AGENCY FOR INTERNATIONAL DEVELOPMENT
WASHINGTON, D. C. 20523

BIBLIOGRAPHIC INPUT SHEET

FOR AID USE ONLY
Batch #22

1. SUBJECT CLASSIFICATION
A. PRIMARY: Agriculture — AH60-0000-0000
B. SECONDARY: Weeds

2. TITLE AND SUBTITLE
Weed research methods manual;a handbook of weed control research,techniques,and methods with emphasis on establishing new programs

3. AUTHOR(S)
Furtick,W.R.; Romanowski,R.R.

4. DOCUMENT DATE: 1971
5. NUMBER OF PAGES: 87p. + 90p.
6. ARC NUMBER: ARC 632.58.F992

7. REFERENCE ORGANIZATION NAME AND ADDRESS
Or.State

8. SUPPLEMENTARY NOTES *(Sponsoring Organization, Publishers, Availability)*
(In English and Spanish)

9. ABSTRACT

10. CONTROL NUMBER
PN-RAB-252

11. PRICE OF DOCUMENT

12. DESCRIPTORS
Methodology
Projects
Research
Weed control

13. PROJECT NUMBER

14. CONTRACT NUMBER
CSD-1442 Res.

15. TYPE OF DOCUMENT

AID 590-1 (4-74)

Weed Research Methods Manual

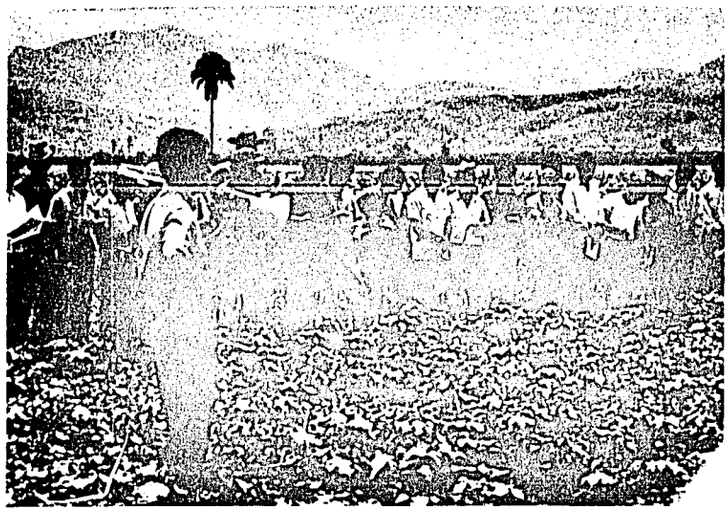
A handbook
of weed control research
techniques and methods
with emphasis on
establishing new programs

W.R. FURTICK
Professor of Agronomy and Director
International Plant Protection Center
Oregon State University

R.R. ROMANOWSKI, JR.
Professor of Horticulture
Purdue University

published by
International Plant Protection Center
Oregon State University
Corvallis, Oregon 97331/USA

© Copyright International Plant Protection Center 1971



PREFACE

Increased worldwide awareness of weed control has stimulated numerous countries to consider establishment of weed control programs. Activity in agricultural research dealing with all the aspects of weed control has also accelerated, but formalized study and procedures are still relatively new. The result is that often personnel assigned to set up weed control research programs are unfamiliar with the problems involved or unaware of methods already proven.

This publication has been written in an attempt to fulfill the need for a basic manual on weed research methods. It is intended particularly for those in government, experiment stations or industry worldwide who are faced with establishing new weed research programs.

The authors extend appreciation to all those members of agricultural college faculties, industry staffs and technical missions who took the time and effort to review the manuscript and offer valuable suggestions. Special thanks to: Joseph Antognini,

Stauffer Chemical Company; Arnold Appleby, Farm Crops Dept., Oregon State University; Garvin Crabtree, Horticulture Department, OSU; Stanley Parka, Elanco; V.S. Searcy, Ciba Agricultural Chemicals; C.A. Shadboldt, Thompson-Hayward Chemical Co.; V.H. Unger, Rohm & Haas; and Rex Warren, Cooperative Extension Service, OSU.

A number of significant contributions came from members of the OSU Farm Crops Department and International Plant Protection Center staffs: Juan Cárdenas, Don Colbert, Floyd Colbert, Lane Coulston, Allan Deutsch, Richard Fine, Ken Kirkland, Arthur Poole, Myron Shenk and Lyall Taylor. We are indebted to these colleagues. The authors, however, accept full responsibility for all contents.

We acknowledge, with thanks, the support of USAID that helped to make this effort possible. csd 1442

W. R. Furtick
R. R. Romanowski, Jr.
Corvallis, Oregon and Lafayette, Indiana
January 1971

W. R. Furtick

R. R. Romanowski, Jr.

A researcher steps off distance for weed control plot.

TABLE OF CONTENTS

PREFACE

I INTRODUCTION *1*

Exploratory Research *1*
Follow-up Research *2*
Publication and dissemination of results *2*

II CULTURAL PRACTICES *3*

Properly Adapted Varieties *3*
Fertilization *4*
Seeding *4*
Drill seeding *5*
Row seeding *5*
Inoculation *5*
Pest Control *5*
Timing Cultural Practices *6*
Irrigation *6*

III EXPERIMENTAL PROCEDURES *7*

Principles of Plot Design: Layout *7*
For drilled and cultivated crops *8*
Off-station plots *8*
Agree on practices *8*

Principles of Plot Design: Size *9*
Row crops *9*
Plot Length *10*
Drilled or broadcast crops *10*
Plot Arrangement and Randomization *10*

IV EXPERIMENT DESIGNED FOR LIMITED OBJECTIVES *12*

Methods of Comparison *12*
Weed Control Competition Studies *13*
Standard weed competition study *13*
Delayed competition study *13*
Herbicide Evaluation Trials *14*
Seeding *14*
Seedbed *14*
Incorporation *15*
Irrigation *15*
Post-emergence treatment *15*
Fertilizing *15*
Screening Trials *15*
Primary screening trials *16*
Secondary screening trials *16*
Grower demonstration trials *17*
Other Considerations of an Experiment *18*
Integrated control *18*
Long term studies of shifts in weed flora *18*
Inter-relationship of weed control and other cultural practices *18*

V ECONOMIC ASPECTS OF HERBICIDE USE *19*

Direct costs *20*
Indirect Costs *21*

VI METHODS OF APPLICATION *22*

Single Plot Method *22*
Multi-plot Method *22*
Container Method *23*
Variable Dosage Sprayer *24*
Double Spraying *24*
Spraying Order and Equipment Handling *24*
Soil Incorporation Methods for Herbicides *25*
Depth of incorporation *26*
Soil Injection Method *26*

VII APPLICATORS FOR USE IN CHEMICAL WEED CONTROL RESEARCH *27*

Types of Equipment *27*
Compressed air sprayers *27*
Knapsack sprayers *29*
"Bicycle" plot sprayers *29*
Garden hose sprayers *30*
Traction sprayers *31*
Herbicidal gloves *31*
Tractor mounted weed sprayers *31*
Trailer mounted sprayers *32*
Logarithmic sprayer *32*
Hand operated granular applicators *33*
How to Calibrate A Sprayer *34*
Spraying variables *34*
10 steps for calibration *34*

VIII WEED CONTROL EVALUATIONS *40*

Standardization and Data Handling *40*
Environmental Factors *41*
Other Important Factors *41*
Evaluation Criteria and Methods *42*
Frequency of occurrence *43*
Weed counts *43*
Cover *44*
Weight *44*
Screening Trial Evaluation *45*
Perennial Weed Control Evaluation *46*

IX CROP EVALUATION *47*

Harvesting *47*
Residue analysis *47*
Yield data *48*
Crop quality data *49*
Sampling Plots *50*
Harvesting area to obtain residue material *51*
Sampling of forage to determine percent weed content and yield *51*
Estimating yields of crops such as small grains or corn *51*
Head counts *51*

X SAFETY *52*

Storage *52*
Usage *53*
Equipment *54*
Danger of Fire *54*

XI CHEMICALS: FORMULATION AND COMPATIBILITY *55*

Active Ingredient (ai) and Acid Equivalent (ae) *55*
Soluble Salts *56*
Wettable Powders *57*
Emulsifiable Concentrates *58*
Oil Soluble Amines *58*
Inherently Soluble Compounds *59*
Granular Formulations *59*
Identifying Formulations *60*
Unformulated Chemicals *60*
Compound Compatibilities *61*
Physical compatibility *61*
Chemical compatibility *61*
Spray Adjuvants *62*
Sequestering agents *62*
Surfactants or wetting agents *62*
Thickeners *62*
Special adjuvants *62*

APPENDIXES

Appendix A

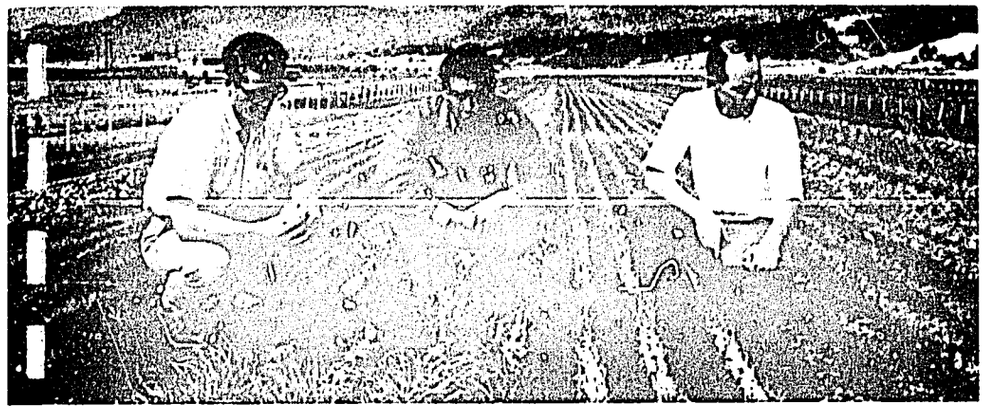
Table 1 – Conversions and Equivalents *63*
Table 2 – Rate Conversion: Dry Weight (kg/H) *64*
Table 3 – Rate Conversion: Dry Weight (lb/A) *65*
Table 4 – Conversions for Concentrations *66*
Table 5 – Rate Conversions for Liquid *67*
Table 6 – Plot Area Conversions *68*
Table 7 – Plot Liquid Conversions *69*
Table 8 – Weight-Volume Relationships *70*
Table 9 – Spray Concentration Conversion Chart *71*
Table 10 – Number of Feet of Row Per Acre at Various Row Spacings *72*
Table 11 – Grams of Treatment Required at Various Rates for Indicated Area *73*

Appendix B

References for Chemical Weed Control *74*

Appendix C

International Herbicide Suppliers *77*



Weed control specialists review herbicide evaluation trials in Oregon.

I INTRODUCTION

The world community is moving forward with aggressive programs to increase agricultural efficiency. Attention has initially centered on the most obvious aspects of agricultural production—increased water supply, improved varieties and vastly expanded usage of fertilizer. These improved techniques, while important and necessary, have dramatically underlined the directly related problem of weeds.

Economic losses and production setbacks due to weeds are now major considerations for many nations in implementing agricultural self-sufficiency and escaping allied economic burdens. Weed control, preceded by establishment of exhaustive weed research projects, is now recognized as an inseparable element of a meaningful agricultural program.

This manual is directed toward staff and students who have recently been introduced to weed control research and application. The reader is assumed to have some field experience or background (through course work) in agricultural research. The manual should not be considered as a source of fully detailed procedure for establishing and designing weed control experiments. It is intended as an aid in helping to prevent some of the common mistakes associated with weed control field research.

EXPLORATORY RESEARCH

Field weed control research is basically divided into exploratory research

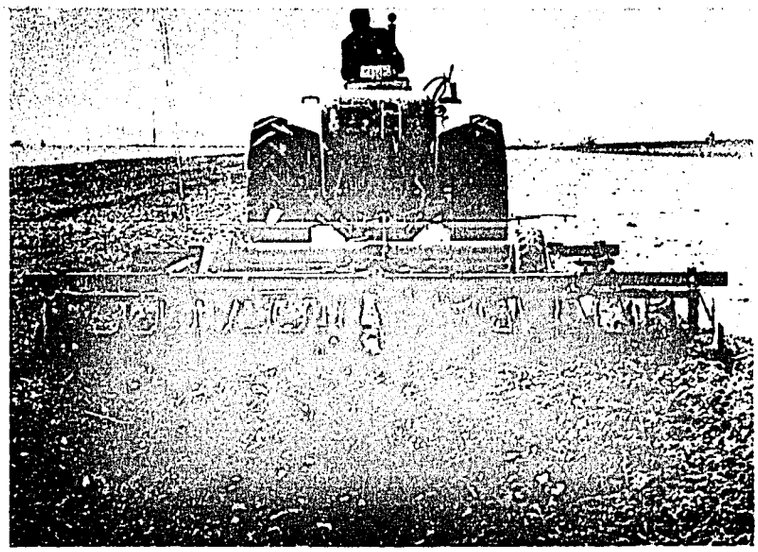
and follow-up research. The principal objective of exploratory research is to determine the influence of various weed control practices on weeds or crops. Under this classification come activities such as routine herbicide evaluation—or so-called screening trials—and exploratory work on specific crops with a variety of new (and standard) herbicides or treatments. These trials are pirmarily intended to isolate specific treatments that appear promising. Gathering of more detailed data through further testing may then be justified in the process of establishing a new recommended weed control practice.

FOLLOW-UP RESEARCH

Follow-up research is essentially a more detailed series of field experiments on treatments or herbicides that showed promise under exploratory research. It involves determining herbicide performance under a wide variety of environmental conditions, at various growth stages, by various method of treatment, at different dosages and on different weed species. This research should be conducted in much greater depth than exploratory research. The design of follow-up research should permit suitable statistical analysis.

A well designed, carefully prepared and accurately handled experiment is highly desirable at either the exploratory or follow-up levels of experimentation. To help achieve this goal the following information may be applied to the conduct of weed control experiments.

Publication and Dissemination of Results The primary purpose of weed research is to solve the practical weed problems of farmers or industries such as public utilities. Unless the results are made available to these users, the usefulness of the research has not been achieved.



Proper cultural practices are necessary in preparing experimental plots.

II CULTURAL PRACTICES

For measurement of crop yield and quality, or the reduction in number and competition of primary weed species within a crop, it is important that the crop in the experimental plots be grown under the best cultural conditions consistent with those found on well-managed commercial farms.

This involves using:

1. Properly adapted varieties.
2. Optimum fertility levels.
3. Recommended seedbed preparation and seeding rates.
4. Correct timing and type of cultural practices, i.e., cultivation, insect and disease control, thinning, irrigation and other cultural operations.
5. Knowing past cropping history of test area.

PROPERLY ADAPTED VARIETIES

A survey should be made to determine the varieties best adapted to the area before establishing herbicide trials. There are reported instances of

varietal susceptibility to herbicides; consequently, this variable should be of primary concern. Both the variety and scientific name of a crop should be included in reporting research findings.

FERTILIZATION

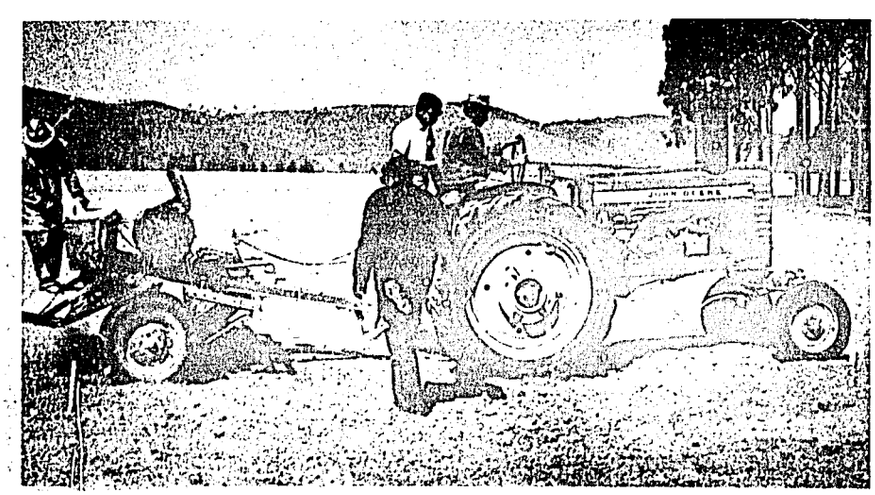
The fertility program for an experiment should take into consideration the conditions and history of the land to be used. Hence, a legume crop should receive phosphate, lime or other materials applied as necessary for the site selected. A grass crop should be fertilized at the proper time and rate for nitrogen deficiency, or with other elements, to develop optimum crop production.

Nitrogen and phosphorus are both very important soil elements under all conditions. Before initiating experiments in tropical areas it is advisable to meet with a soils specialist to review the soil fertility needs for each respective crop before installing the experiments.

SEEDING

Most major considerations of seeding crops for weed control research are extensions of efficient commercial practices. Make sure that the seeding equipment to be used can be calibrated and that it will seed accurately within the desired seeding rates. Calibration can be done on land away from the test plots.

Using a drill seeder to plant experimental weed control plots in Colombia. Wooden stakes mark the plot boundaries and a person riding the seeder keeps it from plugging.



Drill Seeding When drilling seed, be sure to avoid skips (interruptions in seed delivery to the row). A person should ride on the drill to be sure that it is not plugging and that all spouts are seeding at all times. Check depth control often to ensure proper seeding depth. Drills normally run some distance in the ground before actually depositing seeds. Hence, a common mistake in drilled plots can be avoided by starting to operate the drill well before entering the test plot. The goal is a uniform stand throughout the experimental area.

Row Seeding For row stand culture be sure the seeding implement sows the crop accurately; this can be a problem when the seed is not sized. For example, corn seed comes in various shapes and sizes; unless it has been graded to obtain a uniform size, a stand may vary as one seed size is favored over another. Eventually the seeder will be planting at a different rate (than when seeding started) because it is primarily handling a different size seed. Carefully consider selection of row spacing to permit cultural operations with available equipment.

Hand Seeding Seeding is often done by hand in many parts of the world. It then becomes important that th same person do all seeding for a given test crop to reduce the amount of stand variability.

Experimental technique requires utilization of high quality seed. Where old seed is to be used, a germination test should be made prior to seeding, particularly in tropical areas where seed can deteriorate in one year.

Inoculation Most legume seeds are inoculated for optimum growth activity. The seed requires moistening with an adhesive—such as milk—to insure retention of the inoculum. Use only high quality inoculum and follow directions on the container. Often commercial inoculum is not properly stored and may be too old for effective use. Soil from established fields, dusted over the seed, sometimes aids in seed inoculation.

PEST CONTROL

Establishment of a new herbicide program not only entails consideration of equipment for herbicide application, but also for insect and disease control. Damping-off disease, for instance, will reduce plant stands in many crops; seed or soil treatment with appropriate fungicides may be necessary. Before initiating experiments it is useful to confer with insect and disease control specialists. The combination of a single broad

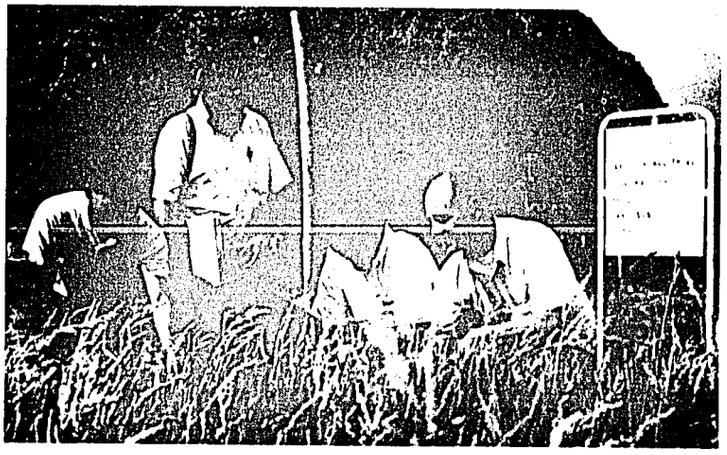
insect and disease control specialists. The combination of a single broad spectrum fungicide and insecticide applied to the crop as often as necessary will often protect the crop throughout its growing period.

TIMING CULTURAL PRACTICES

Cultivation practices are generally designed to facilitate weed control readings and crop tolerance evaluations. If weeds are abundant in row crops, cultivation may have to be started four to six weeks after herbicide application; it is important to make the first weed control ratings just before cultivation. In cereals and other noncultivated crops the weeds are usually left throughout the growing cycle. Regardless of the time of cultivation, initial experiment planning should include providing row widths compatible with the proposed methods of weed removal.

IRRIGATION

For experimental programs including irrigation, water should be applied at the proper time and in sufficient quantity for maximum crop production and herbicide effect. Failure to irrigate at the proper time can be a costly mistake in obtaining reliable data from an experiment; this is a particularly troublesome item on experiment stations with a heavy demand for irrigation by a diverse group of projects. Prior arrangements for irrigation scheduling are "a must" for studies involving water as one of the experimental variables.



Specialists review a cooperative weed control trial on rice in Hawaii.

III EXPERIMENTAL PROCEDURES

Before establishing a new weed research program it is advisable to make a general survey of the area represented by the testing agency. That is, do not develop a program encompassing only a limited region within the boundaries of the test site. Keep the overall country needs in mind. If possible, become acquainted with other worldwide areas that have similar ecological and edaphic (growing) characteristics. A relatively simple method of surveying vast areas is to make maximum use of the literature (see Appendix B) as well as establishing a working relationship with major companies (see Appendix C).

Methods of conducting weed control experiments are presented in the following material. Principles of plot design are described; these principles are then incorporated into suggestions for designing weed competition and herbicide evaluation studies. Suggested methods of herbicide application are also discussed.

PRINCIPLES OF PLOT DESIGN – LAYOUT

In laying out a plot leave adequate border areas (around the seeded portion of the experiment). Access is required by equipment–for "opening up" the field at harvest or during other operations–without running across plots. Borders also eliminate the temptation for visitors to drive over a corner of a test plot. For edible crops, generous borders

are insurance that treated areas will be left unmolested by those who might "liberate" some of the crops from edges of the field. One of the most common mistakes to avoid in laying out field crops plots is attempting to crowd tests into an insufficient size area.

For Drilled and Cultivated Crops Plots on a drilled crop, such as grain or flax, should generally be established across (perpendicular to) the drill rows. This method eliminates the undesirable effect on data that a drill failure would cause if the plot was parallel with the rows. A missed drill row or two is of little consequence for plots established across many rows.

For a cultivated crop, plots should be lined up with the planted rows. The plots should also be located in a position that receives uniform cultivation, e.g., not on row ends where cultivation equipment will be turning and starting or stopping.

Off-Station Plots When plots are layed out in a farmer's field, avoid corners or other areas where cropping patterns are not typical or where the weed population is nonuniform. This is impor tant where yield data are of considerable importance. Where the goal is primarily weed control data, fence line areas can be utilized because of the higher density of weed population and generally greater variety of species.

Trials set up on off-station sites create a number of special problems. Choose a plot area that creates minimum inconvenience for the com mercial grower operating on the land. The plot should not interfere with normal harvest nor cause inconvenience if the grower harvests before the experiment can be harvested. Install easily seen plot corner markers so that equipment can avoid the test areas during cultural operations.

Come to a clear understanding with the grower as to which cultural operations he should, or should not, perform on the plot areas.

Agree on Practices Generally, cooperators will not fertilize, spray or otherwise carry out normal operations on a test plot unles requested to do so. Therefore, arrangements have to be made for the normal fertility, insect control, irrigation and other practices to be performed. Often it is important (and sometimes quite difficult) to keep the grower from applying herbicides to the test area when he treats the rest of his field. If he is using aerial application methods, the test plot should be relocated since it is more difficult to prevent drift or insure avoidance of the plot area.

Establishment of positive public relations is critical. Be sure to have an absolutely clear understanding with the grower on all matters relating to use of the land, disposition of the crop and duration of the experiment.

PRINCIPLES OF PLOT DESIGN – SIZE

There is always the problem of determining the optimum size plot for weed control or other types of field research. The main factors that influence decisions on plot size are convenience of harvest, availability of uniform weed stand, uniformity of land, land area available for plot work and suitability of the equipment used in cultural or chemical operations.

A general rule of thumb: use plots of the smallest size compatible with obtaining reliable data. Normally, the smaller the area sampled, the less chance of major variation in data due to changes in environmental conditions. This means that, where there is no other limiting factor, size is dependent on the smallest plot that can be sprayed accurately, but which will still contain an adequate sample of weeds and crop to evaluate.

Row Crops Plot sizes used have varied from a single row of a row crop to a 10 acre field. For row crops it is usually desirable to have at least three rows treated to avoid the border effect which

Several different crops are planted in long rows for a multicrop weed control trial in Hawaii.

commonly results on the outside rows. Then, the center row is left for harvest; rows on either side have the same treatment to keep the plot uniform. The outside rows, being adjacent to other treatments, may also be influenced by those treatments. An even better design is to have four rows and harvest one or two of the center rows. This minimizes the chance for total loss of a row due to rodents, birds, or other hazards.

Plot Length Length of the plot may vary from a few feet to a mile depending on the purposes of the experiment. A plot of at least 18 to 20 feet usually affords a uniform spray pattern over enough plot area to permit sampling an adequate number of plants for yield determinations. If mechanical harvesting is employed, plots may need to be up to 100 feet long to obtain a uniform harvest. Plots of 100 feet or more may be needed where the weed stand is variable and sparse. The long plot is also utilized to sample a larger area of a field; this gives a greater chance of encountering specific weed species. Roadside plots worked with power equipment may be up to a mile long.

Drilled or Broadcast Crops Plot size for drilled or broadcast crops is usually at least 6 feet wide to minimize border effect and still have room to evaluate crop response. A rule of thumb: The plot should be at least 1 foot and preferably 2 feet wider on each side than the harvesting equipment, i.e., a combine. Plot length influences the uniformity of yield when harvested by combine; the longer the plot, the less will be the influence of carry-over seed in the combine. Long plots are particularly desirable where samples are saved for residue analysis. Seed carried over from the previous plot will then be diluted to insignificant levels. When mechanical harvesting is used plot length minimum is 50 feet with 100 feet preferable. Smaller plot sizes may be used for mechanical harvesting of forage crops; at least 10 feet in length of harvested area is considered minimum in this case.

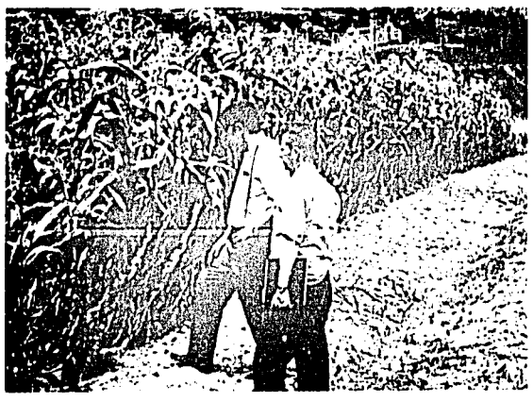
PLOT ARRANGEMENT AND RANDOMIZATION

Replications must be kept as compact as possible; they should be taken from plot areas that have a high degree of uniformity. Should the situation arise that forces use of areas lacking uniformity, or that have distinct changes in either weed population, soil or other conditions, each replication should be laid out so that it is within the area most uniform for a given variable. For example, if the weed population between areas changes from predominantly pigweed to predominantly barnyardgrass, a single replication should not cross from one type of

weed to the other. Thus, the variability occurs between replications instead of within replications.

Experimental objectives determine the advisability of randomization. Plot randomization is not always a useful experimental tool. In fact, for certain types of plots it becomes a handicap, e,g., where the primary goal is a careful side-by-side comparison between rates or similar treatments, especially on a demonstration basis. Randomization, however, is an underlying principle of most statistical procedures. Hence, the function of plots will be important in deciding whether to use randomization, compared with the alternative of a planned plot layout. Usual practice in large screening trials is to group chemicals so that important comparisons are randomized in groups rather than randomizing the whole trial. This practice keeps the plots close together that are most important for comparison.

A herbicide trial on paddy rice in Hawaii.



Weed control trials in crops such as corn can present problems.

IV EXPERIMENT DESIGNED FOR LIMITED OBJECTIVES

The optimum conditions for growing a crop and for collecting the best types of weed control data are not always in harmony; more often they are directly opposite. For example, in a corn production experiment it is important to follow recognized cultural practices such as cultivation to remove weeds in the check plots; however, this practice obviously cancels the possibility of obtaining valid data for evaluating both weed control longevity and herbicide influence on the crop (as compared to an untreated check managed for maximum corn production).

METHODS OF COMPARISON

The dilemma can be solved by either of two means. First, the experiment can be designed with, (1) a weed-free check to compare with the best chemical treatments and, (2) a purposely unweeded check to assess weed control.

The other approach—where the primary objective is to determine the influence of the chemical on the crop and also evaluate weed species killed, amount of kill and longevity of control—is to establish two separate experiments. In one experiment the crop is cultivated and hand weeded on all plots to give the crop optimum conditions in both treated and untreated plots. In a second experiment, which may be adjacent, weed control data are collected on plots that are not cultivated in either the checks or the treated plots. This method permits assessment of the amount and longevity of weed control, but will not be valid

for obtaining data on the influence of the weed control practice on the crop.

WEED CONTROL COMPETITION STUDIES

Special budget considerations may be necessary to establish a new weed control program. The administrators responsible for budgeting are a prime group to observe weed-crop competition demonstrations. Farmers, too, can benefit from learning the extent crop yields are reduced by the presence of weeds at critical crop development stages. One of the most beneficial studies to conduct for both purposes is to vividly demonstrate that crop yield losses are caused by weeds and then express these losses in economic terms.

Standard Weed Competition Study A standard weed competition study allows weeds to grow for varying periods during the early stages of crop development and then measures yield losses. The weeds may be removed at two, four and six weeks after seeding the crop, which is then kept weed free for the remainder of the growing cycle. It is usually found that weeds allowed to grow during the first four weeks of the cropping cycle greatly reduce final yields.

With large-seeded crops, such as corn, the most critical time to remove weeds is during the first four weeks of growth; thereafter the crop yields are usually not greatly reduced by existing weeds, unless there is a shortage of moisture or fertilizer. Certain fruit crops - papayas, for example, because of their shallow root system - are very sensitive to weed competition throughout the growing cycle.

Delayed Competition Study A second type of weed competition study keeps the crop weed free until late in the growing cycle; weeds are then allowed to grow. This study is pertinent to farming practices because late season weeds are often allowed to grow amidst a crop during the later part of its cycle.

A third weed competition study method varies the weed population. The question most commonly asked in weed research is: how many weeds per unit area can a crop tolerate before a reduction in yield or quality is detected? There is broad variation depending on the weed and crop. In certified grass seed production a 100 percent weed-free environment is desired; in sugarcane it is believed that nutsedge *(Cyperus rotundus)* does not reduce yield.

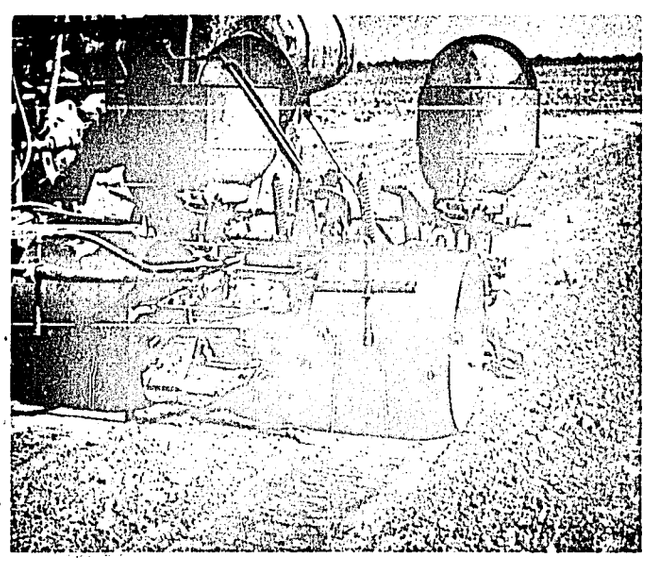
Regardless of the objective, if a trial is established to study the relative competition between various weed species and a crop, it is important for the weed species studied to be uniform in the stand. If possible, these trials should be established on areas known to be free of the weed species under study so that the population can be regulated through seeding.

HERBICIDE EVALUATION TRIALS

Routine cultural and seeding procedures are a necessity for evaluation of herbicides.

Seeding Make sure trials have a dense, uniform as possible, stand of the indicator species. This can best be accomplished by using high seeding rates to insure a dense stand for whatever crop or weed species are utilized in the trial. Depth of seeding is very important. Improper seed placement is frequently a cause of crop failure, particularly for small-seeded vegetable crops (carrots, onions) and small-seeded legumes (birdsfoot trefoil, white clover, etc.). These crops should be seeded as close to the soil surface as possible by using either a drill with an accurate depth control mechanism or by using a broadcast seeder.

Seedbed A well-firmed seedbed is necessary to insure good emergence of the various species. The seedbed should be rolled after seeding and prior to spraying. Rolling provides a better seedbed for spray applications from the standpoint of footing and ease of maneuvering a sprayer. Frequent light irrigations may be necessary at the time of emergence if soil crusting becomes a problem.



Roll compacting a seed bed as part of a commercial seeding and herbicide application operation.

Incorporation In preplant incorporated trials, where discing is used, it is desirable that the area be disced both directions (north-south and east-west). A disc equipped with a hydraulic control to keep the depth of cut within reasonable limits is ideal; discs should go no deeper than 6 inches. A 6 inch discing will usually give incorporation of the herbicide to a depth of 3 to 4 inches.

When a spike-tooth harrow is utilized for incorporation its teeth should be set at a sharp enough angle to travel 3 or more inches below the soil surface. Again, harrowing north-south, east-west will give optimum incorporation. It is often difficult or impossible to disc or harrow in perpendicular directions for screening trials. Incorporation is then done by at least two parallel passes back and forth.

Irrigation Rather than rely on natural rainfall, sprinkler irrigation should be available for use on screening trials, if possible. Then the planting date of the trial should coincide with the availability of the sprinklers. Irrigation should cover the whole treated area prior to the emergence of the first species, i.e., within five days after planting. Planting is done immediately prior to the time spraying can be started and irrigation follows right after spraying. Between 1/2 to 2 inches of water is the normal application.

Post Emergence Treatment Post emergence treatments on screening trials are made before primary weed species have more than four true leaves. At this stage the weeds are in the most sensitive period of their growth cycle and will give a maximum injury reading. When there is special interest in determining the optimum time for postemergence application, treatments at various stages of plant growth will need to be made for comparison. The first postemergence application should be made immediately after emergence.

Fertilizing A screening trial area needs adequate fertility to insure relatively uniform growth of the species under study. In most inorganic soils, there should be at least 60 pounds of available nitrogen applied before establishing the screening trial. Application can be in the form of either ammonium sulphate or other types of nitrogen-carrying fertilizer if the area has an adequate supply of available phosphate. If phosphate or potash are low an appropriate mixed fertilizer should be applied.

SCREENING TRIALS

Herbicide evaluation trials can be divided into three major categories:

a. primary screening trials; b. secondary screening trials; and c. grower demonstration trials.

Primary Screening Trials Primary screening trials are conducted to determine the weed and crop selectivities of new compounds released by the world chemical industry (see Appendix C). Essentially all companies are willing to supply samples to qualified investigators; a report of the trial results should be prepared and submitted to the chemical supplier. Primary screening trials are of an exploratory nature and the results are seldom analyzed statistically.

A common experimental design is to sow the crop and weed species in long rows. Spraying is then done in 4- to 6-foot swaths at right angles to the rows. This method of testing allows careful scrutiny of several species in a limited area. The chemicals are applied at several different rates (each in a different swath); this is often the only form of replication.

Unless specific instructions are given by the manufacturer, most new chemicals are applied as preplant soil incorporated, preemergence and postemergence. All three methods of application can be evaluated in a single primary screening trial. The weed and crop evaluations are commonly made using a subjective rating scale of 0 to 100 percent (see explanation in section of Weed Counts). Where relatively few species are utilized a variable dosage, or logarithmic dosage application, may be used. This involves using a sprayer that dilutes the concentrated solution—as it sprays—to obtain a constantly decreasing dosage (see section on Variable Dosage Sprayer).

Secondary Screening Trials After sufficient information has accumulated from primary screening trials, herbicides can be tested in replicated secondary evaluation trials. The compounds tested in a primary trial can be likened to the many progeny tested by a plant breeder after making an initial cross pollination; thereafter, decisions must be made by the breeder early in the testing program to reduce the number of plants in the more advanced tests.

Several decisions enter into the selection of compounds for advanced testing. In addition to the biological reasons for selecting (or eliminating) a chemical, it is a sound practice to make a last minute query of the chemical company regarding the developmental status of the compound. Companies decide which of their compounds will be developed commercially and a lot of testing might be conducted needlessly if a company had made a decision to eliminate a compound.

These decisions are sometimes made late in the developmental program. But there are now company representatives throughout the world and it is becoming relatively easy to obtain current information.

Secondary evaluation trials can be conducted without the establishment of a primary screening program. In areas where available staff is limited, a program may be made more efficient by relying on chemical companies and other research organizations to do the primary screening work. In fact, for developing a new program, it can be a great advantage to survey the world literature and initiate a program by testing herbicides that are already in use in other areas. This technique lends itself to a productive program.

Secondary evaluation trials are conducted according to standard experimental methods that are defined in field plot design manuals. Plots are replicated and statistical comparisons made of the treatment means. These experiments are also generally designed so that, in addition to weed and crop performance data, samples can be taken periodically for residue analysis. Chemical companies will usually conduct the chemical residue analyses if the research work relates to their respective interest.

Grower Demonstration Trials The final stage of a herbicide evaluation program is establishment of grower demonstration trials. A new herbicide cannot be sold in most areas of the world until it is registered with the government. Registration may require only weed and crop performance data. However, detailed residue analysis may also be necessary. Maximum use should be made of the extension service, where available, to arrange for grower locations and assistance in the installation of the trials.

Grower demonstration trials are especially rewarding because a bridge is established between research and extension staff. It is virtually impossible for a weed control program to succeed without the cooperative efforts of both research and extension. Most authorities agree that, in areas without services of an extension staff, it is wise to move into herbicide programs slowly. Many years of progress can be lost by the indiscriminate use of herbicides. Farmers will be reluctant to try herbicides for a second time if severe crop damage is experienced or weed control results are poor.

The three categories of evaluation trials described in the foregoing section should be established with the ultimate goal of making practical recommendations to growers. If this is not kept in mind when designing a new weed research program the results obtained from even the most

carefully conducted program will only be useful to the researcher and, possibly, a few of his colleagues who meet periodically to exchange information.

