

## 北海道におけるダイズの遅まき栽培による ダイズわい化病の発病率低下

渡辺治郎<sup>1)</sup>・大下泰生<sup>1)</sup>・本多健一郎<sup>2)</sup>・小西和彦<sup>1)</sup>・辻博之<sup>1)</sup>

(<sup>1)</sup>北海道農業研究センター, <sup>2)</sup>野菜茶業研究所)

**要旨:**北海道におけるダイズの重要病害にダイズわい化病(わい化病)がある。ユキホマレを用いた遅まき栽培を行い、わい化病の発病率と収量性の点から耕種的防除法としての有効性を検討した。試験は2001年から2004年にかけて、北海道農業研究センター羊ヶ丘圃場で実施した。試験1として、2001年から2004年にダイズ(供試品種はユキホマレ)の播種期を、早まき(5月第3~4半旬)、標準まき(5月第5~6半旬)、遅まき(6月第1~2半旬)の3処理で栽培し、わい化病発病率と収量について検討した。試験2として、2003年と2004年に時期を変えてダイズ苗を圃場に放置して、各時期にわい化病ウイルスに感染・発病した個体の割合から、ウイルス感染の危険期を推定した。遅まきは台風の影響により顕著に減収した2004年を除き、標準まきと同等の収量を示した。わい化病の発病率は早まきで最も高く、遅まきでは低かった。試験2から推測されたダイズわい化ウイルス(SbDV)感染の危険期ピークは5月第6半旬で、6月第3半旬までは感染の危険が比較的高かった。本試験におけるダイズの出芽期は標準まきで6月1~3半旬、遅まきで6月2~4半旬であり、遅まきしたダイズの出芽はジャガイモヒゲナガアブラムシ有翅胎生雌虫の飛来ピーク(SbDV感染の危険期終盤)を過ぎた時に出芽するため、わい化病の発病が少なかったと考えられた。また、わい化病発病率が低い場合にはダイズの密植により減収が軽減され、遅まき栽培と密植を組み合わせることにより、わい化病による減収を軽減できるものと考えられた。

**キーワード:**遅まき, ジャガイモヒゲナガアブラムシ, ダイズ, ダイズわい化病, ユキホマレ。

水田における水稻の生産調整により、収益性の高い水田輪作体系の確立が強く求められている。北海道の水田ではこれまで主要な転作作物としてコムギの栽培が多かったが、国産麵用秋まきコムギの供給は過剰傾向にあり、コムギの過剰な作付けによる連作障害や難防除雑草増加なども懸念されることから、ダイズ(*Glycine max* (L.) Merr.)等の作付面積を増やし、適正な輪作体系を確立する必要がある。

北海道産ダイズの平均収量は1999, 2000年には連続して反収が260 kgを越えたが、その後は3年続けて220 kgを下回るなど不安定であり、豊作だった2000年でも家族労働報酬が道平均で10 aあたり10,000円を下回るなど収益性の低さが指摘されている(仁平2004)。このため、ダイズ収量の安定化を図る技術開発が必要である。

北海道におけるダイズ栽培の不安定要因としてダイズわい化病による被害を挙げることができる。生育初期に感染した個体は縮葉、脈間黄化などの病徴を示して、ほとんど結実しないため減収の要因となるだけでなく(古川2000)、成熟期に達しても感染個体は緑葉のまま残るため、コンバイン収穫の際に汚粒発生の要因となり、これらの抜取り作業は水稻の収穫等の繁忙期に重なるため、労働競合の点からも無視できない問題といえる。

ダイズわい化病はダイズわい化ウイルス(SbDV)の感染によって起こるウイルス病である。SbDVはクロウバ類に保毒され、主にジャガイモヒゲナガアブラムシ(*Aulacorthum solani* (Kaltenbach) 以下、アブラムシ)によ

