

転換畑ダイズ作における有芯部分耕栽培が土壤水分および生育・収量に及ぼす影響

吉永悟志・河野雄飛・白土宏之・長田健二・福田あかり
(東北農業研究センター)

要旨：土壤の過湿や過乾燥の影響を受けやすい転換畑ダイズ作において、ロータリ爪の一部除去や付け替えにより播種条下を不耕起として、耕耘した条間の土壤で種子を覆土する「有芯部分耕栽培」を適用し、同栽培法が土壤水分や生育・収量に及ぼす影響について慣行の全層耕耘栽培と比較した。有芯部分耕栽培における播種条下の不耕起土壤の三相分布は耕耘土壤と顕著な差を示し、固相や液相の比率が高かった。また、土壤乾燥時には全層耕耘した土壤よりも含水率が高く維持されるとともに、湿潤条件での同様の比較では有芯部分耕栽培の不耕起部の含水率が低い傾向を示し、土壤水分の変動が小さいことが示された。一方、耕耘法の違いによりダイズ生育に差を生じ、有芯部分耕栽培において開花期の主茎長や主茎節数の増大、乾物重の増加が確認され、着莢期～子実肥大期においても同様の傾向が継続して認められた。また、収量に関しては、有芯部分耕栽培により着莢数や百粒重が増大する傾向が示され、子実重の有意な増加が認められた。なお、子実成分に関する耕耘法間差は認められなかった。このような生育量の増大や収量の増加を生じた要因として、有芯部分耕栽培では、土壤含水率の変動が小さい不耕起土壤により土壤の過湿や過乾燥のダイズ生育への悪影響が緩和されることが考えられる。土壤の透水性や土性と有芯部分耕の有効性との関係の解明や作業性の向上が今後の課題である。

キーワード：耕耘法、収量、生育、ダイズ、転換畑、土壤水分、有芯部分耕。

我が国におけるダイズ生産面積は1994年に約60000 haにまで減少していたが、水田転換畑を中心に急増して2003年には約150000 haにまで達し、その後若干減少しているものの、約10年間で2倍以上に拡大している。転換畑では、土壤透水性不良による湿害が顕著になるとともに耕耘時の碎土性低下により乾燥害も助長されやすいという特徴があるため(橋本1978, 杉本ら1988)、転換畑ダイズ作の急増にともなって収量性や品質の安定化が重要な課題となっている。さらに、我が国のダイズ作の主要な作型においては、生育期に梅雨の多雨期と梅雨明け後の高温少雨期があり、生育期間中の気象条件の変動が大きい。東北地域の水稲後のダイズ作を例にとると、播種時期は梅雨入り前の5月下旬から6月上旬となるため、太平洋側、日本海側ともに降雨量が少ない時期で天候は比較的恵まれている。しかしながら、年次によっては播種後の降雨が遅れて、土壤乾燥による出芽の不揃いや初期生育の遅れを生じる。一方、6月下旬以降は天候不順の日が増えて7月下旬の梅雨明けまでは降水量が多いために、湿害によるダイズ生育の抑制が懸念される。さらに、梅雨明け後の8月は気温が高い条件になるとともに、ダイズの開花期～着莢期に当たり水分要求量が増加するため、梅雨明け後降雨が少ない場合には土壤の乾燥の影響を受ける可能性がある。このように、ダイズ生育期間中は土壤の乾湿の変動が大きい。特にダイズの根粒は土壤の過湿や乾燥により窒素固定活性が低下するため(島田2005)、土壤水分の制御によりダイズ生育を安定させ

る栽培法の検討が重要となる。

一方、転換畑ダイズ作における土壤水分制御法については、圃場への明・暗渠の設置や近年開発された地下灌漑システム(藤森2007)の導入などの営農排水的な対応と、播種時の畝立てや浅耕等の耕耘法(田中ら2004, 渡辺ら2004, 細川2005)による対応の検討が進んでいる。このうち、耕耘法による対応に関し、東北農業研究センターでは、市販ロータリの簡易な改変による耕耘法の改善について検討し、ロータリ爪の一部の付け替えにより不耕起土壤を残すことで湿害・乾燥害の軽減効果を得ることを目的とした「有芯部分耕栽培」(吉永2006)を開発した。

