

## 収量予測・情報処理・環境

# 携帯型 GPS による農作業履歴の記録と履歴情報の利用 —播種履歴を考慮したダイズ不耕起播種栽培の評価—

松尾和之・濱口秀生・渡邊和洋・渡邊好昭

(中央農業総合研究センター)

**要旨：**ダイズ不耕起播種栽培の収量性と改善方向を明らかにする目的で、筑西市田谷川土地改良区の大規模農家において全刈りによる収量調査と広域的な苗立ち調査を実施するとともに、GPS を用いて作業履歴の収集を行った。慣行播種栽培における苗立ち不良は、排水性の低い地区の圃場で、かつ播種 1-3 日後に降雨があった条件に限られるのに対して、不耕起播種条件では田谷川土地改良区のほぼ全域で見られ、播種から次の降雨 (10 mm 以上) までに 7 日間以上の間隔があっても苗立ち不良が発生した。また、現地圃場における耕起・播種法の比較試験でも、小明渠浅耕播種や慣行播種で良好な出芽・苗立ちが得られたのと対照的に、不耕起播種では有意な出芽率の低下と茎疫病による出芽後の枯死株の発生が見られた。重回帰分析の結果、苗立ち不良と播種期の遅れは子実収量の減収要因として有意性を示し、特に前者の影響が大きかった。耕起・播種法ごとに得られた播種日と子実収量との回帰直線には耕起法間で有意差は見られず、不耕起播種と慣行播種の間で収量性に違いがあるとは言えなかった。播種日と子実収量との回帰式を用いて播種日の影響を補正し、圃場ごとの相対収量を算出したところ、減収程度の大きい圃場および多収を示す圃場は特定の地区に偏って分布した。この減収程度の分級をもとに収量改善のための対策を論議した。

**キーワード：**茎疫病、減収要因、湿害、ダイズ、播種履歴、不耕起播種。

ダイズの不耕起播種は、転換畑における麦跡ダイズの適期播種や省力化を可能にする技術とされ、関東地域を中心に普及しつつあり、その収量性は他の栽培条件が同じ場合には慣行播種栽培と比べても遜色がないとされている (濱口 2003)。また、不耕起播種作業が一工程で行われることに加え、不耕起条件では地耐力が高く播種機の走行が降雨の影響を受けにくいという特性から、梅雨時期の播種に威力を発揮し (濱田ら 1986, 濱口 2004, 注：長野野間・岡崎 絃一郎・吉田堯・高橋均 1989, ダイズ不耕起播種機の開発、農研センター転換畑研究成果集報 No.2 : 161-168。), 高い作業能率の面からも水田におけるダイズ生産の大規模化に対応可能な技術とされている (梅本 2008)。一方、不耕起播種条件では慣行播種条件に比べ湿害を生じる危険性が高いことが指摘されている (濱田ら 2007, 門間・沼田 2010) が、作業上降雨の影響を受けにくいという不耕起播種の特徴ゆえに高い土壌水分条件で播種作業が実施され、湿害を助長している可能性もある。このため、営農の現場での不耕起播種栽培の収量性や湿害の実態については不明な点が多い。

ところで、ダイズの不耕起播種のような新技術の評価を行う場合、研究者や技術者が農家の協力を得ながら現地圃場において実証試験を行うことが一般的である。しかし、多様な条件で技術の評価を行うことは資源上の制約から難しく、典型的な条件に限って試験を実施する場合が殆どである。これに対して、広範な圃場・気象条件下で農家自身が栽培を行った結果をもとに導入技術の評価や問題点の摘

出を行うというアプローチも、技術の普及拡大に必要な情報を得るという点で有効であると考えられる。このような考え方の先例として、濱田ら (2001) は広域的に収集した農家情報やサンプルの分析を通して、転換畑ダイズ生産における低収要因の解明を行うとともに改善方向を明らかにしている。

本研究を実施した筑西市田谷川土地改良区は、茨城県の特産品である水戸納豆の原料としてブランド化したダイズ品種納豆小粒の主要な産地であり、水稻-水稻-小麦-ダイズの 3 年 4 作体系のブロックローテーションが実施されている。小麦跡ダイズの播種期は梅雨と重なるが、筑西市への不耕起播種技術の導入のきっかけも、2004 年の長雨によって慣行播種法では播種が困難であったにもかかわらず、中央農研のデモンストレーション用の不耕起播種機では問題なく播種ができたことによるとされている。その翌年には、田谷川土地改良区の大規模農家の A 氏は、一部の圃場を除いて不耕起播種に切り替え、その後別の協業組織もこの播種技術を導入した結果、2006 年には田谷川土地改良区のダイズ栽培面積のうち 36% を不耕起播種が占めるに至っている (残余の 64% はロータリによる前起しとハローシードによる播種が組み合わされた慣行播種)。このような不耕起播種の大規模な導入は全国的にも希有な事例であり、十分な例数での不耕起播種の評価が可能になるものと考えられた。そこで著者らは、同地区の 2 戸の大規模農家の協力を得て、圃場単位での全刈りによる子実収量

(以下全刈り収量)の調査を2005年から開始するとともに、2006年以降、播種および収穫作業の履歴記録や苗立ち不良の実態を明らかにするための広域的な調査を実施した。なお、本研究では、携帯型GPSを用いたシステムによって作業履歴を収集し、ダイズの湿害発生や収量と播種日との関係の解析に用いた。また、現地圃場では湿害等の理由で圃場内における立毛数のばらつきが大きく、坪刈り収量から圃場の代表値を求めることは困難なことから、コンバインの全刈り収量を圃場の収量とした。このような手法は、作業履歴の自動収集システムや収量コンバインを仮定した農家自身によるデータ収集のテストケースと見なすことができ、収集したデータをどのようにして経営の改善に活用していくのかを考える機会ともなる。そこで本研究では、これらの情報をもとにダイズの不耕起播種栽培の収量性の評価を行うとともに圃場ごとの湿害による減収の危険性を算出し、栽培法改善の方向を示す試みを行った。