OTHER CONSIDERATIONS OF AN EXPERIMENT

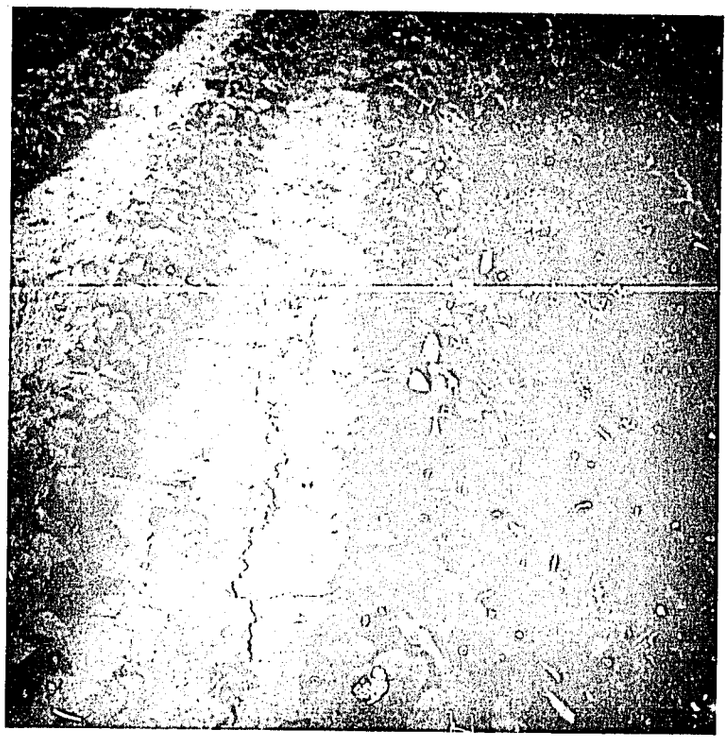
Along with the "nuts and bolts" of designing an experiment there are several other important elements to be considered.

Integrated Control There has been a growing interest in the interrelationship between weeds and other pests such as insects and plant diseases. Studies on weed control as part of integrated control of all agricultural pests deserve greater study. Where possible, joint projects with entomologists, plant pathologists and rodent control experts would appear useful.

Long Term Studies of Shifts in Weed Flora There is a rapidly increasing awareness that changes in agricultural practices—greater use of fertilizer, irrigation, new tillage methods, and shorter varieties—will in themselves cause changes in the weed flora adapted to the changed production method. Repeated use of the same herbicides will also lead to increases in those species resistant to the herbicides used.

It is important to establish trials that document the types of weed flora changes that occur due to repeated use of particular herbicides or the introduction of new practices.

Inter-Relaticnship of Weed Control and Other Cultural Practices The type and level of weed competition varies with the production practices used. It is important to determine the influence of weeds and weed control measures at different levels of fertility, irrigation, or with different varieties or systems of cultivation.



Rows of soybeans at left received a broadcast application of pre-emergence herbicide, those at right did not.

V ECONOMIC ASPECTS OF HERBICIDE USE

Weed research exists only because of the potential benefits it may generate for growers in producing crops more economically. While researchers in applied weed control are primarily engaged in developing—and determining the technical feasibility of—new products and practices, they must always keep in focus the economic aspects of using weed controls.

The goal of growers is greater return on their investment. Yield increases may or may not accomplish this. Improved weed control measures may result in improved yields, but the cost of the herbicides may rule out the practice as uneconomic. The impact of herbicide use on monetary return to the grower usually requires secondary field trials that include a variety of agronomic practices.

DIRECT COSTS

A herbicide should be compared, in terms of cost and return, to current grower practices such as mechanical weeding, hoeing, cultivating, etc. All input costs—labor, equipment, chemicals—are considered for each method. Maximum gain for some row crops may be realized using a herbicide only in the crop row and cultivating between the In orchards, vineyards and other perennial crops, several years may be required to show optimum benefits from chemicals—tree growth, yield, reduced long-term orchard maintenance costs, etc.

A range of differing herbicide dosages should be included in secondary field trials aimed at resolving economic questions. The need for weed control may easily vary from area to area and year to year depending on selling price of the crop, degree of weed competition and all the other growth factors—moisture, fertilizer, seeding rate—that affect yield. A new herbicide may be a consistent, major economic benefit to one area, but of little or no value for the same crop in another area. The best investment in different areas may be different dosage levels of the same herbicide. To fully assess potential benefits, tests should be conducted in several areas and in two or three different years. Severity of a weed problem is often the most important factor in deciding on the economic advisability of using a herbicide.

Weeds can cause severe economic losses in crops. The row of corn on the right has been treated with herbicides.

INDIRECT COSTS

In addition to measurements of direct economic benefits that may be gained from implementing chemical weed control there are a number of other indirect factors to consider.

1. Labor may be the major item for both less developed and more developed countries. Displacement of labor in the former must be carefully evaluated for other effects and costs. Also, availability of labor at the crop cycle stage when it is needed (hoeing, cultivating) must be considered. For the U.S. the question is one of comparative costs—reduced labor requirements (and costs) vs. added cost of herbicides.

2. There may be long-range benefits from using herbicides to reduce the amount of weed seed in the soil.

3. Reduced population of rodents and insects, especially in perennial crops, can be obtained when weeds are eliminated.

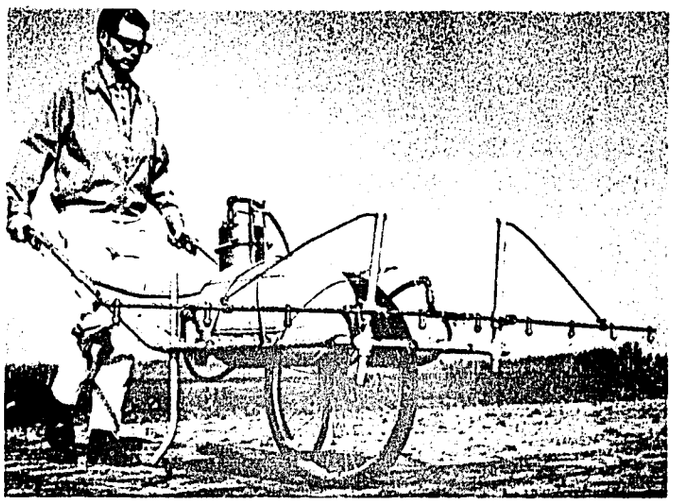
4. Preplant or preemergence chemicals may prevent the drastic weed infestation problems that often occur when long rainy periods prevent normal field cultivation.

5. Crop root damage is often reduced where chemicals replace mechanical cultivation.

6. Removal of weeds usually results in cleaner, more nutritive or palatable crops, such as in the case of alfalfa.

7. When chemicals replace mechanical cultivation there can be improvements in soil structure, water penetration and nutrient utilization, especially in noncultivation programs in tree crops. These same benefits may not always accrue on annual crops or on certain soil types.

A factor that must always be considered relative to herbicides is that their use can present a risk or hazard. Potential injury to the crop, or to succeeding crops, from soil residues must be thoroughly evaluated, particularly for herbicides that have a narrow margin of safety in these respects.



A test plot sprayer in action.

VI METHODS OF APPLICATION

SINGLE PLOT METHOD

There are several satisfactory field plot spraying methods. For the first method each compound is weighed out (or measured) on an individual plot basis and brought up to volume with the amount of carrier required to spray just that one plot. The main advantage of this system is that any faulty operation of the equipment or change of application technique is immediately known; the volume should exactly cover the entire plot and no more.

The extensive weighing and measuring activities of the single plot method are very time consuming. Another disadvantage is that variations in travel speed, spray pressure or other factors (that slightly alter the amount of material being applied) may result in running out of material before the plot is completely covered.

MULTIPLOT METHOD

The second method of application uses the amount of liquid necessary to spray all the plots scheduled for a given dosage level. As an example, assume that one liter of liquid carrier is required to cover a single plot,

25 ml of herbicide are needed per plot and that there are four replications in the experiment. In order to ensure enough spray to cover all the plots at the desired rate and still have an extra margin, 5 liters of liquid carrier and 125 ml of herbicide would be placed together in the sprayer. The extra liter is used to fill the spray lines, to get the sprayer started, etc., with most of this extra amount remaining to be discarded after spraying the four replications.

The multiplot method has the advantage of minimizing the number of compound weighings and sprayer fillings and emptyings. Because considerable amounts of spray propellant (compressed air or gas) are lost in the process of filling and emptying the sprayer tank (on certain types of sprayers used in experimental work) the multiplot method tends to use less propellant. Another plus is that all plots involved are completely covered, thus avoiding skips or a ragged appearance.

This system has the disadvantage of making the discrepancies that occur through changes in speed of sprayer travel, loss of pressure caused by particles clogging sprayer passages or similar malfunctions harder to detect. Another problem is the disposal of unused spray solution remaining in the tank. A per plot timing procedure, or very careful adherence to travel speed, is needed for this system to operate accurately.

CONTAINER METHOD

The third method is a variation of the single plot method. Materials to be applied are weighed, brought to dilution and placed in covered top containers (milk bottles, fruit jars or similar vessels). The filled containers are taken from the lab or central mixing point and spotted beside each plot in the order of application. This system provides fairly rapid spraying since the materials can be applied in sequence without any loss of time traveling from one area in the field to another between sprayings.

The container method has the disadvantage of creating possible contamination problems. Materials might be left in the sprayer tank (or lines) that will form a residue when applied with the next chemical to be sprayed. Also, some materials may hydrolyze if mixed into a water solution very far in advance of application. Potassium cyanate is an example of rapid hydrolysis and dalapon of slower hydrolysis. Wettable powders tend to settle out of suspension after being mixed

with the carrier; each container should be vigorously agitated before its contents are poured into the sprayer.

VARIABLE DOSAGE SPRAYER

In addition to the three methods of spraying mentioned, a variable dosage—or logarithmic dosage application—is often used in primary screening trials. Several variable dosage sprayers with differing degrees of sophistication are available in the world. Newer models are relatively inexpensive and easy to maintain.

In general the variable dosage sprayer is used on single long rows to find the optimum dosage range of a new compound for either killing weeds or determining crop selectivity. A single pass over a designated plot will, in effect, give a graphical response curve of plants to the compounds under test. However, a meaningful weed research program can be conducted without the use of a variable dosage sprayer.

DOUBLE SPRAYING

Application uniformity can be improved with any of the previously mentioned methods—except the logarithmic sprayer—by using enough volume of carrier material to spray a plot twice. Each pass in double spraying applies one-half the dosage and is made in an opposite direction.

SPRAYING ORDER AND EQUIPMENT HANDLING

Spray solutions can be easily contaminated by residues left in the sprayer tank and lines from chemicals used previously. There is seldom any difficulty with materials directly applied to the soil since most residues are below the threshold of activity under soil conditions. Contamination in foliar applications can be serious; minute amounts of growth regulator compounds can have very marked influence on plants.

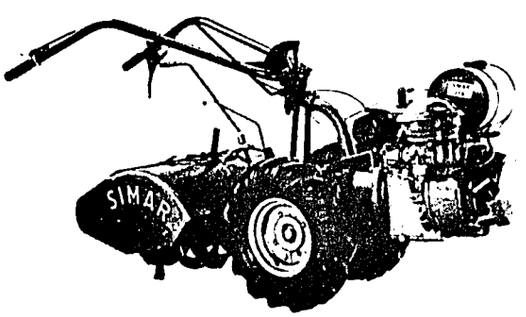
There are several procedures for avoiding contamination. The first—and most obvious—is to clean out the sprayer. The tank and lines should be thoroughly flushed out between using different types of chemicals. When spraying is complete the entire sprayer system should be washed out with acetone (to clean out any deposits) and then refilled with water and ammonia, or other cleaning agents, and allowed to stand for 24 hours before being emptied and put into storage.

A general spraying order can be followed to minimize washing out the sprayer and yet avoid contamination problems. For a given compound always apply the lowest dosage of the least active material first. When using families of chemicals spray soluble salts first, then wettable powders with emulsifiable concentrates last since the latter are the most difficult to wash out. Using this sequence a soluble salt (amitrole) would precede a wettable powder (diuron) and an emulsifiable concentrate (2,4-D) would be last.

SOIL INCORPORATION METHODS FOR HERBICIDES

Soil incorporation methods utilized with herbicides vary with the chemicals and conditions under which the crop is grown. Generally, the most efficient soil incorporation is accomplished with a power-driven rotary tiller. The tiller blades should be spaced close enough to each other to provide a clean sweep of the soil surface.

The next most efficient incorporation technique for volatile materials, such as EPTC and related chemicals, is the double disc (with adjustable, positive depth control) operated twice across the experimental area



A walk-behind power rotary tiller.

at right angles (north-south and east-west) and at a speed of 4 to 6 mph. A spike-tooth harrow, though not as efficient as a disc, furnishes a relatively useful means of soil incorporation, especially on light soils, provided its teeth are set at a rather sharp angle and the area is harrowed several times. Effective incorporation in dry soils can also be achieved with the Flextine harrow or rod weeder.

The least effective method of incorporation, generally, is with a spring-tooth harrow; it tends to give an extreme variation in distribution pattern within the area worked. In some spots crops may be injured

and in others there may be no weed control whatsoever. However, there are many types of spring-tooth harrows and some are more effective than others. The rotary hoe and so-called spray tillers, such as the Howery Berg, are also relatively inefficient for incorporation, except on light, dry soils, although distribution is good. Recent work with the skew treader indicates that this implement should be explored further for soil incorporation studies.

Depth of Incorporation Basically, depth of incorporation depends on the type of chemical. With materials that are highly adsorbed on the soil and that are chemically quite stable (triazines, uracils, ureas and similar materials) shallow incorporation is best. Materials should be kept as close to the soil surface as possible, yet still be incorporated into the area where weed seeds germinate. Two to 3 inches deep may be needed in very dry seedbed conditions whereas under good seedbed conditions, only 1 to 2 inches may be sufficient. Deep discing destroys much of the efficiency of these materials.

The more volatile materials, such as the carbamates, are more effective when incorporated in the soil to a depth of at least 2 to 3 inches for annual weeds and nutsedge (*Cyperus* sp.) and up to 6 inches for perennial rhizome systems such as quackgrass (*Agropyron repens*). With the more volatile chemicals, incorporation as soon after application as possible becomes extremely important.

SOIL INJECTION METHOD

Two basic types of equipment are now available to inject pesticides into the soil. The first is designed to apply a solid pattern to an area and the second treats only a narrow band of soil over, or at each side of, the seed row. Effectiveness of herbicides injected into the soil is usually dependent upon their mobility; herbicide vapors should move to the specific soil depth in sufficient concentration to give the control desired.

Applying herbicidal sprays requires specialized equipment.

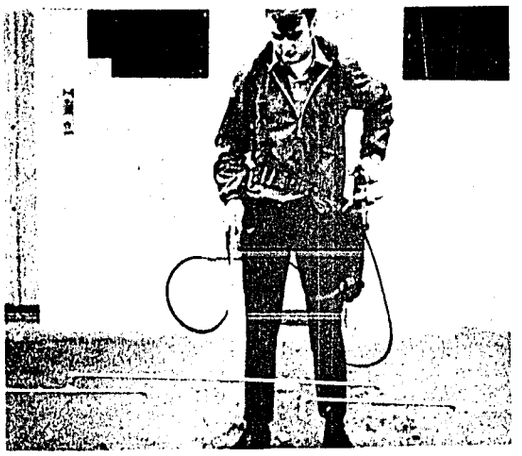
VII APPLICATORS FOR USE IN CHEMICAL WEED CONTROL RESEARCH

Research in weed science has gained a level of sophistication that underscores the necessity of utilizing not only scientific methods, but also modern equipment to ensure accuracy and effectiveness of application. A number of manufacturers now offer a variety of units specifically for research work as well as the vast array of commercial sprayers and applicators that, under certain conditions, may also be used for investigative work.

TYPES OF EQUIPMENT

There is a type and size of applicator—in most cases a sprayer—suitable for every herbicide application. Some units serve multiple purposes, others are designed for specific uses. The choice depends on (1) size of research area to be covered, (2) nature of application desired, (3) type of material used, (4) economic factors involved, and (5) other equipment (such as tractors) available.

Compressed Air Sprayers Compressed air sprayers are simple in design and operation, relatively inexpensive to purchase and usually low in maintenance cost. The essential parts include: tank, air pump, spray hose, discharge tube (from the bottom of the tank to the hose), extension spray tube, spray-control valve and nozzle. Small sprayers are equipped with a carrying handle,



A highly portable sprayer used for research work uses either compressed air, CO_2 or nitrogen carried in a flask on the operator's left hip. The photo below shows the same sprayer with a different boom.

large ones with a shoulder strap; some are mounted on a frame and wheels.

The tank is fitted with a pressure-type filler cap. On some models a funnel shaped filler neck is provided for ease of filling the tank. Other models feature an open top design with a larger opening; they are easily filled or drained and can be readily and thoroughly cleaned.

Tanks are constructed of corrosion resistant material, usually galvanized steel; some models are available with stainless steel, copper or brass tanks for longer service life. A good tank design eliminates corners to improve agitation and prevent material from remaining in corners. Tanks usually range in capacity from 1/2 to 5 gal (2 to 20 liters).

For the best results in spraying, a recommended procedure is to fill the tank no more than 3/4 full of liquid, thus leaving an air space for building up air pressure with the pump. Normal operating pressures of 30 to 50 lb/in^2 are maintained by manual pumping, or by a separate air compressor. If wettable powder material is used, it is mixed thoroughly in

a separate container and the mixture poured through a strainer into the sprayer tank. The tank should be shaken or agitated frequently to keep spray material mixed and to prevent settling. Care should be exercised in opening a tank which may still contain air under pressure. Some units may be fitted with a pressure relief valve.

Knapsack Sprayers A popular model of sprayer is the knapsack or back-pack unit secured in position with shoulder straps. Some knapsack sprayers have built-in piston or diaphragm type pumps which the operator pumps continuously to maintain necessary

One type of knapsack sprayer incorporating a pump operated with the left hand lever.

pressure. The pump handle may be attached at either side of the unit to permit right- or left-hand pumping as desired.

A pressure chamber is provided to eliminate pulsations and generate a uniform pressure. Other models are equipped with a double-acting slide type pump. Spray pressures range from 80 to 180 lb/in^2.

Agitation of spray material in the tank is provided by a mechanical agitator in some models and by hydraulic or jet agitation in others.* Tanks are fabricated from light galvanized steel, copper, stainless steel, brass or fiberglass and range from 4 to 6 gal capacity.

"Bicycle" Plot Sprayers A very popular research sprayer is the "bicycle" sprayer, so named because of the spoked, bicycle-like wheels supporting its frame. Either one or two

*The best agitation is achieved with paddles or other mechanical means. Hydraulic or jet agitation is not suitable for use with wettable powders.

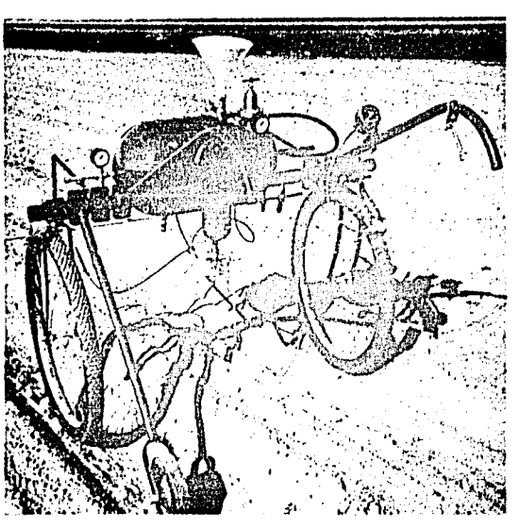
wheels are attached to the frame which is usually aluminum. A single or double pressurized chemical spray tank of 1/2- to 4-gal capacity is fitted. Some tanks are stainless steel, having a threaded opening at the top for an air inlet and a cone-shaped bottom for solution outlet. A small tank is the most desirable equipment for test plot work as it conserves air and allows all spray solution to be used without wastage.

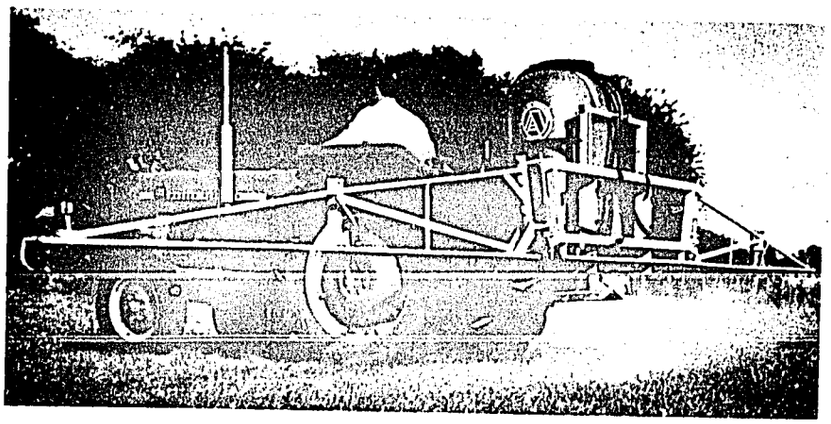
Booms of 1/4-inch stainless steel are preferred as aluminum will not stand normal field use. Nozzles should be on 10 inch centers to give a double overlap at a 20 inch height with 80 degree tips. Booms up to 10 feet in length may be used. Pressure is supplied from one or two stainless steel air pressure tanks. Sprayers of this type may use cylinders of compressed CO_2 or nitrogen instead of compressed air.

Garden Hose Sprayers This variety of sprayer is designed to connect to a small diameter (3/8- to 3/4-inch) garden-type hose and utilize the water supply and pressure in the hose for application of chemicals. Typically a unit consists of a glass or metal container for holding concentrated spray material, a spray "gun" attached to the top of the container and a suction line from the gun to the bottom of the container. A shut-off valve is provided at the gun.

Through suction created by water flowing through jets in the gun, spray concentrate from the jar is sucked upward, metered and mixed with the water flowing from the hose through the gun. The resulting dilute spray is delivered from the nozzle. A one quart container of concentrated spray will yield 5- to 6-gal of dilute spray. While this type of sprayer is quite useful, it is of course limited to areas that may be serviced by water pressure and garden hose.

An example of a "bicycle" plot sprayer.





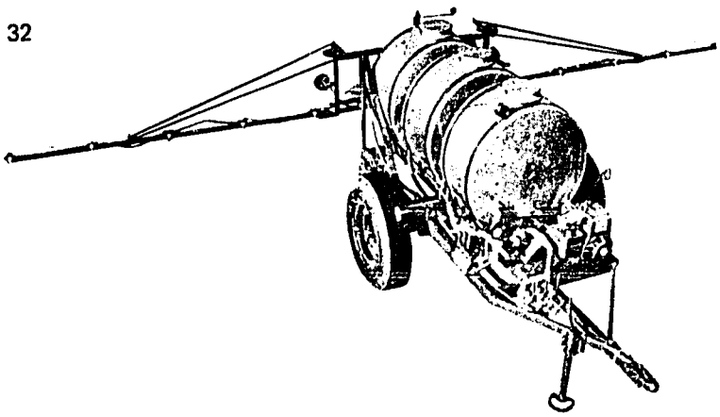
A tractor mounted sprayer often includes boom, tank, and pump.

Traction Sprayers Power to drive the pump of a traction sprayer is supplied by the wheels, on which the unit is mounted, rolling over the ground. Traction sprayers are generally intended for row crops and often are drawn by a horse or mule. These sprayers are not too prevalent in the United States, being mainly found in cotton and tobacco areas where draft animals are still used.

Herbicidal Gloves The Weed Research Organization (WRO) of the United Kingdom has recently developed a herbicidal glove for use in treating isolated weeds that cannot be easily treated by other means in the presence of a crop. The glove is intended to reduce the amount of labor involved in hand pulling weeds which have either escaped an earlier herbicide treatment or were not known to be present until they were visible above the crop.

An operator carries a back-pack tank of prepared herbicide which delivers herbicide from the glove. The glove is used to smear weed seed heads with herbicide and reduce the viability of the seed. For grassy weeds densities of 2,000-3,000 panicles per hectare can be treated with ease and higher densities could seemingly be managed without much difficulty.

Tractor Mounted Weed Sprayers Research operations, as well as commercial farming enterprises, may find the tractor-mounted weed sprayer a useful method for applying herbicides to a wide variety of plots and crops. These sprayers vary from power take-off driven to auxiliary engine driven, and from factory-built storage tanks to discarded (but undamaged) oil drums. The tanks may be carried on brackets in front of, or beside the engine, or at the rear of the tractor. The boom may be mounted at either the front, middle or rear of the tractor. The front-mounted distribution system permits good visibility of its operation. Three-point hitch



This trailer mounted sprayer was designed for research plot work and has three separate tanks with interconnecting pipes and valves.

systems save time in attaching and detaching equipment and are, therefore, very useful.

Another type of mechanized equipment is the self-propelled sprayer with large capacity tanks, booms up to 60 feet in length and sophisticated controls. These units are basically designed for large commercial farming operations but might, in rare instances, be justified for research where spraying of large acreages is required.

Trailer Mounted Sprayers Either a power take-off from the pulling equipment (tractor, jeep, etc.) or an auxiliary engine is used to operate a trailer mounted sprayer. Controls for the sprayer are arranged so as to be easily reached by the operator. Trailer mounted sprayers often are designed with adjustable tread widths to facilitate use on a variety of plot or row spacings. The boom may be mounted at either the front or rear of the trailer.

The advantages of trailer units are that they can be readily attached and detached, they free the pulling vehicle for other work and they are capable of carrying large capacity tanks.

Logarithmic Sprayer Designed specifically for research work, a logarithmic sprayer makes possible the delivery of spray that decreases from a starting concentration to a very dilute mixture. This unit is therefore well suited for work in screening new herbicides.

The principle in screening work is to establish crop tolerance for a chemical spray and simultaneously determine the minimum amount of material required to achieve weed control. Another research technique

involves mixing two herbicides or, perhaps a herbicide and an additive such as a wetting agent. The most desirable concentrations and mixture ratios can be identified through use of the logarithmic unit. This is achieved by placing one chemical in the concentrate tank and the other material in the dilution tank; constantly varying ratios of the two compounds result.

Two pressure tanks are mounted on the sprayer and connected through tubing and valves. Each tank is filled with a separate solution. The liquids flow from one "diluter tank" containing the wetting agent into another "concentrate tank" and from this tank to the discharge nozzles. The first liquid to pass through the nozzles is undiluted and full strength. As the liquid from the "diluter tank" is mixed with the other solution the concentration of the final mixtures varies logarithmically.

Hand Operated Granular Applicators Certain herbicides are formulated as granular material and require that a granular applicator be used for placement. These applicators are generally light weight with a hand crank to activate the granular spreader and either a shoulder strap for man-carried models or a wheeled carriage. The hopper and spreader are constructed of metal or unbreakable, corrosion-proof plastic. Application rates may be varied from 1/4- to 2-lbs. per 100 ft^2 in swath widths from 3- to 12-ft. Rate and swath can be easily adjusted to apply the desired amount of herbicide granules.

Hand operated granular material applicator.

HOW TO CALIBRATE A SPRAYER

Spray application of chemicals requires precision. Excess chemical is not only wasteful, but may damage the crop and ruin research; applying too little material may result in poor weed control and false results. The key to successful herbicide spraying is proper and thorough calibration of the spraying equipment.

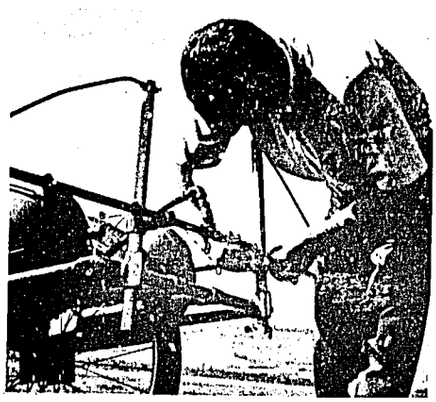
Spraying Variables Herbicide labels usually include information on recommended application rates per hectare or acre They may also recommend a range of operating pressures for spraying and the amount of carrier (water or oil) to use per unit area for best results.

Application rates depend on sprayer travel speed; nozzle size, number and spacing; pressure and delivery of the sprayer pump; height of the nozzle boom; water-spray ratio in the tank; and concentration of the spray materials. Because of all these variables it is standard practice to calibrate sprayers before introducing the actual herbicide.

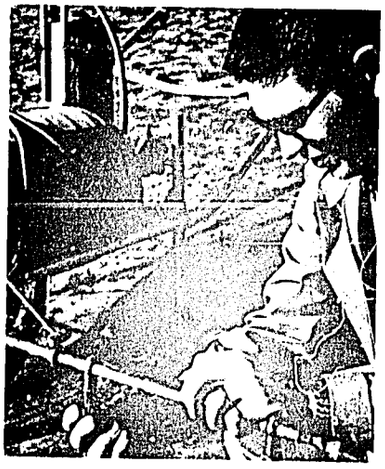
10 Steps For Calibration There are many calibration methods. The following general steps are guides that can be successfully used on a wide range of equipment:

A. With the sprayer mounted and operating, check all parts and nozzles for proper functioning. An accurate check of flow rate from each nozzle can be made by placing or attaching a container beneath each nozzle along the boom to catch the spray. The quantity of spray collected in each container will determine any differences in nozzle flow rates.

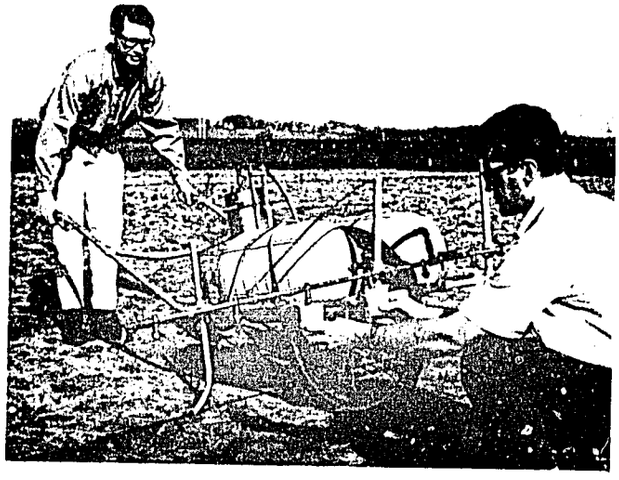
B. Sprayers should be calibrated in the field shortly before spraying so that conditions are as similar as possible to those which will be found during actual application.

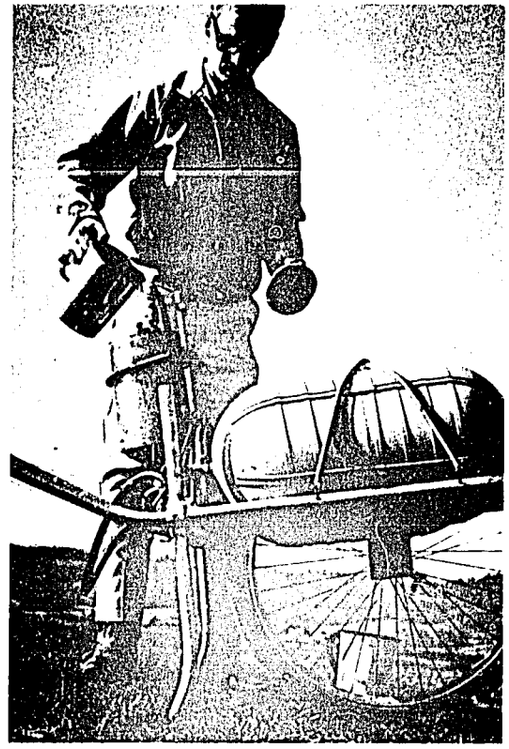


Before calibrating a sprayer all parts should be carefully checked for proper functioning.



The first step in calibrating a sprayer is to install the desired nozzles (left). Then obtain a check of flow rate by collecting spray from nozzles (below) and determining any differences in nozzle flow rates (bottom).





The spray liquid tank is filled with water before making a test pass.

Marking off a test strip for calibration runs.

C. Fill the tank with water, either to the top or to a marked point. The amount of water applied (used) in a test pass will need to be calculated for calibration.

D. Measure and mark off some convenient distance, e.g., 50 meters (164 feet) for hand-operated sprayers and 200 meters (656 feet) for tractor-operated units. The area sprayed should be large enough to provide an accurate measurement of the spray applied.

E. Determine sprayer ground speed in a field with soil conditions similar to the actual research plot. Select operating speed and desired nozzle pressure. For estimating the speed of man-propelled sprayers, walking speed when spraying can be approximated by walking through the area to be treated, applying water in the same manner the chemical is to be sprayed:

- measure in meters (feet) the distance covered in exactly 10 seconds.
- repeat the procedure several times to obtain an average walking speed.

convert the walking speed into kph (mph) as shown below:

A test pass to determine rate of travel. Note wood stake marking starting point.

METRIC		ENGLISH	
Distance in 10 seconds (meters)	Average speed (kph)	Distance in 10 seconds (feet)	Average speed (mph)
5½	2	22	1½
8	3	29	2
11	4	36	2½
14	5	44	3

The speed may also be found by solving the following proportion:

$$\frac{\text{Distance in meters (feet)}}{\text{10 seconds}} = \frac{X}{\text{3600 seconds}} \quad \text{(number of seconds per hour)}$$

Then, divide the result by 1,000 meters or 5,280 feet to find kph or mph. Example: an operator carrying a knapsack sprayer walks an average of 8 meters in 10 seconds in several trial passes:

$$\frac{\text{8 meters}}{\text{10 seconds}} = \frac{X}{\text{3600 seconds}} \qquad X = \text{2,880 meters/hour}$$

Therefore,

$$\frac{\text{2,880 meters/hour}}{\text{1,000 meters/kilometer}} = \text{2.88 kph or approximately 3 kph}$$

F. Operate the sprayer at the selected speed and pressure over the previously measured distance. Be sure the sprayer is traveling at the selected speed as it approaches the starting marker and maintains the same speed over the entire measured distance. The sprayer valve is opened at the starting marker and closed at the finish marker.

G. Determine the volume of liquid applied in one pass by measuring liters (gallons) needed to refill the tank. Or, before spraying, attach a container beneath one of the nozzles; use a graduated cylinder to measure the quantity of material collected after completing the pass; multiply this quantity by the number of nozzles for total quantity sprayed.

H. Measure the width of the spray pattern in meters (feet) (depends on distance from nozzle orifice to application surface). Boom height and nozzle pattern should be selected to give only slight overlap to provide even coverage.

I. Use the following proportion to calculate the number of liters (gallons) per hectare (acre).

$$\frac{\text{quantity of water used, liters (gallons)}}{\text{test area, square meters (feet)}} = \frac{X}{\text{area of one hectare (acre)}}$$

Example: a boom sprayer with a 2-meter wide spray pattern delivers 1.5 liters of water over a 50-meter test distance.

1 hectare = 10,000 square meters

$$\frac{1.5 \text{ liters}}{100 \text{ square meters}} = \frac{X}{10{,}000 \text{ square meters}}$$

Therefore, quantity of water delivered = 150 liters/hectare

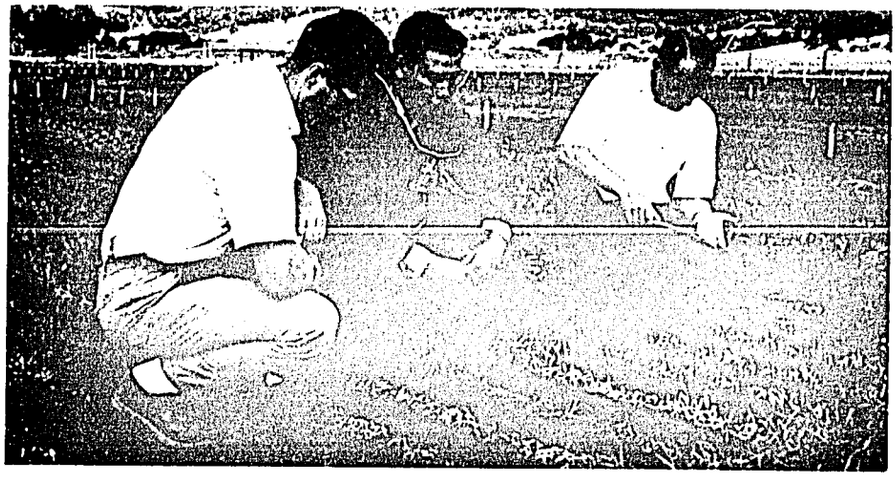
(For English equivalents, see Appendix A, Table 1)

J. The volume of spray concentrate must be added to get the desire total rate of application. For instance, if an operator is using a knapsack sprayer (16-liter tank capacity) and wants to apply 1 kg of 2,4-D (0.5 kg active ingredient per liter of concentrate) in 150 liters of solution per hectare, he calibrates the sprayer to deliver 150 liters/hectare. Then he mixes 148 liters of water with 2 liters of 2,4-D herbicide. For one 16-gallon tank load he would calculate proportionately:

$$\frac{2 \text{ liters}}{150 \text{ liters}} = \frac{X}{16 \text{ liters}} \qquad X = 0.213 \text{ liters of 2,4-D}$$

He would then mix 15.787 liters of water with 0.213 liters of 2,4-D per tank load.

Delivery rates can be increased or decreased by changing sprayer speed or nozzle pressure.



Weed control specialists carefully note the effect of new herbicide tests.

VIII WEED CONTROL EVALUATIONS

Growers are interested in maximizing the return on the money they invest in crop farming. They look to any weed control program to give maximum kill of weeds while having a minimum effect on the crop. A single herbicide seldom controls all of the weeds found in any given crop. As a result, herbicide combinations are being evolved based on the performance of the weed spectrum controlled by each chemical. Thus, a need has developed to evaluate and report response to herbicides on an individual weed species basis.

STANDARDIZATION AND DATA HANDLING

The increasing volume of weed control research is spurring work toward standardization of methods. Collection of plot data can also be designed in such a manner that it may be handled by computer. Developmental work on several systems is under way. Widespread adoption of the visually-observed evaluation system with potential for computerization could significantly increase the ease of data interpretation among weed control researchers worldwide. Ultimately, increased long-range usage of computers to store and retrieve data on both a national and international basis could generate obvious benefits for weed control research.

Methods of collecting and interpreting data are both important and controversial aspects of weed control research. There is wide agreement among researchers, however, that obtaining as complete a record of environmental data as possible, prior to and following application, is essential for thorough assessment of herbicide activity.

Several techniques can be used to determine and evaluate weed responses to herbicides; each has its advantages and disadvantages. The method selected should be the one that best serves the objectives of the experiment and that falls within the limits of available time and financial resources of the investigator and institution.

ENVIRONMENTAL FACTORS

Because plant responses to herbicides are affected by environmental conditions accurate evaluation of herbicide activity is only possible when most of these elements are recorded and considered in the evaluation process. Some important environmental factors are:

1. Soil.
   a. class, i.e., sand, sandy loam, etc.
   b. type of clay, i.e., kaolinite, montmorillonite, etc.
   c. pH
   d. moisture content at time of application
   e. percent organic matter
   f. soil temperature
2. Air temperature and humidity at time of application.
3. Rainfall or irrigation, amount and when occurred.
4. Light intensity at time of application, i.e., cloudy, sunny, etc.

Each test plot should be clearly identified with pertinent data.

