

大豆の茎水分変化からみたコンバイン収穫適期の 品種間差および茎水分の簡易測定法

北野順一・橋 尚明・横山幸徳*

要 旨

コンバインによる大豆の収穫作業は、品質低下の主要因となる汚粒の発生を軽減するために茎水分が50%以下に低下してから行う必要がある。そこで、茎水分の変化に注目した場合の主要品種のコンバイン収穫適性と収穫適期、ならびに茎水分の簡易な測定法について検討した。

エンレイ、オオツル、タチナガハ、タマホマレ、フクユタカについて成熟期後の積算気温と茎水分および裂莢率の関係を比較したところ、各々の関係には品種間差が認められた。

平年の気象条件におけるコンバインによる収穫適期を成熟期からの積算気温から日数で示すと、オオツルは80~300℃・日で6~17日後、タチナガハは60~250℃・日で4~14日後、タマホマレは60~300℃・日で4~19日後、そしてフクユタカでは0~250℃・日で0~17日後であった。

高周波容量式大豆子実水分計を利用し現地圃場で茎水分を簡単に測定する方法を開発し、収穫適否の判断を容易にした。

キーワード：大豆，茎水分，コンバイン収穫，収穫適期

緒 言

大豆の収穫作業は汎用コンバインまたは専用コンバインの導入が進み、大幅に省力化された。しかし、これらコンバインによる大豆の収穫作業は天候や圃場・作物条件等に左右され、汚粒の発生は特に品質低下につながるので問題点とされている。汚粒の発生は、主に脱穀過程で生じ、高水分の茎や莢、土砂等の混入により子実の表面に茎汁や茎繊維、または土砂等が付着するためと考えられる¹⁾。収穫時の大豆の茎水分が高い場合、圃場の生雑草が混入した場合および収穫作業中に土砂が混入した場合等に発生するが、特に茎水分が高いために発生する場合は収穫作業を延期する以外に対策はなく、大面積の収穫を実行する上で大きな障害となっている。汚粒の発生を防ぐためには茎水分が60~50%以下になってから収穫作業を行う必要があるが^{2,3,4)}、現場で茎水分を的確に判定することは難しく、コンバインの効率的使用の妨げの一因となっている。

パインダまたはビーンハーベスタで刈り取り、圃場で地干しした後、ビーンスレッシャで脱穀する従来の収穫

方式では、大豆品種の機械収穫適性としては裂莢性、耐倒伏性、最下着莢位置が問題とされてきたが⁵⁾、コンバイン収穫では茎水分についても検討する必要があると考えられる。そこで、主要な大豆品種について成熟期後の茎水分と裂莢率の変化について調査し、さらに現地圃場で短時間に茎水分を測定する手法について検討した。その結果、コンバイン利用における機械収穫適性の品種間差、作業計画を策定する上での必要な収穫適期判断基準、および簡易な茎水分測定法に関して若干の知見を得たので報告する。

材料及び方法

試験1. 茎水分および裂莢率の推移からみたコンバイン収穫適期の品種間差

1988年と1989年に三重県農業技術センター内（現三重県科学技術振興センター農業研究部）の水田転換畑で栽培した大豆、エンレイ、オオツル、タチナガハ、タマホマレおよびフクユタカの5品種を供試した。供試圃場の土壌型は細粒灰色低地土灰色系（県土壌統名：中之庄統、

* 三重県科学技術振興センター総合研究企画部（515-1211 四日市市桜町3690-1）

全国土壌統名：鴨島統）に属し、土性は埴壤土である。生育概要は表1のとおりであり、各品種とも条間70cm、株間15cmで2粒播種とし、基肥としてアール当たり窒素0.3kg、リン酸1.0kg、加里1.0kgを施用した。中耕培土、除草および病虫害防除等は慣行に従って実施した。

裂莢率および茎の水分調査は、成熟期前後から4～5日毎に4～6個体を抜き取り、稔実莢数とその時点での自然裂莢数を調査し、莢を取り除いた茎の生重量を測定した。さらに105℃で24時間通風乾燥後に乾物重を測定し、茎水分を求めた。裂莢率は、総稔実莢数に対する裂莢数の百分率で表した。大豆の抜取りは晴天日の午後1～2時に行った。