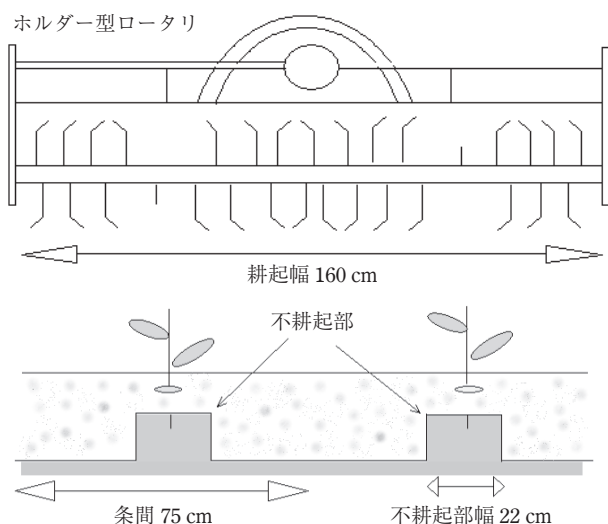
本報告ではこのような有芯部分耕栽培が転換畑ダイズ作における土壤水分やダイズの生育・収量に及ぼす影響について3カ年にわたり検討した結果を取りまとめた。なお、一般に「部分耕播種」と呼ぶ場合には播種条を耕耘することが一般的であるが、本報告で検討を行う耕耘法は、播種条を不耕起として条間を耕耘することが特徴となっている。このため一般的な「部分耕」との混同が無いように「有芯部分耕」という用語を用いている。

材料と方法

1. 栽培条件

1) 場内試験

試験は2003～2005年の3カ年にわたって、東北農業研究センター大仙研究拠点(秋田県大仙市)内の灰色低地土



第1図 有芯部分耕のロータリ爪配置および耕耘条件.

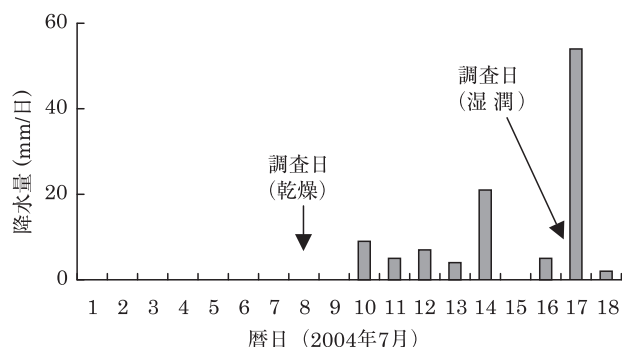
水田において行った. 各年とも作付け前年に水稻を作付けした転換畑を利用したが, 2005 年はダイズ連作 (2 年目) の圃場も供試した. 供試品種は秋田県における基幹品種で東北地域全体での生産量が最も多い, 豆腐用の大粒品種リュウホウを用いた. 播種時期は 2003 年および 2004 年は 6 月 3 日, 2005 年は 6 月 13 日 (以上, 水稻後ダイズ作初年目) および 6 月 16 日 (水稻後ダイズ連作 2 年目) で, 殺菌剤 (米澤化学, キヒゲン R-2 フロアブル) を粉衣した種子を用い, 後述のロータリ播種機による耕耘同時播種を行った. 2005 年のダイズ連作条件では, 前年のダイズ収穫後 (2004 年 10 月) に耕耘・均平を行い, 翌年のダイズ作付けまで不耕起とした. 栽植密度は慣行栽培に準じ, 条間 75 cm, 株間 18 cm, 1 株 2 粒 ($7.4 \text{ 株}/\text{m}^2$, $14.8 \text{ 粒}/\text{m}^2$) とし, 目標播種深度は 3 cm とした. 播種直後に土壤処理型の除草剤を散布し, 播種後約 30 日に中耕, 同 45~50 日に中耕培土を実施した. また, 耕耘前に苦土石灰を $100 \text{ kg}/10 \text{ a}$ 散布し, 水稻後作では窒素, リン酸, カリともに無施用, ダイズ連作条件では基肥として成分量で窒素 $1.5 \text{ kg}/10 \text{ a}$, リン酸およびカリ $5.0 \text{ kg}/10 \text{ a}$ 施用した. なお, 試験区配置は各年次とも乱塊法の 3 反復 (1 区面積 96 m^2) で行った.

2) 現地試験

現地試験は秋田県大仙市内の水稻作付け後の農家圃場 (多腐植質黒ボク土) を用いて行った (圃場面積 $30\sim50 \text{ a}$). 場内試験に準じた品種, 種子粉衣, 栽植方法により, 2003 年 6 月 4 日, 2004 年 6 月 15 日および 2005 年 6 月 8 日にそれぞれ耕耘同時播種を行った. なお, 試験区配置は 2003 年は反復無し (調査地点は 3 ヲ所/区), 2004 年および 2005 年は乱塊法 3 反復で行った.

2. 耕耘法

耕耘法として, 慣行法に準ずる全層耕耘区, 播種床を不耕起とする有芯部分耕区を設定した. 両区とも作業幅 160



第2図 土壌水分調査時の降雨状況.