OTHER IMPORTANT FACTORS

Besides environmental elements there are other factors that should be recorded and considered in analyzing herbicide responses, including:

1. Names (both scientific and common) and variety of crop and/or weed species involved.

2. Herbicide name, i.e., common or generic name, trade name, formulation and name of manufacturer.

3. Rate of herbicide application (kg/hectare, lbs./acre) expressed as active ingredient (ai) or acid equivalent (ae).

4. Spray additives, adjuvants, type and rate of carrier.

5. Timing of application (preplant, preemergence or postemergence), type of application (broadcast or applied in a band, and if incorporated, the kind of equipment used).

It is recognized that certain information may be impossible to obtain—especially when off-station sites are utilized—but the more complete the environmental and supplemental data, the more valid the interpretation of experimental results.

EVALUATION CRITERIA AND METHODS

There are four basic criteria for evaluating weed control treatments:

1. Frequency of occurrence.

2. Weed counts.

Evaluating a new herbicide multicrop research plot.

3. Ground cover.

4. Weight.

The experimental methods that can be used for any of the criteria are:

1. Visual observations.

2. Individual counting, or harvest (several types) and weighing.

Frequency of Occurrence This criterion is a qualitative measure used to indicate the presence of a species within a given sampling area. It is useful in noting the occurrence and extent of dispersal of species in certain geographic regions, or for measuring changes in vegetational composition over a period of time.

One simple frequency study uses visual observation and, for obvious reasons, is called "the car window survey." The researcher stops his vehicle at predetermined intervals along a line of travel (i.e., every kilometer) and notes the presence or absence of the weed(s) in question. This is a useful technique for rapidly estimating the occurrence or spread of particular weeds within a geographic region.

More complex frequency studies are made by placing a quadrat (or frame) within the experimental plots and recording the species that appear within the quadrat. The sizes and shapes of quadrats vary with the type of vegetation present.

Weed Counts Reduction in a weed stand (numbers of weeds) is a common measure of herbicide activity. A popular method is to visually estimate the reduction by species compared with a check plot. Reductions are expressed as a percent of control: 0 equals no control (no decrease in numbers) and 100 represents complete elimination. This is a rapid method; it also permits the observer to exercise judgment by correcting for changes in density of weed stand for different areas of the test site. It is helpful to have a number of check plots or inter-plot border areas for the observer's frequent reference.

A second method of determining stand reduction is to count the weeds (by species) in a unit area of sample. This method yields quantitative data that is not influenced by inconsistencies of the evaluator's readings, but it is a much slower method than visual observation. Also, it does not allow for the variations in weed densities that inevitably occur

within experimental areas, nor for the influence of rodents or other factors not being measured in the experiment.

Cover Cover refers to the relative amount of ground covered by vegetation. This evaluation criterion is used primarily for research involving soil sterilants.

Soil sterilants are designed to eliminate as much vegetation as possible for a given interval of time, or, in many cases, for the longest duration of time possible with the funds available. Evaluation is primarily based on ground cover and on plant species not controlled.

Ground cover may be determined by use of grids (in a grid system the number of squares occupied by any part of a plant are counted) or any of the other methods utilized in forage research, particularly range management studies, that give a measure of occupancy. Cover may also be determined by means of visual estimates.

Listing the weed species not controlled by a given herbicide is useful in determining patterns of resistance to various compounds. This information helps to develop mixtures of herbicides that control a wider spectrum of weeds than any one herbicide used alone.

Weight Weed responses to a given herbicide are most accurately evaluated by using the criterion of weed weight. Weights are determined by visual estimations in the field, or by harvesting and weighing of a sample.

Use of a grid, or quadrat, to determine weed population.

A researcher visually evaluates herbicide application to rice plots

Harvesting of the experimental plot may destroy or reduce the usefulness of the plot for further measurements. Also, harvesting is an extremely time consuming activity. Individuals with experience in visually estimating weights of weeds are frequently able to approach the accuracy of measurements based on actual harvesting and weighing of the weed foliage.

A technique related to weight measure is that of visually estimating injury or reduction in vigor. In this rating system injury is expressed as a percent of the control in which 0 equals no injury and 100 percent represents death of the plant. The most meaningful injury ratings are generally made by species. However, percent injury to grasses (as an entire class) or to broadleaf weeds is also useful data. Frequent reference to untreated check plots is essential in making valid ratings.

SCREENING TRIAL EVALUATION

The principal objective of a screening trial is to determine the herbicidal activity of experimental compounds under field conditions. Control plots as well as commercial standard herbicides are commonly used as reference points in evaluating performance.

The best indicator of herbicidal activity of preemergence applied compounds usually is a measure of stand reduction. On the other hand, injury or growth reduction measurements are generally better indicators

of postemergence activity. Therefore, it is highly advantageous to make both stand and growth reduction observations when evaluating screening trials. Screening trials are generally evaluated by visual observations and the results expressed as a percent of control.

PERENNIAL WEED CONTROL EVALUATION

Weed counts, or stand reduction, are useful means of taking quantitative data on control. The best method of obtaining accurate data on perennial weeds is to make stem counts, prior to application of herbicides, on a defined unit area that can be identified and located again in the future. Stem counts can be made one, two or more years after application to obtain a measure of stand reduction. Often check plots will increase in density between readings whereas the treated plots will decrease. Hence, data must be corrected in relation to the check, or the results should be reported on a comparison by plot indicating percent increase or decrease per plot.

Perennial weeds that are difficult to separate on an individual stem basis are commonly evaluated on the basis of reduction in growth. Foliage is usually not harvested—to avoid destroying or altering a plot for future study—unless in connection with a cropping system where minimizing competition is a key factor. Perennial weed control plots are usually designed to measure eradication procedures; weight of individual plants is of little consequence.

Crops, as well as weeds, need to be evaluated in research work.

IX CROP EVALUATION

Crops and weeds respond similarly to herbicides. Therefore, methods applicable to weed evaluation are also valid for crop evaluation.

Basically, there are two criteria for evaluating crop responses to herbicides—stand (or cover) and yield. As with weed evaluation both criteria can be determined by either visual estimation or by actual count or harvest as noted in the previous section on weed evaluation. It may be important to make special note of stunting, coloration, twisting or other abnormalities.

HARVESTING

Harvest of crops in weed control experiments may be for the purpose of getting yield data, obtaining samples for chemical residue analysis, making quality evaluations on the crop or a combination of any of these.

Residue Analysis For residue analysis a sample is harvested that is as representative of growing conditions in the experiment as possible. It should be preserved in the condition which would normally be the way the crop is marketed or fed. For example, a crop such as pasture that is consumed fresh would be quick-frozen.

Grain can be shipped in the harvested form, but hay must be dried and changed into a product similar to that normally produced prior to shipping.

Chemical companies generally want a 3 lb. dry-matter sample for residue analysis. Samples should be shipped as soon after harvest as conditions permit. For certain vegetable and fruit crops, residue samples should also be taken from the processed product.

Yield Data For valid yield data, the plot harvest should approach, as closely as possible, the normal crop harvest conditions for commercial production. For example, if possible, it would be ideal to use a plot combine to harvest grain crops and a forage harvester for a hay, or green-chop, type crop.

For a crop harvested green the total green weight of the plot must be immediately determined in the field and a sample, usually 3- to 5-lbs., taken at random from the plot harvest, weighed and recorded for that plot sub-sample. The sub-sample should be taken to a dryer soon after harvest before it starts heating and molding.

Sub-samples should be dried as rapidly as possible; this is done by not piling them too deep (in the drier) and by allowing maximum circulation in a non-packed sample to achieve total drying with a minimum chance for molding. Dry weight is measured after the samples are assumed to be dry; they are returned to the drier for another 24 hours and reweighed. They can be considered dry if there is no further weight loss; otherwise they should be returned to the drier for another 24 hours or until no further weight loss occurs.

The weight loss between the initial weight of a sample and its dry weight is used to calculate a percent dry matter content for that treatment sample. These data can be used as a correction factor on the total weight of the harvested plot, in order to get all plots on the same dry weight basis. Where corn is harvested, the same basic procedure is followed except that the entire crop can be corrected to a given moisture content, such as 15 percent.

In taking yield data on alfalfa hay crops, pasture crops or forages, it is extremely important to determine the plant composition of the harvested crop. A representative sub-sample of given size is taken (after harvesting) and hand separated; the major components in the harvested crop are dried under the same means as outlined previously.

For example, an experiment is conducted for determining downy brome (*Bromus tectorum*) control in alfalfa with a given chemical. If the

treated plots have given a control that leaves less than 2 percent downy brome in the harvested crop, it is usually unnecessary to hand separate anything but the check plots. The downy brome would be separated from the alfalfa sub-sample and dried to determine the relative dry weight of downy brome to alfalfa in the check. These data can be utilized to compute a yield of actual alfalfa in relation to weed content. Weed content makes an excellent measure for evaluating weed control in this case. For a pasture trial in which several species are involved, it is important to make an analysis of the major pasture species (which may be divided into grass and legumes or into more than one species of each) and the major weeds involved.

When yield data are taken with vegetable and other horticultural crops the total harvest should be obtained over a period of time rather than in one picking. Herbicides will often delay the first harvest by one or two weeks and a single early harvest of a multiple harvest crop may give results that do not appear favorable. In contrast, spreading total harvest over a period of time will often show large increases in yield when herbicides are used to maintain a weed free condition.

Crop Quality Data The possible influence of a herbicide or weed control practice on the quality of crops is naturally very important. In the case of grain crops, the common data taken are bushel weight, kernel size distribution, and protein content. For new chemicals it is often desirable to determine germination percentage and survival rate of normal plants as a check of possible carry-over effect on the seedling from treated grain. If wild oats, rye or other nonseparable contaminants make up a portion of harvest weight, a sample should be hand separated to determine percentage of contaminant.

With seed crops the weed seed content is of major importance as well as the germination and mechanical analysis of the seed.

For a crop such as sugarbeets it is desirable to not only have root yields, but also sugar content data. The same principles apply to a peppermint crop; it is valuable to have both hay and relative oil yields. Treatments may have a marked influence on peppermint plant growth habit, which is directly related to oil yields.

In vegetable crops, characteristics of size, quality and flavor may be important. For perennial crops—apples and grapes—it is important to make quality evaluations over a period of 2 to 4 years to measure long-range effects on tree growth. Some crops may be separated into commercial grades for purposes of standardizing data.

A special technique was developed by researchers in Hawaii for evaluating new herbicides on both paddy and transplanted rice at the same time. Three rows of transplanted rice are placed in one half of each test plot and three rows of rice seeded in the other half. The same herbicide is applied to the entire plot whether granules (left) or spray.

SAMPLING PLOTS

Rather than harvest or evaluate a full plot for yield it is frequently desirable to only take samples. The size and number of samples will depend largely on the degree of precision desired and the type of crop.

A number of studies are available on sample size and should be consulted for further details. Some of the instances when sampling is utilized in weed control work are the following:

Harvesting Area to Obtain Residue Material For this purpose it is advisable to draw samples from three or more locations within each plot so that the plot is sampled both across and lengthwise. This minimizes any variations during spray operations that may have occurred in either nozzle pattern within the boom width or speed of travel over the plot area.

Sampling of Forage to Determine Percent Weed Content and Yield Mechanical equipment for harvesting forage type plots (peppermint or similar crops) frequently does not permit easy manual separation of the crop into species components for evaluating composition. In this case, samples should be drawn in sufficient quantity and distribution to accurately assess the composition of each plot.

Estimating Yield of Crops such as Small Grains or Corn Mechanical equipment may be unsatisfactory for assessing yield because of plot size or location. Or, there may be a need to separate both straw and weeds in a drilled crop to assess competitive relationships as they relate to both grain and straw yields. Then, a sampling procedure, as already outlined, is necessary rather than mechanical harvesting.

Head Counts Under some conditions head counts per unit area may be a desirable means of estimating yield rather than taking harvest data. For small grains or corn this may be on the basis of number of ears per unit area. The same sampling procedures should be utilized as for other sample purposes. If extreme accuracy is desired in these estimates it is important to also take samples at several locations in the plot. A given number of heads should be harvested at each location to determine per head or per ear weight as a means of getting accurate estimation of yield.

Protective gloves are worn by researcher during preparation of herbicides for test spraying.

X SAFETY

Herbicides are chemicals and, as with any other chemical, certain common-sense precautions must be taken when using them. First and foremost, read and fully heed all instructions on the chemical container label.

STORAGE

A specific room, shed or area should be designated for herbicide storage and preparation. It should have a locked entry with key(s) assigned to authorized personnel only. The work area should be thoroughly cleaned after each usage to prevent contamination in the future.

The storage area should be kept above freezing; otherwise many emulsifiers may be destroyed. Sunlight entering the storage area should be kept off glass containers to prevent degradation by light.

Chemical supplies should be dated on receipt and not kept more than 2 years if intended for research work. A periodic inventory helps to maintain fresh, adequate supplies of chemicals, sprayer parts, etc.

Containers, though appearing to be empty, still contain traces of the compound they held. Disposal of "empty" containers must take this into consideration. Some labels will indicate method of disposal.

Glass vessels may be reused, but only after being rinsed with acetone and soaked in detergent. Metal or plastic vessels should not be reused.

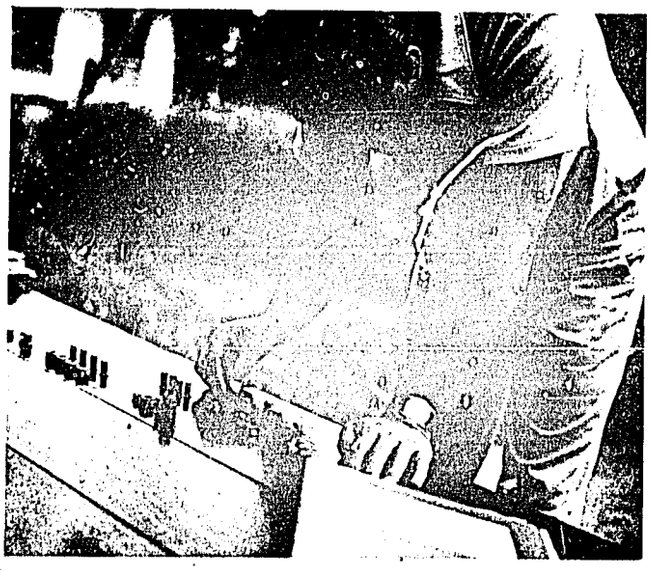
Waste water from the preparation area should be carefully controlled. It should not be allowed to run into an area where it may be used by humans or animals and it should be away from crop irrigation systems.

USAGE

The primary and obvious precaution that must be taken when using herbicides is to carefully read all the instructions on the container label (and available literature) of the chemical being used. Improper usage may result in damage or harm to plants, animals, or humans.

Certain steps should be observed in the actual spraying of herbicides:

- Avoid spraying when there is a wind that may cause drift onto other nearby crops or test plots.
- Generally use nozzles that yield a coarse spray to cut down on fine spray that may drift.
- Operate sprayer at the lowest possible pressure consistent with spraying needs and label recommendations.



Nozzles should be carefully selected and checked before any spray operation.

- Be sure not to dump excess chemicals after spraying, except in a disposal pit or other receptacle that will not result in land, crop or other environmental contamination.

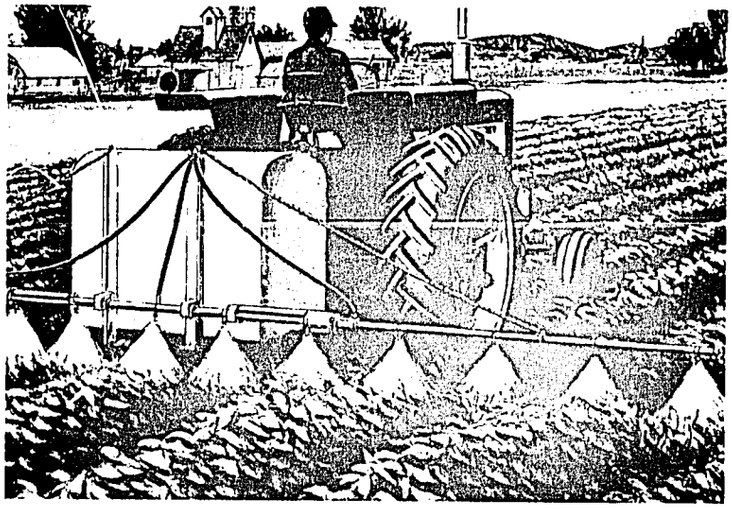
EQUIPMENT

All spray equipment should be carefully checked out and calibrated—using water only—prior to applying a herbicide. As stated previously, all elements of the sprayer—tank, lines, boom and nozzles—should be thoroughly cleaned out after usage.

It is advisable to wear protective clothing such as gloves, goggles and repirator under certain conditions. These may or may not be specified by the manufacturer on the herbicide container label. Always wash or bathe after spraying.

DANGER OF FIRE

Storage and mixing areas should include a fire extinguisher and should be adequately ventilated. It is imperative that there be NO SMOKING around chemicals in storage or during spraying. Most solvents used to disolve herbicides are highly combustible and the use of matches, flame or cigarettes may cause a serious accident.



Research leads the way to more effective commercial weed control.

XI CHEMICALS: FORMULATION AND COMPATIBILITY

Knowledge about the formulation of herbicides used in weed control research is useful in preventing application problems, avoiding incompatabilities when mixing chemicals, and in interpreting results. A discussion of herbicide dosage terminology and major types of formulations follows.

ACTIVE INGREDIENT (ai) AND ACID EQUIVALENT (ae)

Two key terms for weed researchers are active ingredient (ai) and acid equivalent (ae). Both relate to the portion of a compound that produces the herbicidal effect.

Acid equivalent technically refers to that portion of a compound (herbicide) derived from an acid that can theoretically be converted back to the acid form. Since this theoretically convertible portion also carries the herbicidal activity, acid equivalent then becomes synonymous with ai. If a compound is not derived from an acid then the portion with herbicidal activity is simply active ingredient, not ae.

Both ae and ai are generally expressed in pounds per acre or kilograms per hectare for either dry or liquid formulations. Rates of application are generally expressed in ae or ai in most governmental publications and in weight of commercial product by chemical manufacturers.

An example: a commercial herbicide has 80 percent active ingredient of diuron. The desired rate of diuron application for a particular test plot is 1.0 lbs./acre. The equation is 1.0/0.8 = 1.25 pounds of commercial herbicide required per acre to have 1.0 lbs./acre application of diuron. As another example, a commercial liquid herbicide contains 400 grams ae of 2,4-D per liter. The desired rate of 2,4-D application is 1 kg/hectare. The equation is 1000/400 = 2.5 liters of commercial herbicide required per hectare.

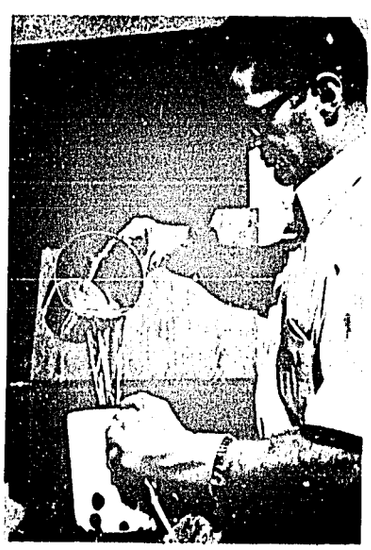
SOLUBLE SALTS

Many organic acids are utilized as herbicides; they are usually formulated as soluble salts. The most common salts utilized are those of sodium, various amines, potassium and ammonium (calcium, iron and copper salts are not used because of low solubility). The salts of an acid herbicide may be marketed either as a soluble powder type product, which will go into solution fairly readily, or already dissolved in a solution such as water.

Frequently soluble powder formulations do not dissolve rapidly without agitation. Serious problems in field application or experimental plots may occur where the material is mixed with water immediately prior to the time spraying is anticipated. Some materials that fall in this category are sodium pentachlorophenate, sesone and TCA.

The ease with which soluble powders go into solution is further complicated when the material is not crushed into a powder. An example is sodium pentachlorophenate; its soluble granules are coated

In preparing wettable powders mixing is often done in the field by pouring mixture back and forth between two containers.



with oil to prevent the formation of dust particles when pouring and handling the product. Pentachlorophenol dust is extremely irritating. The oil coating feature increases the difficulty of bringing the salt into solution.

Those materials that are not readily soluble may be handled by vigorous stirring, using hot water to accelerate solubility, or by mixing the material well ahead of application. In the latter case be sure the chemical is stable against hydrolysis. Certain herbicides, such as potassium cyanate, are subject to rather complete degradation by hydrolysis within 24 hours if left in water solution. Soluble salts should not be used in oil carriers (solutions) unless known to be soluble in oil.

WETTABLE POWDERS

A finely ground solid organic herbicide is mixed with a micronized diluent (material to dilute the toxicant to formulated strength) for the basic formulation of a wettable powder. Dry wetting agents are added to aid penetration of water into the powder (once placed in water). A dispersing agent is used to maintain dispersion of the powder in water, to prevent rapid settling or caking.

Wettable powders should be mixed by adding a small amount of water and then mixing into a slurry before adding the total volume of water just before application. The suspension should be thoroughly mixed before being put into the sprayer tank. Mixing is often done in the field by pouring the mixture back and forth between two containers. A suspension, once placed in a sprayer, should be sprayed immediately to prevent settling.

Many experimental wettable powders have not been thoroughly tested for sprayer performance and may be ground too coarsely, lack adequate dispersing agents and wetting agents, or have excess wetting agents causing severe foaming. Any of these conditions complicate application by plot spraying equipment. Formulations of this kind tend to plug screens and booms, or form air locks that prevent effective application. Hence, experimental formulations should usually be applied in a maximum dilution rate and sprayed through a flood type nozzle with large mesh screens (50 mesh or larger) or without screens. Wettable powders may be used in either water or oil as a carrier. Excessive foaming may be corrected by adding one percent oil, or commercial defoaming agents.

EMULSIFIABLE CONCENTRATES

Emulsifiable concentrates are formulated by dissolving the parent chemical in a solvent, such as xylene, various ketones, or alcohols, and adding an emulsifying agent. Sometimes a penetrating agent is also added. Emulsifiable concentrate material is one of the easier formulations to mix and handle.

These concentrates vary in viscosity. Where quite viscous, they may be a little more difficult to measure accurately than other solutions. A substantial amount of material coats the cylinder wall and, unless thoroughly rinsed from the cylinder and added to the spray solution, can cause considerable inaccuracy. These materials emulsify with water, but require a certain amount of agitation. They should have continued slight agitation to keep the emulsion from breaking. From an application standpoint, emulsifiable concentrates have the problem of adhering to all equipment parts (like oil) making cleaning difficult.

Emulsifiable concentrates come in two forms. The first is the so-called standard emulsion which will emulsify with water to form an oil-in-water emulsion. Certain of the emulsifiable concentrates (many brush control, 2,4-D or 2,4,5-T formulations and dinitro) have an extra supply of emulsifiers adequate to emulsify a certain amount of oil (such as diesel or similar light oil) added with the water. These concentrates contain enough extra emulsifier to emulsify up to 20 gallons of oil per 100 gallons of total solution. If this type of treatment is used, check the amount of oil the concentrate is designed to handle.

The other type of emulsifiable concentrate is the so-called invert emulsion that results in a water-in-oil emulsion. This material should be added to a given amount of oil and then water added. The greater the volume of water in relation to the oil concentrate, the thicker the solution.

Where an invert emulsion is utilized, instructions for use should be carefully followed; it is easy to have this type of formulation become too thick to spray. If oil is the only carrier, compatibility should be checked first as not all emulsifiable concentrates can be used in a pure oil carrier.

OIL SOLUBLE AMINES

The oil-soluble amine is soluble in either oil or water and is a long chain amine salt of an organic acid. It contrasts with the regular amines that

are water soluble, but usually will not dissolve in oil. Oil-soluble amines are characterized by having better foliage penetrating qualities than water-soluble amine salts, but with the low volatility properties of amines, and can be utilized in the same manner as salts as far as mixing requirements are concerned.

INHERENTLY SOLUBLE COMPOUNDS

In a few cases, the active herbicide is a highly water soluble compound and can be utilized in water solution without any formulation. These compounds may be either liquids or solids. If solids, they have the same properties as salts in relation to use. They may go into solution with varying degrees of rapidity; the same procedure should be followed as suggested for salts. There is no problem for liquid formulations. Examples of compounds in this category are amitrole, sodium chlorate and ammonium sulfamate.

GRANULAR FORMULATIONS

Granules are of several types and are basically active ingredients of herbicides added to (either on the surface or incorporated through) a diluent such as clay, vermiculite, sand or fertilizer. The purpose of the granular material is to bring about a dilute concentration of material that can be applied with a spreader with enough volume to give uniform application per acre.

The application of granular herbicides for experimental purposes has been a problem. Available equipment has not been suitable for accurate application and uniform distribution. Hand spreading can be used, but an inexperienced applicator needs to experiment with the material on a small plot in a waste area to determine the best procedure. His goal is a uniform application; if the material is preweighed it should uniformly cover the area of the plot.

A number of new plot-sized mechanical applicators for granules are being designed. These will place granules with speed and accuracy and should be available in ever increasing variety.

It is important to remember that granular herbicides are not soluble in water and should never be placed in a sprayer tank.

IDENTIFYING FORMULATION

The weed control researcher may encounter a compound that requires identification into one of the previously described classes. By placing a small amount of a liquid herbicide in water the researcher can distinguish an emulsifiable concentrate (forms a milky liquid) from a salt or soluble compound (forms a transparent solution with or without color).

A wettable powder placed in water causes foaming and has the tendency to rapidly disperse in the water with very slight shaking and to rapidly settle. A soluble powder can be determined by a rapid reduction in the amount of solid material in the water as it dissolves.

There is no easy method of distinguishing between a soluble material formulated as a granule to prevent dust particle irritation and a granule formulated for spreading. The best method is to know the concentration; granulars seldom exceed 20 percent concentration, while soluble granules are usually close to 100 percent—and rarely less than 85 percent—active ingredient. Usually there is enough information placed on the labels of commercial or experimental compounds (or in separate literature) by manufacturers to identify the type of formulation.

UNFORMULATED CHEMICALS

In rare instances chemicals may be recieved that are unformulated technical materials and will have to be formulated before application. The first step in formulation is to determine whether the chemical is readily soluble in water. A small amount of the chemical is placed in a small test tube or vial and hot water added. If after 5 to 10 minutes the material is not dissolved it is too insoluble to formulate by pre-dissolving in water before spraying.

The second step is to check to see if the material is highly soluble in acetone. If it has a relatively high degree of solubility in cold acetone, xylene or diesel oil, it can be readily sprayed as a soil application using any of these oils as the entire carrier.

It may be necessary to check solubility of an unformulated chemical in other organic solvents. For foliage application, useful non-toxic solvents are cyclohexanone and isophorone. Another material commonly tested in formulating is MIBK (methylisobutyl ketone). Various other alcohol and ketone solvents available can also be checked. It is desirable to have a solubility in these solvents of at least 1/2 lb./gal.

A team approach to weed control research includes a weed control specialist working closely with an electronic data processing specialist to computerize test results and establish a data bank.

After the material is dissolved in a solvent, emulsifier should be added at 5 to 10 percent by volume. It is important to determine the concentration of chemical in relation to grams per given number of milliliters so that the total solution of solvent and emulsifier is a pound per gallon equivalent, such as 2 or 3 lbs./gal or kg/liter.

Materials that cannot be readily formulated in solvents of any type can be made into wettable powders, but this is not an easy procedure and usually requires special equipment.

COMPOUND COMPATIBILITIES

Frequently it is desirable to mix one or more compounds in experimental work. The question always arises: what are the compatibilities of the materials used? There are two types of compatibility: physical and chemical.

Physical Compatibility Wettable powders are, to one degree or another, always incompatible with emulsifiable concentrates, or any type of oily formulation, but are normally compatible with completely soluble compounds. Two formulations of the same type, such as emulsifiable concentrates, wettable powders or soluble compounds, are compatible. Two wettable powders could be mixed or two emulsifiable concentrates. Water-soluble compounds may be mixed with either wettable powders or emulsifiable concentrates.

Chemical Compatibility Chemical compatibility is a more difficult problem, but is seldom serious with herbicides. Usually the best way to determine incompatibilities of this type

is to mix the materials prior to spraying, let them remain undisturbed for a while and see if there is any evidence of a precipitate developing.

SPRAY ADJUVANTS

There has been a rapid development of various additives to improve the characteristics of spray solutions. The most common are briefly described below.

Sequestering Agents These are "water softener" agents used to react with mineral salts in hard water. The purpose is to prevent the mineral salts from forming insoluble salts of the herbicides that are capable of salt formation. For example, the herbicides that have organic acids as the parent chemical might react with calcium in the water to form an insoluble calcium salt and result in crystals in the bottom of the sprayer tank.

Surfactants or Wetting Agents Various forms of these materials are available to decrease the surface tension of water thereby causing the droplets to spread out in a thinner layer with closer leaf surface contact. The result is better wetting of the foliage and improved uptake of the chemical. These agents may also prevent the rapid drying of the water droplets. They are used at rates of .01-1.0 percent of the solution volume. The use of these adjuvants is necessary for proper use of certain compounds like paraquat and diquat. In fact most foliage sprays may be improved in performance under certain conditions by adding surfactants or wetting agents.

Thickeners There has been a lot of recent interest in the addition of various agents that increase viscosity of spray solutions. The object is to prevent break-up into fine droplets and drifting of spray particles with possible damage to adjacent crops. Thickeners on the United States market in 1970 included Vistik (Hercules Co.), Dacagin (Diamond Shamrock Co.) and Norbak (Dow Co.). These, or others, are undoubtedly available in other countries.

Special Adjuvants Various companies have developed specialized formulas for preventing various types of incompatibilities. These are products that aid in the satisfactory mixing of emulsifiable concentrates and wettable powders or various herbicides with liquid fertilizers.

Appendix A

TABLE 1

Conversions and Equivalents

Area

1 hectare (ha)	= 2.471044 acres (A) = 107,640 square feet (ft^2) = 10,000 square meters (m^2)
1 acre (acre)	= 0.4046873 hectare = 43,560 square feet
1 decameter (dm)	= 10 meters
1 square decameter	= 100 square meters
1 square meter	= 10.76387 square feet = 1.196 square yard (yd^2) = 1,550 square inches (in^2)
1 yard (yd)	= .9144018 meter
1 square yard (yd^2)	= .83613 square meters = 9.00 square feet
1 mile (m)	= 1.609 kilometers (km) = 5,280 feet = 1,760 yards

Liquid

1 gallon US (gal)	= 3.7853 liters = 128.0 fluid ounces (fl oz) = 4 quarts (qt)
1 fluid ounce	= 29.5737 milliliters (ml)
1 quart	= 946.3 milliliters

Weight

1 kilogram (kg)	= 2.2046 pounds US = 1,000 grams (g)
1 pound US (lb.)	= .454 kilograms (kg) = 433.5924 grams = 16.0 ounces US dry weight
1 ounce US dry (oz)	= 28.349 grams

Appendix A

TABLE 2

Rate Conversions — Dry Weight (kg/ha)

kilograms per hectare	pounds per acre	pounds per hectare	kilograms per acre
.1	.09	.2205	.0405
.25	.22	.5512	.1012
.50	.45	1.1023	.2023
.75	.67	1.6535	.3035
1.0	.89	2.2046	.405
2.0	1.8	4.4092	.809
3.0	2.7	6.6138	1.214
4.0	3.6	8.8184	1.619
5.0	4.5	11.0230	2.023
6.0	5.3	13.2276	2.428
7.0	6.2	15.4322	2.833
8.0	7.1	17.6368	3.238
9.0	8.0	19.8414	3.642
10.0	8.9	22.0460	4.047
15.0	12.5	33.0690	6.070
20.0	17.8	44.0920	8.093
30.0	26.8	66.1380	12.140
40.0	35.7	88.1840	16.187
50.0	44.6	110.2300	20.234
60.0	53.5	132.2760	24.281
70.0	62.5	154.3220	28.328
80.0	71.4	176.3680	32.375
90.0	80.3	198.4140	36.422
100.0	89.2	220.4600	40.4687

Appendix A

TABLE 3

Rate Conversions — Dry Weight (lb./acre)

pounds per acre	kilograms per hectare	pounds per hectare	kilograms per acre
.1	.112	.25	.045
.25	.280	.62	.114
.50	.560	1.23	.227
.75	.841	1.85	.341
1.0	1.1209	2.47	.454
2.0	2.2417	4.94	.907
3.0	3.3626	7.31	1.361
4.0	4.4834	9.88	1.814
5.0	5.6043	12.35	2.268
6.0	6.7251	14.83	2.722
7.0	7.8460	17.30	3.175
8.0	8.9669	19.72	3.629
9.0	10.8077	22.24	4.082
10.0	11.2086	24.71	4.536
15.0	16.2129	37.07	6.804
20.0	22.4170	49.42	9.071
30.0	33.6256	74.15	13.607
40.0	44.8342	98.84	18.143
50.0	56.0428	123.55	22.679
60.0	67.2514	148.26	27.215
70.0	78.4600	172.97	31.751
80.0	89.6686	197.68	36.287
90.0	100.8772	222.39	40.823
100.0	112.0858	247.10	45.359

Appendix A

TABLE 4

Conversions for Concentrations

pounds per gallon US	grams per liter	pounds per liter	grams per gallon US
0.1	11.98	.03	45.36
0.2	23.97	.05	90.72
0.25	29.96	.07	113.40
0.3	35.95	.08	136.08
0.4	47.93	.11	181.44
0.5	59.91	.13	226.80
0.6	71.90	.16	272.16
0.7	83.80	.18	317.52
0.75	89.87	.20	340.20
0.8	95.86	.21	362.87
0.9	107.85	.24	408.23
1.0	119.83	.26	453.59
2.0	239.65	.53	907.20
3.0	359.48	.79	1360.79
4.0	479.31	1.07	1814.38
5.0	599.14	1.32	2267.97
6.0	718.97	1.58	2721.56
7.0	838.80	1.85	3175.15
8.0	958.63	2.11	3628.74
9.0	1078.46	2.38	4082.33
10.0	1198.29	2.64	4535.92

Appendix A

TABLE 5

Rate Conversions for Liquid

gallons US per acre	liters per hectare	gallons US per hectare	liters per acre	milliliters per square meter
.1	.935	.247	.379	.0935
.25	2.338	.618	.946	.234
.50	4.677	1.236	1.893	.468
.75	7.015	1.853	2.839	.702
1.0	9.354	2.471	3.785	.935
2.0	18.707	4.942	7.571	1.871
3.0	28.061	7.413	11.356	2.806
4.0	37.415	9.884	15.141	3.742
5.0	46.769	12.355	18.927	4.677
6.0	56.122	14.826	22.712	5.612
7.0	65.476	17.297	26.497	6.548
8.0	74.829	19.768	30.282	7.483
9.0	84.183	22.239	34.068	8.418
10.0	93.536	24.710	37.853	9.354
15.0	140.305	37.066	56.780	14.030
20.0	187.073	49.421	75.706	18.707
30.0	280.609	74.131	113.559	28.061
40.0	374.146	98.842	151.412	37.415
50.0	467.682	123.552	189.265	46.768
60.0	561.219	148.263	227.118	56.122
70.0	654.755	172.973	264.971	65.475
80.0	748.291	197.684	302.824	74.829
90.0	841.828	222.394	340.677	84.183
100.0	935.364	247.104	378.530	93.536

Appendix A

TABLE 6

Plot Area Conversions

square meters	square yards	square feet	square inches
.1	.1196	1.076	155.0
.25	.2990	2.691	387.5
.50	.5980	5.382	775.0
.75	.8970	8.073	1162.5
1.0	1.196	10.76	1550.0
2.0	2.392	21.53	3100.0
3.0	3.588	32.29	4650.0
4.0	4.784	43.06	6200.0
5.0	5.980	53.82	7750.0
6.0	7.176	64.58	9300.0
7.0	8.372	75.35	10850.0
8.0	9.568	86.11	12400.0
9.0	10.764	96.88	13950.0
10.0	11.960	107.64	15500.0
15.0	17.940	161.46	24000.0
20.0	23.920	215.27	31000.0
30.0	35.880	322.91	46499.9
40.0	47.840	430.55	61999.9
50.0	59.800	538.19	77499.8
60.0	71.760	645.83	92999.8
70.0	83.720	753.47	108499.8
80.0	95.680	861.11	123999.8
90.0	107.640	968.75	139499.7
100.0	119.600	1076.39	154999.69

Appendix A

TABLE 7

Plot Liquid Conversions

fluid ounces per 100 square feet	milliliters per 100 square feet	milliliters per square decameter	gallons US per acre	liters per hectare
.1	2.957	31.832	.340	3.183
.25	7.393	79.581	.850	7.957
.50	14.787	159.162	1.702	15.916
.75	22.180	238.743	2.552	23.874
1.0	29.573	318.324	3.403	31.832
2.0	59.147	636.649	6.806	63.663
3.0	88.720	954.973	10.209	95.495
4.0	118.294	1273.297	13.613	127.327
5.0	147.867	1591.621	17.016	159.158
6.0	177.440	1909.945	20.419	190.990
7.0	207.014	2228.270	23.822	222.821
8.0	236.587	2546.594	27.225	254.653
9.0	266.161	2864.918	30.628	286.485
10.0	295.734	3183.242	34.031	318.316
15.0	443.601	4774.864	51.047	477.474
20.0	591.468	6366.485	68.063	636.632
30.0	887.202	9549.727	102.094	954.948
40.0	1182.936	12732.969	136.125	1273.265
50.0	1478.670	15916.212	170.156	1591.581
60.0	1774.404	19099.454	204.188	1909.897
70.0	2070.138	22282.219	238.219	2228.213
80.0	2365.872	25465.939	272.250	2546.529
90.0	2661.606	28649.181	306.281	2864.845
100.0	2957.340	31832.423	340.313	3183.162

Appendix A

TABLE 8

Weight–Volume Relationships

1 gm per		parts per million (PPM)	
1000 ml (1 liter)	=	1000 PPM	= 0.1%
10,000 ml (10 liters)	=	100 PPM	= 0.01%
100,000 ml (100 liters)	=	10 PPM	= 0.001%
1,000,000 ml (1000 liters)	=	1 PPM	= 0.0001%
10,000,000 ml (10,000 liters)	=	0.1 PPM	
100,000,000 ml (100,000 liters)	=	0.01 PPM	
1,000,000,000 ml (1,000,000 liters)	=	0.001 PPM or 1 PPB	

Temperature Conversion

Degrees C = (Degrees F -32) x 0.5556

Degrees F = (Degrees C x 1.8) + 32

Appendix A

TABLE 9

Spray Concentration Conversion Chart

ounces per 100 gallons		PPM	% solution	grams per 100 liters
2/3		50	.005	5
1		75	.0075	7.5
1-1/3		100	.01	10
2	(1/8 lb.)	150	.015	15
2-2/3		200	.02	20
3-1/3		250	.025	25
4	(1/4 lb.)	300	.03	30
5-1/3		400	.04	40
6-2/3		500	.05	50
8	(1/2 lb.)	600	.06	60
9-1/3		700	.07	70
10-2/3		800	.08	80
12	(3/4 lb.)	900	.09	90
13-1/3		1000	0.10	100
16	(1 lb.)	1200	0.12	120
20	(1-1/4 lb.)	1500	0.15	150
24	(1-1/2 lb.)	1800	0.18	180

Appendix A

TABLE 10

Number of Feet of Row Per Acre at Various Row Spacings

distance between rows in inches	linear feet of row per acre	distance between rows in inches	linear feet of row per acre
6	87,120	30	17,424
7	74,674	32	16,375
8	65,340	36	14,520
9	58,080	40	13,068
10	52,272	42	12,445
12	43,560	48	10,890
14	37,337	50	10,454
15	34,848	60	8,712
16	32,670	62	8,430
18	29,040	72	7,260
20	26,136	76	6,877
24	21,780	80	6,534
28	18,669	96	5,445

Appendix A

TABLE 11

Grams of Treatment Required at Various Rates for Indicated Area

Area treated square feet	Rate in pounds per acre (product or ai basis)											
	0.25	0.50	1	2	3	4	5	6	7.5	8	9	10
6	0.02	0.03	0.06	0.13	0.19	0.25	0.31	0.38	0.47	0.50	0.56	0.63
10	0.03	0.05	0.10	0.21	0.31	0.42	0.52	0.63	0.78	0.83	0.94	1.04
25	0.07	0.13	0.26	0.52	0.78	1.04	1.30	1.56	1.95	2.08	2.34	2.60
30	0.08	0.16	0.31	0.63	0.94	1.25	1.56	1.87	2.34	2.50	2.81	3.12
36	0.09	0.19	0.38	0.75	1.13	1.50	1.87	2.25	2.81	3.00	3.37	3.75
48	0.13	0.25	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.75	4.00	4.50	5.00
64	0.17	0.33	0.67	1.33	2.00	2.67	3.33	4.00	5.00	5.33	6.00	6.66
72	0.19	0.38	0.75	1.50	2.25	3.00	3.75	4.50	5.62	6.00	6.75	7.50
75	0.20	0.39	0.78	1.56	2.34	3.12	3.91	4.69	5.86	6.25	7.03	7.81
81	0.21	0.42	0.84	1.69	2.53	3.37	4.22	5.06	6.33	6.75	7.59	8.44
90	0.23	0.47	0.94	1.87	2.81	3.75	4.69	5.62	7.03	7.50	8.44	9.37
100	0.26	0.52	1.04	2.08	3.12	4.17	5.21	6.25	7.81	8.33	9.37	10.4
120	0.31	0.63	1.25	2.50	3.75	5.00	6.25	7.50	9.37	10.0	11.3	12.5
150	0.39	0.78	1.56	3.12	4.69	6.25	7.81	9.37	11.7	12.5	14.1	15.6
200	0.52	1.04	2.08	4.17	6.25	8.33	10.4	12.5	15.6	16.7	18.7	20.8
250	0.65	1.30	2.60	5.21	7.81	10.4	13.0	15.6	19.5	20.8	23.4	26.0
300	0.78	1.56	3.12	6.25	9.37	12.5	15.6	18.7	23.4	25.0	28.1	31.2
400	1.04	2.08	4.17	8.33	12.5	16.7	20.8	25.0	31.2	33.3	37.5	41.7
500	1.30	2.60	5.21	10.4	15.6	20.8	26.0	31.2	39.1	41.7	46.9	52.1
750	1.95	3.91	7.81	15.6	23.4	31.2	39.1	46.9	58.6	62.5	70.3	78.1
1000	2.60	5.21	10.4	20.8	31.2	41.7	52.1	62.5	78.1	83.3	93.7	104
1200	3.12	6.25	12.5	25.0	37.5	50.0	62.5	75.0	93.7	100	113	125

Appendix B

References for Chemical Weed Control

Abstracts and Indexes

WEED ABSTRACTS – Commonwealth Agricultural Bureau. Farnham Royal, England.