### 材料および方法

#### 1. 携帯型GPSを用いた播種作業と収穫作業の記録

茨城県筑西市田谷川土地改良区の2戸の大規模農家(A氏およびB氏)の協力を得て両氏が保有するトラクタおよびコンバインに電源部の改造を行ったGPS装置を搭載し、2006年から2009年にかけてダイズの播種および収穫作業を中心に軌跡ログを収集した。GPS装置による軌跡ログの収集は、サンプリング間隔1 sec, WAASモード(専用静止衛星(だいち)からの補正データ利用による高精度測位システムモード, 座標系: WGS84)に設定した。作業履歴については、田谷川土地改良区の圃場図と軌跡ログにもとづいて松尾ら(2011)の手法で作業実施圃場の位置と作業時刻とを特定した。

#### 2. 苗立ち状況調査および現地圃場での耕起・播種法の比較試験

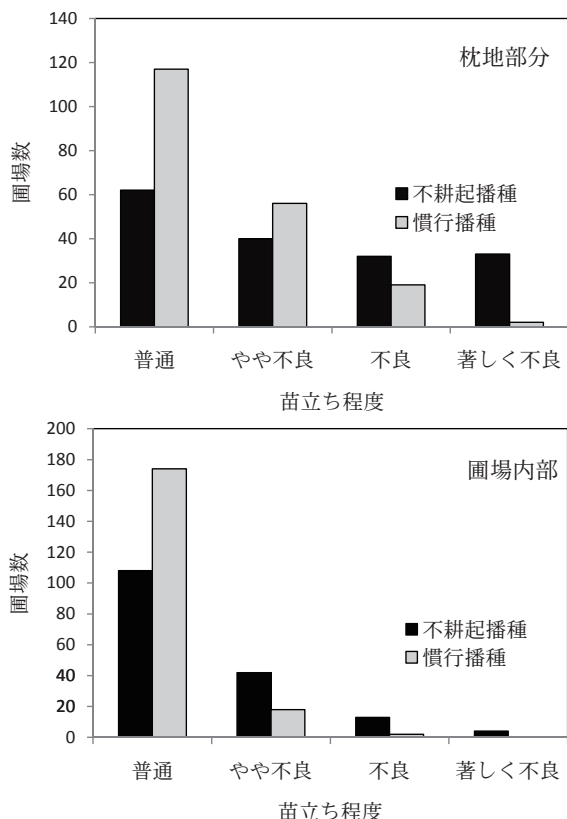
2007年および2008年に筑西市田谷川土地改良区のダイズ作付け全圃場を対象に苗立ち状況の調査を実施した。2007年の苗立ち調査は7月30日から8月4日にかけて行ったが、この年のダイズ播種期は多雨傾向にあり、播種直後からの出芽不良が多発した。2008年のダイズ播種期は少雨で経過し出芽は極めて順調であったが、7月27日の降雨以降急激に枯死株が増加したことから、苗立ち調査は7月28日から8月1日と10月11日から10月15日までの2時期に実施し、収量の解析には最終的な立毛数に近い後者の結果を用いた。田谷川土地改良区での納豆小粒の不耕起播種における標準的な播種量は $3\text{ g m}^{-2}$ であり、欠株がない場合の立毛数は28本 $\text{m}^{-2}$ 程度となる。これを苗立ち割合100%として、0: 著しく不良(苗立ち割合: 0~30%程度), 1: 不良(同30~60%), 2: やや不良(同60~80%), 3: 普通(同80~100%)の4段階とし、圃場の枕地部分と圃場内部に分けて評価を行った。なお、2007年のAおよびB

氏のダイズ播種については、GPSにより収集した軌跡ログを用いて播種圃場と播種日を特定して苗立ち調査結果と照合し、降雨条件と苗立ち状況との関係の解析を行った。

実態調査に加えて、2007年には田谷川土地改良区の農家圃場において耕起・播種法の比較試験を実施した。試験区は同一圃場内に設置し、連続不耕起区: 前作小麦およびダイズとも不耕起播種; 夏作不耕起区: ダイズのみ不耕起播種; 小明渠浅耕播種; 慣行播種の4区とした。不耕起播種は汎用型不耕起播種機(NSV-600, (株)松山)を用いて行った。小明渠浅耕播種は小明渠浅耕播種機(渡辺ら2010)を用いて、小明渠作溝、耕起(7 cm 深)および播種の同時作業を行った。慣行播種区は、ロータリによる前起し(12 cm 深)を行った後、ロータリに装着した目皿播種機で播種した。ダイズ品種は納豆小粒を供試し、不耕起播種は条間30 cm × 6 条、小明渠浅耕播種および慣行耕起播種については45 cm × 5 条で、2007年7月10日に播種作業を行った。なお、播種量から計算した $\text{m}^2$ 当たりの播種粒数は、不耕起播種で28.0粒、小明渠浅耕播種で20.0粒、慣行播種で22.2粒であり、出芽率および枯死株率はこの値に対する出芽数(生存株+枯死株)および出芽後に枯死した株の割合で示した。試験規模は、1区4工程×70 m(約700  $\text{m}^2$ )、2反復とした。出芽調査は7月19日に生存株と出芽後枯死株数を1区6カ所で計数し、その平均値を区の代表値とした。

#### 3. 圃場単位でのダイズ収量の調査

2005年から2009年の5か年間にわたり、田谷川土地改良区のAおよびB両氏に依頼してコンバインによるダイズ全刈り収量の調査を行った。コンバイン収穫は圃場単位を原則とし、収穫物をグレインバッグに収納後、作業舎に持ち帰りポータブル車両重量計(HANDYSCALE HM08E9型 共和電業(株))で秤量を行うとともに、サンプルを採取して穀実水分を測定した。また、それぞれのグレインバッグから1 kg 程度の夾雑物を含むサンプルを採取して実験室に持ち帰り、精粒(5 mm の篩で篩別)、くず粒、夾雑物(茎、莢、ごみ等)に分別し、それぞれの重量を測定し、精粒割合を算出した。全刈り収量は、ha 当たりの精粒重(15%含水率)として表示した。なお、作業上の理由から複数圃場にまたがって収穫された場合にも、圃場が隣接し播種日が同じで生育の様相が大きく異なることを条件にサンプルから求めた値を各々の圃場の全刈り収量としたが、播種日が異なる圃場からの収穫物が混在する場合には集計段階で除いた。なお、慣行播種ではA氏、B氏とも前起し後にハローシーダ(ロール式)を用いているが、A氏は30 cm 条間の狭畦密植播種と無中耕無培土、B氏は2007年までは60 cm 条間での広畦播種と中耕培土、2008年は狭畦密植播種と無中耕無培土、さらに2009年は小明渠作溝同時浅耕播種機(渡辺ら2010)を用いて播種を行った後、無中耕無培土栽培とした。一方、不耕起播種につい