てダイズ、インゲンマメなどに媒介される。アブラムシはクロウバ類を吸汁して保毒虫となり、有翅胎生虫(以下有翅虫)となって5~7月にかけてダイズ畑に飛来し、ダイズにSbDVを感染させること(大久保・橋本1992, 岩崎2003)、7月以降に飛来するアブラムシのウイルス保毒虫の割合が極めて低いこと(本多2001)が明らかになっている。その後、圃場内で増殖した無翅虫の吸汁による2次感染も起きるが、北海道の十勝管内で行われた研究により、有翅虫による1次感染がダイズわい化病の主要な感染原因であることが明らかとなっている(大久保・橋本1992, 大久保1993b)。ダイズわい化病を媒介するアブラムシを防除するために通常エチルチオメトン粒剤の播種溝施用が行われているが、1次感染に対する防除効果は低いとされている(大久保・花田1992, 大久保1993a)。1次感染を防止するためには、ダイズの出芽直後から殺虫剤を茎葉散布してアブラムシ有翅虫を防除するのが有効であるが(大久保・橋本1992, 大久保1994)、1回の防除では効果が小さく、多発地帯では2~3回以上の農薬散布を行う必要がある(古川1997)。

玉田(1975)はダイズ播種期を遅らせることによりダイズわい化病の発病率が低下することを報告しており、最近、この現象がSbDVを保毒したアブラムシ有翅虫の飛来が5~6月の一時期に限られるために起こることが報告された(本多ら2002)。これらから、ダイズの播種期をアブラムシ有翅虫の飛来ピークより遅らせることで感染を低減できる可能性が示唆された。2001年に北海道奨励品種となった「ユ

キホマレ」は従来の品種に比べて熟期がやや早く（田中ら 2003）、6月上旬まで播種期を遅らせても、収量も低下させず、従来品種の収穫期である10月上～中旬までに収穫できる可能性がある。

本報では、ダイズ品種「ユキホマレ」を用いてダイズを遅まきし、ダイズわい化ウイルスを保毒するアブラムシの飛来ピーク後にダイズを出芽させることによって、ダイズわい化病の感染および発病を抑制する効果を検討し、収量性とあわせてユキホマレを用いたダイズ遅まき栽培の有効性を検討した。

## 材料と方法

### 1. 播種期の異なるダイズの栽培試験（試験1）

試験は2001年から2004年にかけて北海道農業研究センター羊ヶ丘圃場（北海道札幌市）の淡色黒ボク土水田の転換初年目の畑で実施した。

ダイズの供試品種は「ユキホマレ」とし、播種期として早まき（5月第3～4半旬：2001年5月14日、2002年5月15日、2003年5月15日、2004年5月14日）、標準まき（5月第5～6半旬：2001年5月30日、2002年5月27日、2003年5月27日、2004年5月24日）、遅まき（6月第1～2半旬：2001年6月8日、2002年6月6日、2003年6月5日、2004年6月4日）の3処理を設けた。播種は手まき1本立てとし、栽植密度は2001年が50 cm × 6 cm (33.3本 m<sup>-2</sup>、密植栽培、以下密植)、2002年は60 cm × 10 cm (16.7本 m<sup>-2</sup>、標準密度栽培、以下標植) および、50 cm × 6 cm (33.3本 m<sup>-2</sup>、密植)、2003年は60 cm × 10 cm (16.7本 m<sup>-2</sup>、標植)、2004年は60 cm × 10 cm (16.7本 m<sup>-2</sup>、標植) とした。施肥量は窒素、リン酸、カリをそれぞれ4、13、10%含む豆用化成肥料を80 g m<sup>-2</sup>（成分量でそれぞれ3.2 g、10.4 g、8.0 g m<sup>-2</sup>）を条条施用した。アブラムシによるSbDVの2次感染を防ぐ目的でエチルチオメトン粒剤の播種溝施用を行い、ダイズの出芽後は殺虫剤の散布を行わなかった。わい化病発病率の調査は2001年と2003年は開花盛期に、2002年と2004年は収穫期に行った。播種期別に400～900株について縮葉等の病徴からわい化病発病個体を識別して算出した。収量調査は成熟期後5から10日後に1処理あたり2～3ヶ所を任意に定め、連続した約20個体を2～3畦分合計40～60個体サンプリングして1ヶ所ごとの収量を求め、さらに年次・播種時期ごとに平均値を求めた。2001、2003年の試験面積は36 m<sup>2</sup>、2004年は54 m<sup>2</sup>とし、2002年は標植、密植それぞれ36 m<sup>2</sup>とした。