HORTICULTURAL ABSTRACTS – Commonwealth Agricultural Bureau. Farnham Royal, England.

Annual Research Reports

Experimental Herbicides – Status Report by Crop, International Plant Protection Center, Oregon State University, Corvallis, Oregon.

North Central Weed Control Conference Proceedings and Research Reports, USA.

Northeastern Weed Control Conference Proceedings and Research Report, USA.

Western Weed Control Conference Proceedings and Research Reports, USA.

Southern Weed Control Conference Proceedings and Research Reports, USA.

Weed Science Socity of America Proceedings, USA.

Annual Weed Control Recommendations

Company literature (see Appendix C for mailing addresses).

Books

Ahlgren, G.H., Klingman, G.C. and Wolf, D.E. (1951) PRINCIPLES OF WEED CONTROL. John Wiley and Sons, Inc. New York.

Anderson, Robert N. (1968) GERMINATION AND ESTABLISHMENT OF WEEDS FOR EXPERIMENTAL PURPOSES. W.F. Humphrey Press, Inc., Geneva, NY.

Cardenas, J., Franco, O., Romero, C., and Vargas, D. (1970) MALEZAS DE CLIMA FRIO. ICA/OSU/COMALFI, Bogota, D.E., Colombia.

Colbert, F.O., Rhoads, H. and Klaustermeyer, J. (1968) LESSON OUTLINES FOR TEACHING WEED CONTROL. California State Polytechnic College, San Luis Obispo, California.

Crafts, A.S. and Robbins, W.W. (1962) WEED CONTROL. McGraw-Hill Book Company, Inc.

Dunham, R.S. (1965) HERBICIDE MANUAL FOR NON-CROPLAND WEEDS. USDA Agricultural Handbook No. 269.

Fogg, J.M. (1956) WEEDS OF LAWN AND GARDEN. Blackwell's of Oxford.

Fryer, J.D. and Evans, S.A. (eds) (1968) WEED CONTROL HAND-BOOK. Vol. 1 and 2. Blackwell Scientific Publications, Oxford.

Harper, J.L. (1960) THE BIOLOGY OF WEEDS. Blackwell's of Oxford.

Hepworth, H.M., Fine, R.R. (1971) HERBICIDE USE AND HOMENCLATURE INDEX. International Plant Protection Center, Oregon State University, Corvallis, Oregon.

King, L.J. (1966) WEEDS OF THE WORLD BIOLOGY AND CONTROL. Plant Science Monographs.

Klingman, G.C. (1961) WEED CONTROL AS A SCIENCE. John Wiley and Sons, Inc. New York.

Marzocca, Angel (1957) MANUAL DE MALEZAS. Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuaria, Buenos Aires.

Muzik, T.J. (1970) WEED BIOLOGY AND CONTROL. McGraw-Hill Book Co., New York.

Ramirez, A., Bofarull, B., del Pozo, J. and Lopez, H. (1968) CONTROL QUIMICO DE MALEZAS. Instituto de Investigaciones Agropecurias, Santiago, Chile.

Spencer, E.Y. (1968) GUIDE TO THE CHEMICALS USED IN CROP PRODUCTION. Queen's Printer and Controller of Stationary, Ottawa, Canada.

Thomson, W.T. (1964) AGRICULTURAL CHEMICALS BOOK II: HERBICIDES. Simmons Publishing Company.

United States Department of Agriculture (1965) A SURVEY OF EXTENT AND COST OF WEED CONTROL AND SPECIFIC WEED PROBLEMS.

Weed Society of America (1967) HERBICIDE HANDBOOK. W.F. Humphrey Press Inc., Geneva, New York.

Woodford, E.K. (1963) CROP PRODUCTION IN A WEED-FREE ENVIRONMENT. The Second Symposium of the British Weed Control Council. Blackwell's of Oxford.

Woodford, E.K. and Sagor, G.R. (1960) HERBICIDES AND THE SOIL. Blackwell's of Oxford.

Zaviezo, Salomón M. (1965) MANUAL DE CONTROL QUIMICO DE MALEZAS. Imp. Stanley. Santiago, Chile.

Journals

PANS (Pest Articles and News Summaries) – Published in Britain by the Ministry of Overseas Development. London.

WEEDS – Journal of the Weed Science Society of America.

WEED RESEARCH – Official Journal of the European Weed Research Council. Blackwell Scientific Publications. Oxford.

Newsletters

IPPC INFOLETTER – A free periodic publication of the International Plant Protection Center, Oregon State University, Corvallis, Oregon.

Appendix C

International Herbicide Suppliers

Abbott Laboratories
1400 Sheridan Rd.
North Chicago, IL 60064/USA

Allied Chemical Corp.
Agricultural Div.
40 Rector St.
New York, NY 10006/USA

Amchem Products Inc.
Ambler, PA 19002/USA

American Cyanamid Co.
Agricultural Div.
Box 400
Princeton, NJ 08540/USA

American Hoechst Corporation
11312 Hartland Street
North Hollywood, CA 91605/USA

The Ansul Co.
Chemical Div.
1 Stanton St.
Marinette, WI 54143/USA

Atlas Chemical Industries
Wilmington, DE 19800/USA

Badische Anilin and Soda-Fabrik A.G.
Ludwigshafen am Rhein
GERMANY

BASF Corporation
100 Cherry Hill Rd.
Parsippany, NJ 07054/USA

Boots Pure Drug Company Ltd.
Lenton Research Station
Nottingham, England

Chapman Chemical Company
P.O. Box 9158
Memphis, TN 38109/USA

Chemagro Corporation
Box 4913
Kansas City, MO 64120/USA

Chevron Chemical Co.
Ortho Div.
940 Hensley St.
Richmond, CA 94081/USA

CIBA Agrochemical Co.
Div. of CIBA Corp.
556 Morris Ave.
Summit, NJ 07901/USA

CIBA Agrochemical Division
CIBA Limited
Basle, Switzerland

Colloidal Products Corporation
P.O. Box 621
Petaluma, CA 94952/USA

Diamond Shamrock Corp.
Biochemicals Div.
300 Union Commerce Bldg.
Cleveland, OH 44114/USA

The Dow Chemical Co.
Bioproducts Dept.
Midland, MI 48640/USA

E.I. duPont de Nemours and Co., Inc.
Industrial and Biochemicals Dept.
10th and Market Sts.
Wilmington, DE 19898/USA

Elanco Products
Div. Eli Lilly and Co.
P.O. Box 1750
Indianapolis, IN 46206/USA

E. Merck Ag.
61 Darmstadt Frankfurter
Strasse 250, Germany

ESSO Research and Engineering Co.
P.O. Box 536
Linden, NJ 07036/USA

Fabrick Van Chemische Pr.
Sondeligenplaat
Holland

Farbenfabriken Bayer A.G.
Pflanzenschutz
Wissenschaftl Abteilung
Leverkusen, Bayerwerk
GERMANY

Farbwerk Hoechst Ag
Frankfurt M
GERMANY

Fison
Wilmington, MA 01887/USA

Fison Pest Control
46 Barrow Road
Cambridge, ENGLAND

Geigy Agricultural Chemicals
Div. of Geigy Chemical Corp.
Saw Mill River Rd.
Ardsley, NY 10502/USA

J.R. Geigy
Basle, Switzerland

Great Lakes Chemical Corporation
P.O. Box 2200
West Lafayette, IN 47906/USA

Gulf Oil Corp.
Agricultural Chemicals Div.
610 Dwight Blvd.
Kansas City, MO 64105/USA

Hercules Incorporated
Hercules Tower
910 Market St.
Wilmington, DE 19899/USA

Hooker Chemical Corp.
Niagara Falls, NY 14302/USA

Kumiai Chemical Industry
2-4-2 Ootemachi
Chiyoda-ku,
Tokyo, Japan

Mallinckrodt Chemical Works
360 North Second Street
St. Louis, MO 63160/USA

May and Baker Ltd.
Dagenham
Essex, ENGLAND

Merck Sharp and Dohme International
Division of Merck and Company, Inc.
110 Church Street
New York, NY 10007/USA

Mitsui Toatsu Chemicals
Agricultural Chemicals
3-2-5 Kasumigaseki
Chiyoda-ku
Tokyo, Japan

Mobil Chemical Company
Research Center
P.O. Box 631
Ashland, VA 23005/USA

Monsanto Co.
Agricultural Div.
800 N. Lindbergh Blvd.
St. Louis, MO 63166/USA

Montecatini
Via F. Turati, 18
Milano, Italy

Murphy Chemical Company, Inc.
Wheathampstead, St. Albans
Herts, ENGLAND

Niagara Chemical Div.
FMC Corp.
100 Niagara St.
Middleport, NY 14105/USA

Nippon Soda Company, Ltd.
Shin-Ohtemachi Building
Tokyo, JAPAN

NOR-AM Agricultural Products
11710 Lake Avenue
Woodstock, IL 60028/USA

NV Philips - Duphar
Apollolaan 151
Amsterdam, Holland

PEPRO
B.P. 139-69
Lyon, R.P.
France

Pennwalt Chemicals Corporation
3 Penn Center
Philadelphia, PA 19102/USA

Pfizer International Inc.
235 East 42nd Street
New York, NY 10017/USA

Plant Protection Limited
Fernhurst, Haslemere, Surrey
ENGLAND

PPG Industries
Chemical Division
1 Gateway Center
Pittsburgh, PA 15222/USA

Rhodia Inc.
Chipman Div.
120 Jersey Ave.
New Brunswick, NJ 08903/USA

Rohm and Haas Co.
Agricultural and Sanitary
Chemicals Dept.
Independence Mall
Philadelphia, PA 19105/USA

Sandoz Ltd.
CH 4002
Basle, Switzerland

Sandoz Pharmaceuticals
Agrochemical Department
Hanover, NJ 07936/USA

Schering Ag
Agricultural Chemical Division
P.O. Box 650311
Berlin, Bergkamen
GERMANY

Shell Chemical Co.
Agricultural Chemicals Div.
110 W. 51st St.
New York, NY 10020/USA

Shell Ltd.
Woodstock Agricultural Research Center
Sittingbourne, Kent
ENGLAND

Societe des Usines Chimiques
Rhone - Poulenc
22 Avenue Montaigne
Paris 8e, France

Stauffer Chemical Co.
Agricultural Chemical Div.
380 Madison Ave.
New York, NY 10017/USA

Tenneco Chemicals, Inc.
Heydan Div.
300 East 42nd St.
New York, NY 10017/USA

Thompson-Hayward Chemical Co.
5200 Speaker Road
Kansas City, KS 66110/USA

TUCO Products Co.
Div. of The Upjohn Co.
7171 Portage Rd.
Kalamazoo, MI 49001/USA

Union Carbide Corporation
270 Park Avenue
New York, NY 10017/USA

UniRoyal Chemical
Div. of UniRoyal, Inc.
Elm St.
Naugatuck, CT 06771/USA

U.S. Borax and Chemical Corp.
P.O. Box 75128
Sanford Station
Los Angeles, CA 90005/USA

Velsicol Chemical Corp.
341 East Ohio St.
Chicago, IL 60611/USA

Verdugt's
Industry and Handelsonderneming N.V.
Tiel, Holland

3M Company
3M Center
Saint Paul, MN 55101/USA

Manual de Métodos de Investigación de Maleza

Un manual que trata sobre las técnicas y métodos de investigación para combatir la maleza, señalando la importancia del establecimiento de nuevos programas

W.R. FURTICK
Profesor de Agronomía y Director
del Centro Internacional de Protección a las Plantas
Universidad del Estado de Oregon

R.R. ROMANOWSKI, JR.
Profesor de Horticultura de la
Universidad de Purdue

publicado originalmente por
el Centro Internacional de Protección a las Plantas
Universidad del Estado de Oregon
Corvallis, Oregon 97331/E.U.A.

© 1971 Copyright International Plant Protection Center.

CENTRO REGIONAL DE AYUDA TECNICA
AGENCIA PARA EL DESARROLLO INTERNACIONAL (A.I.D.)
MEXICO/BUENOS AIRES

Primera edición en español, 1973

NOTA A ESTA EDICION

Esta publicación es traducción de WEED RESEARCH METHODS MANUAL-with emphasis on establishing new programs, editada originalmente en inglés por el International Plant Protection Center. Oregon State University, Corvallis, Oregon 97331/E.U.A. La presente edición la preparó el Centro Regional de Ayuda Técnica, Agencia para el Desarrollo Internacional (A.I.D.), Departamento de Estado del Gobierno de los Estados Unidos de América. El Centro es una organización dedicada a la producción de versiones en español del material fílmico e impreso de los programas de cooperación técnica de la Alianza para el Progreso. Este material es distribuido exclusivamente a través de las Misiones de A.I.D. en cada país latinoamericano.

Los autores expresan su reconocimiento a todo el profesorado de escuelas de agricultura, personal industrial y misiones técnicas que dedicaron tiempo y esfuerzo a la revisión del manuscrito y aportaron valiosas sugerencias. Se otorga un reconocimiento especial a: Joseph Antognini, de la Compañía Química Stauffer; Arnold Appleby, del Departamento de Productos Agrícolas, Universidad del Estado de Oregon; Garvin Crabtree, Departamento de Horticultura, UEO; Stanley Parka, Elanco; V. S. Searcy, Compañía Ciba de Productos Químicos para la Agricultura; C. A. Shadboldt, Compañía Química Thompson-Hayward; V. H. Unger, Rohm y Haas; y Rex Warren, Servicio de Extensión Cooperativa, UEO.

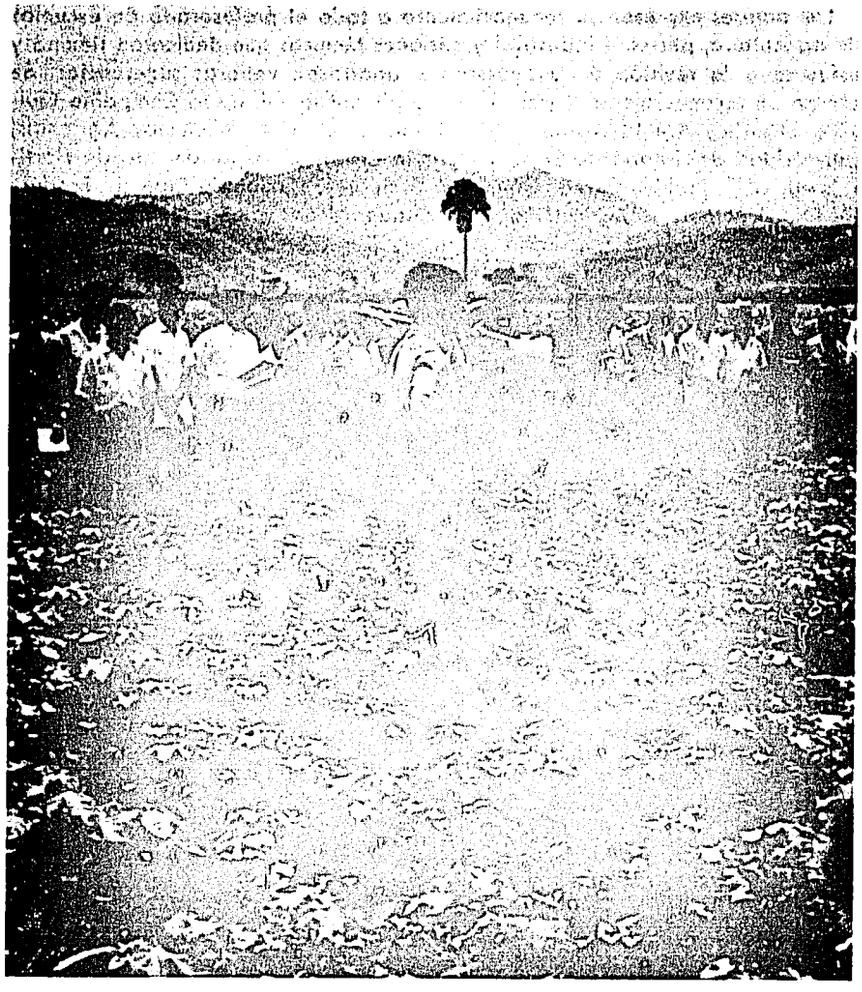
Se recibió un número considerable de contribuciones de los miembros del Departamento de Productos Agrícolas de la UEO, personal del Centro de Protección de las Plantas: Juan Cárdenas, Don Colbert, Floyd Colbert, Lane Coulston, Allan Deutsch, Richard Fine, Ken Kirkland, Arthur Poole, Myron Shenk y Lyall Taylor. Expresamos nuestro reconocimiento a estos colegas. Sin embargo, los autores aceptan la responsabilidad absoluta por el contenido de este libro.

Reconocemos y agradecemos la ayuda de USAID que contribuyó a la realización de este esfuerzo.

W. R. Furtick
R. R. Romanowski, Jr.
Corvallis, Oregon y Lafayette, Indiana
Enero de 1971

W. R. Furtick

R. R. Romanowski, Jr.



PREFACIO

El creciente conocimiento mundial del combate de la maleza, ha estimulado a numerosos países para considerar el establecimiento de programas de erradicación de esas plantas. También se ha acelerado la actividad en la investigación agrícola relacionada con todos los aspectos del combate de la maleza, pero los estudios y procedimientos organizados son, todavía, relativamente nuevos. El resultado es que, a menudo, el personal asignado para establecer programas de investigación sobre el particular, desconoce los problemas comprendidos, o ignora los métodos ya probados.

Esta publicación se ha escrito con la intención de cubrir la necesidad de un manual básico sobre los métodos de investigación de la maleza. Está dirigida, particularmente, a los empleados gubernamentales, de estaciones experimentales, o de plantas industriales de todo el mundo, que se enfrentan con el establecimiento de nuevos programas de investigación de maleza.

Un investigador mide a pasos la distancia de una parcela para la erradicación de maleza.

CONTENIDO

PREFACIO

I INTRODUCCION 1

Investigación exploratoria 2
Investigación de seguimiento 2
Publicación y divulgación de los resultados 2

II PRACTICAS DE CULTIVO 3

Variedades debidamente adaptadas 3
Fertilización 4
Siembra 4
Siembra en hileras 5
Siembra en surcos 5
Inoculación 5
Combate de plagas 5
Prácticas de cultivo estacionales 6
Riego 6

III PROCEDIMIENTOS EXPERIMENTALES 7

Principios del diseño de la parcela: Trazo 7
Para cultivo en hileras y con labranza 8
Parcelas fuera de estación 8
Acuerdo sobre las prácticas 9
Principios del diseño de la parcela: Tamaño 9
Cultivo en surco 9
Extensión de la parcela 10
Cultivo en hileras o al voleo 10
Disposición y preparación al azar de la parcela 11

IV EXPERIMENTO IDEADO PARA OBJETIVOS LIMITADOS 12

Métodos de comparación 12
Estudios de competencia en el combate de maleza 13
Estudio estándar de competencia de la maleza 14
Estudio retardado de competencia 14
Pruebas de evaluación de los herbicidas 14
Siembra 14
Cuadro de siembra 15
Incorporación 15
Riego 15
Tratamiento después del brote de las plantas 15
Fertilización 15
Pruebas de selección 16
Pruebas de selección primaria 16
Pruebas de selección secundaria 16
Pruebas de demostración del productor 17
Otras consideraciones de un experimento 17
Control integrado 17
Estudios a largo plazo de los cambios de la flora parasitaria 18
Interrelación de la erradicación de la maleza y otras prácticas de cultivo 18

V ASPECTOS ECONOMICOS DEL USO DE HERBICIDAS 19

Costos directos 19
Costos indirectos 20

VI METODOS DE APLICACION 23

Método de parcela sencilla 23
Método de parcela múltiple 23
Método de recipiente 24
Aspersor de dosis variable 24
Aspersión doble 25
Orden de aspersión y manejo del equipo 25
Métodos de incorporación al suelo para herbicidas 25
Profundidad de la incorporación 27
Método de inyección al suelo 27

VII APLICADORES PARA LA INVESTIGACION DEL CONTROL QUIMICO DE LA MALEZA 28

Tipos de equipo 28
Aspersores de aire comprimido 30
Aspersores de mochila 30
Aspersores del tipo de "bicicleta" para parcelas 31
Aspersores de manguera para jardín 32
Aspersores de tracción 32
Guantes herbicidas 33
Aspersores para maleza montados en un tractor 33
Aspersores montados en un remolque 36
Aspersor logarítmico 36
Aplicadores granulares operados a mano 36
Cómo calibrar un aspersor 36
Variables de la aspersión 37
10 pasos para la calibración 37

VIII EVALUACIONES DEL CONTROL DE LA MALEZA 40

Normalización y manejo de datos 40
Factores del ambiente 42
Otros factores importantes 43
Criterio de evaluación y métodos 44
Frecuencia de la incidencia 44
Conteo de la maleza 44
Cobertura del terreno 45
Peso 45
Evaluación de las pruebas de selección 47
Evaluación de la erradicación de la maleza perenne 47

IX EVALUACION DEL CULTIVO 48

Recolección 48
Análisis de los residuos 48
Datos de rendimiento 49
Datos de la calidad de los cultivos 51
Parcelas de muestreo 52
Zona de recolección para obtener material residual 52
Muestreo del follaje para determinar el porcentaje del contenido de maleza y el rendimiento 52
Cálculo del rendimiento de cultivos tales como granos pequeños o maíz 52
Cuentas de unidades 52

X SEGURIDAD 53

Almacenamiento 53
Utilización 54
Equipo 55
Peligro de incendio 55

XI SUBSTANCIAS QUIMICAS: FORMULACION Y COMPATIBILIDAD 56

Ingrediente activo (ia) y equivalente de ácido (ea) 56
Sales solubles 57
Polvos hidratables 57
Concentrados emulsivos 58
Aminas solubles en aceite 60
Compuestos inherentemente solubles 60
Formulaciones granulares 60
Formulaciones identificables 61
Substancias químicas no formuladas 61
Compatibilidades del compuesto 62
Compatibilidad física 62
Compatibilidad química 63
Auxiliares para la aspersión 63
Agentes de separación 63
Agentes de tensión o hidratantes 63
Espesativos 63
Auxiliares especiales 63

APENDICES

Apéndice A

Tabla 1 — Conversiones y equivalencias 67
Tabla 2 — Conversión de proporción: Peso seco (kg/ha) 68
Tabla 3 — Conversión de proporción: Peso seco (libras/A) 69
Tabla 4 — Conversiones para concentraciones 70
Tabla 5 — Conversiones de proporción para líquidos 71
Tabla 6 — Conversiones de superficie de la parcela 72
Tabla 7 — Conversiones de líquido para la parcela 73
Tabla 8 — Relaciones peso-volumen 74
Tabla 9 — Tabla de conversión de la concentración de la aspersión 75
Tabla 10 — Número de pies de surco por acre con diferentes separaciones de surco 76
Tabla 11 — Gramos de tratamiento necesarios con varios grados para la superficie indicada 77

Apéndice B

Referencias para el combate químico de la maleza 78

Apéndice C

Proveedores internacionales de herbicidas 80

Especialistas en el control de maleza revisando las pruebas de evaluación de herbicida en Oregon.

I INTRODUCCION

La comunidad mundial avanza mediante programas dinámicos para aumentar la eficiencia de la agricultura. Inicialmente, la atención se ha enfocado sobre los aspectos más obvios de la producción agrícola —aumento del abastecimiento de agua, mejoramiento de las variedades y uso extensivo de los fertilizantes. Estas técnicas mejoradas, si bien importantes y necesarias, han subrayado dramáticamente el problema relacionado con la maleza.

Las pérdidas económicas y los reveses en la producción debidos a la maleza son, en la actualidad, consideraciones principales para muchas naciones en el desarrollo de la autosuficiencia agrícola y en la liberación de las cargas económicas relacionadas. La erradicación de la maleza, precedida por el establecimiento de proyectos exhaustivos de investigación se reconoce, actualmente, como un elemento imprescindible en un programa agrícola importante.

Este manual va dirigido hacia el personal y estudiantes que se han iniciado recientemente en la investigación y aplicación de la erradicación de la maleza. Se supone que el lector tiene alguna experiencia o antecedentes en el campo (mediante un curso de trabajo) en la investigación agrícola. El manual no se debe considerar como una fuente de procedimientos completamente detallados para establecer e idear experimentos de erradicación de esas plantas. Su objetivo es el de ayudar a prevenir algunos de los errores comunes asociados con la investigación de la erradicación de la maleza en el campo.

INVESTIGACION EXPLORATORIA

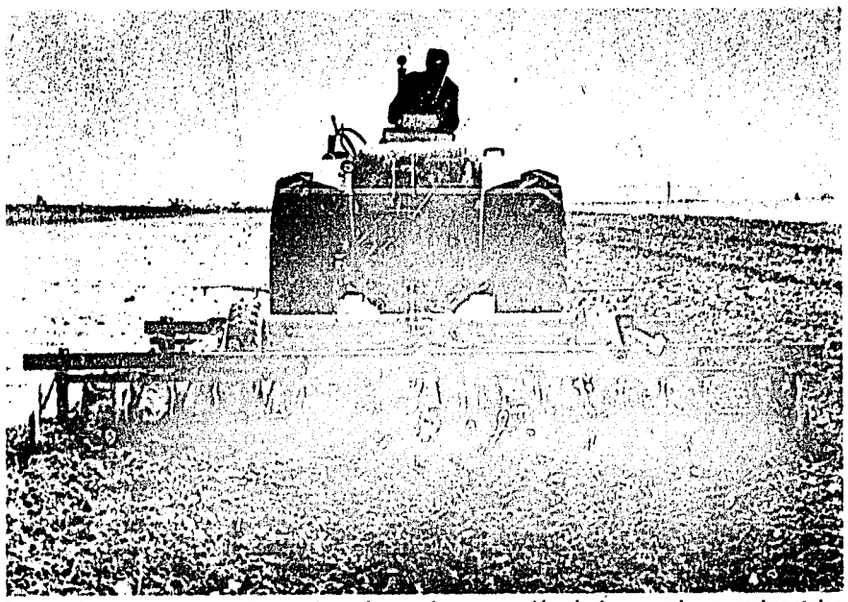
La investigación para combatir la maleza en el campo se divide, básicamente, en investigación exploratoria e investigación de seguimiento. El objetivo principal de la investigación exploratoria es la determinación de la influencia de diversas prácticas para combatir la maleza en herbajes o cosechas. Bajo esta clasificación, entran actividades tales como la evaluación del herbicida de rutina —o las llamadas pruebas de selección— y el trabajo exploratorio sobre cultivos específicos con una variedad de nuevos (y ordinarios) herbicidas o tratamientos. Estas pruebas tratan, principalmente, de aislar los tratamientos específicos que parecen prometedores. La recolección de datos más detallados mediante pruebas adicionales puede, entonces, justificarse en el proceso del establecimiento de una nueva práctica recomendada para la erradicación de la maleza.

INVESTIGACION DE SEGUIMIENTO

La investigación de seguimiento es, esencialmente, una serie más detallada de experimentos en el campo sobre tratamientos o herbicidas que han mostrado posibilidades en la investigación exploratoria. Comprende la determinación del comportamiento del herbicida bajo una amplia variedad de condiciones ambientales, en diversas etapas del desarrollo, por varios métodos de tratamiento, a diferentes dosis y sobre diversas especies de maleza. Esta investigación se debe conducir con una profundidad mucho mayor que la exploratoria. El desarrollo de la investigación de seguimiento debe permitir el análisis estadístico adecuado.

Un experimento bien ideado, preparado cuidadosamente y manejado con precisión, es altamente deseable en cualquier nivel de experimentación de exploración o seguimiento. Para ayudar a lograr esta meta, puede aplicarse la información siguiente para conducir los experimentos de erradicación de maleza.

Publicación y divulgación de los resultados. El propósito principal de la investigación sobre la maleza, es el de resolver los problemas prácticos de los agricultores o las industrias, tales como los servicios públicos. A menos que los resultados se pongan al alcance de estos usuarios, la utilidad de la investigación no se habrá logrado.



Se necesitan prácticas de cultivo adecuadas en la preparación de las parcelas experimentales.

II PRACTICAS DE CULTIVO

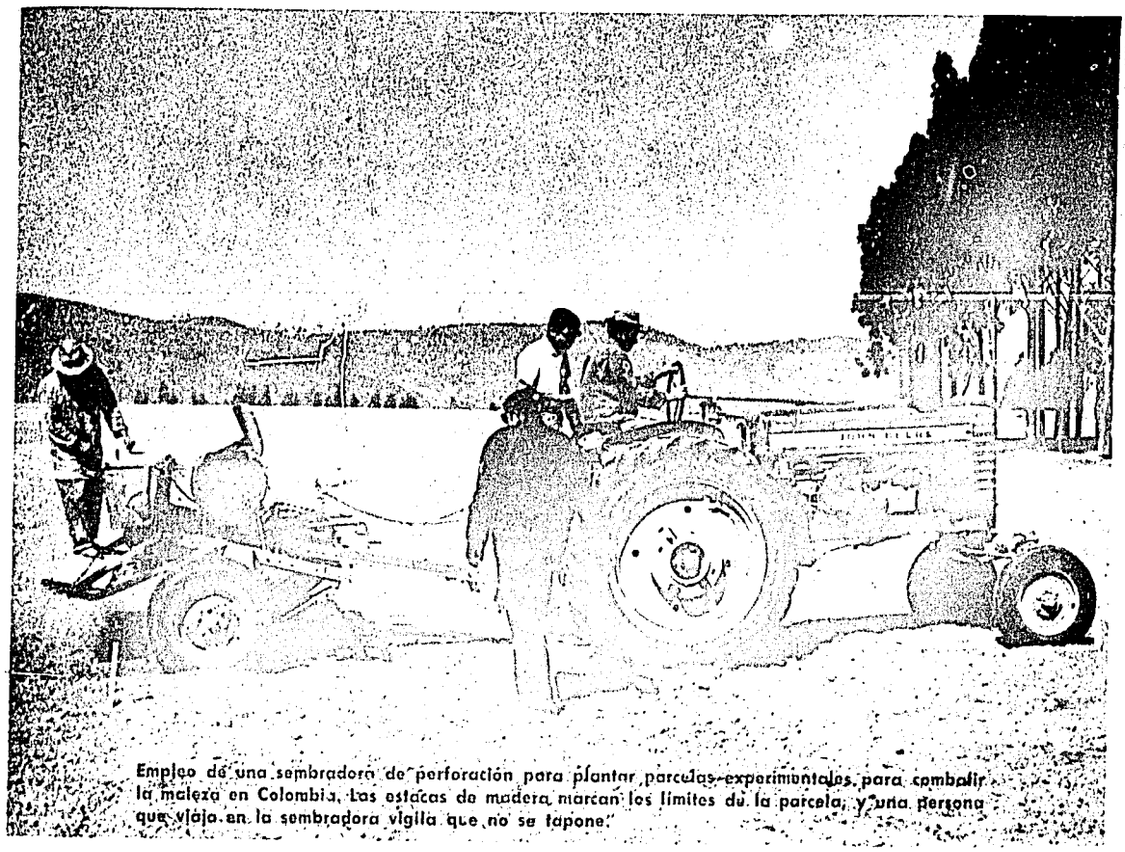
Para la medición del rendimiento y la calidad de una cosecha, o la reducción en el número y la competencia de las especies de maleza primaria con un cultivo es importante que éste crezca en las parcelas experimentales bajo las mejores condiciones de cultivo correspondientes a las que se encuentran en las granjas comerciales bien administradas.

Esto comprende el uso de:

1. Variedades debidamente adaptadas.
2. Niveles óptimos de fertilidad.
3. Preparación de semilleros y grados de siembra recomendados.
4. Control correcto de la época y tipo de prácticas de cultivo, por ejemplo, siembra, erradicación de insectos y enfermedades, deshierbado, riego, y otras operaciones de cultivo.
5. Conocimiento de la historia de cosechas pasadas en la superficie de prueba.

VARIEDADES DEBIDAMENTE ADAPTADAS

Debe hacerse una investigación para determinar las variedades mejor adaptadas a la región antes de establecer pruebas con herbicidas. Existen informes



Empleo de una sembradora de perforación para plantar parcelas experimentales para combatir la maleza en Colombia. Las estacas de madera marcan los límites de la parcela, y una persona que viaja en la sembradora vigila que no se tapone.

sobre casos de susceptibilidad de las variedades a los herbicidas; consecuentemente, esta variable debe ser de importancia principal. Al informar sobre los resultados de la investigación deben incluirse la variedad y el nombre científico de una cosecha.

FERTILIZACION

El programa de fertilización para un experimento debe tomar en consideración las condiciones e historia de la tierra que se use. Por lo tanto, un cultivo de leguminosas debe recibir fosfato, cal u otros materiales aplicados en la forma correcta para el sitio seleccionado. Un cultivo de pasto debe fertilizarse en la época y el grado apropiados para compensar la deficiencia de nitrógeno, o con otros elementos para desarrollar una óptima producción.

El nitrógeno y el fósforo son elementos muy importantes del suelo en todas las condiciones. Antes de iniciar experimentos en regiones tropicales, es aconsejable consultar con especialistas del suelo para revisar las necesidades de fertilización del terreno para cada cultivo antes de dar principio a los experimentos.

SIEMBRA

La mayoría de las consideraciones principales de la siembra para la investigación sobre el combate contra la maleza, son extensiones de eficientes

prácticas comerciales. Se debe tener la seguridad de que el equipo que se empleará para la siembra se puede calibrar, y que funcionará con precisión dentro de los grados deseados de siembra. La calibración se puede hacer en terrenos alejados de las parcelas de prueba.

Siembra en hileras. Al sembrar en hileras asegúrese de impedir omisiones (interrupciones en la entrega de semillas en el surco). Una persona debe viajar en la máquina para asegurarse que no se tapone, y que todos los surtidores descarguen semillas en todo momento. Compruébese frecuentemente el control de la profundidad para asegurar que la siembra se haga correctamente. Normalmente, las máquinas recorren alguna distancia sobre el terreno antes de depositar, realmente, las semillas. Por lo tanto, puede evitarse un error común al sembrar las parcelas, comenzando a operar la máquina un poco antes de entrar al terreno de pruebas. La meta es una distribución uniforme sobre toda la superficie experimental.

Siembra en surcos. Para el cultivo en surcos, asegúrese que el implemento siembre con precisión; este puede ser un problema cuando la semilla no tiene un tamaño uniforme. Por ejemplo, el grano de maíz tiene diversas formas y tamaños; a menos que se clasifique para obtener un tamaño uniforme, un herbaje puede variar, ya que un tamaño de semilla tiene ventajas sobre otro. Eventualmente, la sembradora estará funcionando a un grado diferente (al del principio de la siembra) porque está manejando, principalmente, un tamaño diferente de grano. Considérese cuidadosamente la selección de la separación de los surcos para permitir operaciones de cultivo con el equipo disponible.

Siembra a mano. Con frecuencia, la siembra se efectúa a mano en muchas partes del mundo. Entonces, es importante que la misma persona lleve a cabo toda la operación para una determinada cosecha de prueba, a fin de reducir la magnitud de variabilidad en el herbaje.

La técnica experimental exige la utilización de semilla de alta calidad. Cuando se usan semillas viejas, debe realizarse una prueba de germinación antes de la siembra, particularmente en zonas tropicales en que la semilla se puede deteriorar en un año.