気象データは津地方気象台の日平均気温を用い、成熟期の翌日から調査日までの日平均気温の和を積算気温とした。成熟期は、大部分の莢が品種固有の成熟色を呈し、振ると「カラカラ」と乾いた音のするようになった時とした。

試験2. 茎水分の簡易測定法

1990年に三重県農業技術センター内の水田転換畑で栽培した大豆、オオツル、タマホマレおよびフクユタカの3品種を供試した。栽培概要は、6月14日に条間70cm、株間15cmとし、2粒ずつ播種した。基肥としてアール当たり窒素0.3kg、リン酸1.0kg、加里1.0kgを施用した。中耕培土、除草および病虫害防除等は慣行に従って実施した。

成熟期前後の茎水分を明らかにするために、オオツルでは3回、タマホマレでは7回、フクユタカでは2回、各回3～5個体を抜き取り調査に供した。試料は採取後直ちに莢と分枝を取り去り、主茎について先端部と基部を除いた中央部分約7～8割を、長さ10～15mmに切断した。切断した3～5個体分の試料はよく混ぜ、大豆子実水分の測定に使用する高周波容量式水分計により、子実測定と同じ手法で計測した。測定は5回繰り返して行い、その平均値を求めた。さらに試料の生重を測定し、105℃で24時間通

風乾燥後の乾物重を測定して茎水分を求めた。タマホマレでは4回、分枝についても同様に測定した。

結果

試験1. 茎水分および裂莢率の推移からみたコンバイン収穫適期の品種間差

成熟期前後の半旬別平均気温と降水量の推移を図1に示した。1988年は概ね平年並みで、1989年は10月第6半旬から11月第3半旬にかけて平年より2～3℃高く推移した。10月中旬～11月上旬の降水量は兩年とも平年より少なく推移したが、特に1989年は少雨であった。

茎水分と裂莢率の関係を図2に示した。10月中旬に成熟期となるエンレイ、タチナガハ、オオツルでは年次間差が認められ、成熟直後の10月第4半旬に降雨がありその後は平年に比べ高温少雨に推移した1989年は、概ね平年並みであった1988年に比べ高い茎水分で裂莢する傾向があり、特に当地方での早生品種エンレイで顕著であった。一方、晩生のタマホマレおよびフクユタカには年次間差はみられず、茎水分と裂莢率には比較的高い相関関係が認められた。

また、茎水分と裂莢率との関係には品種間差が認められ、エンレイは茎水分が60%と高い条件でも裂莢が認められ、水分の減少に伴い急激に裂莢率が増加した。しかし、タマホマレ、フクユタカでは茎水分が30%以下になるまで裂莢はみられず、20%に低下しても裂莢率は5%未満であった。オオツル、タチナガハではこれらの中間を示し、茎水分が30%以下になると裂莢率が急増した。

成熟期後の積算気温と茎水分および裂莢率の推移を図3に示した。

積算気温と茎水分の関係については、エンレイとオオツルは年次による差がみられたがタチナガハ、タマホマレ、フクユタカでは年次間差がなく、かなり高い相関が認められた。茎水分が50%になる成熟期後の積算気温は、エンレ

表1 供試大豆の生育概要

年次	生育時期	エンレイ	オオツル	タチナガハ	タマホマレ	フクユタカ		
1988	播種日	6/14	6/14	6/14	6/14	7/5		
	出芽期	6/21	6/21	6/21	6/21	7/11		
	開花期	7/25	7/28	7/25	7/30	8/22		
	成熟期	10/11	10/12	10/12	10/19	11/1		
1989	播種日	6/14	6/14	6/14	6/14	6/25	6/30	7/5
	出芽期	6/20	6/20	6/21	6/20	6/30	7/7	-
	開花期	7/26	7/30	7/28	8/1	8/6	8/17	-
	成熟期	10/13	10/14	10/16	10/23	10/25	11/1	11/26

