

## 圃場試験法の歴史と課題 (4)

誌名	農業技術
ISSN	03888479
著者名	堀江,正樹
発行元	農業技術協會
巻/号	40巻5号
掲載ページ	p. 219-223
発行年月	1985年5月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター  
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



# 圃場試験法の歴史と課題 (4)

堀江正樹

## 10. 圃場試験の標準化の試み

圃場試験にかかわる試験の結果が急速に集積する一方で、各地で行われる試験の方法や、その結果の解析の方法と考察については、相変わらず多種、多様な方法がちいられ、なお多くの混乱が続いたようである。

このような状況のもとで、1917年にアメリカの農学会 American Society of Agronomy では、混乱している圃場試験の方法を標準化し、共通の方法を確立する必要のあることを認め、Wiancko, A. T., Harris, E. S. と Salmon, S. C. らを中心として、委員会“Committee on standardization of field experiments”を発足させた。その設立の趣旨は、混乱している圃場試験の方法について、研究者の間で可能なかぎり共通した考え方と、理解をもちうるようにし、しかも、方法としてもっとも適切、容易に実施できる具体的な基準を示し、圃場試験がどこでも共通して実施でき、えられる結果も確かなものであり、同種の試験の間では十分な比較、評価ができるようにする。さらにその基準を基盤として、よりすぐれた圃場試験のえられることを期待する、ということであった。

以降、毎年委員会での検討経過は学会に報告<sup>1)</sup>され、1921年にはそれまでの検討内容が中間報告として学会誌“Journal of American Society Agronomy”に掲載され、さらに1924年に学会に提案し、全員の承認をえた最終とりまとめ結果が同誌上に掲載され、それをもって委員会は解散した。1918年の第1回中間報告に参考としてとりあげられた論文数は49、1923年の中間報告では155、1924年の最終報告では177へと順次その数を増し、かなり莫大な数となっている。最終報告における参考論文の中でもっとも古いのは、1880年 Drechsler, G.<sup>2)</sup>によるもので、年代別にみると1880年代は7つあり、これらはすべてヨーロッパ大陸で行われたものである。1890年代は5、1900年代は14と比較的少なく、1910年代は113となり、1920年から23年の間は29である。一般的な傾向としてみれば、年代を経るにしたがって増加するが、1910年代がとくに多くなっていることに注目される。ちなみに、これら参考論文の中には、この時期すでに発表

Masaki HORIE: History and Problems of Field Experiment (4). 農業技術 40 (5), 1985.

されていた、圃場試験法にかかわる統計的手法についてのもは一編も見出されない。

この委員会の検討課題は作物品種試験と、肥料試験のそれぞれにかかわる圃場試験の方法の基準を作ることで、したがって、それぞれ分けてまとめられている。ここに報告された基準としての内容は、当時までにえられた圃場試験の方法についての知見を集大成し、かつ要約したものであるから、その時点における圃場試験を行う研究者の多くの中で、大体一致をみたまものとみなしてよいだろう。現在の知識、経験をとおしてみると、多くの問題点を内包していることは疑いのないところだが、一方、歴史的な経過の一時点での状況を窺い知るためと、現在圃場試験を実施するうえで、なお参考とすべき点多くみられるので、冗長になるのを恐れず、その内容を主として作物品種試験を中心に要約し、紹介することにする。なお、この内容については北海道大学農学部の明峯正夫<sup>3)</sup>によって、1921年の中間報告のうち、作物品種試験の方法の部分について、いち早く国内で紹介されていることは、当時としては注目すべきことであり、かつ、わが国でも同様の困難が大きな課題の一つとなっていたことが窺われる。

## 11. 品種比較試験の標準

**種子** 試験にもちいられるすべての種子は、活力があり、雑草種子の混入や、病気等により汚染、感染していないものを使用する。また、同一条件下で貯蔵した種子、さらに均一に生育するように標準的で、かつ同じ大きさのものであること。

品種の適応性や、環境による効果を知ることを目的とした試験以外は、その地方に適した品種の種子を利用する。トウモロコシは自然交雑するので、品種試験を行うときは、このような方法をとることは難しく、できるだけ試験を実施する場所の近くで栽培されている品種の種子をもちいることをすすめる。

供試品種の中で名称の明らかでないものがあるとき

- 1) Report of the Committee on Standardization of Field Experiments, Jour. Ame. Soc. Agr. (1917), 9: 402, (1918), 10: 345, (1921), 13: 368, (1923), 15: 33, (1924), 16: 1.
- 2) Drechsler, G. (1980), Jour. Landw., 28: 243-271
- 3) 明峯正夫 (1923), 札幌農林学会報, 63: 87-94.