17日調査時の降水量は 33 mm.

cm のホルダー型ロータリに 2 条用播種機を装着したロータリ播種機を用い, 耕深は約 12 cm とした. また, 慣行栽培では事前の耕耘を行った後に播種を行うのが一般的であるが, 処理区間の耕耘日の差の影響を除外するために, 両耕耘法とも事前耕耘を行わず, 一工程で耕耘同時播種を行った. 有芯部分耕栽培では, ロータリ爪のなかで播種条中央付近の 3 枚の爪を除去するとともに, 爪を除去した箇所に隣接する 2 枚の爪を付け替えて播種条の外側に向けた (第1図). これにより, 播種条を中心として約 20 cm 幅が不耕起となり, 条間の碎土された土壤の一部が不耕起部に 4~5 cm 覆土された (第1図). なお, 発芽直後の主根の不耕起土壤中への伸長を補助するために半分程度の長さで切断した直歯状のロータリ爪を播種条中央に装着することで不耕起部の中央に幅 1 cm, 深さ 5 cm のスリットを入れた (第1図). また, 両区とも耕耘後の土壤表面が均平になるようにロータリの均平板を調整した.

3. 調査項目

1) 土壌特性

2004 年の場内試験において, 播種後 30 日以降で無降雨が 5 日以上続いた 7 月 8 日 (乾燥条件) および 30 mm/日以上の降雨直後の 7 月 17 日 (湿潤条件) に容量 100 mL のサンプル缶を土壤中に埋め込んで土壌のサンプリングを行った (第2図). サンプリング部位は不耕起土壌表面の高さを基準として, その上部および下部から行い, 105°C で 48 時間乾燥後, 乾物重を測定して全層耕耘区および有芯部分耕区の土壌の含水比および体積当たり含水率を算出した. また, 2005 年の場内および現地試験の播種直後および開花期頃 (播種後約 50 日目) に, 有芯部分耕の不耕起部分および全層耕耘区の相当する部位に容量 100 mL のサンプル缶を埋め込んで土壌をサンプリングし, 実容積を土壌三相計 (DIK-1121, 大起理化学工業株式会社) で測定後, 上記同様に乾燥重を測定して, 三相分布を算出した.

2) 根粒調査

2003 年および 2005 年の場内試験において, 1 株占有面積に対応する長さ 18 cm, 幅 75 cm, 深さ 25 cm の直方体状に土壌をスコップで掘り取り, 流水中で土壌から根およ

第1表 試験年次の気象条件.

生育時期	平均日照時間 (時間/日)				平均降水量 (mm/日)			
	平年	2003	2004	2005	平年	2003	2004	2005
I 播種～出芽期	4.5	4.5	5.6	4.8	3.8	1.1	6.3	0.9
II 出芽～開花期	4.1	3.2	3.3	3.1	6.0	5.8	7.2	6.9
III 開花～子実肥大期	5.5	2.4	5.6	5.2	5.8	7.0	7.8	5.3
IV 子実肥大～成熟期	4.2	4.2	3.3	4.1	5.5	4.6	6.8	6.1

I: 6月上旬中旬, II: 6月下旬～7月下旬, III: 8月, IV: 9月上旬～10月上旬.

第2表 耕耘法が土壤水分に及ぼす影響.

土壤部位	耕耘法	土壤条件	乾燥時		湿潤時	
			含水比 (重量%)	含水率 (体積%)	含水比 (重量%)	含水率 (体積%)
上部	全層耕起	耕耘	17.2	15.5	35.1	35.3
	有芯部分耕	耕耘	21.6	19.9	37.4	34.6
	有意差		ns	ns	ns	ns
下部	全層耕起	耕耘	25.4	25.5	46.8	69.5
	有芯部分耕	不耕起	31.1	41.2	43.4	64.4
	有意差		**	**	ns	ns

播種後約30日, 中耕後の調査. 上部は地表面から8cm, 下部は地表面8～16cm. 有芯部耕の下部は不耕起土壤. **: 1%水準で有意差有り, ns: 有意差無し.

び根粒を回収し, 根粒数を調査するとともに, 80℃で3日間乾燥後, 乾物重を測定した. 調査地点数は1区当たり2カ所とした.

3) 生育, 収量および品質調査

開花期および開花期から3～4週後の着莢～子実肥大期に子葉節以上の地上部のサンプリングを1区あたり1条×2m (1.5m²) 行い, 地上部重, 1次分枝数, 主茎節数, 主茎長, 茎径を調査した. また, 調査後の株を80℃で3日間乾燥後, 乾物重を測定した.

収量は成熟期に1区あたり2条×3m (4.5m²) 刈り取り, 自然乾燥後脱穀を行い調査した. このとき, 子実は7.3mmの粒選を行い, 7.3mm以上の子実を精子実として子実重と百粒重を調査した (含水率は15%換算). また, 近赤外分光光度計 (Infratec1241, FOSS Tecator 社) を用いて精子実のタンパク (田淵ら1994), 脂肪 (Pazdernikら1997) の各成分含有率, 加工適性である豆腐破断強度の推定 (河野ら2002) を行った. なお, 生育, 収量および品質の栽培法間差の統計検定は, 年次を込みにした3カ年の平均値について行った.

