。

SPAD値には試験区による違いが見られないことから, GL散布によるダイズへの葉害は生じなかったと判断さ

れる。なお, 播種後無処理区と慣行処理区では, 10月4日時点で既に落葉してSPAD値の測定が不能な株がそれぞれ20%, 13%確認された。これは, 雑草との養分競合・光競合などによって上位葉に黄化・枯死が早く生じたためと考えられる。

(2) 収量および収量構成要素

収量および収量構成要素の調査結果を第3表に示した。播種後無処理区および慣行処理区の収量は完全除草区(270g/m²)の30%以下になった。両区では分枝数が共に3.7本/株で, 標準畦幅で栽培した他の処理区に比べると5%水準で有意に少なく, これが莢数と整粒数の減少を引き起こし, 減収につながったと考えられる。分枝数の減少は, 畦間雑草による雑草害と考えられた。両区では全粒数に対する被害粒率の割合が21%と15%で, 他の処理区に比べると5%水準で有意に高いか, 有意差はないが高い傾向にあった。両区のダイズは繁茂した雑草下での生育を余儀なくされたため, ダイズの光合成が阻害されると同時に, 雑草が病害虫の温床になったことによると考えられた。

GL1回散布区の収量(197g/m²)は完全除草区の73%だが, 有意差はなかった。同区に分枝数は6.0本/株で完全除草区に対して有意に少なく, これはダイズ生育初期に畦間に雑草が繁茂していたためと考えられる。分枝が少ない影響で莢数と整粒数も完全除草区に対して有意に少なく, このため収量が減少したと考えられる。したがってGL1回散布区は, ダイズの生育にとって好ましい環境とはいえなかった。

GL2回散布区の収量は261g/m²で, 完全除草区と同等になった。同区の莢数および整粒数も完全除草区と同等で, 有意差は無かった。

GL2回散布狭畦区の株当たり莢数, 整粒数は5%水準で有意に少なかった。雑草の影響は無くとも, 畦幅を狭めて密植したことが分枝の発生を抑制し, これが莢数および整粒数減少の原因になったと考えられる。しかし同区は栽植密度が他区の2倍であり, また100粒重も完全除

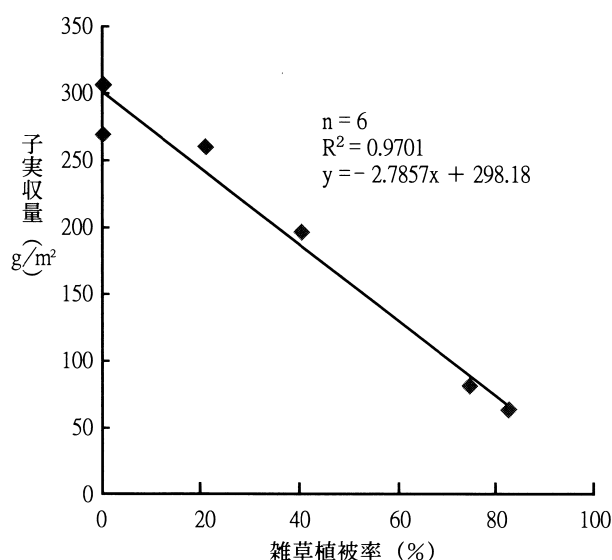
第3表 不耕起栽培におけるグリホサート耐性ダイズの収量および収量構成要素

	収量 (g/m ²)	1 m ² 当り株数 (株/m ²)	分枝数 (本/株)	莢数 (個/株)	整粒数 (粒/株)	被害粒率 (%)	100粒重 (g)
播種後無処理区	64 c	7.1	3.7 c	27.9 d	37 e	21.0 a	25.7 a
慣行処理区	82 c	7.1	3.7 c	32.5 d	45 de	15.2 ab	25.2 a
GL1回散布区	197 b	7.1	6.0 b	64.0 bc	105 bc	11.4 ab	26.7 a
GL2回散布区	261 ab	7.1	7.0 ab	78.4 ab	130 ab	5.7 b	28.2 a
GL2回散布狭畦区	306 a	14.3	5.5 bc	51.3 c	75 cd	8.7 b	28.2 a
完全除草区	270 ab	7.1	9.1 a	82.5 a	138 a	9.6 b	27.2 a

