

水稻の収量及び収量構成要素の調査方法について

九州農業試験場 栽培生理研究室 楠田 宰

1. はじめに

水稻の収穫物調査においては、一般に収量とともに穂数、粒数、登熟歩合、千粒重が収量構成要素として調査される。収量構成要素は、諸要因が収量に及ぼす影響を解析し、収量の処理間差等を考察するために重要な調査形質である。ところが、昨年の「水稻生育調節剤試験成績中央検討会」でも指摘があったように、試験成績の中には収量構成要素の積が収量と大きく異なるデータが散見され、処理等が収量に及ぼした影響を判断することが極めて困難な場合がある。収量構成要素の各形質をそれぞれ単独に比較することが目的であれば、それらの積が収量と厳密に一致する必要はないかもしれない。しかし、収量の成立を収量構成要素から解析し処理間差を考察するためには、両者は一致しておく必要があり、また当然のことであるが、収量や収量構成要素の各データは一定水準以上の精度を保持しておく必要がある。

最近では各農業試験研究機関に課せられる研究課題数が多く試験区数も増加し、一つの試験に使用できる圃場面積の制約、労賃の高騰等による労力不足などから、十分な精度を保持した調査の実施が困難となってきた。このため、データの信頼性をあまり考慮せずに、経験による判断で調査の簡略化が行われる場合もある。特に収量・収量構成要素調査などでは、各試験研

究機関ごとに簡略化した独自の調査方法が固定化し、精度に対する認識が薄れつつあるように思われる。

そこで以下では、収量および収量構成要素の調査における問題点を整理するとともに、調査精度が高く、収量構成要素の積が収量と一致する調査方法の一例を紹介し、試験実施の参考に供したい。

2. 収量調査における問題点

通常の移植栽培水稻の収量調査では、手植えの場合も機械移植の場合も、一般にある一定株数を刈取り、その収量を単位面積当たりに換算する、いわゆる「坪刈り調査」によって求められている。この方法は、ほぼ一定の密度で株単位に栽植される移植栽培においては、確立された普遍的な収量調査方法であり、特段の問題点はないと考えられる。ただし、表-1に示したように、精玄米重(収量)の株間変動係数は17.5%程度で、試験区から60株をランダム抽出して刈取った場合でも、その精度は誤差率4.4%、信頼率95%(試験区の母平均値の±4.4%以内に100回中95回は入る)程度である。坪刈り調査では一般にランダム抽出ではなく矩型に刈取られるので、データの精度は上記の値よりも低くなる。したがって、坪刈り調査による収量データで処理間差等を考察する場合には、この誤差

表－1 手植え水稻の収量・収量構成要素の変動係数と適正標本数の目安

許容誤差率 信 頼 率	変動係数	5 %	5 %	5 %
		68%	90%	95%
	(%)	(株)	(株)	(株)
最 長 稈 長	4.9	1	3	4
最長稈穂長	7.1	3	6	8
穂 数	16.6	11	30	43
穂 重	16.7	12	31	43
全 粒 数	16.8	12	31	44
1 穂 粒 数	9.7	4	11	15
粒 重	17.9	13	35	50
精 玄 米 重	17.5	13	33	47
精玄米粒数	18.2	14	36	51
登 熟 歩 合	6.3	2	5	7
玄米千粒重	3.2	1	2	2

注1) 標本数は、標本をランダム抽出する場合の数である。

注2) 許容誤差率：許容しうる誤差の平均値に対する相対的比率。

信頼率：得られた標本平均値が許容誤差の範囲内に入る確率。

の存在を十分に認識しておく必要がある。

3. 収量構成要素調査における問題点

一般に、収量のデータは一定水準以上の精度を保っているので、収量構成要素の積が収量と大きく異なっているデータでは、収量構成要素の調査に問題がある場合が多い。特に、代表株調査による粒数の誤差および精玄米の定義と登熟歩合調査法の矛盾が大きな問題点と考えられる。この二点については後に詳述する。