### 2. 圃場への放置時期を変えたダイズの発病調査によるダイズわい化病の感染時期の推定（試験2）

本多ら（2002）の方法に従い、2003年と2004年の5月中旬から7月中旬まで、ダイズ苗をおおむね5日間ずつダイズ栽培圃場の周辺に放置し、その後ダイズわい化病（以

下わい化病）を発病した個体数からSbDV感染の危険期を推定した。パーミキュライトを充填したバット内でダイズ（品種：ユキホマレ）を発芽させたのち、育苗用ビニールポットにダイズ4個体を移植し、初生葉が展開するまで屋内でアブラムシから遮断して育苗した。その後、ダイズ栽培圃場周辺に配置した黄色の水盤上（アブラムシの飛来を促すため、直径約40 cm）に苗ポットを放置した。黄色水盤は5個配置し、その1つにそれぞれ4個のポット（計20ポット、80個体）を置いてウイルスに感染する機会を設けた。苗ポットの回収後に、殺虫剤でアブラムシを駆除し、網目約0.5 mmの布で覆ったトンネル内に隔離することにより再度アブラムシから遮断した。その後7月中旬～8月上旬まで栽培してわい化病発病個体を目視により調査し、発病率を求めた。2003年にはSbDV感染の疑いのあるわい化病発病個体の上位葉を採取し、血清抗体法によりSbDV感染を確認した。

### 3. 気象データ

本試験では北海道農研センター（生産環境部・気象資源評価研究室）の気象観測露場（北緯43°0.4′、東経141°24.7′、標高70 m）で測定された気象データを用いた。日平均気温は毎分計測される値の日平均、根雪の融雪日は積雪深の観測データが1 cm以下となり、周辺圃場の地面の大半が露出した日とした。

### 4. 統計処理の方法

試験1は同一の播種期ごとに1ヶ所にまとめてダイズを栽培し、播種期の処理については同一年次内で反復無しで試験を行った。そこで、試験1については、同一播種期の平均発病率および収量を1データとし、試験年次をブロックと見なして分散分析を行った。また、2002年は同一播種期の試験の中に3つのブロックを設け、それぞれに栽植密度を変えた処理を配置し、収穫調査とわい化病発病率を調査し、両者の関係について回帰直線を求めた。これらの統計処理にはマイクロソフト社（USA）のExcelを用いて計算を行った。

## 結 果

### 1. 播種時期と出芽期の関係および生育経過

第1表に2001年から2004年の4月から10月の平均気温、降水量および根雪の融雪日を示した。2001年には、気温が7月下旬まで比較的高温に推移したが、その後から8月中旬にかけて低温となった。また、6月の降水量は極度に少なかった。2002年は、4、5月の平均気温は高かったが、6月中、下旬と7月下旬から成熟期までの長期にわたって低温が続いた。とくに8月は平均気温で平年より1.9°C低かった。2003年は6月下旬まで気温はやや高めに推移したが、7月に厳しい低温に遭遇した。2004年は5月以降気温が高めに推移した。また、9月8日に上陸した台風18号

第1表 試験年の月別降水量, 平均気温および根雪の融雪日.

年次	2001	2002	2003	2004
	降水量(mm)			
4月	30	29	64	20
5月	26	32	33	58
6月	31	68	64	49
7月	103	117	49	69
8月	119	95	153	86
9月	242	112	131	81
10月	69	156	127	26
年次	平均気温(°C)			
	2001	2002	2003	2004
4月	6.5	8.1	6.5	5.2
5月	11.9	12.1	11.3	12.3
6月	15.3	14.3	15.6	16.8
7月	19.3	19.0	16.3	19.7
8月	19.5	18.8	19.4	20.5
9月	15.8	16.3	16.2	16.8
10月	10.6	10.5	10.4	11.0
融雪日	4月8日	4月4日	4月11日	4月7日

第3表 「ユキホマレ」の播種時期とダイズわい化病発病個体率.