第1図 筑西氏田谷川土地改良区のダイズ苗立ちに及ぼす耕起・播種法の影響。

調査年次は2007年。苗立ちの分級基準：普通（播種本数の100～80%）；やや不良（80～60%）；不良（同60～30%）；著しく不良（同30%以下）。

てはA氏、B氏とも汎用型不耕起播種機（NSV-600, (株)松山）を用いて、条間30cm, 1工程6条の狭畦密植条件で播種した。なお、両氏の播種作業と収穫作業については、トラクタとコンバインに搭載したGPSの軌跡から作業実施圃場と作業日を特定し、播種日と全刈り収量との関係の解析に用いた。

本研究で行った単回帰分析、重回帰分析については市販の統計計算アプリケーション、エクセル統計2008（(株)社会情報サービス）を用いて行った。

## 結 果

### 1. 不耕起播種条件での苗立ち不良の発生

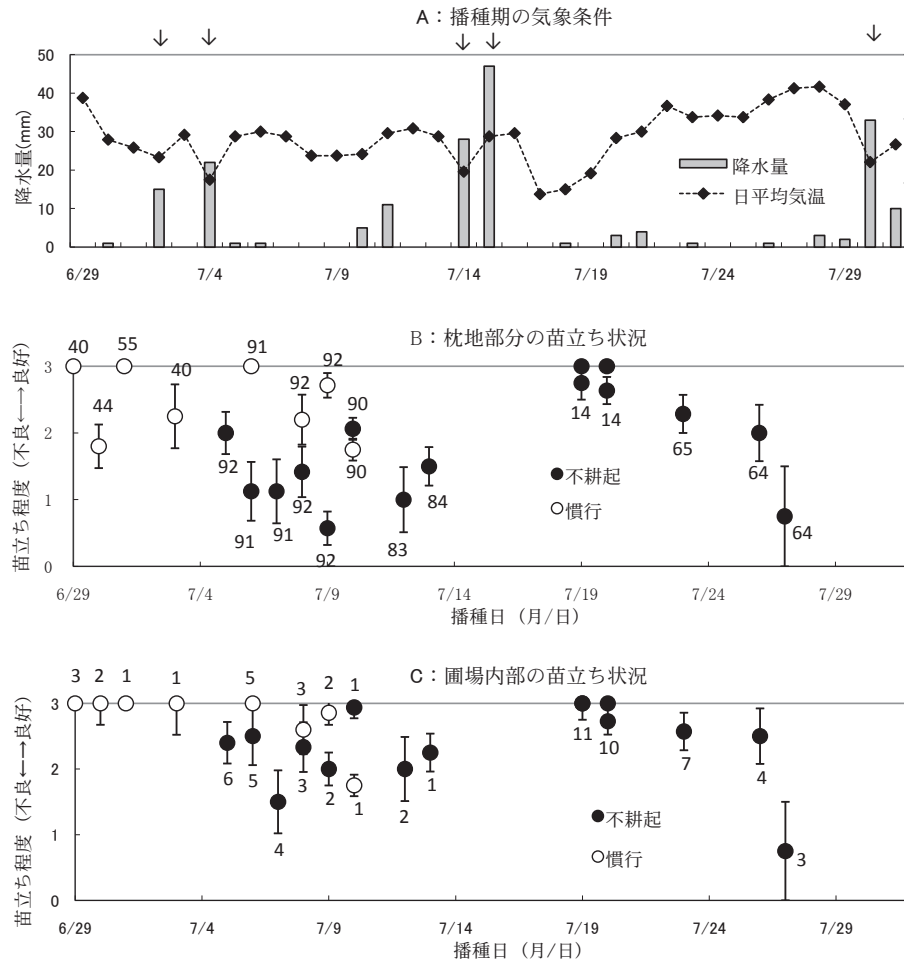
2007年の筑西市田谷川土地改良区ダイズ播種圃場（ $n=361$ ）のうち、7月末～8月上旬の調査時の苗立ち程度が著しく不良～不良に分類されたのは、不耕起播種圃場で39%（枕地部分）および10%（圃場内部）、慣行播種圃場で11%（枕地部分）および1%（圃場内部）であり、苗立ち不良の発生は、慣行播種に比べ不耕起播種で著しく、また圃場内部では枕地部分に比べ軽微であった（第1図）。田谷川土地改良区での苗立ち不良発生圃場の地理的な分布を見ると、慣行播種条件では周囲に比べ排水性の低い圃場で生じており、その分布は局地的であった。一方、不耕起

播種条件では苗立ち不良圃場は田谷川土地改良区のほぼ全域で認められた。第2図にA：2007年播種期における降水量と温度の推移、B：圃場の枕地部分の苗立ち程度、C：圃場内部の苗立ち程度を示した。なお、この解析の対象とした圃場は、播種日の特定が可能であったA氏およびB氏の圃場である。7月中の積算降水量は189mmであり、10mm以上の降雨は7月2日、7月4日、7月11日、7月14日、7月15日、7月30日の6日間、30mm以上の降雨は7月14日、7月15日、7月30日の3日間に観測された。播種作業は、慣行播種が6月29日から7月10日までの期間、不耕起播種は7月5日から開始され、台風に伴う降雨（85mm）による7月14日から7月18日までの中断をさして7月27日まで続いた。不耕起播種条件では、7月19日、7月20日の播種を除いて苗立ち不良が多発した。播種後10日間の積算降水量（播種後降水量）は、7月5日から7月13日までの播種では83～92mm、7月21日から7月27日までの播種では63～64mmであり、これに対して良好な発芽を示した7月19日、7月20日についてはいずれも14mmであった。一方、慣行播種の播種後降水量は6月30日から7月3日までの播種で40～55mm、7月6日から7月10日播種で90～92mmであった。播種後降水量が同じ7月6日から7月10日について耕起・播種法の比較を行うと、7月10日を除いて慣行播種が不耕起播種を上回る苗立ちを示した。慣行播種で苗立ち不良が見られた6月30日、7月3日、7月10日の播種圃場について見ると、それらの圃場は大字西石田地区（第6図A）と大字嘉家佐和地区（第6図B）の一画であり、共通的に降雨後に滞水を生じ易く排水性が低いという特徴が見られた。これとは対照的に、7月10日に不耕起播種が実施されたものの比較的良好な苗立ちを示した圃場は、大字西榎生地区（第6図C）に多く分布した。なお、これらの地帯は後述の減収危険性マップで130%以上の相対収量を示す高位安定に分級される圃区とはほぼ一致した。