結 果

1. 気象条件

試験を実施した3カ年および平年の気象概況を第1表に示した. 2003年および2005年は播種～出芽期の降水量が少なく, 乾燥傾向であったのに対し2004年は同時期の降水量が高く, 播種直後から湿害を受けやすい条件であった. なお, 2004, 2005年の出芽～開花期における降水量は平年

より多かったが, 期間中の無降雨継続日数は2003年の6日に対し, 10日および9日と長かった. その後の気象条件は, 2003年は寡照条件, 2004年は多雨傾向, 2005年は平年的な気象条件となった. それぞれ特徴的な気象条件であったが, 試験期間は試験地における目立った気象災害は生じなかった.

2. 耕耘法と土壤水分, 根粒着生

耕耘法が土壤含水率に及ぼす影響について第2表に記載した. まず, 土壤表層付近の耕耘土壤の土壤含水率は, 土壤乾燥時および湿潤時ともに耕耘法間差は小さく, 有意な差は認められなかった. これに対し, 耕耘土壤と不耕起土壤の比較となる下層の土壤では, 土壤乾燥時の含水比および体積当たり含水率ともに有芯部分耕区で高くなった. また, 湿潤条件での同様の比較では, 有意差は認められなかったものの有芯部分耕区で含水率が低い傾向が認められた. 一方, 土壤乾燥時の三相分布では, 有芯部分耕の不耕起部の固相率および液相率が高く, 気相率が小さくなることが確認された (第3表). また, 播種直後から開花期にかけて有芯部分耕の不耕起部の固相率が低下する傾向を示したが, 開花期においても播種直後同様に不耕起部で固相率および液相率が高いという特性が維持されていた.

一方, 開花期に耕耘法と根粒菌着生との関係を調査した結果, 有芯部分耕栽培において根粒菌の着生数が多く, その乾物重も大きかった (第4表).

第3表 耕耘法が土壤三相分布に及ぼす影響.

試験地	耕耘法	土壤条件	播種直後			開花期		
			固相	液相	気相	固相	液相	気相
場内	全層耕耘	耕耘	28.2	28.3	43.5	25.5	34.1	40.3
	有芯部分耕	不耕起	37.2	45.1	17.7	32.0	48.1	19.8
	有意差		**	**	**	*	**	*
現地	全層耕耘	耕耘	29.5	35.2	35.3	30.7	31.3	38.0
	有芯部分耕	不耕起	40.3	49.3	10.4	35.2	41.5	23.3
	有意差		*	*	*	**	*	*

不耕起土壤表面を基準として, 下へ5 cm をサンプリング. ** および *: 1%, 5%水準で有意差有り.

第4表 耕耘法がダイズの根の生育に及ぼす影響 (開花期調査).

耕耘法	2003 年			2005 年		
	根粒数 (個/個体)	根粒重 (g/個体)	根重 (g/個体)	根粒数 (個/個体)	根粒重 (g/個体)	根重 (g/個体)
全層耕耘	49	0.40	1.01	110	0.59	1.48
有芯部分耕	62	0.47	1.29	149	0.73	1.54
有意差	*	*	*	*	**	ns

場内試験 (灰色低地土). **, *: 1%および5%水準で有意差有り. ns: 有意差無し.

第5表 場内試験 (灰色低地土) における耕耘法がダイズ生育および収量に及ぼす影響.

年次 (転換後 年数)	耕耘法	開花期					着莢期～子実肥大期					収量		
		主茎長 (cm)	主茎 節数 (/ 個体)	一次 分枝数 (/ 個体)	茎径 (mm)	乾物重 (g/m ²)	主茎長 (cm)	主茎 節数 (/ 個体)	一次 分枝数 (/ 個体)	茎径 (mm)	乾物重 (g/m ²)	稔実 莢数 (個/m ²)	子実重 (g/m ²)	百粒重 (g)
2003	全層耕耘	34.6	10.8	2.8	5.6	104	62.4	15.2	4.9	7.9	368	520	347	34.7
	有芯部分耕	37.6	11.4	2.6	5.9	123	64.4	15.6	4.7	7.8	390	568	383	35.1
2004	全層耕耘	43.0	11.9	1.7	6.5	140	53.9	13.7	2.3	8.2	430	556	298	31.6
	有芯部分耕	48.1	12.4	1.9	7.0	152	57.5	14.0	3.3	9.0	465	594	305	32.6
2005 (初年目)	全層耕耘	33.3	10.7	1.2	6.1	84	52.6	13.7	4.4	7.8	592	620	290	28.8
	有芯部分耕	35.1	11.0	1.9	6.6	114	54.3	13.8	4.9	8.3	628	706	304	30.8
2005 (2年目)	全層耕耘	43.5	11.2	0.4	6.1	102	—	—	—	—	—	—	257	30.2
	有芯部分耕	45.2	11.4	0.3	6.2	116	—	—	—	—	—	—	287	30.2
平均	全層耕耘	38.6	11.2	1.5	6.1	108	56.3	14.2	3.9	8.0	463	565	298	31.3
	有芯部分耕	41.5	11.5	1.7	6.4	126	58.7	14.4	4.3	8.4	495	623	320	32.2
	有意差	*	*	ns	*	*	ns	ns	ns	*	ns	ns	*	*

—: 未調査. **, *: 1%および5%水準で有意差有り. ns: 有意差無し.