穂数については、一定株数について数えれば変動係数に対応した精度のデータが得られるので、調査法上の問題はほとんどない。穂数の変動係数は収量と同程度（表－1）なので、坪刈り全試料について穂数を数えることが望ましい。

千粒重については、その株間変動は極めて小さい（表－1）ので、玄米試料を十分に攪拌して20 g程度の粒数を2～3反復で調査し千粒重

に換算すれば特に問題はない。

4. 代表株調査による粒数の誤差

m^2 当たり粒数の代表的な簡易調査法として、穂数、穂重等が中庸な数株について全粒数あるいは1穂当たり粒数を調査し、それを基に m^2 当たり粒数を算出する方法がある。この方法は簡便ではあるが、データの精度を保持する上での問題が多い。まず、粒数の変動係数が大きい（表－1）のに対して調査株数が少ないので誤差が大きいことが挙げられる。また、代表株の選定時にどうしても主観が入り易い。さらに、収量と収量構成要素を別試料で調査するために、収量と収量構成要素の積とが合致しないことの一つの要因となっている。

代表株調査法により求めた全粒数の精度を試算した結果を表－2に示した。ここに示した精度は、信頼率を95%とした時の誤差率（この誤差率の範囲内に100回中95回は入る）である。

まず、調査法①は〔代表株について調査した

表－2 代表株調査による m^2 当たり粒数調査法の精度（信頼率を95%としたときの誤差率）

調 査 法 ①			調 査 法 ②		
代 表 株 数	穂数調 査株数	精 度	代 表 株 数	粒重調 査株数	精 度
3	20	14.9 %	3	20	11.2 %
3	40	13.4 %	3	40	9.8 %
3	60	12.9 %	3	60	9.2 %
3	100	12.3 %	3	100	8.8 %
3	20	12.7 %	3	20	10.0 %
3	40	11.2 %	3	40	8.3 %
3	60	10.5 %	3	60	7.7 %
3	100	10.0 %	3	100	7.2 %

注) 調査法①：粒数＝〔代表株について調査した（全粒数／穂数）値×別途調査した穂数〕

調査法②：粒数＝〔代表株について調査した（全粒数／粒重）値×別途調査した粒重〕

(全粒数/穂数)値×別途調査した穂数〕を m^2 当たりに換算する方法である。この方法の精度は、代表株が3株の場合は、穂数調査株が20株のときが14.9%、100株のときでも12.3%でしかない。代表株を5株、穂数調査株を100株としても10.0%と、この方法の精度はかなり劣っている。

次に、調査法②は〔代表株について調査した(全粒数/粒重)値×別途調査した粒重〕を m^2 当たりに換算する方法である。この場合の精度も代表株が3株のときは9~11%程度、代表株が5株のときは7~10%程度と、調査法①に比べると精度は高いが、十分な精度とはいえない。

なお、ここで試算した精度は代表株をランダム抽出した場合の精度である。代表株調査法では、一般的には穂数あるいは穂重、粒重等が中庸な株を抽出して調査され、この操作により精度が向上すると認識されている。しかし、精度を検証してみると、中庸株を抽出してもランダム抽出に比べての精度向上の効果は極めて小さい。ここに示した二つの調査法は「比推定」という統計的手法に分類され、その精度は調査法①では穂数と全粒数との相関係数に、調査法②では粒重と全粒数との相関係数にそれぞれ規定される。上記の相関係数は0.85~0.92程度と高く、代表株をランダム抽出した場合においても精度的にはこの統計的手法の精度の限界に近いからである。

以上のように、代表株による粒数調査法は精度上の問題が大きく、収量構成要素の積が収量と一致しない一つの要因となっている。

5. 精玄米の定義と登熟歩合調査法の矛盾

登熟歩合は、比重1.06以上の粒数が全粒数に

占める割合とされる場合が多い。この登熟の指標の株間変動は小さく(表-1)、代表株を調査対象とすることによる精度の低下は小さい。

しかし、この登熟歩合の測定方法は、松島氏が収量予察の際の手法として“粒を脱ぶしないで内部の玄米が精玄米になり得るか、しいなや屑米、不完全米となるのか”を判別する手段として考案したものである。つまり、ある粒厚以上の玄米の選別ではなく、しいな、屑米、不完全米を除いた玄米を選別しようとする方法である。