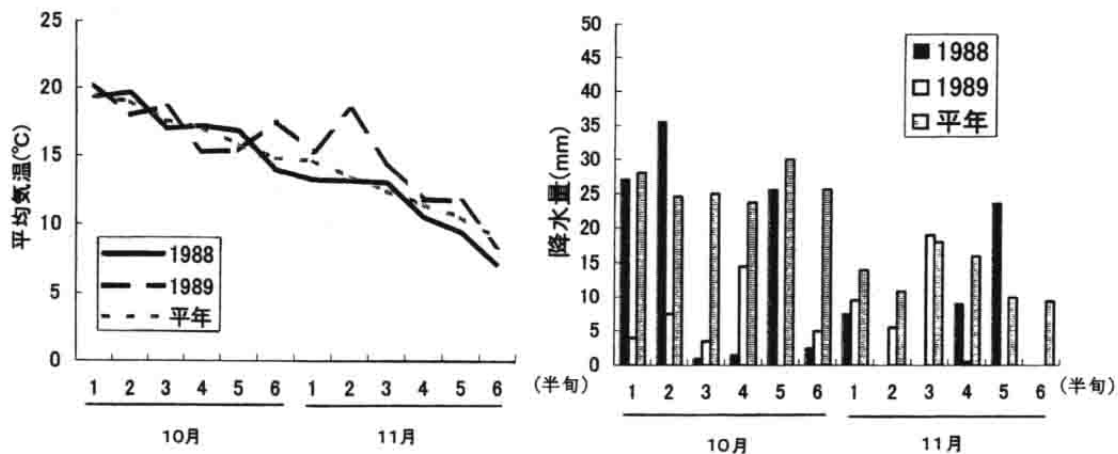


図1 成熟期前後の半旬別平均気温と降水量の推移
注) 津地方気象台

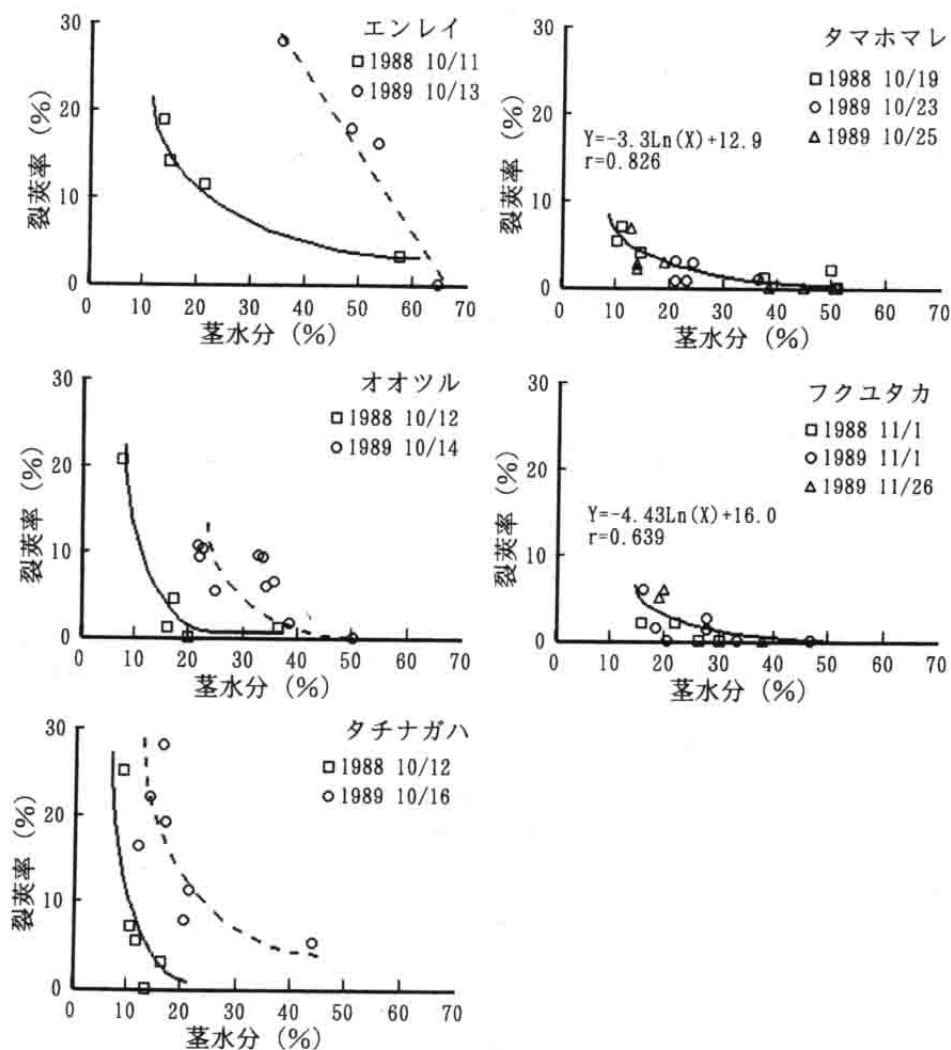


図2 成熟期後の茎水分と裂莢率との関係

注1) 茎水分は乾熱法による。
 注2) 裂莢率は調査時点の自然裂莢数の総稔実莢数に対する比率。

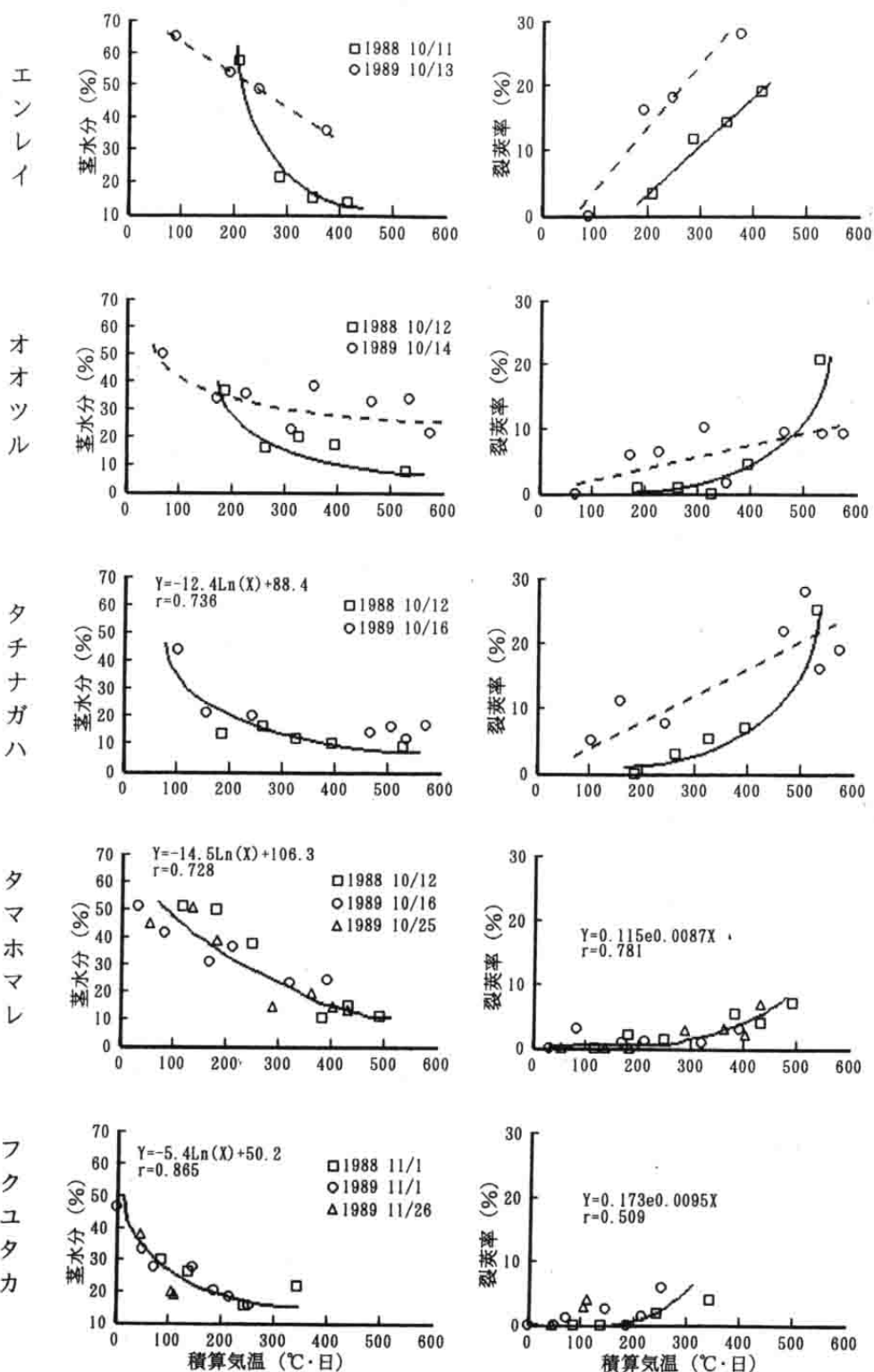


図3 成熟期後の積算気温 (°C・日) と茎水分および裂莢率との関係

注) 横軸はすべて積算気温 (°C・日) である。

イは約 200°C・日、オオツルは約 80°C・日、タチナガハおよびタマホマレは約 60°C・日、フクユタカは 0°C・日で、フクユタカの成熟期の茎水分は既に 50% に低下しており、品種によって明らかな差が認められた。

積算気温と裂莢率との間には、タマホマレとフクユタ