3. 耕耘法とダイズの生育および収量

場内試験 (灰色低地土) および現地試験 (多腐植質黒ボク土) における耕耘法と生育との関係は第5表および第6表に示した. 年次により程度に差があるものの, 開花期までの生育は有芯部分耕区において主茎長や主茎節数が増大するとともに, 茎径や乾物重が増加する傾向が共通して確認された. また, このような有芯部分耕における生育促進効果はダイズ連作の条件においても認められた. 一方, 子実肥大期の調査においては, 場内試験の茎径, 現地試験の主茎長および乾物重において有意差が認められ, これ以外の形質においても, 有意差は認められなかったものの有芯

部分耕における開花期の生育量増大の傾向は継続して確認された.

次に, 各年次および試験における収量に関しては, 有芯部分耕区で稔実莢数が増加する傾向が認められ, 場内試験では平均値での有意差は認められなかったものの概ね10%程度有芯部分耕区で増加した (第5表および第6表). また, 場内試験では子実重および百粒重が有芯部分耕区で有意に増加するとともに, 現地試験でも有芯部分耕区における子実重の有意な増加が認められた.

第6表 現地試験（多腐植質黒ボク土）における耕耘法がダイズ生育および収量に及ぼす影響.

年次	耕耘法	開花期					着莢期～子実肥大期					収量		
		主茎長	主茎節数	一次分枝数	茎径	乾物重	主茎長	主茎節数	一次分枝数	茎径	乾物重	稔実莢数	子実重	百粒重
		(cm)	(/ 個体)	(/ 個体)	(mm)	(g/m ²)	(cm)	(/ 個体)	(/ 個体)	(mm)	(g/m ²)	(個/m ²)	(g/m ²)	(g)
2003	全層耕耘	29.3	9.8	1.5	5.4	73	49.6	13.6	7.2	3.4	246	503	300	34.4
	有芯部分耕	32.0	10.4	2.4	6.2	102	51.4	13.9	7.2	3.6	263	569	325	33.5
2004	全層耕耘	28.1	9.8	1.6	5.6	64	38.2	12.4	7.8	2.8	288	549	284	33.0
	有芯部分耕	30.5	10.2	1.9	6.1	80	42.6	12.1	8.1	3.0	318	593	303	33.5
2005	全層耕耘	31.7	10.7	0.8	5.8	96	45.8	13.8	7.6	3.9	471	620	273	29.2
	有芯部分耕	35.5	11.2	1.3	6.5	108	53.9	14.2	8.2	4.1	566	706	288	29.1
平均	全層耕耘	29.7	10.1	1.3	5.6	78	44.5	13.3	7.5	3.4	335	557	286	32.2
	有芯部分耕	32.7	10.6	1.9	6.2	97	49.3	13.4	7.8	3.5	383	623	306	32.0
	有意差	**	**	*	**	**	**	ns	ns	ns	*	ns	*	ns

**, *: 1%および5%水準で有意差有り. ns: 有意差無し.

第7表 耕耘法が品質関連形質に及ぼす影響.

年次	試験地	耕耘法	タンパク (%)	脂肪 (%)	豆腐破断強度 推定値 (g/cm ²)
2003	場内	全層耕耘	45.3	18.7	125
		有芯部分耕	45.6	18.8	128
	現地	全層耕耘	42.9	19.3	110
		有芯部分耕	45.0	18.6	124
2004	場内	全層耕耘	42.5	20.0	104
		有芯部分耕	42.8	19.9	95
	現地	全層耕耘	45.0	18.0	129
		有芯部分耕	45.3	18.1	131
2005	場内	全層耕耘	39.7	20.2	103
		有芯部分耕	39.8	20.2	106
	現地	全層耕耘	42.2	21.3	88
		有芯部分耕	42.5	21.1	100
平均		全層耕耘	42.9	19.6	110
		有芯部分耕	43.5	19.4	114
		有意差	ns	ns	ns

成分は乾物当たり%. 近赤外分光光度計による推定値. 水稻後ダイズ作初年目データ. ns: 有意差無し.