### 2. 苗立ちに関する耕起・播種法の比較試験

田谷川土地改良区の農家圃場で実施した耕起・播種法の比較試験では、ダイズの出芽数および出芽後枯死株数について耕起法間で大きな差異が見られた（第3図）。この試験では、7月10日にダイズ播種を実施したが、7月14日～7月15日には台風14号に伴う合計85mmの降雨に見舞われ、不耕起播種区では冠水を生じた。小明渠浅耕播種と慣行播種では、その降雨にもかかわらず、95%を上回る出芽率を示し、出芽後の枯死株率はそれぞれ1%、2%と僅かであった。一方、連続不耕起および夏作不耕起条件では40%弱の出芽率を示したに過ぎず、出芽後の枯死株率も夏作不耕起が20%、連続不耕起が30%に達した。なお、出芽後の枯死株については、胚軸部が侵されて折損し枯死に至るという特徴を示し、茎疫病による立ち枯れと判断された。

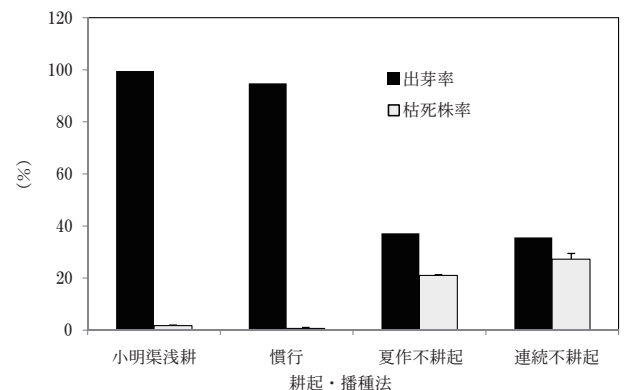




第2図 播種期の気象条件と耕起・播種法がダイズ(品種:納豆小粒)の苗立ちに及ぼす影響。2007年に筑西市田谷川土地改良区の全圃場を対象に行った調査結果をもとに、播種履歴が把握可能なA氏およびB氏の栽培圃場の苗立ちを示した。A図の↓は、日降水量で10mm以上の降雨があったことを示す。B図およびC図のシンボルの添え字は、それぞれ、播種後10日間の積算降水量(mm)と播種から10mm以上の降雨までの日数を示す。

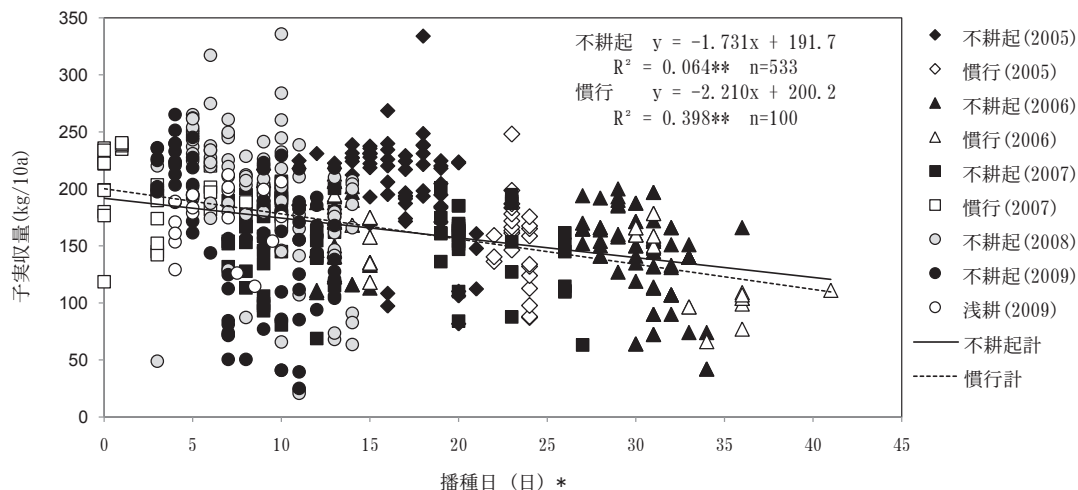
### 3. 収量性評価

第4図に、播種日と全刈り収量との関係を示した。播種日は、図表示の理由から6月30日を0として表した。圃場の全刈り収量(品種:納豆小粒)は、播種日の遅れに伴い緩やかに低下する傾向を示し、耕起・播種法ごとに年次をこみにした播種日と子実収量との間には、寄与率は不耕起播種で0.064、慣行播種で0.398と低いものの、有意な負の回帰が認められた。また、不耕起播種と慣行播種について得られた回帰直線はほぼ重なりあい、両者の回帰係数および切片についても統計的な有意差は認められないことから、不耕起播種と慣行播種の収量性には、播種時期を考慮すれば差異があるとは言えなかった。また、低い寄与率が示すように、同一播種日であっても圃場間に大きな収量差が見られ、とりわけ不耕起播種条件でその程度が大きく、圃場条件は播種期の遅れ以上に影響の大きい収量の変動要因であることが示唆された。さらに、2008年以降、現地では不耕起播種での増収を目的として播種作業の早期化が図



第3図 耕起・播種法がダイズ(品種:納豆小粒)の出芽と出芽後の枯死に及ぼす影響。

播種9日後の2007年7月19日に各処理区の生存株数と枯死株数を計数した。生存率は生存株数×100/播種数, 出芽率は(生存株数+枯死株数)×100/播種粒数として計算した。 $m^2$ 当たりの播種粒数は、小明渠浅耕:20.0粒, 慣行22.2粒, 不耕起:28.0粒である。図中の値は2区の平均値±標準誤差。