これに対して、収量(精玄米重)は、一般的にある粒厚以上の玄米重とされている。つまり、登熟歩合を1.06比重選で調査する場合には、精玄米の選別において、収量と収量構成要素とで異なる指標を用いていることになり、この登熟歩合を含む収量構成要素の積が、ある粒厚で選別した収量(精玄米重)と一致するはずがない。収量構成要素の積が収量と一致しない最も大きな要因は、この精玄米重の定義と登熟歩合調査法の矛盾にあると考えられる。

したがって、収量(精玄米重)をある粒厚以上の玄米とするならば、収量構成要素の一つとしての登熟歩合は〔精玄米を選別した粒厚以上の玄米粒数/全粒数〕とすべきである。逆に、登熟歩合を1.06比重選で出すならば、精玄米重も比重1.06で沈下した粒を粒摺りした玄米の重量とすべきである。

6. 収量構成要素の効率的調査法

以上に述べたように、収量構成要素の調査上の大きな問題は粒数と登熟歩合の調査にある。収量構成要素の精度を保ち、かつ収量構成要素の積を収量と一致させるためには、収量構成要素の調査対象を代表株とせず、収量調査用の

試料と同一にして、登熟歩合は精玄米を選別した粒厚以上の玄米粒数が全粒数に占める割合とする必要がある。この場合の調査法の一例として、九州農試栽培生理研究室における収量および収量構成要素の調査方法とその調査精度を紹介したい。

収量および収量構成要素の調査の流れと各調査項目の算出方法を図-1、表-3に示した。収量、収量構成要素ともに坪刈り試料を調査対象とし、全粒を回収するように脱穀して、その粒試料を均分器で縮分した一部の試料を対象に粒数を調査する方法である。

収量構成要素を収量と同一試料について調査する方法は、脱穀時における全粒の回収が煩雑であることや粒に混入したワラくず、枝梗等の除去に多くの時間を要することなどから敬遠される傾向にある。しかし、全粒の回収については、脱穀機および坪刈用唐箕の排出口の前に、底を2mm目の金網とした箱を置く方法ではほぼ全ての粒を回収することができる。また、粒に混入したワラくず等の完全な除去も、この調査法では、均分試料についてだけ行えばよいので、その所要時間は少ない。