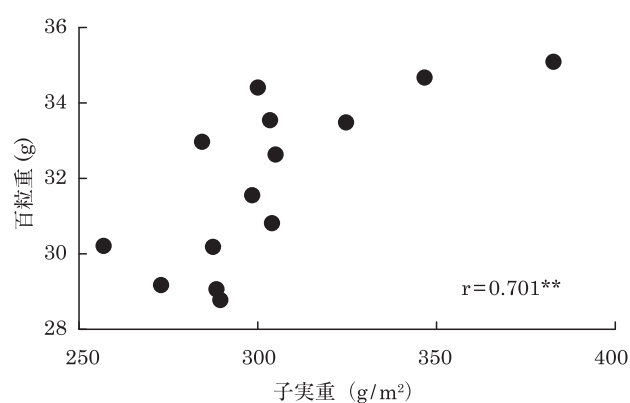
4. 耕耘法と品質

品質関連成分や豆腐加工適性の指標となる豆腐破断強度の推定値には、一定の傾向は認められず、耕耘法の影響は確認されなかった（第7表）。一方、等級判定の基準となる粒大と関連する百粒重について子実重との関係を見ると、両者の間には有意な正の相関関係が認められ（第3図）、多収の条件で百粒重も増大する傾向を示した。

考 察

1. 有芯部分耕と土壌水分

転換畑のダイズ作では透水性低下による湿害が生育・収量不安定化の主要因といえる。土壌の過湿は根粒活性の低下（田中・吉田 1982）やダイズ生育の抑制、減収を生じさ



第3図 子実収量と百粒重との関係.

粒径 > 7.3 mm, 含水率 15% 換算. r は Spearman の順位相関.

** : 1%水準で有意.

せる（杉本ら 1988, 矢作ら 2002, 松崎ら 2006）ことから、透水性の低下しやすい転換畑でのダイズ作の安定化のためには湿害の軽減が最重要課題となる。耕耘法に関する湿害対応策としては、①不耕起等により表面排水を促進することや、②ダイズの播種位置を高めて根の分布域の土壌含水率を低下させることなどが挙げられ、表面排水を促進する栽培法として不耕起栽培（濱口ら 2004）や浅耕栽培（田中ら 2004, 渡辺ら 2004）、ダイズの播種位置を高める栽培法として畝立て栽培（細川 2005）などが有効となる。本試験における有芯部分耕栽培では平畝条件で播種を行っており、全層耕耘条件の平畝栽培と播種位置の相対的な差は小さい。しかしながら、播種床である不耕起土壌は第3表に示したように、固相率が高く、実容積が大きいことから、多雨により滞水状態となる場合の土壌空隙への水の置換量が小さくなる。このため、不耕起土壌は湿害条件でも土壌含水率が増大しにくく、ここに分布する根系への影響が相対的に小さくなることが推察される。また、条間の耕耘部に降水が移行しやすくなることで条間からの排水が促進されると考えられる。

一方、緒言で触れたように播種～苗立ち期、開花期～着莢期には過乾燥の影響も懸念される。ダイズにおける土壤乾燥は、根粒活性の低下 (Bennett and Albrecht 1984, Kirda ら 1989) や莢数の減少による減収 (齊藤ら 1999) を生じさせるため、その影響の軽減が重要となる。本試験において有芯部分耕の不耕起部土壤は慣行栽培の耕耘土壤と比較して乾燥条件における土壤含水率が高く維持されていた。不耕起土壤の上に播種され発芽した種子の主根は不耕起土壤に接触し、速やかに吸水を開始するため、播種後の降雨が少ない条件であっても乾燥時の出芽不揃いを生じにくいものと推察される。また、第3表において示されたように、不耕起土壤の土壤特性は開花期においても維持されていることから、不耕起土壤による乾燥害の軽減効果は生育後半まで及ぶものと考えられた。不耕起土壤の含水率が高い要因としては、不耕起土壤が下層土と連続しているために乾燥時でも下層の土壤に含まれる水分が不耕起部に移行しやすいことや、不耕起部は土壤の空隙が少ないために土壤水分が蒸発しにくいことなどが考えられる。

このように、有芯部分耕の不耕起部は過乾燥や過湿条件を生じにくく根粒の着生や窒素固定活性の維持に有利な条件となっているものと考えられる。実際に、着生根粒数と耕耘法との関係を調査した結果では、有芯部分耕による根粒着生の増加が認められた (第4表)。また、小沢 (1998) は、同一個体の根系が乾燥土壤と湿潤土壤に同時に分布した場合には、湿潤土壤の根系から乾燥土壤の根系に土壤水分が移動することを示している。このことは、土壤の水分ストレスが高まったとしても同一個体の根系の一部が相対的にストレスの小さい条件にあれば、その影響を軽減できることを示唆している。このため、有芯部分耕において条件の異なる土壤が根系内に混在することは、転換畑のように土壤水分の変動が大きくなる条件でのダイズの生育・収量の安定化に有効となるものと推察される。