は、試験の結果を発表する前に十分調査し、とくに必要のある場合以外にはみだりに適当な名前をつけるべきではない。新しい品種は一般の利用者に発表するときには名前をつけるのがよい。また、使用した種子の来歴は詳細に記録し、保存しておかなければならない。

**土壌** 供試圃場の土壌は、その結果を適用しようとする地域の土壌にできるだけ近いものをもちいる。人工的な排水を必要とする圃場では、すべての試験区に対して一様に行えるようにし、灌漑を行う場合も全体にわたって、できるだけ同じに行えるよう十分に配慮しなければならない。

供試圃場の地形および土壌の一般的な条件は、できるだけ均一になるようにしなければならない。土砂が流出するような急傾斜地は避ける。また、試験に供される圃場は、試験を実施する以前の数年間にわたり、各種作目の均一栽培試験を行い、施肥、耕種等の十分な管理を行うことがきわめて重要である。要するに、一般的な施肥とともに、その地にもっとも適した輪作を行い、その圃場の生産力が向上するような耕種作業を行うようにしなければならない。

圃場が品種比較試験や他の栽培試験に一度供されたとき、そこを再び同種の試験に供しようとするときは、少なくともその間に1回は普通栽培のもとでの均一栽培試験を行わなければならない。

**試験区** 試験区の形は、原則として比較的細長くとする方が、機械等の利用上、また、地力が不均一な場合に、いずれの試験区も、一様にその不均一な場所に位置する可能性が高くなること等により好ましいといえる。試験区の幅は、後述する試験区の周縁部の除外、および機械等の利用に適したものでなければならず、小粒穀物類や牧草類については幅5フィート、またはそれ以上の幅を、トウモロコシやバレイショのような中耕作物については、通常4畦以上の幅の試験区をもちいれば十分である。試験区の長さは、主として利用しうる圃場の面積と、その性質によって決められる。試験区的面積は、一般に1/80エーカーより大きく、1/20エーカーより小さくするのがよい。

どのような種類の試験でも、供試されるすべての試験区は、圃場内のまとまった場所に設置しなければならない。十分な面積がとれない場合や、ある特殊な試験で一部の試験区を、離れた場所に設けなければならない場合には、品種や処理のくり返しの始まるところで分けるのがよいが、できうるかぎり分けずに試験を行うことが望ましい。

輪作試験、または前作の後作への影響を試験するよう

なとき、適当な標識によって、試験区の境界のしるしを永久的に設置する必要がある。これらの目的のために、試験区の幅は少なくとも1ロッド(約5.03m)とする。

**標準区** 品種試験や他の種々の処理試験で、くり返しを十分に行うならば、とくに標準区を設ける必要はない。もし、標準区をもちいて収量等の諸形質についての確率誤差を求めようとするならば、標準区はなるべく多数設ける必要がある。品種試験で比較のために標準品種をもちいる必要があるときは、3ないし5試験区に対して標準品種を1区を設けるべきで、また、とりあげられる標準品種は、その試験する場所に適した品種をもちいるのがよい。

**試験区のくり返し** 試験を継続する年数、1品種または1処理に対して必要とする試験区の数と、その大きさは、どのような種類の試験においても、その試験にともなう確率誤差の大きさと密接な関係をもっている。品種や処理試験でただ1つの試験区で構成される(くり返しなし)とき、確率誤差は平均して1/10エーカーの試験区の場合、それより小さい試験区をもちいる場合より小さくなる。試験区の大きさが順次小さくなるにしたがって、確率誤差は増加していくが、その後の誤差の増加の割合は、試験区の大きさが小さくなる割合に比較して小さくなる。通常の圃場条件下では、2ないし5回のくり返しが好ましい。さらに、任意の品種または処理に対して、2つの試験区をもちいて4年間試験を続けるか、3区をもちいて3年間続ける方法が、試験を成功させるための必要最小限の条件としなければならない。