カでは比較的高い相関関係が認められた。しかし、エンレイでは年次間差が大きく、タチナガハとオオツルにも年次間差が認められた。裂莢率が 2% を越える成熟期後の積算温度は、年次間差がみられたエンレイは 1988 年が約 190°C・日、1989 年が約 80°C・日、オオツルは

約300℃・日、と約100℃・日、タチナガハは約250℃・日と約80℃・日、年次間差がみられなかったタマホマレは約300℃・日、フクユタカは約250℃・日であった。

コンバイン収穫適期の目安として、汚粒発生防止の観点から茎水分を50%以下^{2,3,4)}、収穫ロス軽減の観点から裂莢率を2%以下とし、成熟期前後の天候が平年に近い1988年の成熟期を起算日とする各品種の収穫適期間を表2に示した。積算気温と裂莢率の関係に年次間差が認められた3品種については、早くから裂莢が発生した1989年を多発年、1988年を平年並み年とした。平年並み年での収穫適期間は、オオツルでは成熟期後の積算気温が80~300℃・日(6~17日)、タチナガハでは60~250℃・日(4~14日)、タマホマレでは60~300℃・日(4~19日)、そしてフクユタカでは0~250℃・日(0~17日)に達した時と推定した。しかし、多発年ではオオツルとタチナガハの収穫適期間は約2日間と極めて短くなると推定された。さらに、茎水分の低下が遅く裂莢しやすいエンレイは、コンバイン収穫には不適な品

種と判断された。

試験2. 茎水分の簡易測定法

高周波容量式水分計で測定した水分値と通常の乾熱法による茎水分の関係を図4に示した。

タマホマレで同一個体の主茎と分枝の茎水分を比較すると、4個体とも主茎の方が分枝より茎水分が大きく、測定部位としては分枝より主茎の方が適していた。

主茎については、オオツル、タマホマレ、フクユタカの水分計測定値と乾熱法で求めた茎水分との間に高い有意な正の相関関係が認められ、下記の1次回帰式を適用し茎水分%を求めることができる。

$$Y=14.9+2.87X$$

Y：茎水分(%) X：高周波容量式水分計測定値

この茎水分の簡易測定法のフローを図5に示した。高周波容量式水分計の指示値が12未満であれば茎水分は50%以下であると判断でき、現場での茎水分測定の簡易手法として有効と考えられた。