播種期	2001年	2002年	2003年	2004年
	(% )			
早まき	18.9	27.7	4.3	26.8
標準まき	4.3	15.4	1.4	11.6
遅まき	0.2	13.8	0.9	2.4

北農研水田転換畑 (札幌市, 羊ヶ丘), 400~900株を調査.  
エチルチオメトン粒剤を播種溝施用し, 茎葉への葉散は無し.

第2表 ダイズの播種期と出芽期.

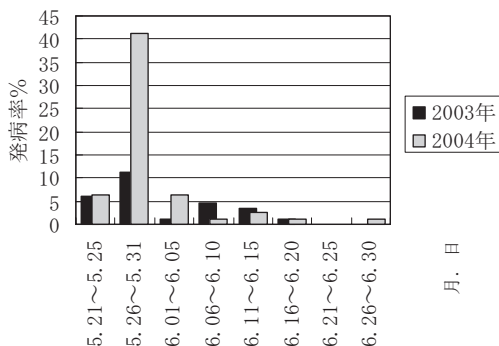
年次	2001		2002		2003		2004		平均日数
	播種期	出芽期	播種期	出芽期	播種期	出芽期	播種期	出芽期	
播種期	早まき	5月14日	5月15日	5月15日	5月14日				
	標準まき	5月30日	5月27日	5月27日	5月24日				
	遅まき	6月8日	6月6日	6月5日	6月4日				
出芽期 (播種後日数)	早まき	5月22日 (8)	5月28日 (13)	5月24日 (9)	5月25日 (11)	(10)			
	標準まき	6月7日 (8)	6月6日 (10)	6月3日 (7)	6月3日 (10)	(9)			
	遅まき	6月18日 (10)	6月15日 (9)	6月10日 (5)	6月11日 (7)	(8)			

により強風にさらされ, 葉の損傷, 脱落が認められた. ユキホマレを播種してから出芽するまでの日数は, 早まきが8~13日, 標準まきが7~10日, 遅まきが5~10日であった (第2表). 遅まきは2001年をのぞき標準播種よりも播種期から出芽期までの日数が短縮された.

2. 栽培試験と苗の放置試験におけるダイズわい化病の発病率

試験4カ年のわい化病発病率を第3表に示した. 2002, 2004年はわい化病が多発するなど年次により発病率に大きな差が認められたが, 4カ年とも播種時期が遅いほど発病率は低かった. 試験年次をブロックにみたてて, 分散分析を行ったところ, わい化病発病率には1%以下の危険確率で播種時期による有意差が認められた.

第1図に放置時期を変えたダイズ苗のわい化病発病率を

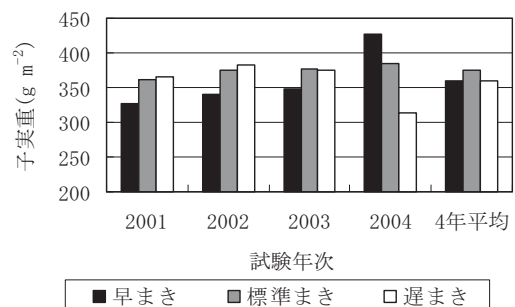


第1図 一定期間外部に放置したダイズ苗のわい化病発病率.