**周縁部の除外** いくつかの品種が間隔をおくことなく隣接して栽培されるときは、ある品種が隣接する他の品種の生育を阻害することがある。また、ある試験区が試験圃場の通路に面して配置されたとき、収量が増加することがある。また、その増加の割合は品種によってかなりの差異がある。このような影響を避けるため、小粒穀物類の場合には、試験区の両側にそれぞれ2列の畦、散播した小粒穀物類と牧草類の場合には前記と同じ幅、トウモロコシやバレイショのような中耕作物の場合には、両側の各1畦を除外するか、収穫せずにそのまま圃場に残す。

**機械的な作業** 耕作機や播種機は、それぞれ耕作前、播種前に十分注意して調整する。株立本数のチェックは、分けつ期以前に個体数を数えて行わなければならない。大型の中耕作物の場合には、播種は必要とする量以上行い、立毛数の調整は、生育の初期に試験目的に沿うように間引きを行う必要がある。品種によって異なった大きさの種子を供試する品種試験では、ドリル播きか散

播される播種量を調節し、供試されるすべての品種について、できるだけ同じ立毛数になるように心掛ける必要がある。点播されるトウモロコシのように大型、小型の品種が、同じ試験の中に混在するときは、公平な比較ができるように、品種の特性に対応して、2、3の異なった栽植割合となるように適宜調整する必要がある。

すべての作業は、どのような試験に対しても均一になるように十分注意して行わなければならない。耕耘、播種やその他の耕種、管理作業は、試験全体にわたり同日中に終わるようにする。

**収量の決定** 全試験区から収穫し、それぞれの収量を決定することが非常に難しいときは、各試験区ごとに少なくとも長さ1ロッドの畦、または一平方ヤードの面積か、これと同じ大きさの形の異なる面積を対象として標本とし、いずれの場合も1試験区から6カ所とって、これらの標本から各試験区の収量を求めるのがよい。これら6個の標本は、周縁部を除外した各試験区内に均一に分布しているところからの、代表的なものであることが必要である。

収量についての秤量をするときは、つねに2人の有能な技術者が行い、研究者はすべてが正確に行われるように指導し、チェックしなければならない。

収量を決めるとき、各作物の水分含量を正確に測定し、適切な修正を行わなければならない。このことは牧草類や、晩生のトウモロコシ品種についての試験ではとくに重要である。

肥沃な圃場で行った品種試験の結果と、瘠地での結果とは平均してもちいるのは決して好ましいことではないが、品種の適応性を決めるための資料を提供する、という立場にたつて、それぞれを区別して適宜もちいるのがよい。

**結果の発表と解釈** 技術的または準技術的な試験結果の発表に際しては、その内容が実用的であるかぎり、読者がそれがいかにして導かれ、考察されたかを知り、読者自らも独自の考案ができるように十分な資料を提供するとともに、著者による解釈の適切さを示す指標として、その試験についての確率誤差を示すことをすすめる。確率誤差を求めることが不可能な試験では、結果の解釈、または結論を導くとき、確率誤差の概念をつねに念頭において、注意しながら行うことが大切である。一般的に研究論文をまとめる際には、つねに確率誤差をもちいるように十分留意すべきである。

これまでにもちいられてきたものとはまったく異なる新しい品種、耕種法や農業資材等は、これらを適用しようとする地方で、少なくとも3年間くり返して、十分な

注意のもとで、圃場で入念な試験を行った後でなければ、一般にその利用をすすめてはならない。少ない試験成果にもとづいて行われた過去の多くの結果から、必ずしも正確で、適切な結論とはいえない場合がしばしば見られたことから明らかである。しかし、技術者の研究推進に便宜をはかるため、試験の結果を早い機会に発表することは妨げるものではない。