Inoculación. La mayoría de las semillas leguminosas se inocula para obtener una actividad de desarrollo óptimo. La semilla requiere humedecimiento con un adhesivo —como la leche— para asegurar la retención del inóculo o inoculador. Usese, solamente, inoculador de alta calidad, y síganse las instrucciones que acompañan al recipiente. A menudo, no se almacena correctamente el inoculador comercial, y puede ser demasiado viejo para su uso eficaz. Algunas veces, el suelo de los campos establecidos, espolvoreado sobre la semilla ayuda a la inoculación de ésta.

COMBATE DE PLAGAS

El establecimiento de un nuevo programa de herbicidas, no solamente comprende la consideración del equipo para su aplicación sino, también, para la erradicación de insectos y enfermedades. Por ejemplo, la enfermedad llamada "caída de almáciga" reducirá el herbaje de las plantas en muchos cultivos; el tratamiento de la semilla o del suelo con fungicidas apropiados puede ser necesario. Antes de iniciar los experimentos, es conveniente consultar especialistas en la erradicación de insectos y enfermedades. La combinación de un fungicida de amplio espectro y un insecticida, aplicado al cultivo con la fre-

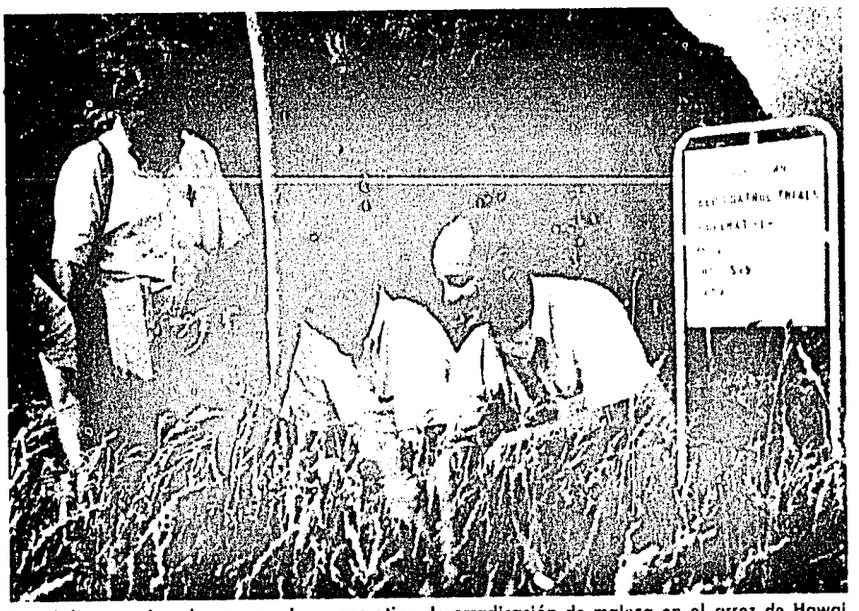
cuencia que sea necesaria, a menudo protegerá a aquél durante el período de su crecimiento.

PRACTICAS DE CULTIVO ESTACIONALES

Generalmente, las prácticas de cultivo se desarrollan para facilitar las lecturas en el control de la maleza y las evaluaciones de la tolerancia del cultivo. Si la maleza es abundante en siembras en surcos, el cultivo puede haberse iniciado de cuatro a seis semanas después de la aplicación del herbicida. Es importante hacer las primeras estimaciones de la erradicación antes del cultivo. En cereales y otras cosechas no cultivadas, la maleza se deja, usualmente, durante todo el ciclo de crecimiento. Independientemente de la época de cultivo, la planificación inicial del experimento debe incluir la disposición de anchuras de surco compatibles con los métodos propuestos de eliminación de maleza.

RIEGO

Para programas experimentales que incluyen el riego, el agua se debe aplicar en el momento apropiado y en cantidad suficiente para obtener el valor máximo en la producción de la cosecha y en el efecto del herbicida. El no regar en el momento adecuado, puede significar un costoso error en la obtención de datos confiables de un experimento; esta es una parte especialmente difícil en las estaciones experimentales con una fuerte demanda de riego para un grupo diverso de proyectos. Los arreglos previos para el programa de riego son indispensables para los estudios que comprenden el agua como una de las variables del experimento.



Especialistas revisando una prueba cooperativa de erradicación de maleza en el arroz de Hawai.

III PROCEDIMIENTOS EXPERIMENTALES

Antes de establecer un nuevo programa de investigación sobre la maleza, es aconsejable realizar una investigación general en la zona representada por la dependencia examinadora. Esto implica no desarrollar un programa que comprenda solamente una región limitada dentro de los linderos del sitio de prueba. Manténganse en mente todas las necesidades del país. Si es posible, conviene familiarizarse con otras regiones del mundo que tengan características ecológicas y edáficas (crecimiento) similares. Un método relativamente simple para investigar en zonas extensas, es el de usar al máximo la literatura (véase el Apéndice B), así como el establecimiento de una relación de trabajo con las compañías principales (véase el Apéndice C).

En el material siguiente, se presentan métodos para conducir experimentos de erradicación de maleza. Se describen los principios del diseño de la parcela; entonces, estos principios se incorporan en las sugestiones para el desarrollo de estudios de competencia de maleza y evaluación de herbicidas. También se discuten métodos sugeridos para la aplicación de esas substancias.

PRINCIPIOS DEL DISEÑO DE LA PARCELA—TRAZO

Al trazar una parcela, déjense superficies limítrofes adecuadas (alrededor de la porción sembrada del experimento). Se requiere acceso para el equipo

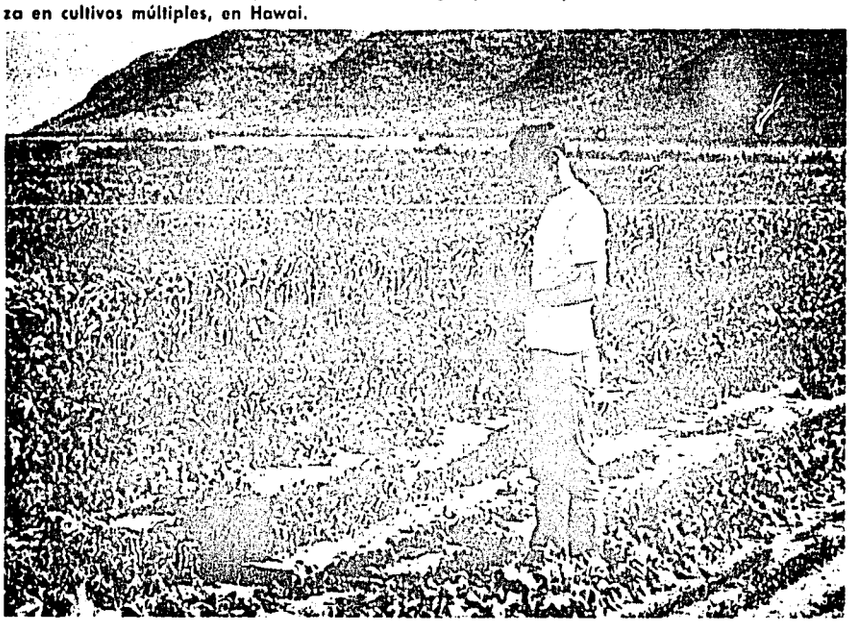
—para "abrir" el campo a la recolección o durante otras operaciones— sin atravesar las parcelas. Los límites también eliminan la tentación de los visitantes a guiar vehículos por las esquinas de una parcela de prueba. Para cosechas comestibles, los límites amplios constituyen una seguridad de que las partes tratadas no estarán al alcance de quienes pretenden "sustraer" algunas de las plantas en las orillas del campo. Uno de los errores más comunes que se debe evitar en el diseño de las parcelas, es el de pretender reunir demasiadas pruebas en una superficie de tamaño insuficiente.

Para cultivo en hileras Las parcelas para cultivos en hileras como los granos o el lino, deben establecerse, generalmente, al través (en sentido perpendicular) de los surcos perforados. Este método elimina el efecto indeseable en los datos que causaría una falla en la perforación, si la parcela estuviera en sentido paralelo con los surcos. La omisión de una o dos hileras es de poca importancia para las parcelas que comprenden muchos surcos.

Para una cosecha cultivada, las parcelas se deben alinear según los surcos plantados. También, las parcelas se deben localizar en una posición en que reciban un cultivo uniforme, por ejemplo, no en los extremos de los surcos en que el equipo de cultivo tenga que dar vuelta, echarse a andar o detenerse.

Parcelas fuera de estación. Cuando las parcelas se trazan en el campo de un agricultor, evítense las esquinas u otras superficies en que la disposición de la siembra no sea típica, o donde la población de maleza no sea uniforme. Esto es importante cuando los datos de rendimiento son de considerable interés. Cuando la meta principal es la obtención de datos para la erradicación de la maleza, pueden utilizarse zonas que se encuentren a lo largo de las cercas, por la densidad más alta de la población

Varios cultivos diferentes se plantan en surcos largos para una prueba de arradicación de maleza en cultivos múltiples, en Hawai.



de maleza y, generalmente, la mayor variedad de especies. Las pruebas desarrolladas en sitios fuera de estación, crean una cantidad de problemas especiales. Selecciónese una superficie de parcela que represente un mínimo de inconvenientes para el agricultor comercial que opere en esa tierra. La parcela no debe interferir con la recolección normal, ni causar inconveniencia si el agricultor cosecha antes que el experimento pueda recolectarse. Instálense marcadores fácilmente visibles en las esquinas de la parcela, de manera que el equipo pueda eludir las zonas de prueba durante las operaciones de cultivo.

Lléguese a un acuerdo con el agricultor con respecto a las operaciones de cultivo que debe desarrollar, y las que no debe realizar en las superficies de las parcelas.

Acuerdo sobre las prácticas. Generalmente, los cooperadores no fertilizarán, efectuarán aspersiones ni realizarán otras operaciones normales en una parcela de prueba, a menos que se les solicite. Por lo tanto, deben hacerse arreglos para llevar a cabo la fertilización, erradicación de insectos, irrigación y otras prácticas normales. A menudo, es importante (y algunas veces muy difícil) impedir que el agricultor aplique herbicidas a la zona de prueba cuando administra el tratamiento al resto de su campo. Si está empleando métodos de aplicación aérea, la parcela se debe cambiar de ubicación, ya que es más difícil evitar la dispersión, o asegurar que no se afecte dicha parcela.

El establecimiento de relaciones públicas positivas es vital. Es necesario asegurarse de tener un arreglo absolutamente claro con el agricultor sobre todos los aspectos relacionados al uso de la tierra, disposición de la cosecha y duración del experimento.

PRINCIPIOS DEL DISEÑO DE LA PARCELA—TAMAÑO

Siempre existe el problema de determinar el tamaño óptimo de la parcela para la erradicación de maleza u otros tipos de investigación en el campo. Los factores principales que influyen sobre las decisiones de dicho tamaño, son la conveniencia de la recolección, la disponibilidad de herbaje uniforme de la maleza, uniformidad de la tierra, zona de terreno disponible para el trabajo de la parcela y equipo apropiado para usarse en las operaciones de cultivo o químicas.

Una regla empírica general es la siguiente: utilícense parcelas del tamaño más pequeño compatible con la obtención de datos confiables. Normalmente, mientras más pequeña es la región muestreada, existen menos posibilidades de variaciones mayores en los datos, debidas a cambios en las condiciones ambientales. Esto significa que, cuando no hay otro factor limitante, el tamaño depende de la parcela más pequeña que pueda tratarse con exactitud por medio de aspersión, pero que contenga, todavía, una muestra adecuada de maleza y cultivo para efectuar la evaluación.

Cultivo en surco. Los tamaños de parcelas usados han variado desde una sola hilera de cultivo en surcos hasta un campo de 4 hectáreas. Para cultivos en surco, usualmente, es deseable tener por lo menos tres hileras tratadas para impedir el efecto de los límites, que resulta, comúnmente, en los surcos exteriores. Entonces, la hilera del centro se reserva para recolección; los surcos de los lados reciben el mismo tratamiento para mantener uniforme la parcela. Las filas exteriores, estando adyacentes a otros

Una prueba de herbicida en un arrozal en Hawai.

tratamientos, también pueden recibir la influencia de éstos. Un diseño aún mejor, es tener cuatro surcos y recolectar uno o dos de los del centro. Esto reduce la posibilidad de la pérdida total de un surco debido a roedores, pájaros, u otros riesgos.

Extensión de la parcela. La longitud de la parcela puede variar desde unos cuantos metros hasta kilómetro y medio, dependiendo de los propósitos del experimento. Una parcela de 5 ½ a 6 metros, por lo menos, usualmente brinda un modelo de aspersión uniforme sobre suficiente superficie de parcela para permitir muestrear un número adecuado de plantas para determinaciones de rendimiento. Si se emplea la recolección mecánica, las parcelas deberán tener hasta 30 m de longitud para obtener una recolección uniforme. Las parcelas de 30 m o más, serán necesarias donde el herbaje de la maleza es variable y esparcido. La parcela grande también se utiliza para muestrear una superficie mayor de un campo; esto proporciona mayor oportunidad de encontrar especies determinadas de maleza. Las parcelas que se encuentran al lado de los caminos, que se trabajan con equipo mecánico, pueden tener hasta kilómetro y medio de longitud.

Cultivo en hileras o al voleo. El tamaño de la parcela para los cultivos en hileras o al voleo, usualmente, tiene por lo menos, 1.8 m de anchura para disminuir el efecto de los límites y ofrecer, aun, suficiente espacio para evaluar la respuesta del cultivo. Una regla empírica es la siguiente: la parcela debe tener, por lo menos, 30 cm y, preferiblemente, 60 cm más de anchura a cada lado, que el equipo de recolección, por ejemplo, una máquina combinada. La longitud de la parcela influye sobre la uniformidad de rendimiento cuando la recolección se realiza con esta máquina; mientras más grande es la parcela, menor será la influencia de la máquina sobre la siembra. Las parcelas grandes son particularmente deseables cuando se conservan las muestras para hacer análisis residuales. La semilla que se traslada de otras parcelas, se reducirá, entonces, a niveles insignificantes. Cuando se emplea la recolección mecánica, la longitud mínima de la

parcela es de 15 m, prefiriéndose la de 30 m. Pueden usarse tamaños más pequeños para la recolección mecánica de cosechas de forraje; en este caso, la longitud de 3 m, por lo menos, de la zona de recolección, se considera como mínima.

DISPOSICION Y PREPARACION AL AZAR DE LA PARCELA

Las réplicas se deben mantener lo más compacto posible; deben tomarse de las zonas de parcelas que tengan un alto grado de uniformidad. Si surge una situación que obligue al empleo de zonas carentes de uniformidad, o que muestren claros cambios en población de maleza, suelo u otras condiciones, cada réplica se debe proyectar de tal manera que se encuentre dentro de la zona más uniforme para una variable determinada. Por ejemplo, si el predominio en la población de maleza entre las zonas cambia de quenopodio o amaranto a equinocloa, una sola réplica no debe cruzar de un tipo de maleza al otro. Así, la variabilidad ocurre entre réplicas, en vez de tener lugar dentro de ellas.

Los objetivos experimentales determinan la conveniencia de la disposición al azar. Este tipo de siembra en una parcela, no es siempre una herramienta experimental útil. De hecho, para ciertos tipos de parcelas constituye una desventaja, por ejemplo, cuando la meta principal es una comparación cuidadosa entre grados o tratamientos similares, especialmente en plan de demostración. Sin embargo, la disposición al azar es un principio fundamental de la mayoría de procedimientos estadísticos. Por lo tanto, la función de las parcelas será importante para decidir el uso de la disposición al azar, comparado con la alternativa de un trazo planeado para la parcela. La práctica usual en pruebas grandes de selección, es la de agrupar substancias químicas, de forma que las comparaciones importantes se realicen al azar, en grupos, más bien que haciéndolo en la prueba completa. Esta práctica mantiene las parcelas que son más importantes para la comparación, íntimamente unidas.

Las pruebas de erradicación de maleza en cultivos como el maíz, pueden presentar problemas.

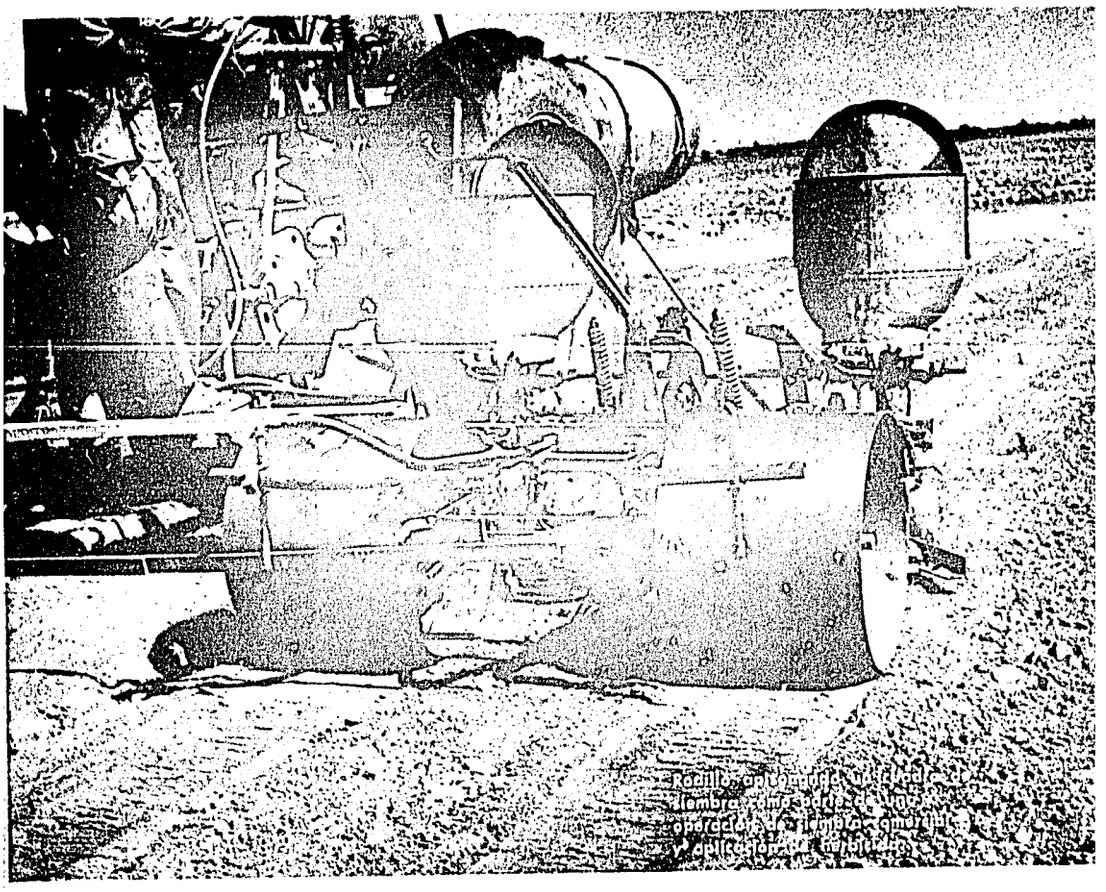
IV EXPERIMENTO IDEADO PARA OBJETIVOS LIMITADOS

Las condiciones óptimas para el crecimiento de un cultivo y para recolectar los mejores tipos de datos sobre la erradicación de maleza, no siempre se hallan en armonía; con más frecuencia, se oponen directamente. Por ejemplo, en un experimento de producción de maíz, es importante seguir prácticas de cultivo reconocidas, tales como la labranza para eliminar maleza en las parcelas de prueba; sin embargo, esta práctica cancela, obviamente, la posibilidad de obtener datos válidos para la estimación de la duración del control de la maleza y la influencia de los herbicidas sobre la cosecha (comparada con una parcela no tratada, manejada para obtener una máxima producción de maíz).

METODOS DE COMPARACION

El dilema se puede resolver por cualquiera de dos métodos. Primero, el experimento se puede idear con, (1) un testigo libre de maleza para compararlo con los mejores tratamientos químicos y, (2) un testigo no desmalezado para determinar el tipo de erradicación.

El otro método —en los casos en que el objetivo principal es la determinación de la influencia de la substancia química sobre la cosecha, y también la evaluación de la especie de maleza destruida, el grado de destrucción y



la duración de la erradicación— es el establecimiento de dos experimentos separados. En uno de ellos, la cosecha se cultiva y se deshierba a mano en todas las parcelas para dar a aquélla las condiciones óptimas tanto en las tratadas como en las no tratadas. En un segundo experimento, que puede ser adyacente, se recolectan los datos de la erradicación en parcelas que no estén cultivadas, ya sea en los testigos o en las partes tratadas. Este método permite la determinación del grado y longevidad de la erradicación de maleza, pero no será válido para la obtención de datos sobre la influencia de la práctica del control de malas hierbas sobre el cultivo.

ESTUDIOS DE COMPETENCIA EN EL COMBATE DE MALEZA

Pueden ser necesarias las consideraciones de presupuesto especial para establecer un nuevo programa de erradicación de maleza. Los administradores responsables de los presupuestos constituyen un grupo principal para observar las demostraciones de competencia entre la maleza y la cosecha. Los agricultores también, se pueden beneficiar aprendiendo que la extensión de los rendimientos del cultivo se reducen por la presencia de la maleza en las etapas críticas del crecimiento de aquél. Uno de los estudios más benéficos que se conducen para ambos propósitos, es el de demostrar vívidamente las pérdidas de rendimiento en el cultivo causadas por la maleza y, después, expresar estas pérdidas en términos económicos.

Estudio estándar de competencia de la maleza. Un estudio de competencia estándar de la maleza, permite a éstas crecer durante períodos variables en las primeras etapas del desarrollo del cultivo y, entonces, se pueden medir las pérdidas en el rendimiento. La maleza se puede eliminar después de dos, cuatro y seis semanas de haberse sembrado el cultivo, el cual, entonces, se mantiene libre de aquélla por el resto del ciclo de crecimiento. Usualmente, se encuentra que la maleza que se deja crecer durante las primeras cuatro semanas del ciclo de cultivo, reduce grandemente los rendimientos finales.

Con cultivos de semillas grandes, como el maíz, el tiempo más crítico para la eliminación de la maleza, es durante las primeras cuatro semanas del desarrollo; en lo sucesivo, los rendimientos del cultivo no suelen reducirse mucho por la maleza existente, a menos que ocurra una escasez de humedad o fertilizante. Ciertos cultivos frutales —papayas, por ejemplo, por su sistema de raíces poco profundas— son muy sensibles a la competencia de la maleza durante el ciclo de crecimiento.

Estudio retardado de competencia. Un segundo tipo de estudio de competencia de la maleza mantiene el cultivo libre de ella hasta una fase avanzada del ciclo de crecimiento; después se permite crecer a la maleza. Este estudio es pertinente en las prácticas agrícolas porque la maleza tardía se deja crecer, con frecuencia, entre el cultivo, durante la parte final de su ciclo.

En un tercer método de estudio de competencia de la maleza, varía la población de éstas. La pregunta que surge más frecuentemente en la investigación de la maleza es: ¿cuántas malas hierbas por unidad de superficie puede tolerar un cultivo antes que se descubra una reducción en el rendimiento o la calidad? Existe una amplia variación, dependiendo de la maleza y el cultivo. En la producción de semilla de pasto certificada, se desea un medio 100 por ciento libre de maleza; en la caña de azúcar, se cree que la juncia (**Cyperus rotundus**) no reduce el rendimiento.

Independientemente del objetivo, si se establece una prueba para estudiar la competencia relativa entre diversas especies de maleza y un cultivo, es importante que las especies estudiadas tengan herbaje uniforme. Si es posible, estas pruebas se deben establecer en zonas que se sepa que se encuentran libres de las especies de maleza bajo estudio, de manera que la población se pueda regular mediante la siembra.

PRUEBAS DE EVALUACION DE LOS HERBICIDAS

Los procedimientos rutinarios de cultivo y siembra son una necesidad para la evaluación de los herbicidas.

Siembra. Asegúrese de que las pruebas tienen un herbaje denso, tan uniforme como sea posible, de la especie indicadora. Esto se puede lograr mejor mediante proporciones altas de siembra para asegurar un herbaje denso, ya sea del cultivo o de las especies de maleza que se utilicen en la prueba. La profundidad de la siembra es muy importante. La colocación incorrecta de la semilla es, frecuentemente, causa de falla en la cosecha, particularmente para productos vegetales de semillas pequeñas (zanahorias, cebollas) y leguminosas de semillas pequeñas (cuernecillo, trébol blanco, etc.). Estos cultivos se deben sembrar tan cerca de la superficie del suelo como sea po-

sible, empleando una barrena con un mecanismo exacto para el control de la profundidad, o mediante una sembradora al voleo.

Cuadro de siembra. Para asegurar una buena germinación de las diversas especies, se necesita un cuadro de siembra bien afirmado. Este se debe apisonar después de la siembra y antes de la aspersión. El apisonado prepara mejor el cuadro para las aplicaciones de rocío desde el punto de vista del traslado y la facilidad de manejo de un aspersor. Pueden necesitarse riegos ligeros frecuentes en el momento de brotar las plantas del suelo, si la corteza de éste representa un problema.

Incorporación. En pruebas incorporadas antes de la siembra, cuando se utilizan discos, es deseable que éstos se pasen sobre la superficie en ambas direcciones (de norte a sur y de este a oeste). Un disco equipado con un control hidráulico para mantener la profundidad de corte dentro de límites razonables, es ideal; los discos no deben entrar a una profundidad mayor de 15 cm. A esta profundidad, usualmente, los discos proporcionan la incorporación del herbicida hasta una profundidad de 7.5 a 10 cm.

Cuando se utiliza una grada de dientes para la incorporación, se deben ajustar los dientes con un ángulo bastante agudo para que entre 7.5 ó más centímetros bajo la superficie del suelo. Nuevamente, pasando la grada de norte a sur y de este a oeste, se obtendrá una incorporación óptima. A menudo, es difícil, o imposible, pasar los discos o la grada en direcciones perpendiculares para las pruebas de selección. Entonces, la incorporación se efectúa mediante dos pasadas paralelas, por lo menos, hacia atrás y hacia delante.

Riego. Si es posible, el riego debe hacerse mediante rociador, si se dispone de él, para usarse en las pruebas de selección, en vez de confiar en la lluvia natural. Entonces, la fecha de siembra de la prueba debe coincidir con la disponibilidad de los rociadores. El riego debe cubrir toda la zona tratada antes del brote de las primeras especies, por ejemplo, dentro de los cinco días siguientes a la siembra. Esta se efectúa inmediatamente, antes de poder iniciar la aspersión, y el riego sigue después de la aplicación. El tratamiento normal es entre 1 y 5 cm de agua.

Tratamiento después del brote de las plantas. Los tratamientos posteriores al brote de las plantas en las pruebas de selección, se efectúan antes que las especies primarias de maleza tengan más de cuatro hojas verdaderas. En esta etapa, la maleza se halla en el período más sensible de su ciclo de crecimiento, y arrojará un valor de daño máximo. Cuando existe un interés especial en la determinación del tiempo óptimo para la aplicación posterior al brote de las plantas, será necesario efectuar tratamientos en diversas fases del desarrollo de la planta, para realizar comparaciones. La primera aplicación después del brote de las plantas, debe hacerse inmediatamente después de dicho brote.

Fertilización. Una zona de prueba de selección necesita fertilización adecuada para asegurar un desarrollo relativamente uniforme de la especie bajo estudio. En la mayoría de los suelos inorgánicos, debe disponerse, por lo menos, de 27 kg de nitrógeno aplicado antes de establecer la prueba de selección. La aplicación puede ser en la forma de sulfato de amonio, u otros tipos de fertilizante portador de nitrógeno, si la zona posee un suministro adecuado de fosfato. Si la proporción de fosfato o potasa es baja, debe aplicarse un fertilizante debidamente mezclado.

PRUEBAS DE SELECCION

Las pruebas de evaluación de los herbicidas se pueden dividir en tres categorías principales:

a. Pruebas de selección primaria; b, pruebas de selección secundaria; y c, pruebas de demostración del productor.

Pruebas de selección primaria. Las pruebas de selección primaria se efectúan para determinar las selectividades, en la maleza y el cultivo, de nuevos compuestos suministrados por la industria química mundial (véase el Apéndice C). Esencialmente, todas las compañías desean proporcionar muestras a los investigadores calificados; se debe preparar un informe de los resultados de la prueba, y someterlo al proveedor de substancias químicas. Las pruebas de selección primaria son de naturaleza exploratoria, y rara vez se analizan los resultados estadísticamente.

Un diseño experimental común, es el de sembrar el cultivo y la especie de maleza en surcos largos. Después, se realiza la aspersión en hileras de 1.2 a 1.8 m, en ángulo recto a los surcos. Este método de prueba permite el escrutinio cuidadoso de varias especies en una superficie limitada. Las substancias químicas se aplican en varios grados diferentes (cada uno en un surco distinto); a menudo, esta es la única forma de réplica.

A menos que el fabricante proporcione instrucciones específicas, la mayoría de las nuevas substancias químicas se aplican como incorporación al suelo antes de la siembra, antes y después del brote de las plantas. Los tres métodos de aplicación se pueden evaluar en una sola prueba de selección primaria. Las evaluaciones de la maleza y el cultivo se realizan, comúnmente, mediante una escala subjetiva de proporción de 0 a 100 por ciento (véase la explicación en la sección de Conteo de la maleza). Cuando se utilizan relativamente pocas especies, puede emplearse la aplicación de una dosis variable o logarítmica. Esto comprende el empleo de un aspersor que diluye la solución concentrada —según se realiza la aspersión— para obtener una dosis constantemente decreciente (véase la sección que trata sobre el Aspersor de dosis variable).

Pruebas de selección secundaria. Después que se ha acumulado suficiente información de las pruebas de selección primaria, pueden ensayarse los herbicidas en pruebas de evaluación secundaria, como réplicas. Los compuestos ensayados en una prueba primaria, pueden compararse con las muchas variedades probadas por un productor de plantas, después de realizar una polinización cruzada inicial; por lo tanto, el productor debe tomar decisiones tempranas en el programa de pruebas para reducir el número de plantas en los ensayos más avanzados.

En la selección de los compuestos para las pruebas avanzadas, intervienen varias decisiones. Además de las razones biológicas para la selección (o eliminación) de una substancia química, es una buena práctica hacer una pregunta de última hora a la compañía química con respecto al estado de desarrollo del compuesto. Las compañías deciden cuál de sus compuestos se desarrollará comercialmente, y puede conducirse innecesariamente un lote de pruebas, si una compañía ha tomado la decisión de eliminar algún compuesto. Algunas veces, estas decisiones se toman cuando el programa de desarrollo se encuentra muy adelantado. Pero, actualmente, hay representantes de las compañías en todo el mundo y ya resulta relativamente fácil la obtención de información actualizada.

Las pruebas de evaluación secundaria pueden conducirse sin el establecimiento de un programa de selección primaria. En zonas donde el personal disponible es limitado, se puede hacer más eficiente un programa apoyándose en las compañías químicas y otras organizaciones de investigación para hacer el trabajo de selección primaria. De hecho, para el desarrollo de un nuevo programa, puede ser una gran ventaja la de investigar la literatura mundial e iniciar un programa ensayando herbicidas que se encuentren en uso en otras regiones. Esta técnica se presta para un programa productivo.

Las pruebas de evaluación secundaria se conducen de acuerdo con métodos experimentales estándar, que se definen en los manuales de diseño de parcelas en el campo. Se hacen réplicas de las parcelas, y comparaciones estadísticas del medio de tratamiento. Generalmente, estos experimentos también se diseñan de manera que, además de los datos de comportamiento de la maleza y el cultivo, puedan tomarse muestras, periódicamente, para hacer análisis residuales. Las compañías químicas, usualmente, conducirán los análisis residuales del producto, si el trabajo de investigación se relaciona con sus respectivos intereses.

Pruebas de demostración del productor. La última fase de un programa de evaluación de herbicidas, es el establecimiento de pruebas de demostración del agricultor. Un nuevo herbicida no se puede vender en la mayoría de las regiones del mundo, hasta que se registra ante el gobierno de esos lugares. El registro puede requerir solamente los datos del comportamiento de la maleza y el cultivo. Sin embargo, pueden, también, necesitarse análisis residuales detallados. Debe recurrirse al máximo al servicio de extensión, donde se disponga de él, a fin de hacer arreglos según la ubicación del agricultor y brindar asistencia en la instalación de las pruebas.

Las pruebas de demostración del productor son especialmente provechosas porque se establece un vínculo entre el personal de investigación y de extensión. Es prácticamente imposible tener éxito en un programa de control de maleza sin los esfuerzos de cooperación entre la investigación y la extensión. Muchas autoridades convienen que, en zonas que no disponen de los servicios de un personal de extensión, es aconsejable adoptar lentamente los programas de herbicidas. Pueden perderse muchos años de progreso por el uso indiscriminado de herbicidas. Los agricultores se resistirán a ensayarlos una segunda ocasión si se experimentan daños severos en la cosecha, o la lucha contra la maleza resulta insuficiente.

Las tres categorías de pruebas de evaluación descritas en la sección precedente, deben establecerse con la meta final de proporcionar recomendaciones prácticas a los agricultores. Si esto no se mantiene en mente al diseñar un nuevo programa de investigación de maleza, los resultados obtenidos, aun del programa más cuidadosamente conducido, sólo serán útiles al investigador y, posiblemente, para unos cuantos de sus colegas que se reúnen periódicamente para intercambiar información.

OTRAS CONSIDERACIONES DE UN EXPERIMENTO

Junto con las "tuercas y tornillos" del diseño de un experimento, existen otros diversos elementos importantes que deben considerarse.

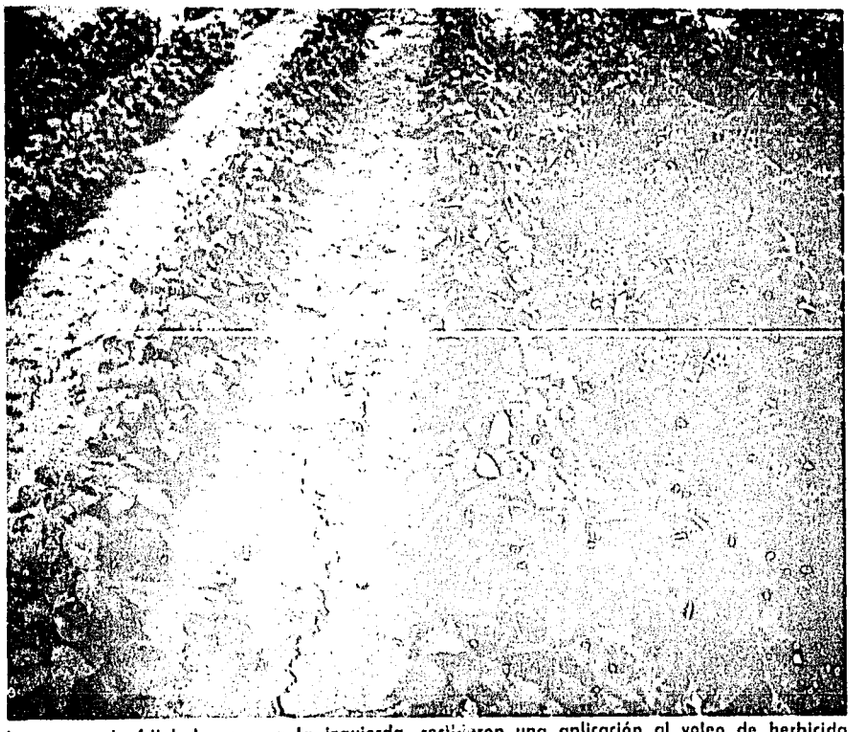
Control integrado. Ha habido un interés creciente en la interrelación de la maleza y otras plagas tales como insectos y enfermedades de las plantas. Los estudios sobre la erradicación de maleza como parte

de un sistema integrado de control de todas las plagas agrícolas, merecen una consideración más profunda. Cuando es posible, los proyectos conjuntos con entomólogos, patólogos de las plantas y expertos en el combate de roedores serán útiles.

Estudios a largo plazo de los cambios de la flora parasitaria. Existe un conocimiento creciente respecto a que los cambios en las prácticas agrícolas —mayor uso de fertilizantes, riego, nuevos métodos de labranza, y variedades más cortas— producirán, a su vez, modificaciones en la flora parasitaria adaptada al nuevo método de producción. El empleo repetido de los mismos herbicidas también conducirá a aumentos en esas especies resistentes al herbicida que se utilice.

Es importante establecer pruebas que determinen los tipos de cambios en la flora parasitaria que ocurren debido al uso repetido de herbicidas en particular, o a la introducción de nuevas prácticas.

Interrelación de la erradicación de la maleza y otras prácticas de cultivo. El tipo y nivel de competencia de la maleza, varía según las prácticas de producción que se empleen. Es importante determinar la influencia de la maleza y las medidas para controlarla, a niveles diferentes de fertilización, riego, o con diversas variedades o sistemas de cultivo.



Los surcos de frijol de soya, a la izquierda, recibieron una aplicación al voleo de herbicida antes del brote de las plantas, no así las de la derecha.

V ASPECTOS ECONOMICOS DEL USO DE HERBICIDAS

La investigación de la maleza existe solamente por los beneficios potenciales que puede generar para los agricultores al producir cosechas más económicamente. Si bien los investigadores dedicados al control aplicado de maleza están interesados, principalmente, en el desarrollo —y determinación de la factibilidad técnica— de nuevos productos y prácticas, deben enfocar, siempre, los aspectos económicos del uso de métodos de erradicación de maleza.

La meta de los productores es una mayor retribución por su inversión. Los aumentos en rendimiento pueden, o no, lograr esto. Las medidas mejoradas de control de maleza pueden redundar en mejores rendimientos, pero el costo de los herbicidas puede descartar la práctica como antieconómica. El impacto del uso de los herbicidas sobre el rendimiento del capital para el agricultor, usualmente requiere pruebas secundarias en el campo que incluyen una diversidad de prácticas agronómicas.

COSTOS DIRECTOS

Un herbicida, debe compararse, en términos de costo y rendimiento, con las prácticas corrientes del productor, tales como el deshierbado mecánico, la sachadura o cava, la labranza, etc. Todos los costos invertidos —mano de obra, equipo, substancias químicas— se toman en consideración para cada

método. La utilidad máxima para algunas cosechas de surco, puede obtenerse, usando solamente el herbicida en el surco y por medio de prácticas de cultivo entre los surcos. En huertos, viñedos, y otras cosechas perennes, pueden necesitarse varios años para mostrar beneficios óptimos del empleo de substancias químicas —crecimiento del árbol, rendimiento, costos reducidos de mantenimiento del huerto a largo plazo, etc.

En las pruebas secundarias de campo, debe incluirse una variedad de dosis dif. 'es de herbicida, encaminada a la resolución de las preguntas de tipo ecu. 'co. La necesidad de erradicación de maleza puede variar fácilmente de una zona a otra y de uno a otro año, dependiendo del precio de venta de la cosecha, el grado de competencia de la maleza y todos los otros factores del crecimiento —humedad, fertilizante, grado de siembra— que afectan el rendimiento. Un herbicida nuevo puede ser un beneficio económico principal y sistemático para una región, pero de poco o ningún valor para el mismo cultivo en otra zona. La mejor inversión en regiones diferentes puede ser el uso de niveles de dosis distintas del mismo herbicida. Para determinar completamente los beneficios potenciales, deben conducirse pruebas en varias zonas y durante dos o tres años diferentes. La severidad de un problema de maleza es, frecuentemente, el factor más importante en la decisión de la conveniencia económica del uso de un herbicida.