この方法では粒数を一部の均分試料について調査するの

で、その際の精度を検証しておく必要がある。表-4は、900～1,400g程度の粒試料について均分器での2分割を繰り返して16個に分割し、

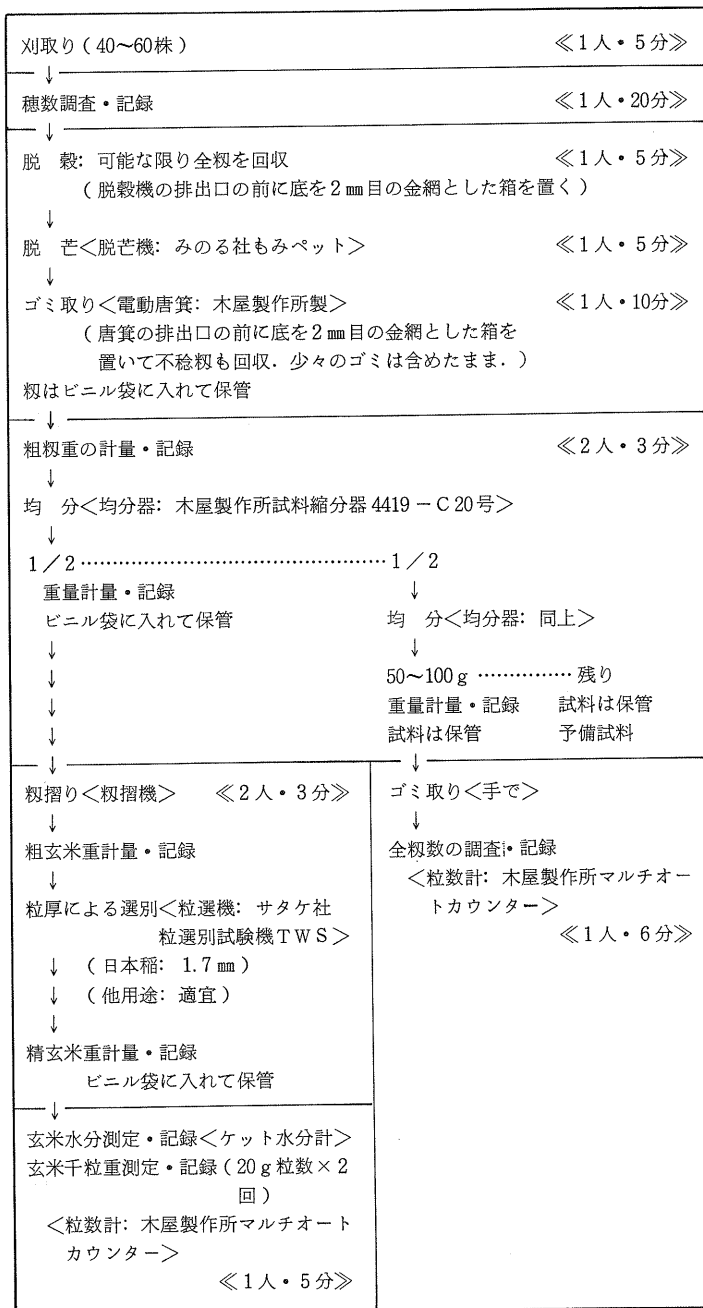


図-1 水稻の収量および収量構成要素の調査方法(九州農試栽培生理研)

注1) < >内は使用する機器を、《 》内は1点当たりの所要時間を表す。
注2) 実線で囲んだ範囲の作業は、一連の流れとして行う。

表-3 収量関連形質の調査対象試料と調査・算出方法

(九州農試栽培生理研)

調査形質	対象試料	調査・算出方法
穂数	全試料	
粗粃重	全試料	
粗玄米重	1/2試料	1/2試料の粗玄米重÷1/2試料の粗粃重×全試料の粗粃重
精玄米重	1/2試料	1/2試料の精玄米重÷1/2試料の粗粃重×全試料の粗粃重
玄米千粒重	1/2試料	20g(2反復以上)の粒数より換算
全粃数	1/16程度	1/16試料の〔粃数/粗粃重〕×全試料の粗粃重
くず米重	—	粗玄米重-精玄米重
1穂粃数	—	全粃数/穂数
精玄米粒数	—	精玄米重/玄米千粒重×1,000
登熟歩合	—	精玄米粒数/全粃数×100

注1) 以上の方法で調査・算出した値を、必要に応じて刈取り株数と栽植密度から単位面積当たりに換算する。

注2) 重量形質は全て水分15%に換算する。

表-4 16個の均分試料間の変動係数(%)

機種		粗重	粃数	粃数・ 粗重比
食糧庁型穀粒均分器 (A均分器)	6試料中の最小値	3.59	3.71	0.42
	6試料の平均値	4.44	4.53	1.35
	6試料中の最大値	5.58	5.49	1.43
木屋4419-C20号 (B均分器)	12試料中の最小値	1.92	1.83	0.74
	12試料の平均値	2.45	2.55	1.03
	12試料中の最大値	3.70	3.92	1.81

16個の均分試料間の変動係数を算出した結果である。2種類の均分器を供試し、粗重、粃数、(粃数/粗重)値(以下、粃数・粗重比と称する)について検討した。各均分器について全試料の平均をみると、粗重および粃数の変動係数は、A均分器では4.5%程度、B均分器では2.5%程度であった。これに対して、粃数・粗重比の変動係数はA均分器では1.35%、B均分器では1.03%と極めて小さかった。ただし、両均分器ともに試料の違いにより粃数・粗重比の変動係数が異なり、登熟歩合が低い試料ほど変動係数大きい(精度が悪い)傾向が認められた。本調査に供試した試料の登熟歩合の範囲内(76%以上)では、精度上の大きな問題はないと判断されるが、登熟歩合が極端に低い試料で