## 12. 肥料試験の標準

肥料試験も品種比較試験の場合と同様に、圃場において供試された作物に現れる結果をもちいて、その効果を判断するのであるから、肥料試験の標準の内容は、当然品種試験の内容とほぼ同じことになるが、肥料試験に特有の、また、品種比較試験では十分に説明されず、肥料試験でやや詳しく説明されている部分もあるので、ここではそれらについて敢えて重複することを恐れずに、概要を述べておくことにする。

**試験場所の選定** 肥料試験は土壌のタイプを十分に考慮して、供試する圃場を決める。土壌の種類によって試験の結果は異なる。したがって、試験の結果は、試験を実施した圃場の土壌についてのものであると理解し、他種の土壌へ適用することはできるだけ避ける。

**試験区の大きさ** 試験区の大きさは、しばしば必要とする試験区の数や、利用可能な圃場の大きさによって決められる。10~20エーカーの大きさの試験区は、馬や機械を利用するときには都合がよいが、供試圃場内の地力の不均一さの増大、試験区数を多くとれない等不利な点が多い。試験区数を多く必要とするときは、試験区の面積を相対的に小さくするのがよく、地力の均一性、耕種・管理作業が容易にでき、必要とする労働時間の節約ができるなど利点が多い。

**試験区の形** 供試圃場の地力が十文字に交錯していることが明らかな場合には、細長い試験区より、正方形または長方形の方がよい。しかし、馬や機械を利用するときは、細長い試験区の方が容易に実施できるが、一方、極端に幅が狭くなると、化学肥料や堆肥の施用等管理が難しくなる。

**試験区のくり返し** それぞれ均一に処理された試験区を、供試圃場全体にわたって規則正しく配置しなければならない。それぞれの処理区は少なくとも4回くり返し、それぞれ隣りあう試験区は異なった処理区となるようにする。

**試験のくり返し** 各処理区を含めた全試験は、供試された輪作体系の中に組み込まれた作物の数だけくり返さなければならない。つまり4年輪作であるならば、まっ

たく同じ試験を4年(回)くり返すことになる。これによって、供試されたすべての作物の年次間の影響と、各作物の処理のちがいによる効果とを共に知ることが出来る。

単一の作物を対象として処理の効果をみるときは、同じタイプの土壌のもので、少なくとも2回くり返して実施する必要がある。一般に肥料試験では、少なくとも3種類の異なった作物、たとえば小粒穀物類、トウモロコシ、クローバー等の牧草類をもちいることが望ましい。

**試験区間の距離と周縁部の影響** すべての肥料試験では、試験区の間には少なくとも3フィートの空間をとることが望ましい。周縁部の影響を除くため、周縁3フィートか1~2畦を調査の対象から除外する。

**立毛の均一性** 栽培される作物は、高品質で適応性の高いすぐれた品種の、よく検査された種子を播かなければならないし、また、遺伝的に純系か、それに近い状態にあるとみられるものをもちいる必要がある。すべての耕種・管理作業は十分丁寧に行い、試験圃場での作物は、より好ましい状態で生育するように心がけ、欠株があれば直ちに補植し、全体として均一になるようにつねに注意しなければならない。

**異なった処理区の比較のための標準区の使い方** 均一に処理され、等しく分布する標準区をもちいるとき、任意の2つの標準区の差を、特別な処理をした区の効果を見るための基準としていろいろと利用されるが、その中でそれぞれの標準区と、それらにはさまれた試験区の効果と比較する方法が、もっとも満足できる方法といえるだろう。しかし、この方法を適用した例はきわめてまれにしか見出せない。他の方法として、比較的近くにある標準区、または近くの2つの標準区の平均値や、試験に供試されたすべての標準区の平均値のいずれかと比較する方法があるが、それぞれについていろいろと問題があり、必ずしもすぐれた方法とはいいがたい。

### 13. 圃場試験の新たな方法を求めて

前2項にわたり多くのページをさいて、アメリカ農学会における圃場試験法の標準化についての検討結果を要約し、述べてきた。前述したように、ここで検討の素材としてとりあげられたものは、それまでにえられた各国の多くの試験・研究機関で行われた圃場試験と、その方法にかかわる多くの結果と文献を収集し、要約し、多くの関係者が受け入れることのできる程度に集大成したものであるから、当時の先進国における農業研究のための圃場試験の方法の考え方と、具体的な試験方法の実態を窮い知ることができると思う。ここに述べられている研