COSTOS INDIRECTOS

Además de las determinaciones de los beneficios económicos directos que pueden obtenerse mediante la lucha química contra la maleza, existen diversos factores indirectos que se deben considerar.

1. La mano de obra puede ser la partida principal en los países menos y en los más desarrollados. El desplazamiento de ella en los primeros, debe evaluarse cuidadosamente en relación con otros efectos y costos. También, la disponibilidad de mano de obra en la etapa del ciclo de cultivo en que sea necesaria (sachadura, labranza), debe tomarse en consideración. Para los Estados Unidos de América, la interrogante es del tipo de costos comparativos —necesidades reducidas de mano de obra (y costos), contra costo adicional de los herbicidas.

2. Puede haber beneficios a largo plazo por el empleo de herbicidas para reducir la cantidad de semilla de maleza en el suelo.

3. La población reducida de roedores e insectos, especialmente en cultivos perennes, puede obtenerse cuando se elimina la maleza.

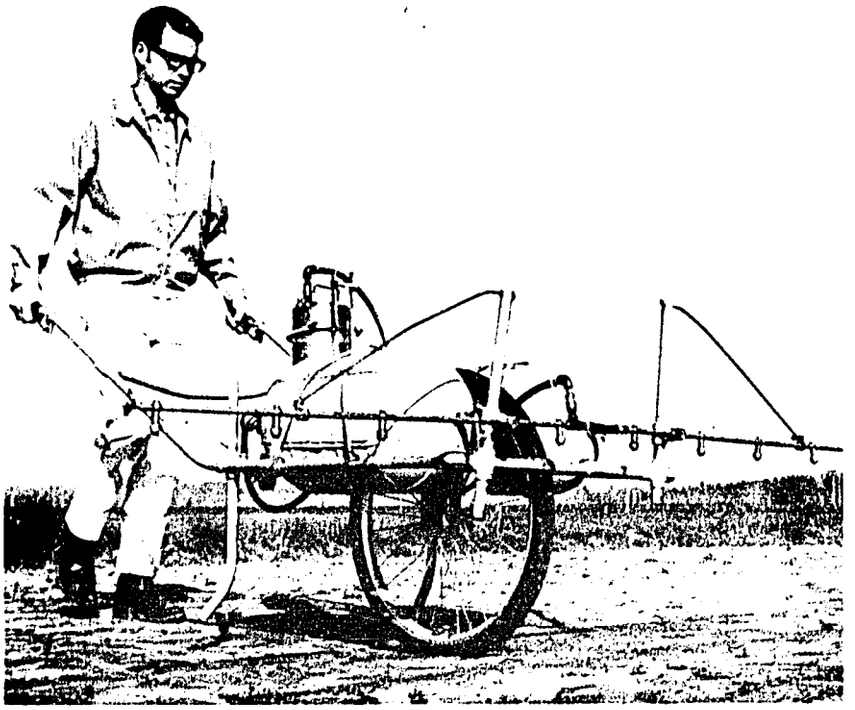
4. El uso de substancias químicas antes de la siembra o del brote de las plantas, puede evitar los graves problemas de infestación de maleza, que ocurren a menudo cuando los períodos largos de lluvia impiden el cultivo normal del campo.

5. El daño en la raíz del cultivo se reduce, a menudo, cuando las substancias químicas substituyen a la labranza mecánica.

6. Frecuentemente, la eliminación de maleza redunda en cosechas más limpias, más nutritivas, o de mejor sabor, como en el caso de la alfalfa.

7. Cuando las substancias químicas substituyen al cultivo mecánico, pueden existir mejorías en la estructura del suelo, la penetración del agua y la utilización de los nutrimentos, especialmente en los programas en que no se emplea la labranza en cultivos de árboles. Estos beneficios pueden no presentarse en cultivos anuales o en cierto tipo de suelos.

Un factor que debe considerarse siempre, en relación a los herbicidas, es que su uso puede presentar un riesgo o peligro. El daño potencial a la cosecha o a las siguientes, por los residuos en el suelo, debe evaluarse totalmente, particularmente con los herbicidas que poseen un margen estrecho de seguridad en estos aspectos.



Utilización de un aspersor para parcelas de prueba.

VI METODOS DE APLICACION

METODO DE PARCELA SENCILLA

Existen varios métodos satisfactorios para la aspersión de una parcela en el campo. Para el primer método, se pesa (o se mide) cada compuesto sobre la base de una parcela individual y se ajusta el volumen con la cantidad de vehículo necesaria para rociar sólo una parcela. La ventaja principal de este sistema, es que cualquier operación defectuosa del equipo, o cambio en la técnica de aplicación, se conoce inmediatamente; el volumen debe cubrir exactamente toda la parcela y nada más.

Las actividades extensivas de peso y medición en el método de parcela sencilla, toman mucho tiempo. Otra desventaja es que la variación en la velocidad de tránsito, presión de aspersión u otros factores (que alteran ligeramente la cantidad de material que se aplica) pueden redundar en el agotamiento del material antes de cubrir completamente la parcela.

METODO DE PARCELA MULTIPLE

El segundo método de aplicación usa la cantidad de líquido necesaria para rociar todas las parcelas programadas para un nivel de dosis determinado.

Como un ejemplo, supóngase que se requiere un litro de vehículo líquido para cubrir una parcela sencilla, se necesitan 25 ml de herbicida por parcela, y que hay cuatro réplicas en el experimento. A fin de asegurar suficiente rocío para cubrir todas las parcelas al grado deseado y, aun, tener un margen adicional, se mezclarán 5 litros de vehículo líquido y 125 ml de herbicida, en el aspersor. El litro adicional se utiliza para llenar las tuberías del aspersor, para iniciar el funcionamiento de éste, etc., quedando la mayor parte de esta cantidad adicional para descartarse después de la aspersión de las cuatro réplicas.

El método de parcela múltiple tiene la ventaja de reducir el número de operaciones de peso del compuesto y de llenado y vaciado del aspersor. A causa de las cantidades considerables de impulsor de aspersión (aire comprimido o gas) que se pierden en el proceso de llenar y vaciar el tanque del aspersor (en ciertos tipos de estos aparatos que se usan en trabajo experimental), el método de parcela múltiple tiende a emplear menos impulsor. Además, todas las parcelas comprendidas se cubren completamente, evitando así omisiones o una apariencia desigual.

Este sistema tiene la desventaja de provocar discrepancias por los cambios en la velocidad de tránsito del aspersor, pérdida de presión causada por partículas que obstruyen los conductos del aspersor, o defectos similares más difíciles de descubrir. Otro problema es la eliminación de la solución de aspersión no utilizada, que queda en el tanque. Se necesita un procedimiento de control de tiempo por parcela, o mantener una velocidad de tránsito muy cuidadosa, para que este sistema funcione con precisión.

MÉTODO DE RECIPIENTE

El tercer método es una variación del de parcela sencilla. Los materiales que se van a aplicar, se pesan, se diluyen y colocan en recipientes cubiertos (botellas de leche, envases de frutas o recipientes similares). Los envases llenos se llevan del laboratorio o el punto central de mezclas y se distribuyen al lado de cada parcela en el orden de aplicación. Este sistema proporciona una aspersión relativamente rápida, ya que los materiales se pueden aplicar en secuencia, sin ninguna pérdida de tiempo, viajando de una zona a otra del campo entre las aspersiones.

El método de recipiente tiene la desventaja de crear posibles problemas de contaminación. Los materiales pueden dejarse en el tanque del aspersor (o los conductos) los que formarán un residuo al aplicarse con la siguiente substancia química que se maneje. También, algunos materiales pueden hidrolizarse si se mezclan en una solución acuosa mucho antes de la aplicación. El cianato de potasio es un ejemplo de hidrolización rápida, y el dalapon lo es de hidrolización más lenta. Los polvos hidratables tienden a separarse de una suspensión después de mezclarse con el vehículo; cada recipiente debe agitarse vigorosamente antes de que se vierta su contenido en el aspersor.

ASPERSOR DE DOSIS VARIABLE

Además de los tres métodos de aspersión ya mencionados, a menudo se usa una aplicación variable —o de dosis logarítmica— en las pruebas de selección primaria. Existen en el mundo diversos aspersores de dosis variable,

con diferentes grados de complejidad. Los modelos más recientes son relativamente baratos y de fácil mantenimiento.

En general, el aspersor de dosis variable se emplea en surcos largos individuales para encontrar el grado de dosis óptima de un nuevo compuesto para destruir maleza o para determinar su selectividad al cultivo. Una sola pasada sobre una parcela determinada dará, en efecto, una curva gráfica de respuesta de las plantas ante los compuestos que se prueban. Sin embargo, un significativo programa de investigación de maleza puede conducirse sin el empleo de un aspersor de dosis variable.

ASPERSION DOBLE

La uniformidad de la aplicación puede mejorarse con alguno de los métodos previamente mencionados —excepto el aspersor logarítmico— usando suficiente volumen de material de vehículo para rociar dos veces una parcela. En cada paso de la aspersión doble, se aplica la mitad de la dosis, y cada viaje se realiza en dirección opuesta.

ORDEN DE ASPERSION Y MANEJO DEL EQUIPO

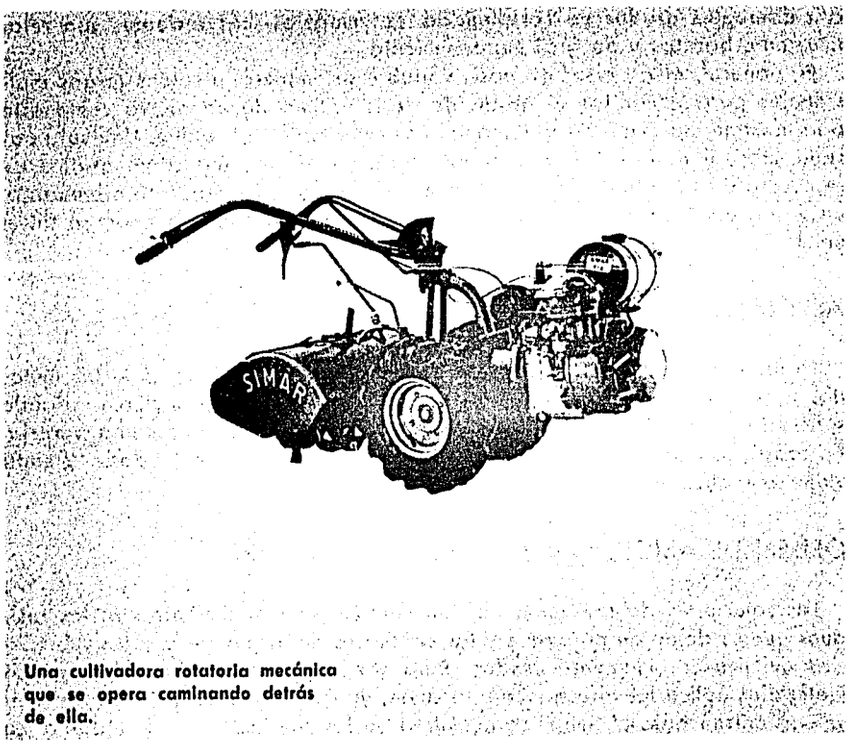
Las soluciones de aspersión pueden contaminarse fácilmente con los residuos que se dejan en el tanque y los conductos del aspersor, por las substancias químicas previamente usadas. Rara vez hay alguna dificultad con los materiales aplicados directamente al suelo, ya que la mayoría de los residuos se encuentran bajo el límite de actividad en las condiciones del subsuelo. La contaminación en las aplicaciones foliares puede ser grave: diminutas cantidades de compuestos para regular el crecimiento, pueden tener una influencia muy marcada sobre las plantas.

Existen varios procedimientos para impedir la contaminación. El primero —y el más obvio— es la limpieza del aspersor. El tanque y los conductos deben enjuagarse totalmente entre las aplicaciones de tipos diferentes de productos químicos. Cuando la aspersión es completa, todo el sistema del aspersor debe lavarse con acetona (para limpiar cualquier depósito) y, después, volver a llenarse con agua y amoniaco, u otro agente limpiador, y dejarse reposar durante 24 horas antes de vaciarse y almacenarse.

Se puede seguir un orden general de aspersión para reducir el lavado del aspersor y, todavía, evitar los problemas de contaminación. Para un compuesto determinado, siempre aplique primero la dosis más baja del material menos activo. Cuando se empleen grupos de substancias químicas, aplíquense primero las sales solubles, después los polvos hidratables y los concentrados emulsivos en último término, ya que los últimos son los más difíciles de lavar. Usando esta secuencia, una sal soluble (amitrole) precedería a un polvo hidratable (diuron); y un concentrado emulsivo (2, 4-D), sería el último.

METODOS DE INCORPORACION AL SUELO PARA HERBICIDAS

Los métodos de incorporación al suelo, utilizados con herbicidas, varían según las substancias químicas y las condiciones en que se desarrolla el cultivo. Generalmente, la incorporación más eficiente al suelo se logra con una cultivadora rotatoria mecánica. Las hojas de la cultivadora deben tener un



Una cultivadora rotatoria mecánica que se opera caminando detrás de ella.

espacio lo suficientemente estrecho entre una y otra, para proporcionar un barrido correcto de la superficie del suelo.

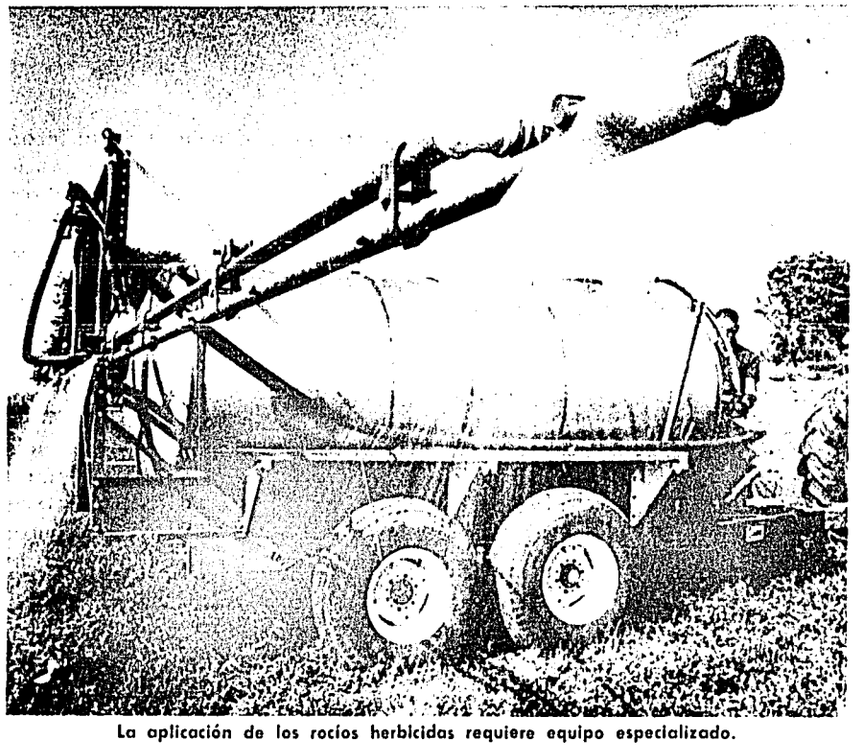
La siguiente técnica de incorporación más eficiente para materiales volátiles, tales como EPTC y substancias químicas relacionadas, es la de doble disco (con control ajustable, de profundidad positiva) operada dos veces sobre la superficie experimental en ángulos rectos (norte-sur y este-oeste) y a una velocidad de 6.5 a 9.5 km por hora. Una grada de dientes, aunque no tan eficiente como un disco, proporciona un medio relativamente útil para la incorporación al suelo, especialmente en terrenos ligeros, siempre que sus dientes se ajusten a un ángulo bastante agudo y pasándola varias veces sobre la superficie. La incorporación eficiente en los suelos secos, también se puede lograr con la grada Flextine o la deshierbadora de barra.

El último medio eficaz de incorporación, generalmente, es una grada de dientes con resortes; esta tiende a dar una variación extrema en el modelo de distribución dentro de la zona que se trabaja. En algunos cultivos por zonas, puede dañarse la máquina, y en otros puede no realizar el deshierbe. Sin embargo, existen muchos tipos de gradas de dientes con resortes, y algunas son más eficientes que otras. La azada rotatoria y las llamadas cultivadoras para aspersión, tales como la Howery Berg, también son relativamente ineficaces para la incorporación, excepto en suelos ligeros y secos, aunque la distribución es buena. Un trabajo reciente con la apisonadora oblicua, indica que este implemento debe ensayarse más para los estudios de incorporación al suelo.

Profundidad de la incorporación. Básicamente, la profundidad de la incorporación depende del tipo de substancia química. Con materiales que se absorben altamente en el suelo y que son totalmente estables químicamente (triasinas, uracilos, ureas y materiales similares), la incorporación a poca profundidad es la mejor. Los materiales se deben mantener tan cerca de la superficie del suelo como sea posible, pero permitiendo su incorporación en la zona en que germinan las semillas de la maleza. Se pueden necesitar de 5 a 8 cm de profundidad en los cuadros de siembra muy secos, mientras que con buenas condiciones de aquéllos, serán suficientes solamente de 2.5 a 5 cm. El paso profundo de los discos destruye gran parte de la eficiencia de estos materiales. Los productos más volátiles, tales como los carbamatos, son más eficaces cuando se incorporan al suelo hasta una profundidad mínima de 5 a 8 cm, contra maleza anuales y juncia (**cyperus** sp.) y hasta 15 cm para los sistemas perennes de rizomas, tales como la grama del norte (**Agropyron repens**). Con las substancias químicas más volátiles, la incorporación inmediatamente después de la aplicación, es extremadamente importante.

METODO DE INYECCION AL SUELO

Actualmente, existen dos tipos básicos de equipo para inyectar parasiticidas en el suelo. El primero está ideado para aplicar un modelo sin soluciones de continuidad a una región, y el segundo trata solamente una banda estrecha del terreno, encima, o a cada lado del surco sembrado. La eficiencia de los herbicidas inyectados al suelo depende, usualmente, de su movilidad; los vapores de los herbicidas deben moverse a la profundidad específica del suelo en concentración suficiente para proporcionar el control deseado.



La aplicación de los rocíos herbicidas requiere equipo especializado.

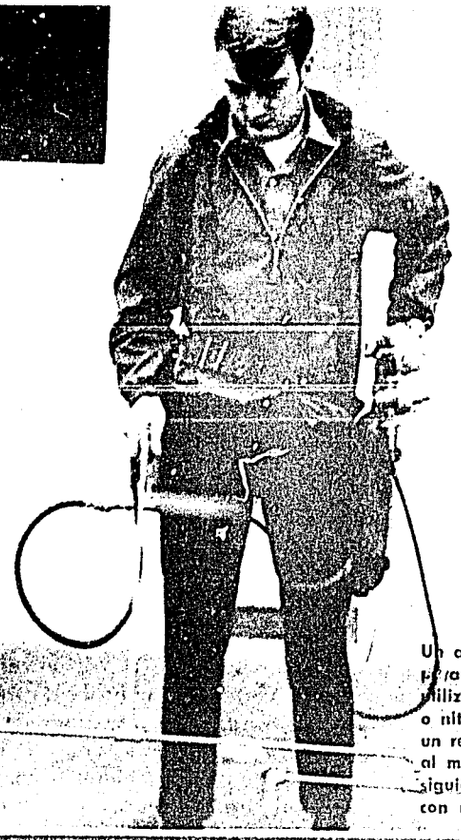
VII APLICADORES PARA LA INVESTIGACION DEL CONTROL QUIMICO DE LA MALEZA

La investigación en la ciencia de la maleza ha alcanzado un nivel de complejidad que subraya la necesidad de utilizar no solamente métodos científicos, sino, también, equipo moderno para asegurar la exactitud y eficacia de la aplicación. En la actualidad, cierto número de fabricantes ofrece una variedad de unidades específicamente diseñadas para el trabajo de investigación, así como el vasto conjunto de aspersores y aplicadores comerciales que, bajo ciertas condiciones, también se pueden usar para el trabajo de investigación.

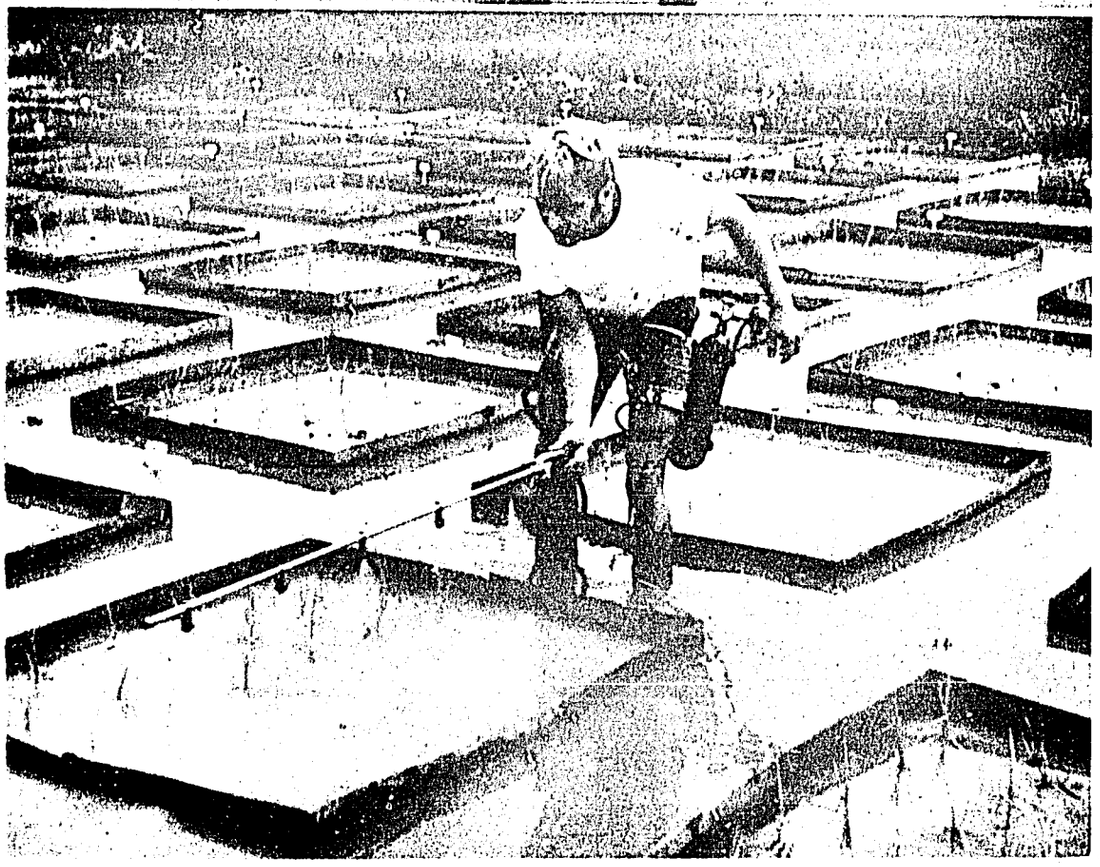
TIPOS DE EQUIPO

Existe un tipo y un tamaño de aplicador —en la mayoría de los casos, un aspersor— apropiado para cada aplicación de herbicida. Algunas unidades sirven para propósitos múltiples; otras están diseñadas para usos específicos. La selección depende de (1) tamaño de la zona de investigación que se necesita cubrir, (2) naturaleza de la aplicación deseada, (3) tipo de material empleado, (4) factores económicos comprendidos, y (5) otro equipo (tal como tractores) disponible.

Un tipo de aspersor de mochila incorpora una bomba operada con la palanca manual del lado izquierdo.



Un aspersor muy portátil empleado para el trabajo de investigación, utiliza aire comprimido, CO_2 o nitrógeno, que se transporta en un recipiente que lleva el operador al muslo izquierdo. La fotografía siguiente muestra el mismo aspersor con una extensión diferente.



Aspersores de aire comprimido. Los aspersores de aire comprimido, son de diseño y operación sencillos, relativamente baratos y, usualmente, de bajo costo de mantenimiento. Las partes esenciales incluyen: tanque o depósito, bomba de aire, manguera de aspersión, tubo de descarga (del fondo del tanque a la manguera), tubo de extensión para aspersión, válvula y boquilla de control de la aspersión. Los aspersores pequeños están provistos de una manivela para transporte, y los más grandes, de una correa para el hombro; algunos se montan en un bastidor con ruedas.

El tanque está provisto de un tapón para llenado, del tipo de presión. En algunos modelos, se proporciona un cuello en forma de embudo para facilitar el llenado del tanque. Otros modelos poseen un diseño de extremo abierto con una abertura más grande; se llenan o vacían fácilmente, y pueden limpiarse completamente sin dificultad.

Los tanques se fabrican de material resistente a la corrosión, usualmente, acero galvanizado; existen algunos modelos con tanques de acero inoxidable, cobre o latón para proporcionar una vida útil más larga; un buen diseño de tanque elimina los rincones para mejorar la agitación e impedir que el material se aloje en ellos. Usualmente, los tanques varían en capacidades de ½ a 5 galones (de 2 a 20 litros).

Para obtener los mejores resultados en la aspersión, el procedimiento que se recomienda es el de llenar el tanque a no más de las tres cuartas partes de su capacidad, dejando, así, un espacio de aire para desarrollar la presión con la bomba. Las presiones normales de operación, de 2.11 a 3.51 kg/cm^2 (30 a 50 libras por pulgada cuadrada) se mantienen mediante bombeo manual, o con un compresor de aire, por separado. Si se usa material en polvo hidratable, se mezcla totalmente en un recipiente separado y la mezcla se vierte dentro del tanque del aspersor a través de un cedazo. El tanque se debe sacudir o agitar frecuentemente, para mantener mezclado el material de la aspersión y evitar que se asiente. Se debe tener cuidado al abrir un tanque cuando todavía contenga aire bajo presión. Algunas unidades pueden estar equipadas con una válvula relevadora de presión.

Aspersores de mochila. Un modelo común de aspersor es el de mochila o unidad compacta para la espalda, que se fija con correas para los hombros. Algunos aspersores de mochila poseen bombas integrales del tipo de pistón o diafragma, con las que el operador bombea continuamente para mantener la presión necesaria. La manivela de la bomba se puede montar a cualquier lado de la unidad para permitir operarla desde la derecha o la izquierda, según se desee.

Se proporciona una cámara de presión para eliminar pulsaciones y generar una presión uniforme. Otros modelos están equipados con una bomba de doble acción de tipo deslizante. Las presiones de aspersión varían de 5.60 a 12.65 kg/cm^2 (80 a 180 libras por pulgada cuadrada).

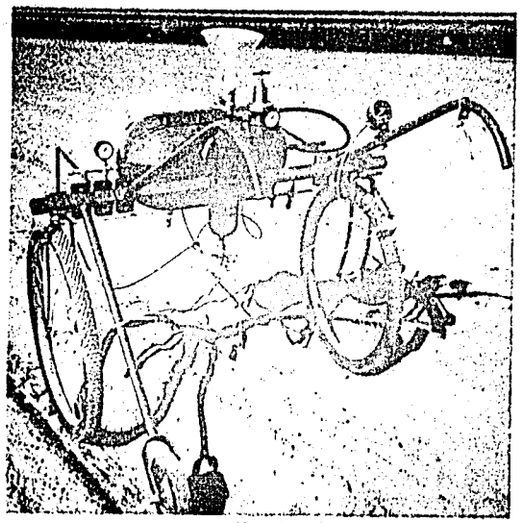
La agitación del material de aspersión dentro del tanque, se proporciona por medio de un agitador mecánico en algunos modelos, y en otros, mediante agitación hidraúlica o de chorro.* Los tanques se fabrican de acero galvanizado delgado, cobre, acero inoxidable, latón o fibra de vidrio, y varían de 4 a 6 galones (15 a 23 litros) de capacidad.

---

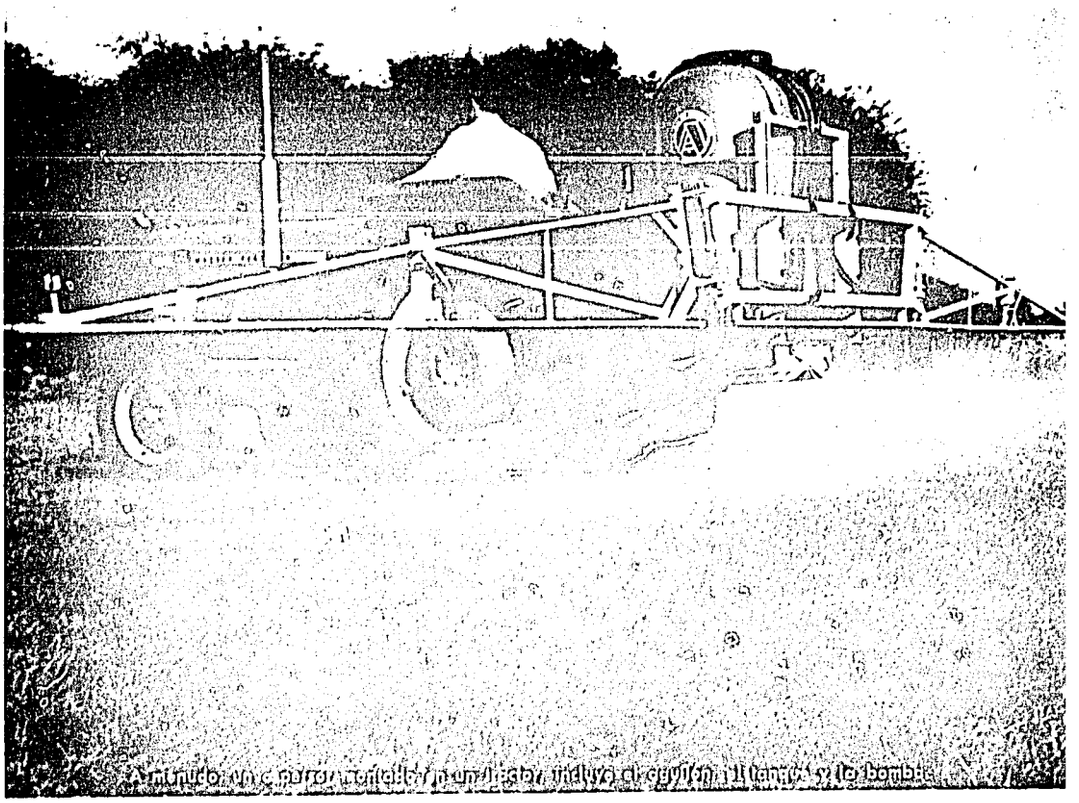
* La mejor agitación se logra con paletas u otro medio mecánico. La agitación hidráulica o de chorro no es adecuada con polvos hidratables.

Aspersores del tipo de "bicicleta" para parcelas. Un aspersor para investigación, muy conocido, es el de "bicicleta", así llamado por las ruedas con rayos, como de bicicleta, que soportan su bastidor. Una o dos ruedas, se montan al bastidor que, usualmente, es de aluminio. Se instala un tanque sencillo o doble, a presión, para el rocío químico, de ½ a 4 galones (2 a 15 litros) de capacidad. Algunos tanques son de acero inoxidable, con una abertura roscada en la parte superior para la entrada de aire, y una salida en forma de cono en el fondo, para la solución. Un tanque pequeño es el equipo más conveniente para el trabajo de pruebas en las parcelas, ya que conserva el aire y permite que se use la solución de aspersión sin desperdiciarse.

Se prefieren los aguilones o extensiones de acero inoxidable de ¼", (6 mm) ya que el aluminio no ofrecerá un servicio normal en el campo. Las boquillas deben estar situadas a 25 cm entre centros para proporcionar un traslape doble a una altura de 50 cm con puntas de 80 grados. Pueden usarse aguilones hasta de 3 m de longitud. La presión proviene de uno o dos tanques de acero inoxidable con aire a presión. Los aspersores de este tipo pueden utilizar cilindros de CO_2 o nitrógeno comprimido en vez de aire.



Un ejemplo de un aspersor del tipo de "bicicleta" para parcelas.



Montado en carro rodante, con unidad individual de agujón, tanque y de bomba.

Aspersores de manguera para jardín. Esta variedad de aspersor está diseñado para conectarse a una manguera del tipo de jardín, de diámetro pequeño 3/8" a 3/4" (0.9 a 1.8 cm) y utiliza la alimentación y presión de agua en la manguera para la aplicación de las substancias químicas. Típicamente, una unidad consiste en un recipiente de vidrio o metal para contener el material concentrado para el rocío, una "pistola" de aspersión montada en la parte superior del recipiente y un conducto de succión desde la pistola hasta el fondo de aquél. Se proporciona una válvula de cierre en la pistola.

Mediante la succión creada por el agua al fluir por las toberas de la pistola, el rocío concentrado se succiona desde el depósito hacia arriba, se mide y se mezcla con el agua que sale de la manguera por la pistola. El rocío diluido resultante sale por la boquilla. Un recipiente de 1/4 de galón (1 litro) de rocío concentrado, producirá 5 a 6 galones (20 a 24 litros) de rocío diluido. Si bien, este tipo de aspersor es muy útil, está limitado, por supuesto, a zonas que se pueden regar mediante la presión del agua y una manguera para jardín.

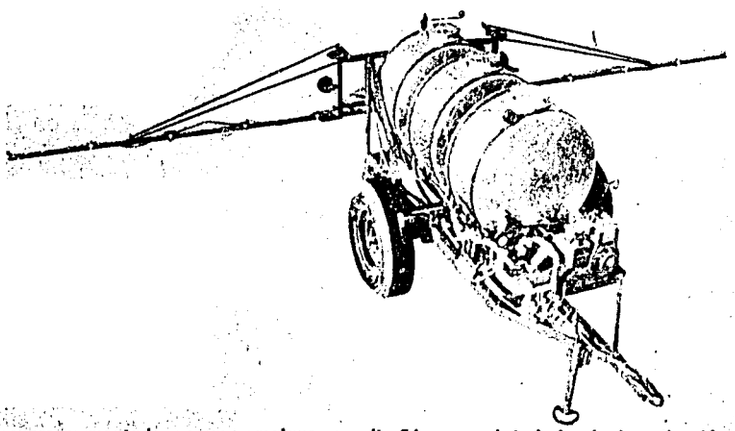
Aspersores de tracción. La energía para impulsar la bomba de un aspersor de tracción, se obtiene de las ruedas, en las que se monta la unidad, al rodar sobre el terreno. Generalmente, los aspersores de

tracción están ideados para las cosechas de surco y, a menudo, están tirados por un caballo o una mula. Estos aspersores no se usan mucho en los Estados Unidos de América, encontrándose, principalmente, en zonas de cultivo de algodón y tabaco en que todavía se usa la tracción animal.

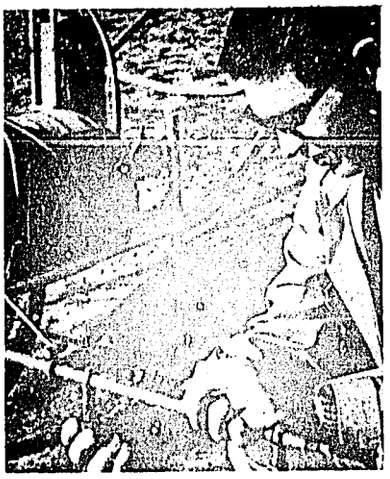
Guantes herbicidas. La Organización para la Investigación de la Maleza (WRO) del Reino Unido, ha desarrollado, recientemente, unos guantes herbicidas que se usan en el tratamiento de maleza aislada que no pueden atacarse fácilmente por otro medio en presencia de un cultivo. Con el uso del guante, se trata de reducir el volumen de mano de obra comprendida en la eliminación de maleza que haya escapado de un tratamiento anterior con herbicidas, o donde se desconoce su presencia hasta que son visibles sobre el cultivo.

Un operador lleva un tanque a la espalda, con herbicida preparado, que sale a través del guante. Este se emplea para untar las cabezas de la semilla de maleza con herbicida y reducir su viabilidad. Las densidades de maleza herbácea de 2000 a 3000 panículas por hectárea, pueden tratarse con facilidad, y las densidades mayores se pueden manejar, aparentemente, sin mucha dificultad.

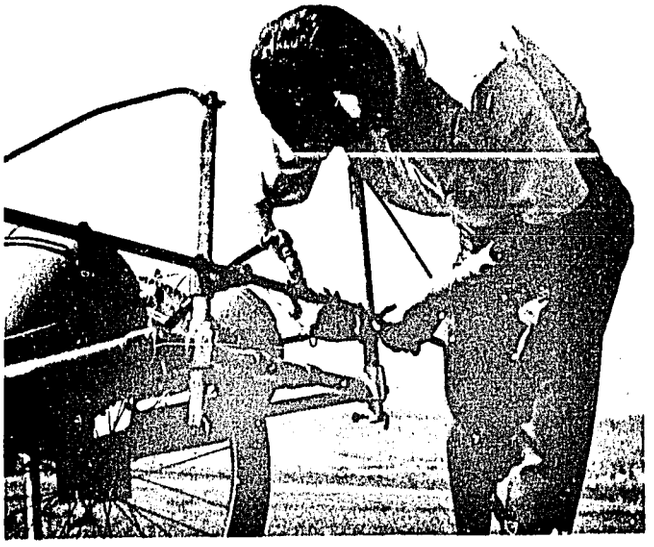
Aspersores para maleza montados en un tractor. Las operaciones de investigación, así como las empresas agrícolas comerciales, pueden encontrar en el aspersor para maleza montado en un tractor, un método útil para la aplicación de herbicidas en una amplia variedad de parcelas y cultivos. Estos aspersores varían desde los del tipo impulsado por la toma de fuerza hasta el que se opera con una máquina auxiliar, y desde tanques de almacenamiento construidos en fábrica, hasta bidones descartados (pero no dañados) de aceite. Los tanques pueden llevarse en bastidores en el frente, o al lado de la máquina, o en la parte trasera del tractor. El aguilón se puede montar en el frente, en la parte media, o detrás del tractor. El sistema de distribución montado en el frente permite buena visibilidad para su operación. Los sistemas de enganche de tres puntos ahorran tiempo en el acoplamiento y separación del equipo y son, por lo tanto, muy útiles.



Este aspersor, montado en un remolque, se diseñó para el trabajo de investigación en las parcelas y tiene tres tanques separados con tubos y válvulas de interconexión.



El primer paso en la calibración de un aspersor es instalar las boquillas deseadas (arriba). Después, obtener una comprobación del grado de flujo, recolectando el rocío de las boquillas (derecha) y determinando cualquier diferencia en los grados de flujo de las boquillas (derecha abajo).



Antes de calibrar un aspersor, deben comprobarse cuidadosamente todas sus partes para obtener un funcionamiento correcto.

Aplicador de material granular operado a mano.