第4図 耕起・播種法と播種日がダイズ品種納豆小粒の子実収量に及ぼす影響。

\*: 播種日は6月30日を起算日(0)とした値。

第1表 不耕起播種条件での圃場全刈り収量(y)と播種日(x<sup>1</sup>), 苗立ち程度(x<sup>2</sup>)との関係。

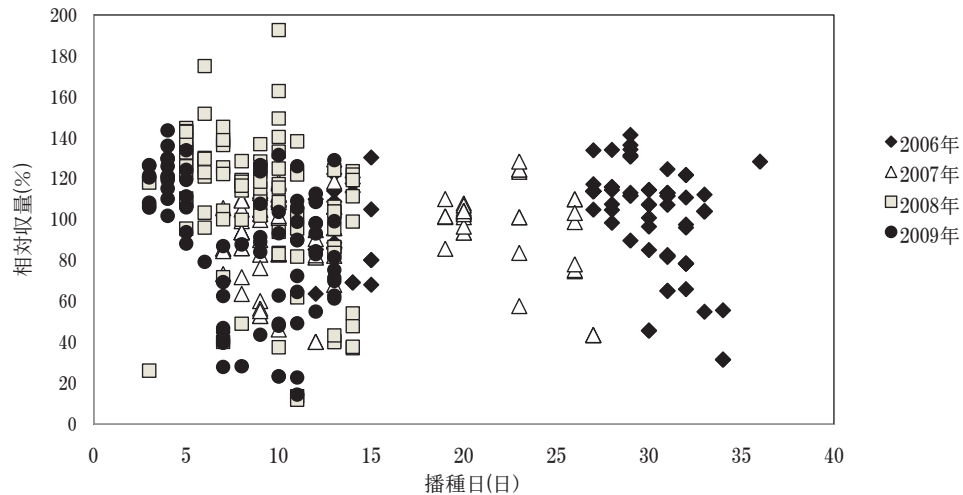
	2007年			2008年		
	播種日(x <sup>1</sup> )	苗立ち程度(x <sup>2</sup> )	定数項	播種日(x <sup>1</sup> )	苗立ち程度(x <sup>2</sup> )	定数項
偏回帰係数	-2.169	33.377	85270.6	-4.015	71.237	159162.2
標準偏回帰係数	-0.376	0.690		-0.171	0.708	
p値	<0.001	<0.001	<0.001	0.008	<0.001	0.0075
判定	**	**	**	**	**	**
重相関係数		0.701			0.796	

\*\* : 1%以下の水準で有意性あり。苗立ち程度は2007年が7月30日～8月4日の調査結果, 2008年が10月11日～10月15日の調査結果を用いた。

られているが, 全刈り収量で  $0.02 \text{ t ha}^{-1}$  というような著しく収量の低い圃場の増加が見られる。これらの圃場の苗立ち程度は, 著しく不良(苗立ち割合: 0～30%程度)に分類されることから減収は枯死株発生によるところが大きい。枯死の原因は, その症状と菌の分離結果から茎疫病(*Phytophthora sojae*)と見なされている(加藤ら2010)。ところで, 苗立ち調査を実施した2007年と2008年とでは枯死株の発生の様相は大きく異なった。すなわち, 2007年の播種期は多雨傾向にあったことから播種作業はこの降雨の合間を縫って実施され, 排水性の悪い圃場では出芽不良と出芽後の枯死株発生が見られた。一方, 2008年は, 7月1日から7月26日までの降雨は12 mmと干ばつ気味に経過し, 不耕起播種条件でも良好な出芽苗立ちが見られた。その後も7月27日の22 mmの降雨を除いて, 翌月15日までまとまった降雨のない条件が継続したが, 7月28日以降, 急激に茎疫病の蔓延と枯死株の増大が見られ, 特に不耕起播種条件で枯死株発生の程度が大きかった。不耕起播種条件での枯死株発生の影響は, 播種日, 苗立ち程度を説明変数に, 全刈り収量を目的変数とした重回帰分析の結果からも伺い知ることができる。すなわち, 2007年は播種日と7月下旬の苗立ち程度の影響が, 2008年は播種日と10月中

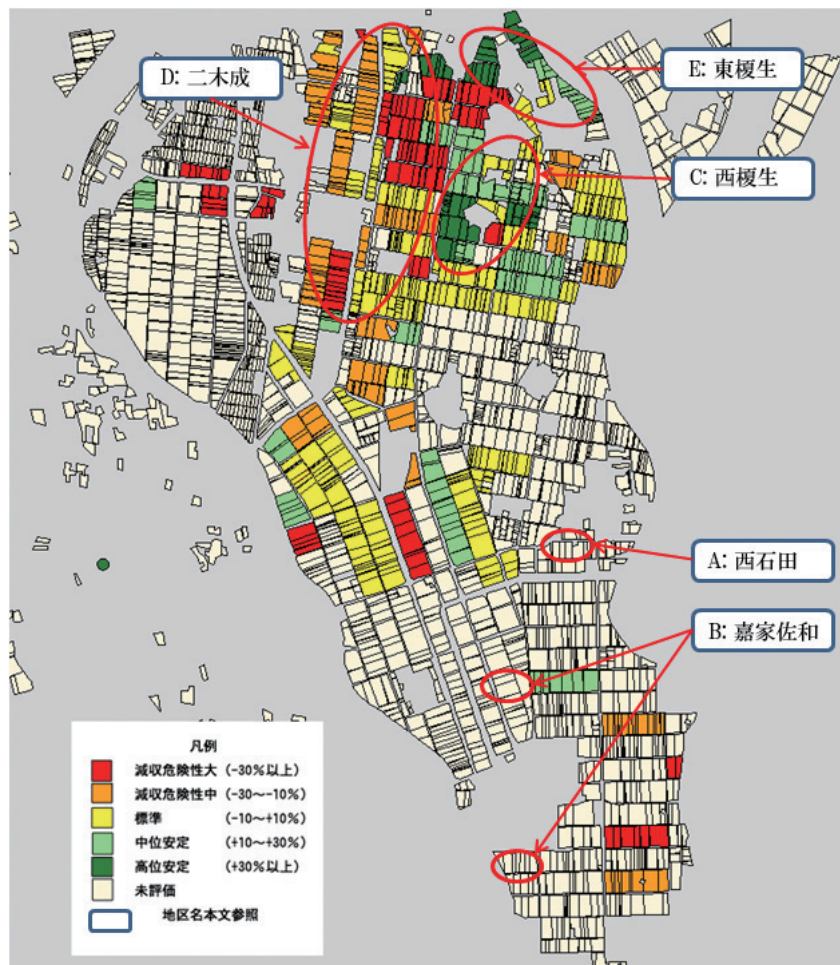
旬の苗立ち程度の影響が, それぞれ1%, 5%水準で有意であった。いずれの年も, 播種日に比べ苗立ち程度の標準偏回帰係数が大きい値を示すことから, 全刈り収量に対する影響は播種日より苗立ちの影響が大きく, 不耕起播種条件では湿害・病害による枯死株の発生が重要な減収要因であることが示唆された(第1表)。