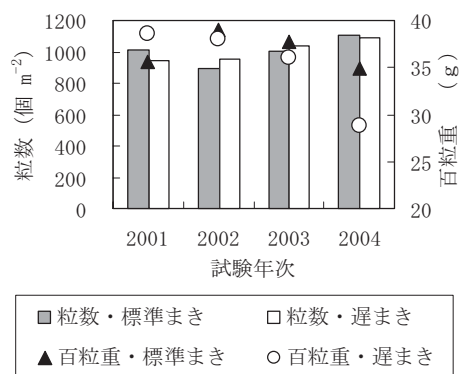
示した. 2003年は5月26~31日放置苗の発病率が11%と最も高く, ついで5月21~25日の6%が高かった. 6月11日以降は6月11~16日の3.4%が最大であり, 6月21日以降は発病した株がなくなった. 2004年は5月26~31日放置苗の発病率が41%と両年の中で最も高く, ついで5月21~25日と6月1~5日の6%が高かった. 6月11日以降は6月11~16日の2.1%が最大であった. 目視による発病が認められた個体のすべてで血清抗体法によりSbDVの感染が確認された.

3. 遅まき栽培の収量とわい化病の関係

各試験年の播種時期別の収量と4年間の播種時期別平均収量を第2図に示した. 分散分析の結果, 播種時期が収量に及ぼす影響には有意差が認められなかった. 早まきは標準まきに比べて2001~2003年まで低収であったが, 2004年は多収となった. 一方, 遅まきは2001年から2003年ま



第2図 ダイズの収量に及ぼす播種時期の影響.



第3図 粒数および百粒重に及ぼす播種時期の影響。

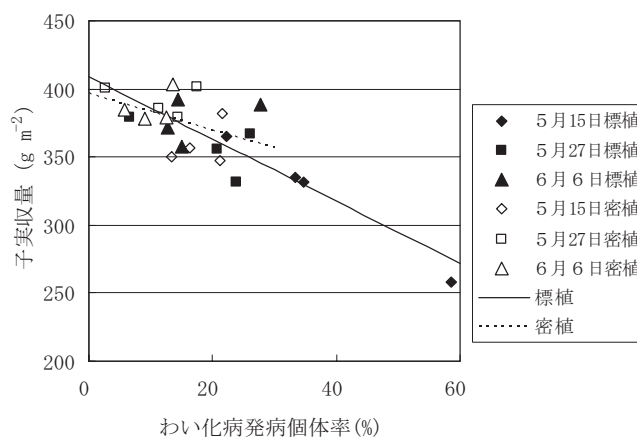
では標準まきとほぼ同等の収量を示したが、2004年は顕著な減収を示した。標準まきと遅まきの子実粒数と百粒重を第3図に示した。子実粒数は4年とも標準まきと遅まきの間に大きな差は認められなかったが、2004年は遅まきで百粒重が標準まきより小さかった。

第4図に2002年のわい化病発病率とダイズ収量の関係を示した。標植では発病率の範囲が約7~59%と大きかったが、密植では約3~22%であった。回帰分析を行ったところ、標植では発病率とダイズの収量に有意な負の相関が認められたが、密植では有意な相関が認められなかった。

## 考 察

本試験においてダイズ苗の放置時期とわい化病の発病率から推測されたSbDV感染の最大の危険期は、2003年、2004年ともに5月第6半旬であり、6月第3半旬まではSbDVに比較的高い確率で感染するものと推察された。ジャガイモヒゲナガアブラムシの発育零点は1°Cで、第2世代成虫である有翅虫の飛来までには有効積算温度で480日・°Cを要することが知られ、有翅虫の初飛来日は融雪日の翌日からの有効積算温度が400日・°Cを超えて1週間以内とされている(岩崎2003)。本試験期間の融雪日と日平均気温のデータを当てはめると、融雪日の翌日以降の有効積算温度が400日・°Cに達したのは2001年が5月25日、2002年が5月20日、2003年が5月29日、2004年が5月27日であった。しかし、2003年と2004年のダイズ苗の放置時期とダイズわい化病の発病率から推測されたSbDV感染ピークは、融雪日の翌日以降の有効積算温度が400日・°Cに達した時期であり、その前1半旬と後2半旬に放置したダイズ苗でも比較的高い発病が認められた。このように本試験の結果からは岩崎(2003)の方法で予測される時期よりも早く有翅虫の飛来が始まっていたと考えられるが、これはアブラムシの越冬場所の融雪時期等の気象条件が観測露場付近の気象条件と異なること等が原因と考えられた。