Otro tipo de equipo mecanizado es el aspersor autopropulsado, con tanques de gran capacidad, aguilones hasta de 18 metros de longitud y controles complicados. Básicamente, estas unidades están diseñadas para grandes operaciones de agricultura comercial, pero, en raras ocasiones, pueden justificarse para la investigación en labores en que se requiere la aspersión de grandes superficies.

Aspersores montados en un remolque. Se usa, indistintamente, una toma de fuerza del equipo de tracción (tractor, jeep, etc.) o una máquina auxiliar para operar un aspersor montado en un remolque. Los controles de éste se arreglan de manera que estén accesibles para el operador. A menudo, estos aspersores se diseñan con anchuras ajustables de rodada para facilitar su uso en una diversidad de espacios de parcelas o surcos. El aguilón puede montarse en el frente o en la parte trasera del remolque.

Las ventajas de las unidades de remolque son: que pueden acoplarse y separarse fácilmente, que dejan libre el vehículo de tracción para utilizarlo en otras labores, y que pueden transportar tanques de gran capacidad.

Aspersor logarítmico. Diseñado específicamente para el trabajo de investigación, el aspersor logarítmico facilita la salida de una solución que decrece desde una concentración inicial hasta una mezcla muy diluida. Por lo tanto, esta unidad está bien adaptada para el trabajo en la selección de nuevos herbicidas.

El principio en el trabajo de selección es el establecimiento de la tolerancia del cultivo para un rocío químico y, simultáneamente, determinar la cantidad mínima de material requerida para lograr la erradicación de la maleza. Otra técnica de investigación comprende la mezcla de dos herbicidas o, quizás, un herbicida y un aditivo, tal como un agente hidratable. Las concentraciones y las relaciones de mezcla más deseables pueden identificarse mediante el uso de la unidad logarítmica. Esto se logra colocando una substancia química en el tanque de concentrados, y el otro material en el depósito de dilución; así, resultan las relaciones constantemente variables de los dos compuestos.

Se montan dos tanques a presión en el aspersor y se conectan mediante tubería y válvulas. Cada tanque se llena con una solución diferente. Los líquidos fluyen de un "tanque de dilución", que contiene el agente hidratable, hacia otro "tanque de concentrado" y de éste a las boquillas de descarga. El primer líquido que pasa por éstas no está diluido y posee toda su fuerza. Al mezclarse el líquido del "tanque de dilución" con la otra solución, la concentración de las mezclas finales varía logarítmicamente.

Aplicadores granulares operados a mano. Ciertos herbicidas se formulan como material granular y requieren el uso de un aplicador para administrarlos. Generalmente, estos aplicadores son de peso ligero, con una manivela para activar el rociador granular, ya sea una correa para el hombro en los modelos transportados por un hombre o un carro con ruedas. El depósito y el surtidor se construyen de metal, o de plástico irrompible, resistente a la corrosión. Los grados de aplicación pueden variar de 1.12 a 9.06 kg por 100 metros cuadrados en anchuras de barrido de 1 a 3.6 m. El grado y el barrido se pueden ajustar fácilmente para aplicar la cantidad deseada de gránulos de herbicida.

COMO CALIBRAR UN ASPERSOR

La aplicación de las aspersiones de substancias químicas requiere precisión.

El exceso de éstas no solamente es un desperdicio, sino puede dañar la cosecha y arruinar la investigación; el no aplicar suficiente material puede redundar en una erradicación deficiente de la maleza, y la obtención de datos falsos. La clave para el éxito de la aspersión de herbicidas es la calibración correcta y completa del equipo de aspersión.

Variables de la aspersión. Las etiquetas de los herbicidas incluyen, usualmente, información sobre los grados recomendados para la aplicación por hectárea o por acre. También pueden recomendar una diversidad de presiones de operación para la aspersión y la cantidad de vehículo (agua o aceite) para usarse por unidad de superficie, para obtener los mejores resultados.

Los grados de aplicación dependen de la velocidad de desplazamiento del aspersor; el tamaño de las boquillas, el número y la separación de ellas; la presión y la descarga de la bomba del aspersor; la altura del aguilón de las boquillas; la relación de agua y solución en el tanque; y la concentración de los materiales de la aspersión. Por todas estas variables, es una práctica corriente calibrar los aspersores antes de introducir el herbicida real.

10 pasos para la calibración. Existen muchos métodos de calibración. Los siguientes pasos generales son guías que pueden emplearse con éxito en una amplia variedad de equipo:

A. Con el aspersor montado y listo para operar, compruébense todas las partes y boquillas, para el funcionamiento correcto. Una comprobación exacta del grado de flujo de cada boquilla puede hacerse montando o conectando un recipiente bajo cada una de ellas, a lo largo del aguilón, para recoger el rocío. La cantidad de éste que se recolecta en cada recipiente determinará las diferencias en los grados de flujo de las boquillas.

B. Los aspersores se deben calibrar en el campo, un poco antes de la aspersión, de manera que las condiciones sean lo más semejante posible a las que se encontrarán durante la aplicación real.

C. Llénese el tanque con agua, ya sea hasta el borde superior o hasta un punto determinado. Será necesario calcular la cantidad de agua aplicada (usada) en una pasada de prueba para la calibración.

D. Mídase y márquese alguna distancia conveniente, por ejemplo, 50 metros para los aspersores operados a mano, y 200 metros para las unidades operadas con un tractor. La superficie rociada deberá ser lo suficientemente grande para proporcionar una medición exacta de la aspersión aplicada.

E. Determínese la velocidad del aspersor en un campo con condiciones de suelo similares a la parcela real de investigación. Selecciónese la velocidad de operación y la presión de boquilla deseadas. Para calcular la velocidad de los aspersores propulsados por un hombre, se puede obtener la velocidad de paso aproximada para operar el aspersor, caminando sobre la superficie que se va a tratar, pero aplicando agua de la misma manera en que se rociará la substancia química:

— medir en metros la distancia cubierta en diez segundos, exactamente.

— repetir el procedimiento varias veces para obtener una velocidad promedio de paso.

convertir la velocidad de paso en kph como se muestra a continuación:

SISTEMA METRICO		SISTEMA INGLES	
Distancia en 10 segundos (metros)	Velocidad promedio (kph)	Distancia en 10 segundos (pies)	Velocidad promedio (mph)
5½	2	22	1½
8	3	29	2
11	4	36	2½
14	5	44	3

La velocidad también se puede encontrar resolviendo la proporción siguiente:

$$\frac{\text{Distancia en metros (pies)}}{\text{10 segundos}} = \frac{X}{\text{3600 segundos}} \quad \text{(o sea el número de segundos por hora)}$$

Después, divídase el resultado por 1000 metros ó 5280 pies, para encontrar kph o mph. Ejemplo: un operador que lleva un aspersor de mochila camina un promedio de 8 metros en 10 segundos, en varias pasadas de prueba:

$$\frac{\text{8 metros}}{\text{10 segundos}} = \frac{X}{\text{3600 segundos}} \qquad X = 2880 \text{ metros por hora}$$

Por lo tanto,

$$\frac{\text{2880 metros por hora}}{\text{1000 metros/kilómetro}} = 2.88 \text{ kph o, aproximadamente, 3 kph}$$

F. Opérese el aspersor a la velocidad y presión seleccionadas, sobre la distancia medida previamente. Asegúrese de que el aspersor viaja a la velocidad escogida al aproximarse al marcador inicial, y que mantiene la misma velocidad durante toda la distancia medida. La válvula del aspersor se abre en el marcador inicial y se cierra en el final.

G. Determínese el volumen de líquido aplicado en una pasada, midiendo los litros (galones) necesarios para volver a llenar el tanque. O bien, antes de efectuar la aspersión, móntese un recipiente bajo una de las boquillas; úsese un cilindro graduado para medir la cantidad de material recolectado después de completar la pasada; multiplíquese esta cantidad por el número de boquillas para obtener la cantidad total aplicada.

H. Mídase la anchura del modelo de aspersión en metros (pies) (depende de la distancia del orificio de la boquilla a la superficie de aplicación). La altura del aguilón y el modelo de boquilla deben seleccionarse para dar solamente un traslape ligero para obtener la cobertura.

I. Usese la proporción siguiente para calcular el número de litros (galones) por hectárea (acre).

$$\frac{\text{cantidad de agua usada, litros (galones)}}{\text{superficie de prueba, metros (pies) cuadrados}} = \frac{X}{\text{superficie de una hectárea (acre)}}$$

Ejemplo: un aspersor de aguilón, con un modelo de aspersión de 2 metros de anchura, arroja 1.5 litros de agua sobre una distancia de prueba de 50 metros.

1 hectárea = 10,000 metros cuadrados

$$\frac{\text{1.5 litros}}{\text{100 metros cuadrados}} = \frac{X}{\text{10,000 metros cuadrados}}$$

Por lo tanto, la cantidad de agua entregada = 150 litros por hectárea. (Para obtener los equivalentes en el sistema inglés, véase el Apéndice A, Tabla 1.)

J. El volumen de concentrado de aspersión debe agregarse para obtener el grado total de aplicación deseado. Por ejemplo, si un operador utiliza un aspersor de mochila (capacidad del tanque, 16 litros) y desea aplicar 1 kg de 2,4-D (0.5 kg de ingrediente activo por litro de concentrado) en 150 litros de solución por hectárea, calibra el aspersor para arrojar 150 litros por hectárea. Después, mezcla 148 litros de agua con 2 litros de herbicida 2,4-D. Para una carga de un tanque de 16 galones calcularía, proporcionalmente:

$$\frac{2 \text{ litros}}{150 \text{ litros}} = \frac{X}{16 \text{ litros}} \qquad X = 0.213 \text{ litros de 2,4-D}$$

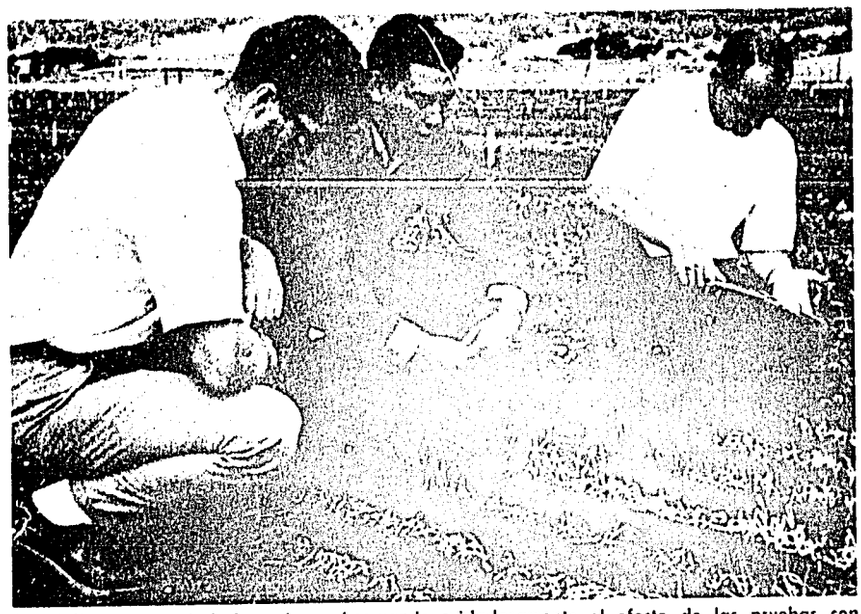
Entonces, mezclaría 15.787 litros de agua con O.213 litros de 2,4-D por carga de tanque.

Los grados de descarga pueden aumentarse o disminuirse modificando la velocidad del aspersor o la presión de la boquilla.

Una pasada de prueba para determinar la velocidad de tránsito. Nótese la estaca de madera que marca el punto inicial.

Se marca una franja de prueba para las pasadas de calibración.

El tanque de líquido se llena con agua antes de efectuar una pasada de prueba.



Especialistas en control de maleza observando cuidadosamente el efecto de las pruebas con nuevos herbicidas.

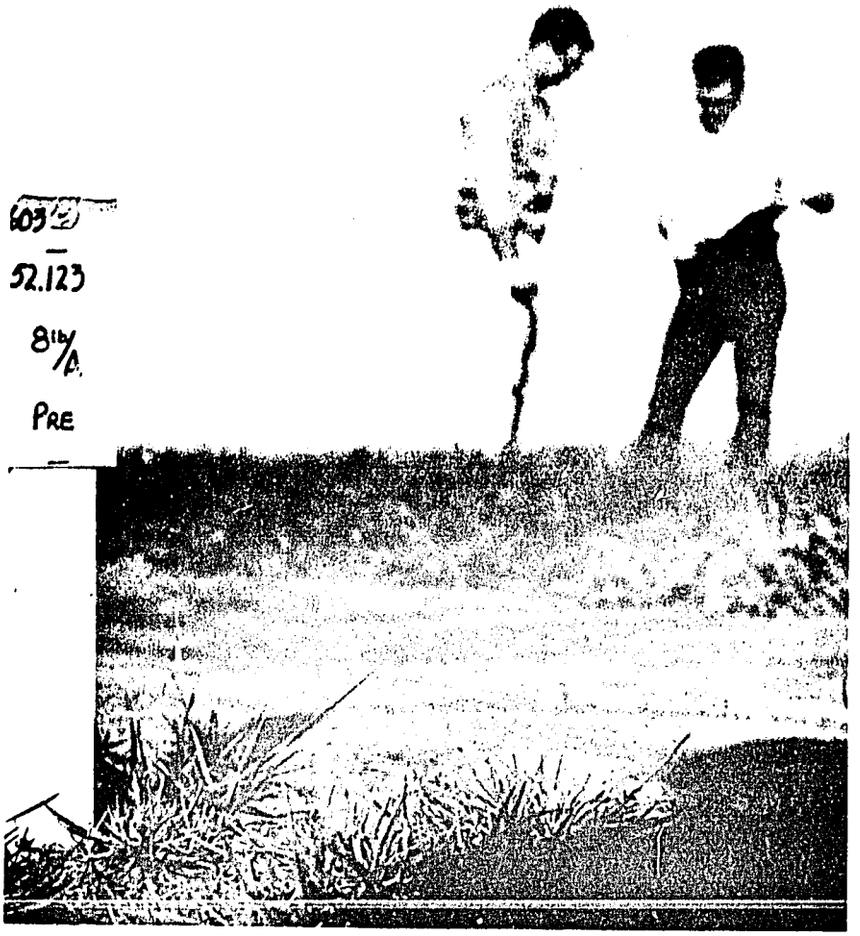
VIII EVALUACIONES DEL CONTROL DE LA MALEZA

Los agricultores están interesados en obtener el máximo rendimiento sobre el dinero que invierten en el cultivo agrícola. Se interesan por cualquier programa de control de maleza que proporcione la destrucción máxima de ésta, mientras provoque un efecto mínimo sobre la cosecha. Rara vez un solo herbicida ataca todas las malas hierbas que se encuentran en algún cultivo determinado. Como resultado, se están desarrollando combinaciones de herbicidas basadas en el comportamiento del espectro de maleza que afecta cada substancia química. Por lo tanto, ha surgido la necesidad de evaluar e informar la respuesta a los herbicidas sobre la base de especies individuales de maleza.

NORMALIZACION Y MANEJO DE DATOS

El creciente volumen de investigación sobre el combate de maleza está estimulando el trabajo hacia la normalización de métodos. La recolección de datos de las parcelas también puede idearse de tal manera que se pueda manejar con una computadora. Se están efectuando trabajos sobre varios sistemas. La adopción creciente del sistema de evaluación de observación visual, con potencial para la computación, significaría una mayor facilidad en la interpretación de los datos, entre los investigadores de la erradicación

Cada parcela de prueba debe identificarse claramente con datos pertinentes.



de maleza en todo el mundo. Finalmente, el creciente uso de las computadoras para almacenar y recuperar datos a escala nacional e internacional, puede generar beneficios óptimos para la investigación sobre la erradicación de maleza.

Los métodos de recolección e interpretación de datos son, a la vez, aspectos importantes y de controversia en la investigación sobre el control de maleza. Sin embargo, existe un amplio acuerdo entre los investigadores en que el obtener un registro de los datos del ambiente, tan completo como sea posible, antes y después de la aplicación, es esencial para la determinación cabal de la actividad de los herbicidas.

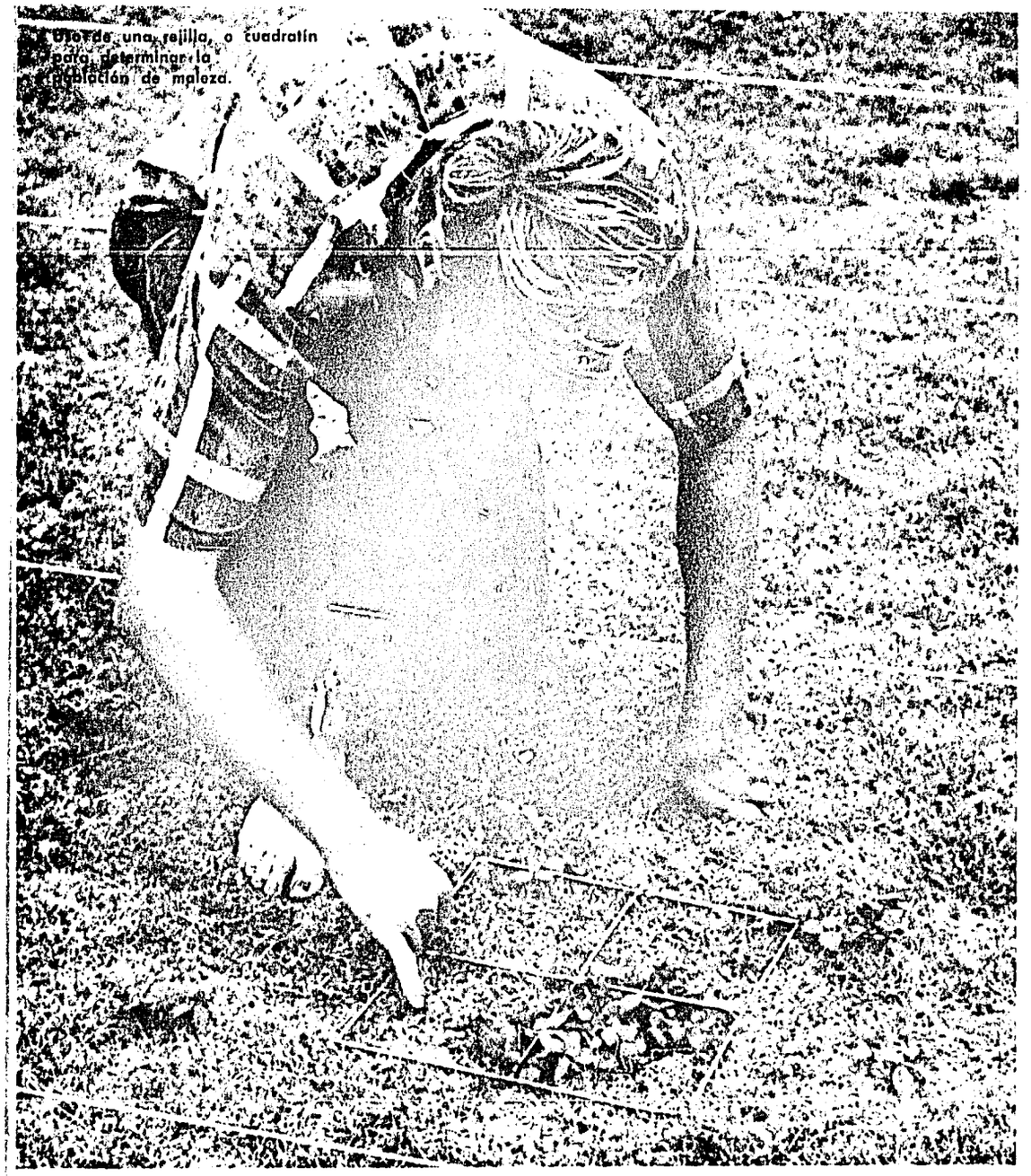
Pueden emplearse varias técnicas para determinar y evaluar las respuestas de la maleza a los herbicidas; cada uno tiene sus ventajas y sus desventajas. El método seleccionado debe ser el que sirva mejor a los objetivos del experimento y que entre dentro de los límites de tiempo y recursos financieros disponibles del investigador y la institución.

FACTORES DEL AMBIENTE

Como las respuestas de las plantas a los herbicidas se afectan por las condiciones del ambiente, la evaluación precisa de la actividad de los herbicidas, sólo es posible cuando se registran y consideran la mayoría de estos elementos en el proceso de evaluación. Algunos factores importantes del ambiente, son:

1. Suelo.
   a. clase, por ejemplo, arena, arcilla arenosa, etc.
   b. tipo de barro, por ejemplo, caolinita, monmorrillonita, etc.
   c. pH
   d. contenido de humedad al momento de la aplicación
   e. porcentaje de materia orgánica
   f. temperatura del suelo

Evaluación de un nuevo herbicida para cultivos múltiples en una parcela de investigación.



Uso de una rejilla, o cuadratín para determinar la población de maleza.

2. Temperatura y humedad del aire al momento de la aplicación.
3. Lluvia o riego, cantidad y cuándo ocurre.
4. Intensidad de la luz al momento de la aplicación, por ejemplo, nublado, soleado, etc.

OTROS FACTORES IMPORTANTES

Además de los elementos ambientales, existen otros factores que deben registrarse y considerarse al analizar las respuestas a los herbicidas, que incluyen:

1. Nombres (científico y común) y variedad de la cosecha y/o especies de maleza involucradas.
2. Nombre del herbicida, es decir, común o genérico, marca de fábrica, formulación y nombre del fabricante.
3. Grado de aplicación del herbicida (kg por hectárea, libras por acre) expresado como ingrediente activo (ia) o equivalente de ácido (ea).
4. Aditivos de aspersión, auxiliares, tipo y proporción del vehículo.
5. Control del tiempo de la aplicación (antes de la siembra, antes, o después del brote de las plantas), tipo de aplicación (al voleo o en franjas, y si se incorpora, la clase de equipo que se utiliza).

Se reconoce que cierta información puede ser imposible de obtener —especialmente cuando se emplean sitios fuera de la estación— pero mientras más completos sean los datos ambientales y suplementarios, más válida será la interpretación de los resultados del experimento.

CRITERIO DE EVALUACION Y METODOS

Existen cuatro criterios básicos para la evaluación de los tratamientos en la erradicación de maleza:

1. Frecuencia de la incidencia.
2. Conteo de la maleza.
3. Cobertura de terreno.
4. Peso.

Los métodos experimentales que se pueden usar con cualquiera de los criterios son:

1. Observaciones visuales.
2. Conteo individual, o recolección (varios tipos) y peso.

Frecuencia de la incidencia. Este criterio es una medida cualitativa que se emplea para indicar la presencia de una especie dentro de una zona de muestreo determinada. Es útil al observar la incidencia y extensión de la dispersión de especies en ciertas regiones geográficas o para medir cambios en la composición vegetal sobre un período de tiempo. Un estudio sencillo de la frecuencia, utiliza la observación visual y, por razones obvias se denomina "la investigación desde la ventanilla del auto". El investigador detiene su vehículo a intervalos predeterminados a lo largo de un itinerario (por ejemplo, cada kilómetro) y observa la presencia o ausencia de la maleza en cuestión. Esta es una técnica útil para estimar rápidamente la incidencia o diseminación de hierbas en particular dentro de una región geográfica.

Se han hecho estudios más complejos de la frecuencia colocando un cuadratín (o bastidor) dentro de las parcelas de experimentación y anotando la especie que aparece dentro de aquél. Los tamaños y formas de los cuadratines varían según el tipo de vegetación presente.

Conteo de la maleza. La reducción en el herbaje de una maleza (número de hierbas) es una medición común de la actividad del herbicida. Un método popular es el de estimar visualmente la reducción de

la especie comparada con una parcela testigo. Las reducciones se expresan como un porcentaje del control: O equivale a control nulo (ninguna disminución en número) y 100 representa la eliminación completa. Este es un método rápido; también permite al observador aplicar su criterio al hacer correcciones para los cambios de densidad del herbaje de la maleza para zonas diferentes del sitio de prueba. Es útil tener cierto número de parcelas testigo o zonas entre las orillas de las parcelas para referencia frecuente del observador.

Un segundo método para determinar la reducción del herbaje, es contar la maleza (por especies) en una superficie unitaria de muestra. Este método proporciona datos cuantitativos que no están influenciados por variaciones en las lecturas del evaluador, pero es un sistema mucho más lento que la observación visual. Tampoco permite las variaciones en las densidades de la maleza, que ocurren inevitablemente dentro de las zonas experimentales, ni por la influencia de los roedores u otros factores que no se miden en el experimento.

Cobertura del terreno. La cobertura se refiere a la cantidad relativa de terreno cubierto por la vegetación. Este criterio de evaluación se emplea, principalmente, para la investigación que comprende los esterilizadores de suelos.

Los esterilizadores de suelos están diseñados para eliminar lo más posible la vegetación en un intervalo determinado de tiempo o, en muchos casos, durante el mayor tiempo posible con los fondos disponibles. La evaluación se basa, principalmente, sobre la cobertura de terreno y en las especies de plantas no erradicadas.

La cobertura de terreno se puede determinar usando rejillas (en un sistema de rejillas, se cuenta el número de cuadros ocupados por alguna parte de una planta) o cualesquiera de los otros métodos que se emplean en la investigación del follaje, particularmente, estudios de manejo del grado, que proporcionan una medición de la superficie ocupada. La cobertura también se puede determinar por medio de estimaciones visuales.

La elaboración de una lista de las especies de maleza no erradicadas por un herbicida, es útil en la determinación de los modelos de resistencia a diversos compuestos. Esta información ayuda a desarrollar mezclas de herbicidas que atacan un espectro más amplio de malas hierbas que cualquier herbicida que se use solo.

Peso. Las respuestas de la maleza a un herbicida determinado, se evalúan con más precisión utilizando el criterio de peso de la maleza. Los pesos se determinan mediante estimación visual en el campo, o recolectando y pesando una muestra.

La recolección de la parcela experimental puede destruir o reducir la utilidad de ella para mediciones futuras. También, la recolección es una actividad que consume muchísimo tiempo. Los individuos con experiencia en la estimación visual de los pesos de la maleza son, frecuentemente, capaces de calcular con precisión parecida a las mediciones basadas en la recolección y peso reales del follaje de la maleza.

Una técnica relacionada con la medición del peso, es la de estimar visualmente el daño o la reducción del vigor. En este sistema, el daño se expresa como un porcentaje del control en el que O equivale a carencia de daños, y 100 por ciento representa la destrucción de la planta. Los valores de daño más significativos se obtienen, generalmente, por especies. Sin embargo, el porcentaje de daño a los pastos (como clase global) o a las hierbas de

Un investigador eva[illegible]lmente la aplicación del her[illegible] a los arrozales.

hoja ancha son, también, datos útiles. La referencia frecuente a las parcelas testigo no tratadas, es esencial para obtener conclusiones válidas.

EVALUACION DE LAS PRUEBAS DE SELECCION

El objetivo principal de una prueba de selección, es la determinación de la actividad herbicida de los compuestos experimentales en condiciones reales. Las parcelas de control así como los herbicidas comerciales estándar, se emplean comúnmente como puntos de referencia en la evaluación del comportamiento.

El mejor indicador de la actividad herbicida de los compuestos aplicados antes del brote de las plantas, usualmente, es una medida de la reducción del herbaje. Por otra parte, las mediciones del daño y la reducción del crecimiento son, generalmente, mejores indicadores de la actividad después del brote de las plantas. Por lo tanto, es muy ventajoso realizar observaciones del herbaje y la reducción del crecimiento al evaluar pruebas de selección. Generalmente, éstas se determinan mediante observaciones visuales, y los resultados se expresan como un porcentaje de erradicación.

EVALUACION DE LA ERRADICACION DE LA MALEZA PERENNE

Los conteos de maleza, o la reducción del herbaje, son medios útiles para obtener datos cuantitativos sobre la erradicación. El mejor método para recoger datos precisos sobre la maleza perenne, es realizar la cuenta de tallos antes de la aplicación de los herbicidas sobre una superficie unitaria definida que pueda identificarse y localizarse nuevamente, en el futuro. Los conteos de los tallos pueden hacerse uno, dos o más años después de la aplicación, para obtener una medición de la reducción del herbaje. A menudo, las parcelas testigo aumentarán de densidad entre las lecturas, mientras que las parcelas tratadas la reducirán. Por lo tanto, deben corregirse los datos en relación al testigo, o informar sobre los resultados mediante la comparación con la parcela, indicando el aumento o disminución en porcentaje por parcela.

La maleza perenne, que es difícil de separar en términos de tallos individuales, se evalúa, comúnmente, sobre la base de reducción de crecimiento. Usualmente, no se recolecta el follaje —para evitar destruir o alterar una parcela para estudio futuro— a menos que esté en relación con un sistema de cultivo en que la reducción de la competencia sea un factor clave. Las parcelas para la erradicación de maleza perenne, se diseñan, usualmente, para medir procedimientos de erradicación; el peso de las plantas individuales es de poca importancia.

Los cultivos, igual que la maleza, deben evaluarse en el trabajo de investigación.

IX EVALUACION DEL CULTIVO

Los cultivos y la maleza responden igualmente a los herbicidas. Por lo tanto, los métodos aplicables a la evaluación de la maleza también son válidos para los cultivos.

Básicamente, existen dos criterios para la evaluación de las respuestas del cultivo a los herbicidas-herbaje (o cobertura) y rendimiento. Como en el caso de la evaluación de la maleza, ambos criterios se pueden determinar por estimación visual, o por conteo real o recolección, como se indicó en la sección anterior sobre la evaluación de la maleza. Puede ser importante hacer la observación especial de la reducción de tamaño, coloración, encorvamiento u otras anormalidades.

RECOLECCION

La recolección de las cosechas, en los experimentos de erradicación de maleza, puede realizarse con el propósito de obtener datos de rendimiento, muestras para análisis de los residuos de la substancia química, evaluaciones de calidad de la cosecha, o una combinación de algunas de éstas.

Análisis de los residuos. Para análisis residuales, se cosecha una muestra que sea lo más representativa posible de las condiciones de crecimiento en el experimento. Debe conservarse en las condicio-

nes en que se encuentre la cosecha al venderse o consumirse. Por ejemplo, un producto tal como una pastura que se consume fresca deberá congelarse rápidamente. Los granos se pueden embarcar en la forma en que se recolectan, pero el heno debe secarse y convertirse en un producto similar al que se obtiene normalmente antes del embarque.

Generalmente, las compañías químicas desean una muestra de 1.5 kg de materia seca para efectuar los análisis residuales. Las muestras deben embarcarse después de la recolección, tan pronto como lo permitan las circunstancias. Para ciertas cosechas de verduras y frutas, las muestras para residuos también deben tomarse del producto procesado.

Datos de rendimiento. Para obtener datos válidos de rendimiento, la recolección de la cosecha se debe aproximar, cuanto sea posible, a las condiciones normales de esa operación en la producción comercial. Por ejemplo, si se puede, sería ideal usar una máquina combinada para recolectar las cosechas de grano y una cosechadora de forraje para el heno o para una cosecha del tipo del forraje verde picado.

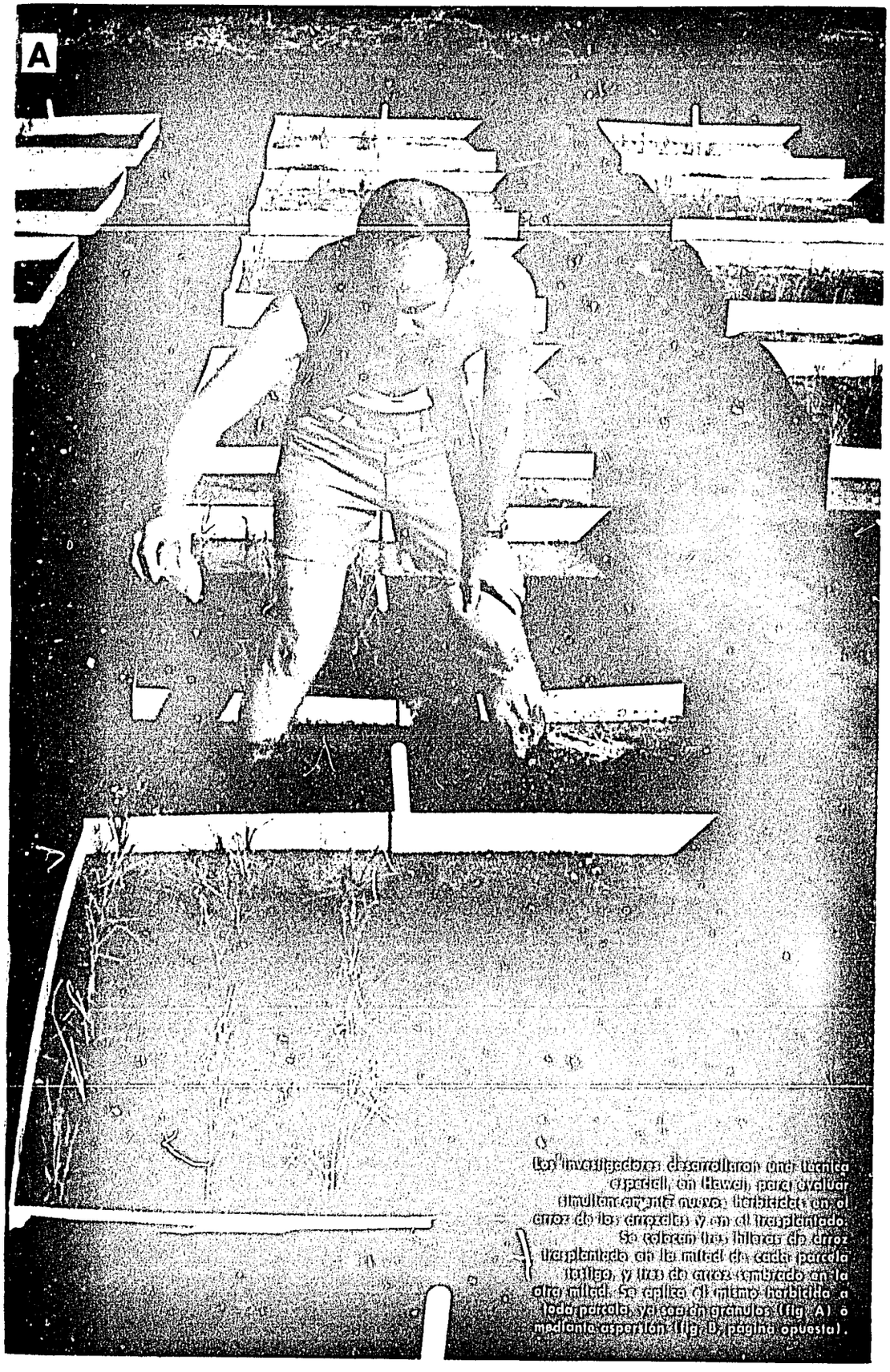
Para un cultivo que se recolecta verde, el peso total de la parcela en esas condiciones debe determinarse inmediatamente en el campo, y tomarse, al azar, una muestra, usualmente de 1.5 a 2.5 kg de la recolección de la parcela, pesarse y registrarse para esa muestra de dicha sección. La muestra se debe llevar a un secador, inmediatamente después de la recolección, y antes que empiece a calentarse y enmohecerse.

Las muestras se deben secar tan rápidamente como sea posible; esto se hace sin formar pilas demasiado altas (en el secador) y permitiendo una circulación máxima en una muestra no empacada para obtener el secado total con una mínima posibilidad de enmohecimiento. El peso seco se determina cuando se supone que las mezclas están secas; se devuelven al secador para otro tratamiento de 24 horas y se vuelven a pesar. Se pueden considerar secas si no hay pérdida adicional de peso; de lo contrario, deben volver a colocarse en el secador durante otras 24 horas o hasta que deje de haber pérdida de peso.

La pérdida de peso entre la medición inicial de una muestra y su peso seco, se emplea para calcular un porcentaje de contenido de materia seca para esa muestra de tratamiento. Estos datos se pueden usar como un factor de corrección en el peso total de la parcela recolectada, a fin de tener todas las parcelas en la misma base de peso seco. Cuando se cosecha maíz, se sigue el mismo procedimiento básico, excepto que toda la cosecha se puede corregir a un contenido determinado de humedad, tal como el 15 por ciento.

Al tomar los datos de rendimiento en cosechas de heno de alfalfa, pastura o forraje, es extremadamente importante determinar la composición de la planta cosechada. Se toma una muestra representativa de cierto tamaño (después de la cosecha) y se separa a mano; los componentes principales en la cosecha se secan por el mismo medio antes descrito.

Por ejemplo, se realiza un experimento para determinar la erradicación del bromo velloso (**Bromus tectorum**) de la alfalfa con una substancia química determinada. Si las parcelas tratadas dan un resultado que deja menos del 2 por ciento de bromo velloso en la cosecha, usualmente es innecesario separar a mano algo más que las parcelas testigo. El bromo belloso debe separarse de la submuestra de alfalfa y secarse para determinar el peso seco relativo del bromo velloso de la alfalfa en el testigo. Estos datos se pueden utilizar para calcular un rendimiento real de alfalfa en relación al contenido



Los investigadores desarrollaron una técnica experimental, en Hawaii, para evaluar simultáneamente nuevos herbicidas en el arroz de los arrozales y en el trasplantado. Se sembraron tres hileras de arroz trasplantado en la mitad de cada parcela testigo, y tres de arroz sembrado en la otra mitad. Se aplicó el mismo herbicida a toda parcela, ya sea en gránulos (fig. A) o mediante aspersión (fig. B, página opuesta).

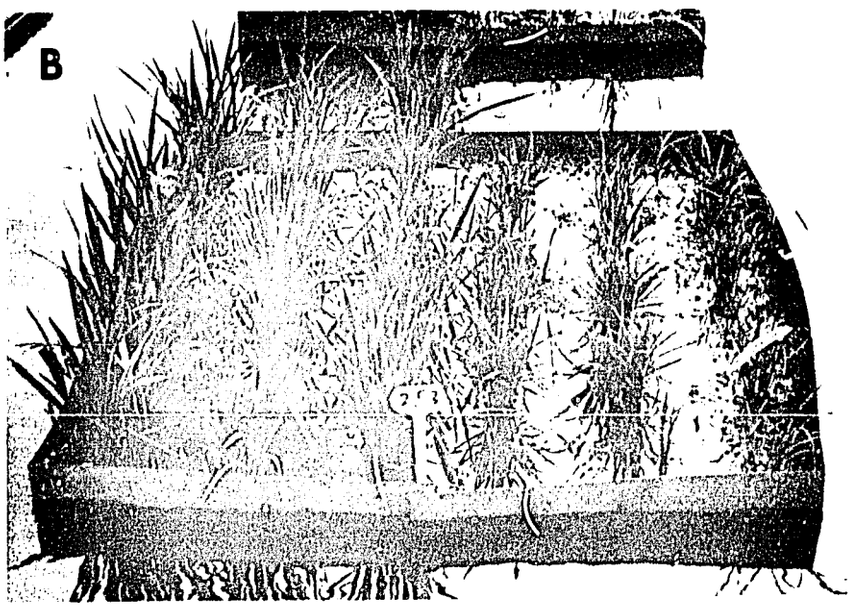
de maleza. Este constituye una medición excelente para la evaluación de la erradicación de la maleza en este caso. Para una prueba de pastura en la que estén comprendidas varias especies, es importante hacer un análisis de la especie principal de pastura (que puede dividirse en pasto y leguminosa, o en más de una especie de cada una) y la maleza principal involucrada.