第4図の納豆小粒の播種期には40日程度の幅があるが, このようなデータを用いて圃場の収量性の多寡や地理的分布の特徴を明らかにするためには, 播種日の影響を取り除く必要がある。そこで, 不耕起播種条件で5年間にわたって得られた播種日(x)と収量(y)との回帰式( $y = -1.731x + 191.7$ )から任意の播種日の収量推定値を求め, この値に対する個々の圃場の全刈り収量の100分率をもって播種日の影響を補正した相対収量とした(第5図)。次に, 周辺を道路・用排水路などの基本固定施設に囲まれた区画(圃区)に含まれる圃場の相対収量の平均値を求め, 減収の危険性大: -30%以下; 減収の危険性中: -30～-10%; 標準: -10～+10%; 中位安定: +10～+30%; 高位安定: +30%以上に区分した。それぞれ, 赤, オレンジ, 黄, 薄緑, 緑として圃場図上に色分けして表示すると, 減収しやすい圃場や多収が得られる圃区が固まって分布する傾向が見られ



第5図 不耕起播種条件での播種日と相対収量\*との関係。

\*：不耕起条件での播種日(x)と収量(y)との回帰式( $y = -1.731x + 191.7$ )から任意の播種日の収量推定値を求め、この値に対する個々の圃場の収量の100分率をもって相対収量とし、播種の遅れに伴う減収の補正を行った。



第6図 筑西市田谷川土地改良区におけるダイズ品種納豆小粒の不耕起播種栽培での減収の危険性。



た (第6図)。

## 考 察

ダイズ生産の大規模化に伴い、農家の規模や降雨条件によっては播種作業が1ヶ月以上に及ぶことも稀ではない。関東地域の小麦跡ダイズ (品種: 納豆小粒) 栽培では6月20日が播種適期とされるが、筑西市では7月に入ってから播種が大半であり、播種日の遅れに伴う減収傾向が見られる (第4図)。ダイズの湿害発生については、播種当日および5日後の降雨の影響が大きい (濱田ら 2007) ことが報告されており、播種後の降雨条件も重要な収量の制約要因である。したがって、圃場間や耕起・播種法間での収量性の比較にあたっては、播種日の影響を考慮する必要がある。圃場ごとの播種履歴の把握が不可欠である。また回帰直線を中心とする全刈り収量の変動は、圃場条件の違いによると考えられることから、耕起・播種法の影響を評価する上では収量性の地理的な分布も考慮する必要がある。著者らは、従来農業経営者の記憶や作業日誌の記録という形で残されてきた作業履歴を、携帯型 GPS を用いて収集するシステムを開発した (松尾ら 2011)。このシステムでは、農業機械を用いた作業の実施時刻や圃場の地理的位置を容易に把握できることから、農家の作業日誌から作業履歴を調べるといった煩雑な作業を行うことなく、播種日や圃場の地理的位置と苗立ちや収量との関係の解析が可能になる。そこで本研究では、現地において収集した作業履歴、全刈り収量および苗立ち調査の結果を用いて不耕起播種栽培の評価と今後の改善方法について検討を行った。

転換畑における麦跡ダイズの不耕起播種技術は、麦収穫後の不耕起状態において一工程で完結する作業の単純性 (濱口 2004)、作業限界降水量が高いなどの特徴から、梅雨の晴れ間をぬって実施される我が国の大規模なダイズ生産に適した播種法として有望視されている (梅本 2008)。しかし、このような特徴は、慣行播種では通常実施されないような高い土壤水分条件下での不耕起播種によって湿害の発生が助長される可能性を示唆するものでもある。門間・沼田 (2010)、濱口ら (2008) によると、不耕起播種条件では茎疫病の発生程度が大きく、とりわけ多湿な圃場条件で発生が多いことから、必ずしも降雨に対する耐性の高い技術ではないとする見方もある。また、濱口ら (2009) は、不耕起播種における苗立ち不良が圃場内部より枕地部分で著しいことを認め、土壤の圧密化との関係を示唆している。田谷川土地改良区のダイズ播種圃場を対象とした苗立ち調査でも、苗立ち不良~著しく不良に分類される圃場の割合は不耕起播種が慣行播種を大きく上回る値を示し、特に枕地でその割合が高いことが確認された。また現地試験でも、慣行播種や小明渠浅耕播種に比べ、不耕起播種では出芽率の大幅な低下や出芽後の枯死株発生の増大が認められ、その程度は夏不耕起に比べ冬夏連続不耕起条件で激しいことから、土壤の圧密化と苗立ち不良との密接な関係が裏付け

られた。茎疫病については、降雨によって遊走子のダイズへの感染や放出が生じることから、土壤の多湿、冠水、灌水、連作等が発病を助長するとされる (西 1990)。不耕起播種条件では土壤圧密化によって粗孔隙が減少し、わずかの降雨でも滞水を生じ易くなることから、遊走子のダイズへの感染や罹病ダイズからの遊走子の放出が促され、このことが茎疫病の蔓延を助長しているものと推察される。