本試験における出芽期は早まきで5月第5、6半旬、標準まきで6月第1~3半旬、遅まきで6月第2、3半旬であった。早まきは苗の放置時期とダイズわい化病の発病率から



第4図 わい化病発病個体率と収量の関係(2002年)。

\*\*危険率1%以下の確率で有意な相関が認められる。

推測されたSbDV感染危険期のピークに出芽し、アブラムシ有翅虫の飛来と吸汁によりSbDVに感染したものと考えられる。標準まきでは危険期のピークよりやや後に出芽したが、2002年と2004年は栽培試験においても10%を超える感染率を示した。以上のことから5月に播種した場合はエチルチオメトン粒剤による2次感染の防除に加え、6月15日前後までは茎葉への農薬散布を行う必要があるものと考えられる。一方、6月上旬に播種した遅まきは6月第3~4半旬が出芽期となるため、アブラムシ有翅虫の飛来が減少する時期に近く、ウイルス保毒虫による吸汁が少なく、SbDVの感染を大幅に抑制できたものと考えられる。

わい化病に初期感染した個体は激しいわい化症状を示し、ほとんど成熟した子実を得ることができない。本試験において2004年を除く早まきの収量が標準まき、遅まきに比べて低かったのは(第2図)、早まきによるわい化病の増加が要因の一つと考えられる。古川(2000)はわい化病と発病個体率の増加率とダイズの減収率がほぼ等しく直線的に減収することを報告している。本試験では最も高い59%の発病率を示した場合の収量が、発病率が0%の時に想定される収量に対して約37%の減収となった(第4図)。出芽直後にわい化病に感染した個体は、栄養生長期から縮葉などの症状が生じて生育が抑制されるため、周囲の健全株の生育が旺盛となり、生育と収量がある程度補償されたと考えられる。また、密植では標植よりも発病個体と健全個体の距離が近く、発病株の生育不良が近傍の健全株によって補償されやすかったため、収量とわい化病発病率の間に有意な負の相関が認められなかったと推察された。これらのことから徒長や過繁茂が起こらない範囲の密植と遅まきを組み合わせることにより、さらにわい化病が収量に及ぼす影響を小さくできるものと考えられた。

2004年の遅まきは百粒重が低下し、標準まきに比べて顕著に減収したが、その他の試験年では、百粒重、粒数とも

に標準まきと同等であり、2004年は台風による早期の葉の損傷が、開花後の登熟不足を引き起こし、開花期の遅い遅まきで影響が顕著となり減収したものと考えられた。しかし、2004年のように9月上旬に台風の影響で遅まきの子実肥大が妨げられるケースは、今までの気象経過から北海道では少ないものと考えられ、北海道道央地帯におけるユキホマレでは、遅まきによる減収をとまわずに、わい化病発病率低減による生産の安定化が期待できるものと考えられた。

以上のように、ユキホマレの播種時期を標準的な播種期より10日程度遅まきにすることにより、ダイズわい化病の発病が抑制されることが明らかとなった。遅まき栽培では、出芽後のアブラムシ防除を省略しても減収の危険性が小さいと考えられる。しかし、4月中旬の気温が高く、4、5月の降水量が少ない場合には6月のアブラムシ有翅虫が多発する傾向が認められており（大久保1995）、2002年のように遅まきしたダイズでもわい化病の発病率が高い例が観察されたことから、有翅虫の多発が予想されるような気象条件では、茎葉へのアブラムシ防除対策の併用を考慮する必要がある。

謝辞：本試験を実施するにあたり、栽培管理と調査については北海道農業研究センター業務第2科の猪股龍郎氏、竹本敏彦氏にご助力いただいた。ここに深謝します。

#### 引用文献

古川勝弘 1997. 大豆わい化病防除の防除体系について. 農業研究 43 (4) : 30-35.