は、不稔粃や未熟粃が偏り、均分精度が低下する可能性があるもので注意が必要である。

次に、均分試料の粃数・粗重比を利用した m^2 当たり粃数の調査法を以下に示す。まず、収量

調査用試料の粗重を調査し、その粃を均分した一部の試料について粃数・粗重比を調査する。そして〔収量調査用試料の粗重×均分試料の粃数・粗重比〕を m^2 当たりに換算して m^2 当たり粃数を推定する。この m^2 当たり粃数調査法の精度を表-5に示した。ここでいう精度も、信頼率を95%としたときの

誤差率である。66株について粗重を調査し、均分試料について粃数・粗重比を調査した場合の

表-5 均分試料の粃数・粗重比を利用した m^2 当たり粃数調査法の精度(信頼率を95%としたときの誤差率)

機種	粃数・粗重 比のCV	粗重調査株数	
		66株	44株
食糧庁型穀粒均分器 (A均分器)	最小CVの場合	4.4	5.3
	平均CVの場合	5.1	5.9
	最大CVの場合	5.1	6.0
木屋4419-C20号 (B均分器)	最小CVの場合	4.6	5.5
	平均CVの場合	4.8	5.7
	最大CVの場合	5.6	6.4
(比較)調査株の全粃数を調査した場合		4.3	5.3

注) 調査法の概要: 収量調査用試料の粗重とその粃を均分した一部の試料の粃数・粗重比との積を m^2 当たりに換算して m^2 当たり粃数を求める。

精度は、A均分器を使用したときが4.4～5.1％、B均分器を使用したときが4.6～5.6％で、平均ではそれぞれ5.1％、4.8％あった。また、籾数調査株が44株の場合は、A均分器を使用したときの平均が5.9％、B均分器を使用したときの平均が5.7％と、6％弱の精度であった。いずれの場合も、比較に示した籾重調査株（坪刈り試料）の全ての籾数を調査した場合の精度に比べてやや劣る程度であり、先に示した代表株調査法に比べると高い精度である。

以上、収量構成要素の精度を保持し、かつ収量構成要素の積と収量とを一致させる調査方法として、九州農試栽培生理研究室での方法を一例として示し、その精度を検証した。代表株調査法に比べて全籾数の精度が高く、また、収量構成要素の積が収量と一致するという点で優れた方法だと考える。また、調査に要する時間・人員が特に多くなるということもない。ただし、均分器が新たに必要となる。

7. お わ り に

収量構成要素から収量の成り立ちを解析する

場合には、各収量構成要素データが十分な精度を保持しておく必要があると同時に、収量構成要素の積が収量と大きく異なっているとは意味をなさない。本稿では、そのための調査方法の一例を紹介したが、各試験研究機関ごとの作業の流れにあったより良い調査方法があろう。ただし、いかなる方法であろうと、収量と収量構成要素を同一試料で調査すること、また、精玄米の選別において収量と収量構成要素の一つである登熟歩合とで同じ指標を用いることの二つの原則は守られるべきであると考え。

なお、本稿ではいくつかの調査方法の精度を示したが、その算出方法は省略した。詳細については参考文献に示した拙著を参照されたい。

参 考 文 献

- 川嶋良一．農業技術研究の原点を求めて．農業技術協会．165-167．（1986）．
- 楠田 宰．中国農研報．13：1-60．（1994）．
- 楠田 宰．日作九支報．61．（1995）．
- 松島省三．農技研報．A 5：1-271．（1957）．

芝生の造成と管理 —芝草管理者のために—

眞木芳助／編集

B5判 定価20,000円(税込)

環境保全のための資源として芝生の需要が増している。本書は芝生の造成から管理にいたる芝生づくりのすべてをゴルフ場の例を中心に分かりやすく解説。

全国農村教育協会

〒110 東京都台東区台東1-26-6(植調会館)
Tel.03-3833-1821 Fax.03-3833-1665