究方法としての内容は、現在圃場試験を実施する場合に、種子、土壌、周縁部の除外など基本的にはさして大きな問題となっていないことは、当時ですでにかなり多くの部分について、きわめて歯切れよく整理され、具体的な指針が示されている。しかし、現在かなり曖昧なこととして残されている問題については、歯切れがきわめて悪いか、まったく目をつぶるといったこととなっており、長い歴史の経過の中で解決した部分と、なおかつ十分な解決をみることのできない部分があり、それらがなお現在の圃場試験法の課題にまでつながっていることが、少しでも理解していただければ今後の諸問題を考えていくうえで、大変に役立つのではなからうかと考えている。

この最終報告が *Journal of American Society Agronomy* に掲載されたのは1924年であることはすでに述べたとおりである。前号で述べたように、20世紀初頭の研究のいくつかでは、Galton, F. や Pearson, K. によって構築された記述統計学の成果を導入し、圃場試験の方法についての検討、評価の手段としようとして試みられた。その1つが確率誤差の概念の導入であり、この誤差を基準として試験の結果の評価や、もちいた方法の良否の検討、判断にもちいられ、研究のより適切な方法について格段の進歩をもたらした。しかし、この報告ではそれらの成果をふまえてもおおむね歯切れの悪い、かなりの曖昧さを残していることは明らかである。

1908年にイギリスのギネスビール会社の技師であった Gosset, W. (ペンネームは Student) によって、近代統計学の端緒となる少数標本による統計的手法の一つの  $t$ -分布<sup>4)</sup> が発見された。Gosset はその後もローザムステッド農事試験場の研究者と深くかかわりあいを持ち、いろいろと研究方法に関する研究がすすめられ、それらの集積は次の世代の圃場試験方法の発展の芽生えとなった。

Fisher, R. A. は1919年にまねかれてローザムステッド農事試験場に入所し、統計研究室を創設し、これを契機として精力的に研究をすすめ、その研究範囲はきわめて広く、統計学の原理に関するものから、農業分野へのその適用、遺伝学にかかわる諸問題の数理的解析と多岐にわたる。

Fisher は、母集団と標本を明確に区別し、そのうえで精密標本論の立場にたつて、1915年に“相関係数の分布に関する研究”の発表を手はじめに、1922年“理論統計学の数学的基礎”により、統計的方法の目的は資料の

4) “Student” (1908), *Biometrika*, 6: 1-25.

要約にあるとして、その目的を明確にするとともに、一層精力的に統計的手法の研究に打ちこみ、とくに農業試験を中心とした研究分野への統計的手法の開発、導入を行い、さらに分散分析という革新的な手法を開発し、それらの応用研究の成果を集大成して、1925年に有名な“研究者のための統計的方法”を出版する。その後、順次各国の農事試験の諸手法、とくに圃場試験法の主流となり、新しい発展期をむかえる。統計学の発祥と、ここにまで至る経過は後に詳しくみることとして、まずこれからの統計学と圃場試験法とのかかわりをみていくことにする。

ここでとくに注目したいことは、アメリカの農学会で過去の圃場試験にかかわる研究の成果を集大成し、その標準化を目的として発表したのが1924年で、一方、現在の圃場試験法の基盤となっている統計的方法が Fisher によって公刊されたのが1925年と、1924年と1925年の狭

間において、その方法に大きな変革が起こったことは、興味のあるところである。

作物現象や各種処理の効果を適切に知るためのその基礎となる試験方法を模索しているその一方で、この時代に激的な発展をとげた物理学の経過をみると、1900年に Max Karl Ernst Ludwig Plank により量子論の基礎が確立し、1905年 Albert Einstein による特殊相対性理論、1913年 Niels Henrik David Bohr による原子構造の量子論、さらに1915年 Einstein の一般相対性理論の発表、1919年にイギリスの観測により一般相対性理論の証明等、近代の理論物理学の基礎が急速に固まった時代に相当し、その一連の研究の中に、すでに統計学的理論がとりこまれていたことを思うと、対象の認識の仕方に大きな差のあったことを認めざるをえない。