- 古川勝弘 2000. ダイズわい化病の発病個体率と収量の関係. 北日本病虫研報 51 : 37-39.
- 本多健一郎 2001. ダイズわい化病の発生生態と防除に関する最近の研究動向. 植物防疫 55 : 14-18.
- 本多健一郎・小野寺鶴将・石谷正博・忠英一・北野のぞみ・御子柴義郎 2002. アブラムシ保毒率と放置苗の罹病調査による大豆わい化病感染時期の推定. 北日本病虫研報 53 : 314 (講要).
- 岩崎暁生 2003. ダイズわい化病の効率的防除—ジャガイモヒゲナガアブラムシの飛来予測による— . 北農 70 : 212-219.
- 仁平恒夫 2004. 水田農業の現状と大豆生産の課題および展望. 北農研農業経営研究 86 : 66-72.
- 大久保利通 1993a. ダイズの生育初期における殺虫剤散布による大豆わい化病の防除について. 北日本病虫研報 44 : 46-48.
- 大久保利通 1993b. ジャガイモヒゲナガアブラムシ有翅虫の寄生量と大豆わい化病の発病率との関係. 北日本病虫研報 44 : 49-52.
- 大久保利通 1994. アブラムシの防除時期とダイズわい化病の発病率の関係. 北日本病虫研報 45 : 53-55.
- 大久保利通 1995. 北海道十勝地方におけるジャガイモヒゲナガアブラムシ有翅虫雌虫の飛来開始時期と6月の飛来量の予測. 北日本病虫研報 46 : 133-137.
- 大久保利通・橋本庸三 1992. ダイズわい化病伝搬に対する有翅虫の役割. 北日本病虫研報 43 : 50-53.
- 大久保利通・花田勉 1992. 1991年の十勝地方における大豆わい化病の多発要因について. 北日本病虫研報 43 : 54-55.
- 玉田哲男 1975. ダイズ矮化病の研究. 北海道立農試報告 25 : 1-121.
- 田中義則・富田謙一・湯本節三・黒崎英樹・山崎敬之・鈴木千賀・松川勲・土屋武彦・白井和栄・角田征仁 2003. ダイズ新品種「ユキホマレ」の育成. 北海道立農試集報 84 : 13-24.

**Reduction of the Occurrence Rate of Soybean Dwarf Disease by Late Seeding** : Jiro WATANABE<sup>1)</sup>, Yasuo OHSHITA<sup>1)</sup>, Ken-ichiro HONDA<sup>2)</sup>, Kazuhiko KONISHI<sup>1)</sup> and Hiroyuki TSUJI<sup>1)</sup> (<sup>1)</sup>Natl. Agric. Res. Cent. Hokkaido, Sapporo 011-8555, Japan; <sup>2)</sup> National Institute of Vegetable and Tea Science.)

**Abstract** : To investigate the effect of late seeding on occurrence of soybean dwarf disease (SbD) in soybean (*Glycine max* (L.) Merr. Cv. Yukihomare), we conducted two field experiments at the National Agriculture Research Center for Hokkaido Region. 1) Examination of SbD occurrence rate and yield of soybean seeded at three date: mid-May (early), late May (standard), and early June (late). 2) Examination of SbD infection rate in the soybean seedlings grown in the field in different seasons. The yield of late-seeded soybean plants was equal to that of the standard-seeded plants, except in 2004 when typhoon damage reduced yield. The rate of SbD occurrence was highest in the early-seeded plants, and lowest in the late-seeded plants. The soybean seedlings exposed to the field from May 26 to June 15 had a higher rate of SbD than the others in both years. Late-seeded soybean plants emerged after the peak of the occurrence of the foxglove aphid (*Aulacorthum solani* (Kaltenbach)) which transmits soybean dwarf disease virus to soybean field, and this may be why SbD occurrence rate was low in the late seeded plants. When the occurrence rate of SbD was reduced by late seeding, the resulting yield reduction may be mitigated by dense planting. Thus late-seeding combined with dense planting may be effective in reducing SbD-caused yield reduction.

**Key words** : Foxglove aphid, Late seeded soybean production, Soybean, Soybean dwarf disease, Yukihomare.