2. 有芯部分耕と生育、収量および品質

本試験では、灰色低地土および多腐植質黒ボク土の圃場において3年間の圃場試験を実施したが、生育状況としては概ね共通した傾向が認められている。生育初期の乾燥傾向と多雨傾向の両条件、あるいは同時期の乾湿の変動が大きかったと想定される2004、2005年において、有芯部分耕区における生育量の増大効果が共通して認められ、開花期までの主茎長や茎径の増大や地上部乾物重の増加が示された (第5表および第6表)。この要因として、上記のように有芯部分耕では土壤の過湿や過乾燥が軽減され、ダイズの生育抑制や減収につながる土壤水分の変動 (世古ら 1987, Shimada ら 1995) が小さくなることから、このような生育量の増大に寄与しているものと考えられる。その後、子実肥大期においては有意差が認められなくなる形質が多くなったものの生育量の増大傾向は継続して確認された。開花期以降の生育差が不明瞭となった要因としては、中耕培

土やこれにともなう根系の拡大により全層耕耘区においても湿害や乾燥の影響を受けにくくなったためと推察される。

次に、収量については有芯部分耕区における増収傾向が確認された。開花期までの生育の差は、分枝の開始時期や本数を介して総節数の増加に結びつくこと、土壤の過乾燥や過湿条件が着莢数を減少させる (齊藤ら 1999, 矢作ら 2002, 松崎ら 2006) ことから、有芯部分耕における乾燥害や湿害の軽減や生育前半の生育増大にともなう着莢数の増加により、増収につながったものと推察される。

また、有芯部分耕栽培による開花期までの生育量の増大や増収効果は、ダイズ連作の条件においても確認された。本試験地の様な積雪地帯では、前年の秋に耕耘および整地を行えば翌年の播種時までの積雪による土壤の鎮圧効果により、水稻後作と類似した条件が得られるものと推察される。同圃場の前年ダイズ作 (2004年) や2005年の転換初年目圃場と比較して連作条件で減収傾向となった要因としては、2005年は開花～子実肥大期の降水量が少なかったために透水性が相対的に良好な連作圃場での土壤乾燥が影響したことが考えられる。

なお、本試験では、耕耘時期や耕耘回数の影響を除去するために対照区とした全層耕耘においても一工程で耕耘同時播種を行った。慣行栽培では事前耕耘を行った後にハローに装着した播種機を用いて播種を行う事例が多いが、事前耕耘～播種の期間が乾燥傾向である場合には播種後の乾燥の影響が強くなることが想定されるため、本試験における結果以上に播種後の乾燥条件での生育差は拡大するものと推察される。

次に、耕耘法と品質に関連する子実成分や豆腐破断強度との関係では、耕耘法の影響は小さいものと推察された (第7表)。一方、検査等級と関連する百粒重については、有芯部分耕区において全層耕耘区と比較して増大する事例が多かった。第3図において収量が高い条件で百粒重も大きくなる傾向が示唆されたことから、有芯部分耕による収量の安定化が品質向上にも有効になると考える。

3. まとめ

以上のように、灰色低地土および多腐植質黒ボク土において栽培試験を行い、有芯部分耕の有効性を示す結果が得られた。しかし、有芯部分耕栽培の特徴である不耕起部の保水性や耕耘土壤との含水率の差は、土性や圃場の水分環境により大きく異なることが推察される。このため、これらの条件と有芯部分耕による生育・収量への影響について、今後検討を進める必要があると考える。

一方、作業性に関しては、有芯部分耕は一工程播種により耕耘と播種作業を同時に行う特徴を有する。一工程播種は、①事前耕耘を省略するため総作業時間が短縮される、②播種期間中に降雨があった場合、事前耕耘を行った条件と比較して作業を再開しやすい、という利点がある。しか

しながら、播種作業のみの作業能率を慣行法と比較すると一工程播種では1/2以下に低下する。実際に農家が作業を行う場合には、作業機利用や播種可能期間等の制限により、播種作業能率が重視される場合も多い。このような状況に対応して作業速度向上のための検討を行っている。