(農業環境研究所環境管理部計測情報科長)

## ◆専門技術員資格試験問題集 (昭和59年度)②◆

### <飼料作物および草地改良>

課題(ア) (1) 草地開発にあたって環境保全上留意すべき事項をあげ、その対策について述べなさい。(2) 放牧利用の長所と短所および集約的な放牧の方法について述べなさい。(3) 土壤診断の草地、飼料作物生産における意義について論じなさい。(4) 次の語句を説明しなさい。①ミヤコザサ ②生物的防除 ③草地生態系 ④サイレージの変敗

課題(イ) (1) あなたが従事した主要な試験研究(または普及活動)のうち一つについて、次の事項を述べなさい。①課題と実施年度 ②計画の動機と目的 ③結果の概要と評価 ④今後の問題点とその対策

### <土壌および肥料>

課題(ア) (1) 各種有機性廃棄物の農業利用について論じなさい。(2) 土壌構造の意義、成因、種類、生産力との関係などについて述べなさい。

課題(イ) あなたが従事した試験研究(または普及活動)の中から成果をおさめたもの一つをあげ、次の事項について述べなさい。①試験研究(または普及活動)の課題と取りあげた動機および実施年度、②その試験研究(または普及活動)におけるあなたの担当した内容とその実施期間、③その課題の試験研究(または普及活動)の経過と成果、④その試験研究成果の普及上の問題点(または普及活動上今後に残された問題点)

### <病虫害>

課題(ア) 有機農業で農薬を使用しないという栽培技術が一部で喧伝されているが、その実態はどうか、またこのことに関してあなたはどのように対処するか、述べなさい。

課題(イ) あなたの経験から、あなたの行った技術開発、技術指導等の一例を挙げ、その動機、経過、普及効果および残された問題を述べなさい。

### <養豚>

課題(ア) 下記問題のうち2問を選んで回答しなさい。①

### 系統造成 ②妊娠診断法 ③上物率向上対策

課題(イ) あなたの地域(または県)における最近の豚の飼育動向と問題点を記し、今後とるべき技術・経営の方向について意見を述べなさい。

### <養鶏>

課題(ア) 次の事項について説明せよ。①鶏の飼養標準 ②産卵鶏の光線管理 ③鶏糞の処理・利用 ④ノーリンクロス  
課題(イ) あなたが体験した主要な技術指導または試験研究(育種事業を含む)のうち、一つについて、次の事項を述べよ。①課題と実施年度 ②動機と目的 ③どのような成果があったか ④残された問題点と対策

### <農業機械>

課題(ア) (1) 次の問題から二つを選んで述べなさい。①トラクタ用ディーゼル機関の燃焼室で、現在用いられているもの3種類をあげ、その特徴を簡単に述べなさい。②現在のトラクタ三点リンクヒッチに付けられている油圧制御装置2種類を挙げ、その機能を説明しなさい。③土作りの問題点と必要な機械の種類と構造および作業上の留意点について簡単に述べなさい。④コンバイン収穫において、その作業精度とは何か、説明しなさい。⑤6条植条用田植機のha当たり利用経費を次の条件で算出しなさい(苗代は含めない)。購入価格120万円 年間固定費率30%(含む修理費) 実作業12日間 1日の作業時間10時間 実作業率0.7% 機械の作業能率40hr/ha 1日当たり燃料・潤滑油費530円 1時間当たり労賃1,300円 作業人員2人 (2) 次のうち3つを選んで説明しなさい。①コンプリート・フィールド ②アップカット・ロータリ ③ラウンド(ビッグ)ペーラ ④ヒートポンプ ⑤軸流型コンバイン ⑥流動層乾燥

課題(イ) あなたが従事した主要な農業機械に関する試験研究または普及活動について、次の事項を説明しなさい。①取りあげた動機と重要性 ②実施方法・成果の内容と効果 ③残された問題点とその解決策