次に、GPS によって収集された播種履歴をもとに耕起・播種法と苗立ち不良との関係を細かく見たところ、両方の播種法が実施されて比較が可能な7月5日から7月10日では、7月10日を除いて不耕起では慣行播種に比べ明らかに苗立ちが劣ることが示された。唐橋 (1998) は、播種後8~10日間の積算降水量が約65~80 mmに達する多雨年では湿害の発生が激しいことを認めているが、7月5日から7月10日にかけての播種後10日間の積算降水量は90~92 mmの範囲にあった。また、濱田ら (2007) は、ダイズにおける湿害の発生が危険な時期として、播種直後と酸素要求量が增大する下胚軸伸長期の2時期があり、播種後5日間の冠水害の危険性が高いことを報告している。なお、播種直後の湿害は急激な吸水による種子の損傷と内容物の漏出を生じるためと考えられている (中村 1985、鄭・綿部 2000)。田谷川土地改良区における慣行播種条件の苗立ち不良は、大字西石田地区南部 (第6図A) と大字嘉家佐和地区 (第6図B) の圃場で播種1~3日後に降雨があった場合に限られ、7月10日の不耕起播種と慣行播種の苗立ちの逆転もこれに当てはまる。なお、これら2地区は、国土交通省国土地理院 (2008) の筑西市洪水ハザードマップの浸水想定区域図によれば筑西市田谷川土地改良区で最も浸水の危険性が高く冠水しやすい地区とされている。一方、不耕起播種条件では播種後降雨 (10 mm 以上) までの日数が1~7日の範囲で苗立ち不良が生じている。しかし、7月5日播種のケースでは7月11日の降雨は冠水を生じる程の雨量でもないことから、7月14日の降雨が影響したとすると、播種から冠水まで9日が経過したにもかかわらず苗立ち不良が生じたことになり、急激な吸水や酸素不足では説明仕切れない。また2007年の現地圃場試験では播種4~5日後に85 mmに達する降雨に見舞われる条件で、小明渠浅耕播種と慣行播種が良好な出芽を示し、その後の枯死も生じなかったのに対して、不耕起播種では有意な出芽率の低下と出芽後の枯死株の増大が見られ、枯死株は茎が萎凋後に折損するという茎疫病に特徴的な症状を呈した。さらに、2008年の播種期は寡雨条件で経過し良好な出芽が得られたものの、7月下旬の降雨以降、不耕起播種条件では茎疫病による枯死が多発するといった経過を示し、生育ステージの進んだ株の枯死が増加する傾向にある。

また、耕起・播種法が収量に及ぼす影響について5年の調査期間を通してみると、両耕起・播種法とも播種期の遅れに伴って緩やかに減収するという関係を示し、それぞれについて得られた回帰式には有意差は見られず、不耕起播

種と慣行播種で収量性に違いがあるとは言えないものと判断された。しかし、収量に対する播種日の寄与率は耕起播種に比べ不耕起播種で小さく、不耕起播種では同一播種日であっても圃場条件により大きな収量差を生じた。そこで、不耕起条件での全刈り収量に対する播種日および苗立ち程度の影響について重回帰分析を行ったところ、いずれの要因も有意であるが、2カ年とも標準偏回帰係数は苗立ち程度が播種日を上回る値を示す（第1表）ことから、不耕起条件では、収量変動に対して播種期の遅延よりも湿害・病害による枯死株の発生の影響が大きいことが確認された。

ところで、苗立ち程度は湿害や茎疫病による枯死株発生の結果であり、これらの障害の起こりやすさは圃場の排水性や圧密化の状態、作付履歴等の圃場条件に帰せられるものと考えられるが、本研究ではそれらの項目の調査解析を行っていないため、圃場条件をブラックボックスとして扱わざるを得ない。しかし、GPSによって得られた播種作業の時間情報（播種日）と空間的情報（圃場位置）を圃場ごとの子実収量に関連づけることで、減収の危険性や原因の推定など栽培法の改善に有効な情報を導くことが可能となる。すなわち、5年間の収量データについて播種日と子実収量との回帰直線を用いて圃場ごとの相対収量を求め（第5図）、その収量水準によって圃場図の色分けを行ったところ（第6図）、減収程度の大きい圃場と高位に安定した収量を示す圃場の分布に偏りのあることが示された。特に田谷川土地改良区北中央部の大字二木成地区（第6図D）には低収圃場が多く見られ、一方、北東部の小貝川沿いの大字東榎生地区（第6図E）や大字西榎生地区（第6図C）には高位安定圃場が分布する。田谷川土地改良区は数度の基盤整備事業を経ており、現在では過去の地形の痕跡を認めることはできないが、造成前には大字二木成地区の一画には湿地があったといわれており、今でも排水性の低い圃場が多い。一方、安定して多収な東榎生地区と西榎生地区にはかつて畑地や桑園が分布していたとされ、排水性は良好である。このように、収量実績を時間情報（播種日）で補正して得られた減収の危険性は、湿害発生の程度をおおむね反映しており、このような手順を踏むことで圃場ごとの不耕起播種導入の危険性を定量化することが可能であると考えられた。不耕起播種など新技術を導入するにあたって、圃場の来歴や物理的な特性からその適否を事前に評価することが望ましい姿ではあるものの、土壌物理性と湿害発生との定量的な関係解明が十分でない現状では、収量実績や作業履歴から算出した減収の危険性にもとづいて、栽培法の改善を図ることがより現実的な対応であると考えられる。

田谷川土地改良区のダイズの不耕起播種栽培では、播種時の冠水による幼植物の枯死に加えて、最近では生育ステージの進んだ株の枯死も多くなりつつある。また、従来発病が少なかった慣行播種栽培でも枯死が目立つようになっており、茎疫病による被害がさらに深刻化することが

懸念されている。茎疫病の発生には、圃場条件、耕起・播種法、播種期の降水量等の要因が関与し、ダイズの品種間差（土屋ら1982）もあることから、総合的な対策の構築が急務である。田谷川土地改良区では、主要品種の納豆小粒とともに小面積ながら不耕起播種条件でタチナガハの作付けが行われており、茎疫病の被害も現在のところ僅かであることから品種の切り替えも選択肢の一つと考えられる。最近では、慣行播種を行ってきた農家を中心に湿害軽減効果の高い小明渠作溝播種に転換するという動きもある。従って、第6図で示した情報に基づいて減収の危険性の低い圃場では不耕起播種を継続し、一方、危険性の高い圃場では茎疫病耐性の高い品種の作付けや湿害回避効果の高い耕起・播種法の導入によって苗立ちを確保するといった対応が必要であろう。作業工程の単純さや天候の影響を受けにくいといった不耕起播種の特徴は、生産の大規模化という局面では特筆すべき長所であり、また、苗立ちの確保ができれば収量性についても慣行播種を上回る能力を有する（濱口2003）ことから、このような対策を通してその長所を最大限に生かすことが重要であると考えられる。