注1) 表中の“GL”はグリホサート系除草剤を意味する。

2) 「被害粒率」は, 全粒数に占める(未熟粒+虫食い粒+カビ粒)の割合を示した数値。

3) 同一アルファベットを含む試験区間では有意差がないことを示す(P=0.05: Tukey法による)。



第4図 不耕起栽培における雑草被度とグリホサート耐性ダイズ収量の関係

草区と同等だったため、単位面積当りの収量 (306g/m²) は最も高くなった。

(3) 処理法の違いと収量の関係

単位面積当り収量と雑草植被率の関係を第4図に示した。

雑草植被率が小さいほどダイズの子実収量は高くなり、両者の間には高い負の相関 ($r^2=0.97$, $p<0.01$, $n=6$) が認められた。このことから、不耕起ダイズ栽培で収量を高めるには、ダイズが十分な日照を得られる環境を提供することが必要なことが明らかであった。その方策として、GRダイズとGL2回散布の組合せによる雑草防除が極めて有効といえた。さらにこの組合せに狭畦栽培を組込むと、単位面積当り収量の増加が期待でき、草冠被覆を早期に高めることができるために雑草防除効果も高いことが明らかとなった。

まとめ

不耕起栽培において、グリホサート系除草剤 (以下、GL) とグリホサート耐性ダイズ (以下、GRダイズ) の組合せによる雑草防除効果とダイズ狭畦栽培の有効性について検討した結果、以下のことが明らかになった。

① 雑草植被率と収量の間には、高い負の相関が認められた。収量を高めるには雑草の生育・繁茂の抑制が

重要であることが明らかであった。

- ② GL2回散布とGRダイズの組合せによって、手取り除草と同程度の雑草抑制とダイズ子実収量の確保が可能であった。GL散布は、播種作業前とダイズ3～4葉期の計2回行い、畦間雑草がダイズの初期生育を抑制しないようにすることが必要であった。
- ③ GL2回散布と組合せたGRダイズの狭畦栽培では、畦間が早期にダイズ草冠で覆われるため、ダイズ生育期間中の畦間雑草をほぼ完全に抑制できるなど最も高い雑草防除効果がみられた。同栽培法では株当り整粒数は少ないが栽植密度が高いため、標準畦栽培の完全除草と比べても増収傾向にあった。

引用文献

- Fawcett, R. and D. Towery 2002. Conservation Tillage and Plant Biotechnology. Conservation Technology Information Center, 1220 Potter Drive, Suite 170, West Lafayette, IN 47906 - 1383, pp.1 - 20.
- Gonzini L. C., S. E. Hart and L. M. Wax 1999. Herbicide combinations for weed management in glyphosate - resistant soybean (*Glycine max*). Weed Technol. 13 : 354 - 360.
- 松森一浩 2003. 小型軽量ダイズ不耕起播種機の開発と栽培管理に関する研究. 宮城県農業短期大学特別試験研究報告 10 : 3 - 5.
- 農林水産省 1999. 大豆の不耕起播種技術マニュアル, pp.1 - 16.
- Reddy, K, N. 2001. Glyphosate-resistant soybean as a weed management tool : Opportunities and challenges. Weed Biology and Management 1 : 193 - 202.
- 佐合隆一 1999. 第7章 おもな作業工程 (各論) 7.5 雑草防除. 日本農作業学会編, 農作業学. 農林統計協会, 東京, pp.291 - 303.
- 坂井直樹・春原 亘・高塚清一・衛藤邦男・角田公正 1987. 不耕起栽培の評価 第2報 圃場への直接投入エネルギー. 農作業研究 22 : 113 - 119.
- 春原 亘・坂井直樹・高塚清一・衛藤邦男・角田公正 1985. 不耕起栽培の評価 第1報 作業体系と省力効果. 農作業研究 54 : 37 - 50.
- Unger, P. W. and T. M. Calla 1980. Conservation tillage systems. Advances in Agronomy 33 : 1 - 58.
- 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.

・ (2004年2月20日受付, 3月1日受理)