引用文献

- Bennett, J. M. and S.L. Albrecht 1984. Drought and flooding on N_2 Fixation, water relations, and diffusive resistance of soybean. *Agron. J.* 76 : 735–740.
- 藤森新作 2007. 転換作物の安定多収をめざす地下水位調節システム. 農及園 82 : 570–576.
- 濱口秀生・中山壮一・梅本雅 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. 中央農研七研究資料 5 : 1–21.
- 橋本鋼二 1978. 水田大豆作の問題点 (1). 農業技術 33 : 103–107.
- 細川寿 2005. 湿害回避のための大豆耕うん同時畝立て作業技術. 農業技術 60 : 254–257.
- Kirda, C., S.K.A. Danso and F. Zapata 1989. Temporal water stress effects on nodulation, nitrogen accumulation and growth of soybean. *Plant Soil* 120 : 49–55.
- 河野雄飛・境哲文・高田吉丈・島田信二 2002. ダイズ品種の豆腐加工適性. I. 栽培条件による変動および近赤外分光分析機を用いた豆腐破断強度の推定. 育種学研究 4 (別 2) : 319.
- 松崎守夫・高橋智紀・細川寿 2006. 北陸地方の重粘土転換畑におけるダイズの収量, 窒素集積に及ぼす過湿条件, 被覆尿素の影響. 日作紀 75 : 13–22.
- 小沢聖 1998. 下層土に伸長した根の吸水・吸肥の調節. 東北農試研報 93 : 51–100.
- Pazdernik, D.L., A.S. Killam and J.H. Orf 1997. Analysis of amino and fatty acid composition in soybean seed, using near infrared reflectance spectroscopy. *Agron. J.* 89 : 679–685.
- 齊藤邦行・タリクムハマド・黒田俊郎 1999. 土壌水分の欠乏が大豆の開花結実に及ぼす影響. 日作紀 68 : 537–544.
- 世古晴美・佐村薫・加護谷栄章・二見敬三・吉倉惇一郎・沢田富雄・青山喜典 1987. 排水改良転換畑における大豆栽培の多収安定化. 第3報 地下水位の高低と灌水の影響. 兵庫農総七研報 35 : 21–24.
- Shimada, S., M. Kokubun and S. Matsui 1995. Effects of water table on physiological traits and yield of soybean. 1. Effects of water table and rainfall on leaf chlorophyll content, root growth and yield. *Jpn. J. Crop Sci.* 64 : 294–303.
- 島田信二 2005. 水田転換畑作大豆の多収化戦略. 日作紀 74 (別 2) : 382–387.
- 杉本秀樹・雨宮昭・佐藤享・竹之内篤 1988. 水田転換畑におけるダイズの過湿障害. 第1報 土壌の過湿処理が乾物生産と子実収量に及ぼす影響. 日作紀 57 : 71–76.
- 田淵公清・菊池彰夫・足立大山 1994. 大豆の蛋白質含有率の変異に関する研究. 第2報 近赤外分光分析法を用いた1粒分析法の検討. 日作東北支報 37 : 67–68.
- 田中幸平・福島裕助・尾形武文・岩渕哲也・中原秀人 2004. 雨の間でも播種できる大豆の浅耕一行程播種法と3粒点播法. 農及園 79 : 973–977.
- 田中伸幸・吉田昭 1982. 大豆生育初期における土壌水分と根粒着生. 山形農試研報 17 : 151–159.
- 渡辺輝夫・松尾和之・増田欣也・中西幸峰 2004. 小明渠作溝同時浅耕播種機による大豆の浅耕播種作業技術. 農作業研究 40 (別 1) : 39–40.
- 矢作洋樹・熊井久美子・磯部勝孝・石井龍一 2002. 土壌の過湿処理が大豆の花房次位別の花数・莢数及び子実収量におよぼす影響. 日作紀 71 (別 2) : 150–151.
- 吉永悟志 2006. 転換畑大豆作における有芯部分耕栽培. 農業技術体系 204 : 76–81.

Effects of Inter-Row Strip Tillage on Soil Water Content, the Growth and Yield of Soybean (*Glycine max* L.) in Upland Field Converted from Paddy Field : Satoshi YOSHINAGA, Yuhi KONO, Hiroyuki SHIRATSUCHI, Kenji NAGATA and Akari FUKUDA (*Natl. Agric. Res. Cent. for Tohoku Region, Daisen, Akita 014-0102, Japan*)

Abstract : We adopted the 'inter-row strip tillage' (IST), in which furrows between rows are tilled and seed is sown on the ridge which is covered with the tilled furrow soil, to the soybean cultivation in upland field converted from paddy field (UFCP), and examined its effect on the soil water content, and the growth and yield of soybean. Three phase of no-tillage soil of the ridge in IST was different from harrowed soil in conventional tillage, and showed a higher ratio of solid and liquid phase. Furthermore, no-tillage soil in IST had a higher water content in a drought condition and lower water content in an excess moisture condition compared with harrowed soil in conventional tillage. On the other hand, plants in IST had longer plant length, larger number of node on the main stem, and larger dry weight at flowering stage. A similar tendency of growth at the flowering stage was observed continuously from pod-setting to grain filling stage. The yield in IST was superior to that in conventional tillage, due to a larger number of pod, and heavier 100-seed-weight, although the grain quality was not affected by the tillage method. These results suggest that the superior growth and higher yield in IST were attributed to the property of no-tillage soil in IST, which alleviated the fluctuation of soil water content in UFCP. The correlation of soil permeability and property with the effectiveness of IST, and also improvement of operation efficiency of IST are subjects for further study.

Key words : Growth, Inter-row strip tillage, Soil moisture, Soybean (*Glycine max* L.), Tillage, Upland field converted from paddy field, Yield.