表2 茎水分50%、裂莢率2%に達する成熟期後の積算気温(℃・日)から推定される収穫適期

品種名	茎水分50%		裂莢率2%				収穫適期	
	積算気温(℃)	日数(日)	多発年		平年並み年		平年並み年	
			積算気温(℃)	日数(日)	積算気温(℃)	日数(日)	積算気温(℃)	日数(日)
エンレイ	200	12	80	5	190	11	-	-
オオツル	80	6	100	7	300	17	80~300	6~17
タチナガハ	60	4	80	5	250	14	60~250	4~14
タマホマレ	60	4	-	-	300	19	60~300	4~19
フクユタカ	0	0	-	-	250	17	0~250	0~17

注) 日数は、成熟期をエンレイは10月11日、オオツルおよびタチナガハは10月12日、タマホマレは10月19日、フクユタカは11月1日として、平年気温から算出した。

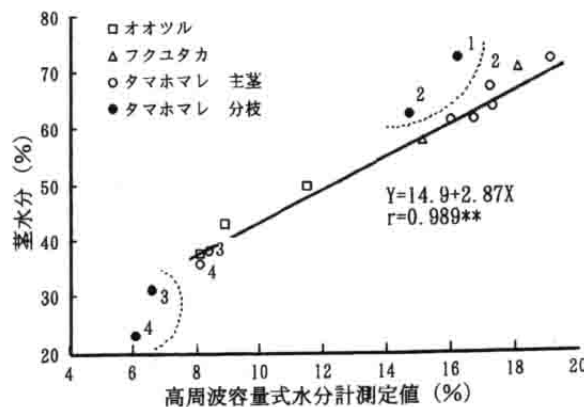


図4 高周波容量式水分計による測定値と乾熱法による茎水分値との関係

注) 図中の同一数字は同一個体であることを示す。

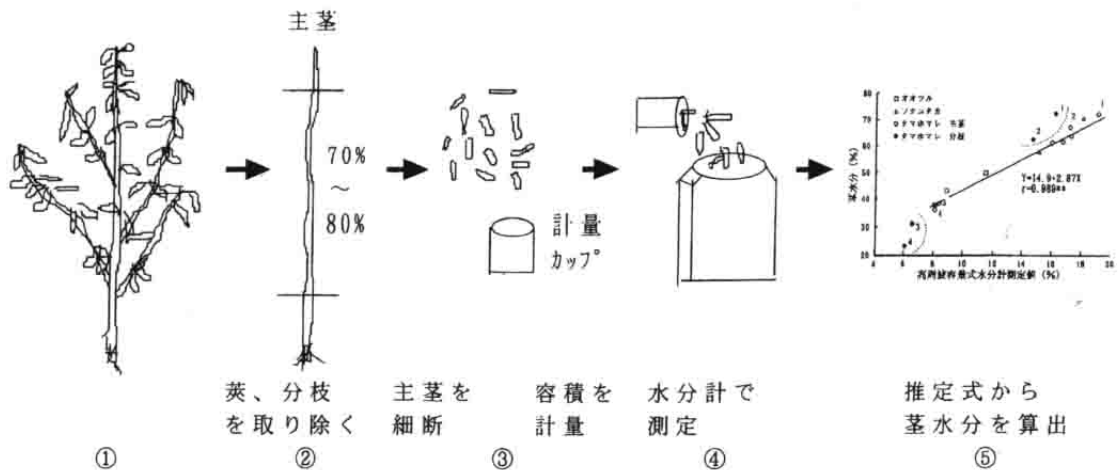


図5 大豆子実水分計を利用した茎水分の簡易測定法

- ① 試料の採取：収穫予定圃場から平均的生育の大豆を5個体程度抜き取る。
- ② 試料の調整：莢、分枝を取り除いた主茎の先端部と基部を切除し、中央部7～8割を試料とし、長さ10～15mmに細断し、均一に混ぜる。
- ③ 試料の計量：付属の計量カップで計量する。
- ④ 試料の測定：大豆子実水分計（高周波容量式）で測定する。
- ⑤ 茎水分推定：測定（③→④）は4、5回繰り返し平均値を求め、推定式から茎水分を算出する。