本研究では、2戸の農家に依頼してGPSによる作業履歴を収集するとともにトラックスケールによる圃場ごとの全刈り収量の測定を行ったが、これは圃場ごとの収穫量の測定が可能な収量コンバイン（日高・栗原2007）導入のテストケースとして捉えることができ、得られた情報を栽培法の改善にどのように活用していくかを考える機会でもある。たとえ、収量コンバインによって圃場ごとの収量測定が可能になったとしても、ただちにその結果を圃場の生産力の評価や施肥量の調節等の栽培管理に使えるわけではない。なぜなら、作物収量の成立には、圃場の生産力に加えて栽培管理法や気象条件など多くの要因が関与しているためである。地形や播種後の降雨条件から湿害の程度を推定するように、圃場の位置や播種日等の情報を含む作業履歴は、収量成立に関与する要因を把握する上で最も基本的な情報である。本報で示した不耕起播種栽培における苗立ちや収量性の評価に基づく減収危険性のマップ化の手順は、履歴情報や収量データを活用した栽培管理法の改善の初歩的な一例であるが、将来的に収量コンバインの導入やGPSによる作業の自動記録などが進めば、経営改善のために農家自身に取り組むことになる作業でもある。今後、営農の大規模化による播種時期の長期化、圃場の分散化、作物の多様化、オペレータ雇用などの変化に伴い、圃場管理は益々複雑化していくものと考えられる。このため、GPSを活用した作業履歴の把握や作業ガイダンス等の技術の需要が増大することが予想されるが、栽培管理法や経営の改善のために作業履歴や収量データをどのように活用していくかを明らかにすることも今後の検討課題であると考えられる。

## 引用文献

梅本雅 2008. 転換期における水田農業の展開と経営対応. 農業・食品



- 産業技術総合研究機構, 中央農研 総合農業研究叢書 60.
- 加藤雅康・松尾和之・濱口秀生・渡邊好昭・島田信二 2010. 茨城県筑西市におけるダイズ茎疫病の発生量に關する要因. 植病報 76 (別): 208.
- 唐橋需 1998. ダイズ不耕起播種栽培技術体系の実証. 農業研究センター研究資料 37.
- 国土交通省国土地理院 2008. 筑西市洪水ハザードマップ (浸水想定区域図・浸水実績図). <http://disapotal.gsi.go.jp/viewer/> (2011/1/20 閲覧).
- 土屋貞夫・田中文夫・児玉不二雄 1982. ダイズ茎疫病に対する品種抵抗性および病原菌のレースについて. 北日本病虫研報 33: 69-71.
- 鄭紹輝・綿部隆太 2000. 浸水によるダイズ種子からの糖溶出と出芽の關係. 日作紀 69: 520-524.
- 中村俊一郎 1985. 農林種子学総論. 養賢堂, 東京. 27.
- 西和文・高橋廣治 1990. ダイズ立枯性病害の発生実態と診断同定の手引き. 農業研究センター, つくば 32.
- 濱口秀生 2003. 省力栽培技術. 海妻矩彦・喜多村啓介・酒井真次編, わが国における食用マメ類の研究. 独立行政法人 農業技術研究機構・中央農研 総合農業研究叢書 44: 301-309.
- 濱口秀生・中山壮一・梅本雅 2004. 汎用型不耕起播種機によるダイズ不耕起狭畦マニュアル. 中央農研研究資料 5.
- 濱口秀生・渡邊和洋・松尾和之・梅本雅・中山壮一・小野信一・長野間宏・渡邊好昭 2008. 転換畑における不耕起ダイズの苗立ち不良について. 日作紀 225 (別 1): 80-81.
- 濱口秀生・松尾和之・加藤雅康・渡邊和洋・島田信二・渡邊好昭 2009. 土壌の圧密と基肥施用が転換畑における不耕起ダイズの苗立ちに及ぼす影響. 日作紀 227 (別 1): 22-23.
- 濱田千裕・伊藤清一・澤田恭彦・宮下陽里 1986. ダイズ栽培の機械化に関する研究 (第 1 報) 不良条件下における高性能播種技術の開発. 愛知農総試研報 18: 67-74.
- 濱田千裕・谷俊男・吉田朋史・中島泰則・城田雅毅・釋一郎 2001. 愛知県西三河地域におけるダイズ栽培の実態調査による低収要因の解明. 愛知農総試研報 33: 87-92.
- 濱田千裕・釋一郎・澤田恭彦・小島元 2007. ダイズ不耕起播種栽培の出芽期における冠水害の発生要因. 日作紀 76: 212-218.
- 日高靖之・栗原英治 2007. 収量コンバインによる収穫情報の取得とその利用. 農業機械学会誌 69: 17-20.
- 松尾和之・濱口秀生・渡邊和洋・渡邊好昭 2011. 携帯型GPSによる農作業履歴の記録と履歴情報の利用-携帯型GPSによる農業機械の作業履歴収集技術の開発-. 日作紀 80: 346-353.
- 門間剛・沼田聡 2010. ダイズ不耕起栽培における茎疫病発生と被害軽減対策. 東北農業研究 57: 83-84.
- 渡辺輝夫・松尾和之・増田欣也・深見公一郎・佐々木豊・谷尾昌彦・建石邦夫・上村敏彦・泉哲朗・中西幸峰 2010. 東海地域の水田輪作体系における小明渠浅耕播種機の開発. 農業技術学会関西支部報 107: 6-10.

**Use of Hand-held GPS for Recording Agricultural Machinery Operation and its Utilization in the Management of Paddy Farming-Evaluation of No-Tillage Seeding in Staple Cropping Area of Soybean (cv. Nattosoryu) Considering the Date and Location of Seeding :** Kazuyuki MATSUO, Hideo HAMAGUCHI, Kazuhiro WATANABE and Yoshiaki WATANABE (*Natl. Agric. Res. Cent., Tsukuba 305-8686, Japan*)

**Abstract :** In order to clarify the yielding performance of no-tillage seeding cultivation of soybean, the effects of field locations and seeding dates on seedling establishment and yield were studied in the staple cropping area of soybean in Ibaraki pref. for five years by using a newly developed system for recording agricultural works with GPS. The failure of seedling establishment tended to occur only in the poor drainage area that received heavy rain 1-3 days after seeding under the conventional seeding condition. In contrast, the field with poor seedling establishment was observed throughout the surveyed area and irrespective of rainfall under the no-tillage seeding condition. The survey for five years revealed a negative correlation between seeding date and the soybean yield in each field, but there was no significant difference in the regression line between the no-tillage seeding and the conventional seeding. The result of multiple regression analysis showed the importance of phytophthora rot of soybean as a cause of yield loss under the no-tillage seeding condition. The relative yield compensated for yield reduction by delaying seeding was calculated by using regression equation of yield and seeding date. The field map, in which the fields were tilled with different colors according to relative yield, indicated that high-risk fields are distributed into the specific area.

**Key words :** No-tillage seeding, Phytophthora rot, Record of seeding, Soybean, Wet injury, Yield reduction.