考 察

本試験で供試したオオツル、タマホマレ、フクユタカは本県の奨励または推奨品種であり、エンレイは北陸地方で、タチナガハは関東地方で広く栽培されている主要な大豆品種である。関東・東海地域ではエンレイは早生に、オオツル、タチナガハは中生に、タマホマレ、フクユタカは晩生に分類されている。この5品種について成熟期後の茎水分と裂莢率との関係、また、成熟期後の積算気温と茎水分および裂莢率との関係を比較した結果、それらには年次間差がみられたが各年次で比較すると品種間に差が認められた。すなわち、早生品種ほど裂莢が早く始まり、逆に茎水分の低下が遅い傾向が、言い換えれば早生品種ほど茎水分が高い段階で裂莢し始める傾向が認められた。早生品種ほど高温時に成熟期を迎えるために茎に比べて莢の水分低下の方が早く進み裂莢しやすくなるのではないかと推察される。そして、本試験においてはエンレイ、オオツル、タチナガハの成熟期の差は2、3日と僅かであったにもかかわらず、エンレイとオオツル、およびタチナガハの間には明らかな違いが認められた。このことは茎水分と裂莢率との間の関係、また茎水分の低下速度は品種固有の特性であることを示唆している。

大豆の機械化適性としては、耐倒伏性、裂莢性が重要視されてきたが¹⁰、コンバイン収穫が前提となる今後の大豆作においては、汚粒発生⁹の主要因とされる茎の水分についても重視すべき機械化適性の評価項目として加え

る必要があると考えられる。

コンバイン収穫適期の目安として汚粒発生防止の観点から茎水分を50%以下、収穫ロス軽減の観点から裂莢率を2%以下とする条件で平年並みの気象条件の場合の各品種の収穫適期を成熟期からの積算気温から推定すると、オオツルでは80～300℃・日で、成熟期から6～17日後となる。同様にタチナガハでは60～250℃・日で4～14日後、タマホマレでは60～300℃・日で4～19日後、フクユタカでは0～250℃で0～17日後となった。そして収穫適期間幅はオオツルが12日、タチナガハが11日、タマホマレが16日、フクユタカが18日であり、タマホマレとフクユタカは適期幅が安定して大きい品種と考えられた。ただし、オオツルとタチナガハは成熟期後の天候によって早い時期から裂莢が発生する場合があり、収穫適期間が極端に短くなることに留意が必要と考えられた。一方、北陸地方の主要品種であるエンレイは、成熟期後も茎の水分が多く、さらに高い茎水分条件でも裂莢することからコンバインによる収穫には難があると思われる。コンバインによる収穫適期の目安となる茎水分について、田村ら⁹は50%以下、瀬野ら⁹は60%以下、酒井ら⁹は55%以下としているが、本試験においては汚粒の発生を極力抑止する観点から、最も厳しい「50%以下」を目安として収穫適期を求めた。田村ら⁹は茎水分と汚粒の発生程度は品種によって異なり、エンレイでは60%以下が収穫条件となると報告している。しかし、本試験においてはエンレイは茎水分が60%以

下になると前述のように裂莢率が急増することもあり温暖な本県には不適だと思われる。

大豆の茎水分は、その生育量、土質や土壌水分等の圃場条件、気温や湿度の気象条件によって変動し、さらに同一圃場でもかなり不均一であることはしばしば観察される。表2に示した収穫の適期間は収穫作業計画を策定する上で有効な情報となるが、あくまでも栽培環境、気象条件等限られた諸条件のもとでの試験から導き出されたものであり、収穫適否の判断は現地圃場毎に行う他ない。従来茎の折れ方のような漠然とした判断指標が用いられてきたが、よりの確かな判断には茎水分の測定が最良の方法である。本試験で検討した高周波容量式大豆子実水分計を利用した茎水分の簡易測定法は、現場応用の有効な技術として提案するものであり、本県の奨励または推奨品種であるオオツル、タマホマレ、フクユタカについてはそれらの茎水分の推定が可能な手法であった。高周波容量式水分計は、穀物を誘電体とみなし、水分によって誘電率が変化する特性を発信回路の周波数変化として捉える方式であり⁹⁾、測定対象を破碎せず粒のまま測定できるので大豆や米麦の穀粒用水分計として利用されている。大豆茎の水分測定に利用する場合の問題点としては、重量やかさ密度の影響を受けやすいので、切断する大豆茎の長さや太さによる測定値の変動が予想される。特に、栽培地域や品種、栽植密度および施肥等の栽培条件によって大豆の茎径が本試験で供試した茎径範囲、8~11mmとは著しく異なる場合には、本報に示した推定式が適用できないことが予想される。しかしながら、本手法の適用目的は正確に茎水分を求めることではなく、

あくまでも汚粒発生の目安となる茎水分が50%以下に達しているか否かを判断できればよいのであり、また推定式も簡易である方が実用的でもあると思われる。試験に用いた水分計は大豆生産の現場では既に子実用水分計として広く導入されており、茎水分の測定にも応用利用することでコンバインの効率的使用と汚粒の発生防止を図る上で大変有用なツールと成り得ると考えられる。

謝 辞

本研究報告をとりまとめるにあたり、三重大学生物資源学部の池田勝彦名誉教授ならびに梅崎輝尚助教授には多大なる御助言と御指導をいただいた。ここに記して厚くお礼を申し上げる。

引用文献

- 1) 斎藤正隆・橋本鋼二(1980):第2編 大豆栽培の基礎 I 品種の分類・分布と栽培特性 2 品種の栽培特性 斎藤正隆・大久保隆弘 編著 大豆の生態と栽培技術. 50-62. 農山漁村文化協会
- 2) 酒井孝雄・渡辺敏弘(1990):普通型コンバインによる大豆収穫の適正時期. 東北農業研究. 43:145-146
- 3) 下原融(1997):穀物水分の迅速計測法. 農業機械学会誌. 59. 5
- 4) 瀬野幸一・児玉憲司・板垣善之助・安達眞道(1991):大豆のコンバイン収穫技術. 山形農試研報. 25:85-106
- 5) 田村隆夫・金子 均・諸橋準之助・長澤裕滋(1992):秋季多雨条件下における普通型コンバインにおける大豆収穫第1報 収穫条件と作業精度. 新潟農試研報. 38:31-39

Varietal Differences in Proper Time of Combine Harvesting Judging from The Moisture Content of Soybean Stems and a Simple Method for its Measurement

Junichi KITANO, Naoaki TACHIBANA and Yukitoku YOKOYAMA

Abstract

Soybean harvest should be operated by combine, when moisture content of soybean stems reduced to 50% or less, to prevent the occurrence of dirty seeds caused by combine harvesting. Then, the proper time of harvesting by combine for five soybean cultivars were dependent on the change in moisture content of their main stems, and we developed a simple method to measure the moisture content of soybean stems.

Five soybean cultivars were used i. e. Enrei, Ooturu, Tachinagaha, Tamahomare and Fukuyutaka. When the relation between the stems moisture and the fissure pod rate after matured stage, and the relation between the accumulated temperature after matured stage and the stems moisture content, and the fissure pod rate were compared, varietal differences were found in any relationship.

Proper time of combine harvesting could be shown, as mentioned hereunder, by the accumulated temperature after the matured stage and the number of days after maturity date. That is; 80-300 degree · days or 6-17 days for Ooturu, 60-250 degree · days or 4-14 days for Tachinagaha, 60-300 degree · days or 4-19 days for Tamahomare, and 0-250 degree · days or 0-17 days for Fukuyutaka, respectively.

The method of measuring stem moisture by using the moisture meter for soybean grains, a high frequency capacity type, was devised. This method simply applicable in actual fields made the judgment of harvesting time.

Key words: soybean, moisture content of soybean stems, combine harvesting,
proper harvesting time