Cuando se toman datos de rendimiento con verduras y otras hortalizas la recolección total se debe obtener sobre un período de tiempo, y no en una sola recolección. A menudo, los herbicidas retardarán la primera recolección en una o dos semanas, y una sola recolección temprana de un cultivo de cosecha múltiple puede dar resultados que no parezcan favorables. En contraste, prolongando la recolección total sobre un período de tiempo, se verá, a menudo, un aumento grande en los rendimientos cuando se usan herbicidas para mantener el cultivo libre de maleza.

Datos de la calidad de los cultivos. La posible influencia de un herbicida o una práctica de control de maleza sobre la calidad de las cosechas, naturalmente, es muy importante. En el caso de las cosechas de granos, los datos comunes tomados son, el peso del bushel, la distribución del tamaño del grano y el contenido de proteínas. Para las nuevas substancias químicas, a menudo, es conveniente determinar el porcentaje de germinación y el índice de supervivencia de las plantas normales como una comprobación del posible efecto de transmisión en las plántulas que crecen del grano tratado. Si la avena silvestre, el centeno u otros contaminantes no separables, constituyen una porción del peso recolectado, debe separarse a mano una muestra para determinar el porcentaje del contaminante.

Con cosechas de semillas, el contenido de semillas de maleza es de importancia capital, así como la germinación y el análisis mecánico de la semilla.

Para un cultivo como la remolacha, es conveniente poseer no solamente los rendimientos de la raíz, sino, también, los datos sobre el contenido de



azúcar. Los mismos principios se aplican a la menta; es útil conocer los rendimientos relativos de heno y aceite. Los tratamientos pueden tener una marcada influencia sobre el hábito de crecimiento de la planta de la menta, que está directamente relacionado con los rendimientos de aceite.

En cosechas de verduras, pueden ser importantes las características de tamaño, calidad y sabor. Para cultivos perennes —manzanas y uvas— es importante hacer evaluaciones de calidad durante un período de dos a cuatro años para medir los efectos a largo plazo en el crecimiento de los árboles. Algunas cosechas se pueden separar en grados comerciales para propósitos de los datos de normalización.

PARCELAS DE MUESTREO

En lugar de recolectar o evaluar toda una parcela para determinar el rendimiento, frecuentemente es deseable tomar, solamente, algunas muestras. El tamaño y número de ellas dependerá, principalmente, del grado de precisión deseado y del tipo de cultivo. Se dispone de cierto número de estudios sobre el tamaño de la muestra, y se deben consultar para obtener detalles adicionales. Algunos de los casos en que se utiliza el muestreo en el trabajo de control de maleza, son los siguientes:

Zona de recolección para obtener material residual. Para este propósito, es conveniente tomar muestras de tres o más sitios dentro de cada parcela, de manera que las muestras de ella se obtengan en sentido transversal y longitudinal. Esto reduce cualquier variación durante las operaciones de aspersión que pueda ocurrir en el modelo de boquilla, dentro de la anchura, del aguilón, o de la velocidad de tránsito sobre la superficie de la parcela.

Muestreo del follaje para determinar el porcentaje del contenido de maleza y el rendimiento. El equipo mecánico que se utiliza para la recolección en las parcelas del tipo de forraje (menta o cultivos similares), frecuentemente no facilita la separación manual del cultivo en los componentes de la especie para la evaluación de su composición. En este caso, las muestras se deben tomar en cantidad y distribución suficientes para determinar con precisión la composición de cada parcela.

Cálculo del rendimiento de cultivos tales como granos pequeños o maíz. El equipo mecánico puede ser inadecuado para determinar el rendimiento, por el tamaño o la ubicación de la parcela. O, puede ser necesario separar la paja y la maleza de un cultivo por perforación para determinar las relaciones de competencia, con respecto a los rendimientos de grano y paja. Entonces, se requiere un procedimiento de muestreo, como ya se indicó, en lugar de la recolección mecánica.

Cuentas de unidades. En ciertas condiciones, las cuentas de unidades (cabezuelas) por superficie pueden constituir un medio adecuado para calcular el rendimiento, en vez de tomar datos de la recolección. Para los granos pequeños o para el maíz, esto se puede realizar basándose en el número de espigas por superficie unitaria. Se deben utilizar los mismos procedimientos de muestreo que para otros propósitos. Si se desea una exactitud extrema en estas estimaciones, es importante, también, tomar muestras en diversos sitios de la parcela. Se debe recolectar un número determinado de cabezuelas en cada lugar para encontrar el peso por mazorca o por espiga, como un medio para obtener la estimación exacta del rendimiento.

El investigador usa guantes protectores durante la preparación de los herbicidas para la aspersión de prueba.

X SEGURIDAD

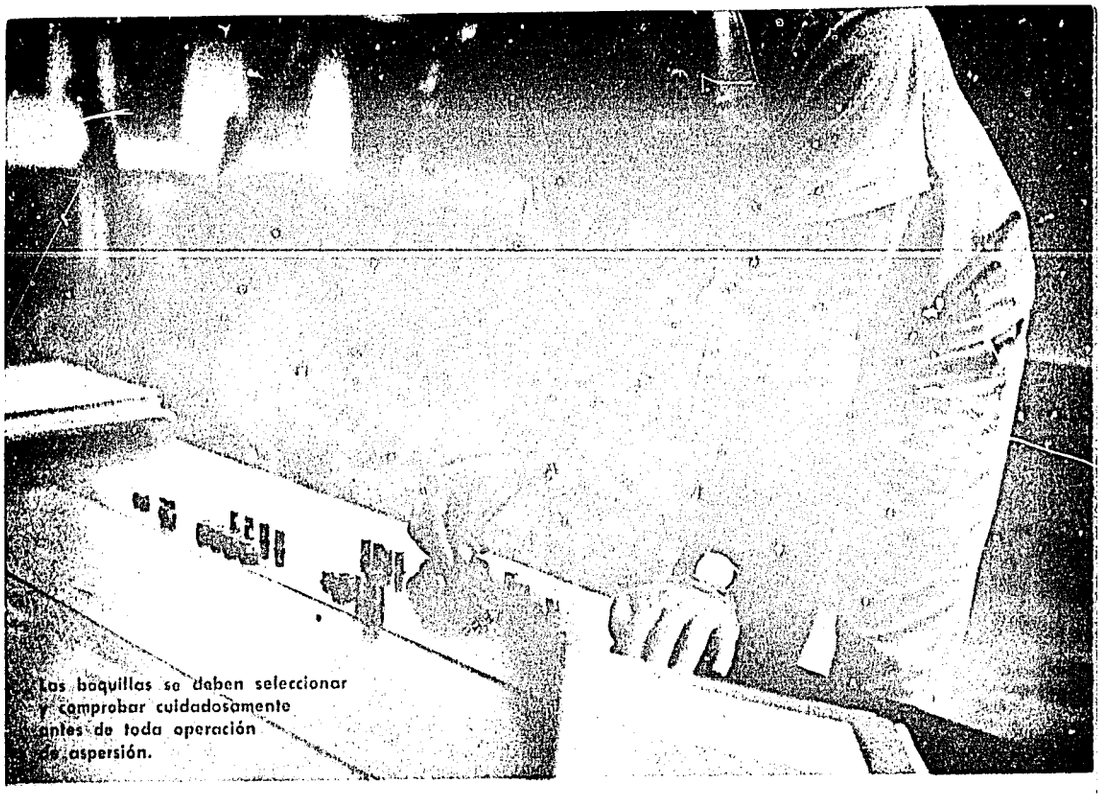
Los herbicidas son substancias químicas y, como con cualquier otro producto químico, se deben tomar ciertas precauciones de sentido común al usarlos. Primero, y antes que nada, léanse y obsérvense todas las instrucciones impresas en la etiqueta del recipiente del producto químico.

ALMACENAMIENTO

Se debe designar un cuarto, caseta o zona específica, para almacenar y preparar el herbicida. Debe tener una puerta con cerradura, confiándose la(s) llave(s) al personal autorizado solamente. La zona de trabajo debe asearse perfectamente después de cada ocasión en que se use, para evitar la contaminación en el futuro.

La zona de almacenamiento debe mantenerse arriba de la temperatura de congelación; de otra manera, se pueden destruir muchos emulsivos. Los envases de vidrio se deben mantener alejados de la luz del sol que entre en el almacén, para impedir la degradación de su contenido.

Se debe marcar la fecha de recibo de los productos químicos, y no se deben conservar durante más de dos años, si se destinan a trabajos de investigación. Un inventario periódico ayuda a mantener en estado fresco las existencias adecuadas de substancias químicas, partes para aspersor, etc. Los recipientes,



Las boquillas se deben seleccionar y comprobar cuidadosamente antes de toda operación de aspersión.

aunque parezcan vacíos, aún contienen restos del compuesto. En la eliminación de los envases "vacíos" debe tomarse esto en consideración. Algunas etiquetas indicarán el método de eliminación.

Los envases de vidrio pueden volver a usarse, pero solamente después de lavarse con acetona y enjuagarse con un detergente. Los recipientes de metal o de plástico no se deben usar de nuevo.

El agua que se utilice en la zona de preparación se debe controlar cuidadosamente. No debe permitirse que corra hacia una parte donde puedan usarla los humanos o los animales, y debe estar lejos de los sistemas de riego agrícola.

UTILIZACION

La precaución principal y obvia que debe tomarse al usar herbicidas, es leer cuidadosamente todas las instrucciones impresas en la etiqueta del recipiente (y la literatura disponible) de la substancia que se use. El empleo inadecuado puede resultar en daños o perjuicios a plantas, animales o seres humanos.

Deben observarse ciertos pasos en la aspersión real de los herbicidas:

— Evitar efectuar la aspersión cuando haya viento que pueda causar dispersión sobre otros cultivos o parcelas testigo cercanos.
— Usualmente, empléense boquillas que proporcionen un rocío grueso para eliminar el rocío fino que puede dispersarse.
— Opérese el aspersor a la presión más baja que permitan las necesidades de aspersión y las recomendaciones de la etiqueta.

— Asegúrese de no arrojar el exceso de substancias químicas, después de la aspersión, más que en un foso de desperdicios u otro receptáculo que no permita la contaminación de la tierra, los cultivos o el medio ambiente.

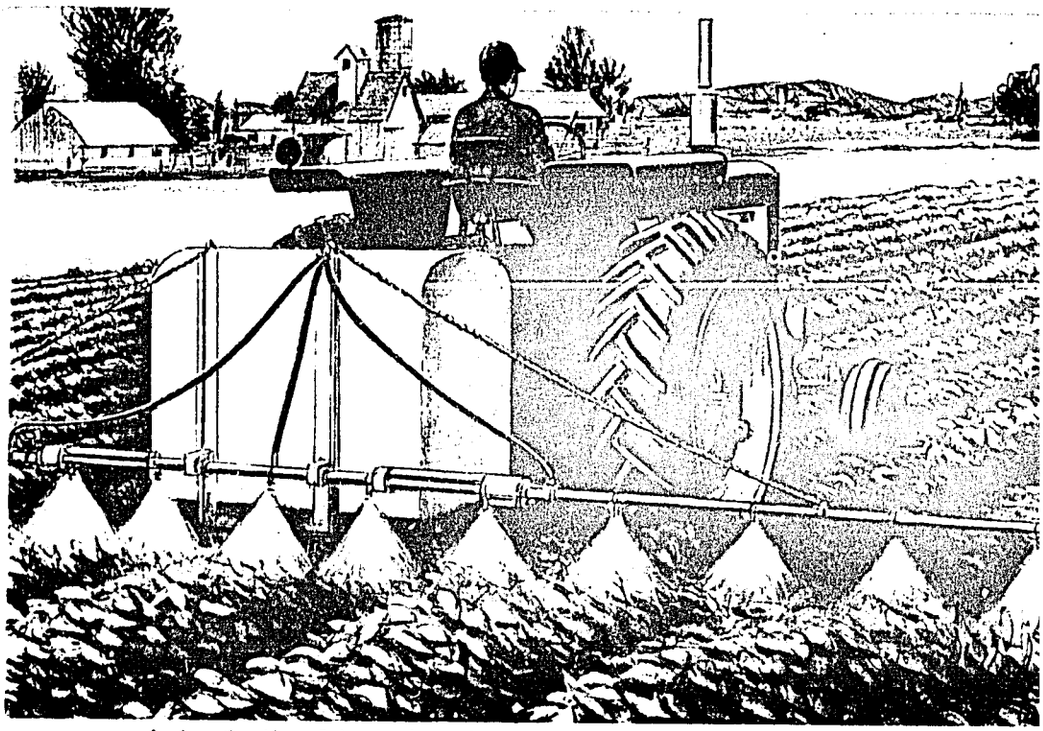
EQUIPO

Todo el equipo de aspersión se debe comprobar y calibrar cuidadosamente —usando agua solamente— antes de aplicar un herbicida. Como se dijo previamente, deben limpiarse completamente todos los elementos del aspersor-tanque, conductos aguilón y boquillas, después de usarse.

Es aconsejable utilizar equipo protector, tal como guantes, gafas y mascarilla, en ciertas condiciones. Estas pueden, o no, estar especificadas en la etiqueta del recipiente del herbicida, por el fabricante. Lávese o báñese, siempre, después de efectuar la aspersión.

PELIGRO DE INCENDIO

Las zonas de almacenamiento y mezcla deben contar con un extinguidor de incendios y estar adecuadamente ventiladas. Es imperativo NO FUMAR cerca de las substancias químicas almacenadas o durante la aspersión. La mayoría de los solventes que se usan para disolver los herbicidas son altamente combustibles, y el uso de fósforos, flamas o cigarrillos, puede provocar un accidente grave.



La investigación señala el método de control comercial más eficaz contra la maleza.

XI SUBSTANCIAS QUIMICAS: FORMULACION Y COMPATIBILIDAD

El conocimiento sobre la formulación de los herbicidas que se emplean en la investigación del control de maleza, es útil para evitar problemas en la aplicación, impedir incompatibilidades al mezclar las substancais químicas y en la interpretación de resultados. A continuación se ofrece la terminología de las dosis de los herbicidas y los tipos principales de formulaciones.

INGREDIENTE ACTIVO (ia) Y EQUIVALENTE DE ACIDO (ea)

Dos términos clave para los investigadores de la maleza, son el ingrediente activo (ia) y el equivalente de ácido (ea). Ambos se refieren a la porción de un compuesto que produce el efecto herbicida.

El equivalente de ácido se refiere, técnicamente, a la porción de un compuesto (herbicida) que se deriva de un ácido que se puede convertir teóricamente a la forma ácida. Como esta porción teóricamente convertible también posee actividad herbicida, el equivalente de ácido se convierte, entonces, en sinónimo de ia. Si un compuesto no se deriva de un ácido, entonces, la porción que posee actividad herbicida es, simplemente, el ingrediente activo, no el ea.

Generalmente, ea e ia se expresan en libras por acre o en kilogramos por

hectárea, en sus formulaciones seca y líquida. Los grados de aplicación se expresan, usualmente, en ea o ia, en la mayoría de las publicaciones gubernamentales, y en peso de producto comercial, por los fabricantes de substancias químicas.

Por ejemplo: un herbicida comercial tiene 80 por ciento de ingrediente activo de diuron. El grado deseado de aplicación de diuron para una parcela de prueba en particular, es 1.0 libras por acre. La ecuación es 1.0/0.8 = 1.25 libras de herbicida comercial necesarios por acre, para obtener una aplicación de 1.0 libras por acre de diuron. Como otro ejemplo, un herbicida líquido comercial contiene 400 gramos de ea de 2,4-D por litro. El grado deseado de aplicación de esa substancia es 1 kg por hectárea. La ecuación es: 1000/400 = 2.5 litros de herbicida comercial necesarios por hectárea.

SALES SOLUBLES

Muchos ácidos orgánicos se utilizan como herbicidas; usualmente, se formulan como sales solubles. Las sales que se utilizan más comúnmente, son las de sodio, varias aminas, potasio y amonio (las de calcio, hierro, y cobre, no se usan por su baja solubilidad). Las sales de un herbicida ácido pueden venderse como un producto del tipo de polvo soluble, con el que se formará una solución bastante fácilmente, o ya disueltas en una solución como el agua.

Frecuentemente, las formulaciones de polvo soluble no se disuelven rápidamente si no se les agita. Pueden surgir problemas graves en la aplicación, en el campo o en las parcelas experimentales, cuando el material se mezcla con agua inmediatamente antes del momento de la aspersión. Algunos materiales que caen dentro de esta categoría, son: el pentaclorofenato de sodio, el sesone y el TCA.

La facilidad con que los polvos solubles forman una solución, se complica cuando el material no se pulveriza. Un ejemplo es el pentaclorofenato de sodio; sus gránulos solubles se recubren con aceite para evitar la formación de partículas de polvo al verter y manejar el producto. El polvo de pentaclorofenol es extremadamente irritante. La característica del recubrimiento de aceite aumenta la dificultad de formar la solución con la sal.

Esos materiales que no son fácilmente solubles, pueden manejarse mediante agitación vigorosa, usando agua caliente para acelerar la solubilidad, o mezclándolos bien antes de la aplicación. En el último caso, asegúrese que la substancia es estable contra la hidrólisis. Ciertos herbicidas, tales como el cianato de potasio, están sujetos a degradación relativamente total por la hidrólisis, si se dejan durante 24 horas en solución acuosa. Las sales solubles no se deben emplear en vehículos (soluciones) de aceite, a menos que sean solubles en ese líquido.

POLVOS HIDRATABLES

Un herbicida orgánico en estado sólido, finamente molido, se mezcla con un diluyente micronizado (material para diluir la substancia tóxica a la concentración formulada) para obtener la formulación básica de un polvo hidratable. Los agentes hidratantes secos se agregan para ayudar a la penetración del agua en el polvo (una vez puesto en agua). Se emplea un agente dispersante para mantener la dispersión del polvo en el agua, para evitar el asentamiento rápido, o la formación de pasta.

Los polvos hidratables se deben mezclar agregando una pequeña cantidad de agua y, después, mezclándolos para formar una lechada antes de agregar el volumen total de agua, antes de la aplicación. La suspensión debe mezclarse completamente, antes de ponerse en el tanque del aspersor. A menudo, la mezcla se hace en el campo, trasvasando la solución varias veces entre dos recipientes. Una suspensión, una vez colocada en un aspersor, debe aplicarse inmediatamente para evitar que se asiente.

Muchos polvos hidratables experimentales no se han probado completamente en su utilización en aspersores, y pueden venir molidos en granos demasiado gruesos; quizá carezcan de agentes dispersantes e hidratantes; o posean exceso de agentes hidratantes que producen demasiada espuma. Algunas de estas características complican la aplicación por medio del equipo de aspersión para parcelas. Las formulaciones de esta clase tienden a obstruir los cedazos y los aguilones, o formar cojines de aire que impiden la aplicación eficiente. Por lo tanto, las formulaciones experimentales deben aplicarse, usualmente, en un grado de dilución máxima y rociarse a través de una boquilla de tipo de chorro con cedazos de malla grande (50 mallas o mayor) o sin cedazo. Los polvos hidratables se pueden usar con agua o aceite como vehículo. La espuma excesiva se puede corregir agregando aceite o agentes antiespumantes comerciales al uno por ciento.

CONCENTRADOS EMULSIVOS

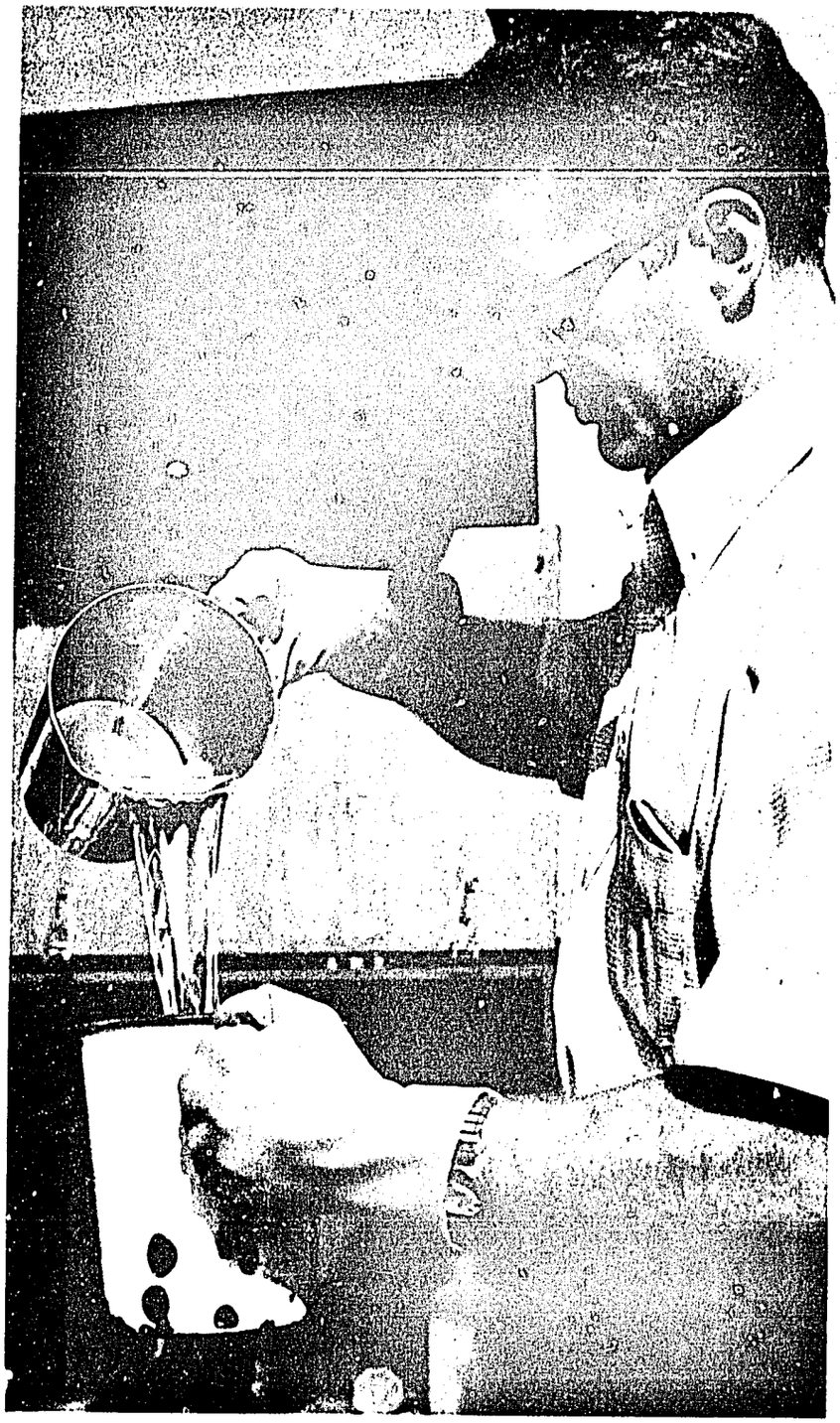
Los concentrados emulsivos se formulan disolviendo la substancia química que los origina, en un solvente, como el xileno, diversas acetonas, o alcoholes, y agregando un agente emulsificante. Algunas veces, también se agrega un agente penetrante. El material concentrado emulsivo constituye una de las formulaciones de más fácil mezcla y manejo.

Estos concentrados varían en viscosidad. Cuando son muy viscosos, pueden ser más difíciles de medir con precisión que otras soluciones. Una cantidad considerable de material cubre la pared del cilindro y, a menos que se despeje perfectamente de allí y se agregue a la solución para aspersión, puede causar una inexactitud considerable. Estos materiales forman emulsiones con el agua, pero requieren cierto grado de agitación. Se deben agitar continuamente en forma ligera para evitar que se rompa la emulsión. Desde el punto de vista de la aplicación, los concentrados emulsivos tienen el problema de adherirse a todas las partes del equipo (como el aceite) haciendo difícil la limpieza.

Los concentrados emulsivos se obtienen en dos formas. La primera, es la llamada emulsión estándar, que se mezclará con el agua para formar una emulsión de aceite en agua. Algunos de los concentrados emulsivos (muchos que se aplican con brocha, formulaciones de 2,4-D ó 2, 4, 5-T y dinitro) tienen una proporción adicional de emulsivos adecuados para emulsionar cierta cantidad de aceite (como el diesel o un aceite ligero semejante) que se agrega con el agua. Estos concentrados contienen suficiente emulsivo adicional para emulsificar hasta 70 litros de aceite por 350 litros de la solución total. Si se emplea este tipo de tratamiento, compruébese la cantidad de aceite que puede mezclarse con el concentrado.

El otro tipo de concentrado emulsivo es el que se conoce como emulsión inversa que resulta en una emulsión de agua en aceite. Este material debe agregarse a cierto volumen de aceite y, después, se pone el agua. Mientras

La mezcla de polvos hidratables se hace frecuentemente, en el campo, trasvasando varias veces la mezcla entre dos recipientes.



mayor es el volumen de agua en relación al concentrado de aceite, más espesa será la solución.

Cuando se utiliza una emulsión inversa, deben seguirse cuidadosamente las instrucciones para su uso; es fácil que este tipo de formulación se haga demasiado espesa para rociarse. Si el aceite es el único vehículo, debe comprobarse, primero, la compatibilidad, ya que no todos los concentrados emulsivos se pueden usar en un vehículo de aceite puro.

AMINAS SOLUBLES EN ACEITE

La amina soluble en aceite, puede disolverse en esta substancia o en agua, y es una sal amínica de cadena larga de un ácido orgánico. Contrasta con las aminas regulares que son solubles en agua, pero no suelen disolverse, en aceite. Las aminas solubles en aceite, se caracterizan por tener mejores cualidades de penetración del follaje, que las sales amínicas solubles en agua, pero con las propiedades de volatilidad baja de las aminas, y se pueden utilizar de la misma manera que las sales, por lo que respecta a los requisitos de mezcla.

COMPUESTOS INHERENTEMENTE SOLUBLES

En unos cuantos casos, el herbicida activo es un compuesto altamente soluble en agua y se puede utilizar en solución acuosa sin ninguna formulación. Estos compuestos pueden ser líquidos o sólidos. Si se presentan en estado sólido, tienen las mismas propiedades que las sales en relación a su uso. Pueden disolverse con diversos grados de rapidez; se debe seguir el mismo procedimiento que se sugiere para las sales. No hay problema con las formulaciones líquidas. Ejemplos de compuestos en esta categoría, son el amitrole, el clorato de sodio y el sulfamato de amonio.

FORMULACIONES GRANULARES

Los gránulos son de varios tipos y, básicamente, son ingredientes activos de herbicidas agregados (en la superficie o incorporados) a un diluyente tal como el barro, la vermiculita, la arena o un fertilizante. El propósito del material granular es el de formar una concentración diluida de material que pueda aplicarse con un aspersor con volumen suficiente para proporcionar una aplicación uniforme por hectárea.

La aplicación de los herbicidas granulares para propósitos experimentales, ha sido un problema. El equipo disponible no ha sido apropiado para la aplicación exacta y la distribución uniforme. Puede emplearse la aspersión manual, pero un operador sin experiencia necesita ensayar con el material en una parcela pequeña de una región ociosa para determinar el mejor procedimiento. Su meta es una aplicación uniforme; si se pesa el material previamente, debe cubrir uniformemente la superficie de la parcela.

Se ha diseñado cierto número de nuevos aplicadores mecánicos para una parcela, que utilizan gránulos. Estos aplicadores distribuirán los gránulos con rapidez y exactitud, y se podrán obtener en una variedad siempre creciente.

Es importante recordar que los herbicidas granulares no son solubles en agua y nunca se deben poner en el tanque de un aspersor.

FORMULACIONES IDENTIFICABLES

El investigador del control de maleza puede encontrar un compuesto que requiera identificación en una de las clases antes descritas. Mezclando una pequeña cantidad de un herbicida líquido en agua, el investigador puede distinguir un concentrado emulsivo (forma un líquido lechoso) de una sal o un compuesto soluble (forma una solución transparente con o sin color).

Un polvo hidratable mezclado con agua, produce espuma y tiene la tendencia de dispersarse rápidamente en el líquido con agitación muy ligera y se asienta rápidamente. Un polvo soluble se puede determinar por la reducción rápida en la cantidad de material sólido en el agua al disolverse.

No existe un método fácil para distinguir entre un material soluble formulado como un gránulo para evitar irritación por las partículas de polvo, y un gránulo formulado para aspersión. El mejor método es el de conocer la concentración; los materiales granulares rara vez exceden de la concentración de 20 por ciento, mientras los gránulos solubles, usualmente, se aproximan al 100 por ciento —y rara vez tienen menos del 85 por ciento— de ingrediente activo. Usualmente, se encuentra suficiente información en las etiquetas de los compuestos comerciales o experimentales (o en literatura separada) que proporcionan los fabricantes para identificar el tipo de formulación.

SUBSTANCIAS QUIMICAS NO FORMULADAS

En raras ocasiones, pueden recibirse substancias químicas que sean materiales técnicos no formulados, y tendrán que formularse antes de su aplicación. El primer paso en la formulación, es determinar si el producto químico es fácilmente soluble en el agua. Se coloca una pequeña cantidad de él en un tubo de ensayo o frasco, y se agrega agua caliente. Si no se disuelve el material después de 5 a 10 minutos, es demasiado insoluble para formularse disolviéndolo previamente en agua antes de la aspersión.

El segundo paso, es comprobar si el material es altamente soluble en acetona. Si tiene un grado relativamente alto de solubilidad en acetona fría, xileno o aceite diesel, se puede rociar fácilmente como una aplicación para suelos usando alguno de estos aceites como vehículo total.

Puede ser necesario comprobar la solubilidad de una subtancia química no formulada en otros solventes orgánicos. Para aplicación en el follaje, la ciclohexanona y la isoforona, son útiles solventes no tóxicos. Otro material comúnmente probado en la formulación, es el MIBC (metilisobutil cetona). También pueden comprobarse algunos otros alcoholes y solventes de acetona. Es conveniente que estos solventes posean una solubilidad de 59 gramos por litro, por lo menos.

Después que el material se disuelve en un solvente, debe agregarse el emulsivo en la proporción de 5 a 10 por ciento, por volumen. Es importante determinar la concentración de la substancia química en relación con los gramos por una cantidad determinada de mililitros, de manera que la solución total del solvente y el emulsivo sea equivalente en libras por galón, tal como dos o tres libras por galón o kilogramos por litro.

Los materiales que no se pueden formular fácilmente en solventes de algún tipo, pueden convertirse en polvos hidratables, pero este no es un procedimiento fácil y requiere, usualmente, equipo especial.

COMPATIBILIDADES DEL COMPUESTO

Frecuentemente, es deseable mezclar uno o más compuestos en trabajos de experimentación. Siempre surge la pregunta: ¿cuáles son las compatibilidades de los materiales que se usan? Existen dos tipos de compatibilidad: física y química.

Compatibilidad física. Los polvos hidratables son, en un grado u otro, siempre incompatibles con los concentrados emulsivos, o cualquier tipo de formulación en aceite, pero, normalmente, son compatibles con compuestos completamente solubles. Dos formulaciones del mismo tipo, tales como los concentrados emulsivos, polvos hidratables o compuestos solubles, son compatibles. Se pueden mezclar dos polvos hidratables o dos concentrados emulsivos. Los compuestos solubles en agua, se pueden mezclar con cualquier polvo hidratable o concentrado emulsivo.

Compatibilidad química. La compatibilidad química es un problema más difícil, pero rara vez es grave, con los herbicidas. Usualmente, la mejor forma de determinar las incompatibilidades de este tipo, es mezclar los materiales antes de la aspersión, dejarlos reposar sin agitación durante un rato, y ver si hay alguna evidencia de desarrollo de precipitados.

AUXILIARES PARA LA ASPERSION

Existe un rápido desarrollo de varios aditivos para mejorar las características de las soluciones para aspersión. Los más comunes se describen brevemente a continuación.

Agentes de separación. Estos son agentes "ablandadores de agua" que se usan para reaccionar con las sales minerales en el agua dura. El propósito es el de impedir que las sales minerales formen sales insolubles de los herbicidas capaces de producir esas substancias. Por ejemplo, los herbicidas que se originan de ácidos orgánicos, pueden reaccionar con el calcio en el agua, para formar una sal insoluble de calcio y producir cristales en el fondo del aspersor.

Agentes de tensión o hidratantes. Existen varias formas de estos materiales para reducir la tensión superficial del agua, haciendo, por lo tanto, que las gotas se dispersen en una capa más delgada con un contacto superficial más íntimo entre ellas. El resultado es una mejor hidratación del follaje y distribución de la substancia química. Estos agentes también pueden impedir la desecación rápida de las gotas de agua. Se usan en proporciones de 0.01 a 1.0 por ciento, por volumen, de la solución. El empleo de estos auxiliares es necesario para el uso adecuado de ciertos compuestos como "paraquat" y "diquat". De hecho, la mayoría de las aspersiones para follaje se pueden mejorar en ciertas condiciones, agregando agentes de tensión o hidratantes.

Espesativos. Recientemente, se ha desarrollado un interés creciente en la adición de varios agentes que aumentan la viscosidad de las soluciones de aspersión. El objeto es el de impedir que se rompan en gotitas finas y que en forma de partículas de aspersión caigan en cultivos adyacentes provocando daños probables. Los espesativos en el mercado de los Estados Unidos de América en 1970, incluyeron el Vistik (Compañía Hércules), Dacagin (Compañía Diamond Shamrock) y Norbak (Compañía Dow). Indudablemente, estos u otros productos se pueden obtener en otros países.

Auxiliares especiales. Varias compañías han desarrollado fórmulas especializadas para la prevención de diversos tipos de incompatibilidades. Estos son productos que ayudan en la mezcla satisfactoria de los concentrados emulsivos y polvos hidratables, o varios herbicidas con fertilizantes líquidos.

OTRAS PUBLICACIONES del CENTRO INTERNACIONAL DE PROTECCION A LAS PLANTAS (INTERNATIONAL PLANT PROTECTION CENTER)

Herbicide Use and Nomenclature Index
Por H. M. Hepworth y R. R. Fine, 185 páginas, describe los nombres comunes, de fábrica y químicos, de la mayoría de los herbicidas que existen en el mundo, más una sección dedicada al uso de ellos, para los 68 principales cultivos alimenticios y para fibra, indicando las cantidades que se deben usar, época y método de aplicación, y una lista de los fabricantes en el mundo con sus domicilios. Precio, $3.00 U.S., por ejemplar, porte pagado. (Precio en 1971.)

Maleza del clima templado
Por J. Cárdenas, O. Franco, C. Romero y D. Vargas, descripciones y láminas en color de 50 malas hierbas económicamente importantes que se encuentran en Colombia, 127 páginas, impreso en español, $3.50 U.S. por ejemplar porte pagado. (Precio en 1971.)

Weed Problems in Turkey
Por E. Guneyli, reglamentos sobre los herbicidas en Turquía, maleza que se encuentra en los cultivos principales, mapas, indicaciones para futuros programas de control de maleza, 22 páginas, impreso en inglés, $1.00 U.S., porte pagado. (Precio en 1971.)

A Manual of Pesticide Application Equipment
Incluye datos, nombres y domicilios de los fabricantes de más de 30 categorías de equipo, destacando las unidades diseñadas para la investigación y pequeños propietarios.

CORTE POR LA PERFORACION

Enviar a (con letra de imprenta): _____

Núm. de ejemplares _____ HERBICIDE USE AND NOMENCLATURE INDEX

_____ MALEZA DEL CLIMA TEMPLADO

_____ WEED PROBLEMS IN TURKEY

Envíese por correo esta forma, con el importe del pedido a: International Plant Protection Center, Oregon State University, Corvallis, OR. 97331

Apéndice A

TABLA 1

Conversiones y equivalencias

Superficie

1 hectárea (ha)	= 2.471044 acres (A)
	= 107,640 pies cuadrados (ft^2)
	= 10,000 metros cuadrados (m^2)
1 acre (acre)	= 0.4046873 hectáreas
	= 43,560 pies cuadrados
1 decámetro (Dm)	= 10 metros
1 decámetro cuadrado	= 100 metros cuadrados
1 metro cuadrado	= 10.76387 pies cuadrados
	= 1.196 yardas cuadradas (yd^2)
	= 1,550 pulgadas cuadradas (in^2)
1 yarda (yd)	= 0.9144018 metros
1 yarda cuadrada (yd^2)	= 0.83613 metros cuadrados
	= 9.00 pies cuadrados
1 milla (M)	= 1.609 kilómetros (km)
	= 5,280 pies
	= 1,760 yardas

Líquidos

1 galón US (gal)	= 3.7853 litros
	= 128.0 onzas fluidas (fl oz)
	= 4 cuartos (qt)
1 onza fluida	= 29.5737 mililitros (ml)
1 cuarto	= 946.3 mililitros

Peso

1 kilogramo (kg)	= 2.2046 libras US
	= 1,000 gramos (g)
1 libra US (lb)	= 0.454 kilogramos (kg)
	= 453.5924 gramos
	= 16.0 onzas US peso seco
1 onza US de peso (oz)	= 28.349 gramos

Apéndice A

TABLA 2

Conversión de proporción—Peso seco (kg/ha)

kilogramos por hectárea	libras por acre	libras por hectárea	kilogramos por acre
.1	.09	.2205	.0405
.25	.22	.5512	.1012
.50	.45	1.1023	.2023
.75	.67	1.6535	.3035
1.0	.89	2.2046	.405
2.0	1.8	4.4092	.809
3.0	2.7	6.6138	1.214
4.0	3.6	8.8184	1.619
5.0	4.5	11.0230	2.023
6.0	5.3	13.2276	2.428
7.0	6.2	15.4322	2.833
8.0	7.1	17.6368	3.238
9.0	8.0	19.8414	3.642
10.0	8.9	22.0460	4.047
15.0	12.5	33.0690	6.070
20.0	17.8	44.0920	8.093
30.0	26.8	66.1380	12.140
40.0	35.7	88.1840	16.187
50.0	44.6	110.2300	20.234
60.0	53.5	132.2760	24.281
70.0	62.5	154.3220	28.328
80.0	71.4	176.3680	32.375
90.0	80.3	198.4140	36.422
100.0	89.2	220.4600	40.4687

Apéndice A

TABLA 3

Conversiones de proporción—Peso seco (libras por acre)

libras por acre	kilogramos por hectárea	libras por hectárea	kilogramos por acre
.1	.112	.25	.045
.25	.280	.62	.114
.50	.560	1.23	.227
.75	.841	1.85	.341
1.0	1.1209	2.47	.454
2.0	2.2417	4.94	.907
3.0	3.3626	7.31	1.361
4.0	4.4834	9.88	1.814
5.0	5.6043	12.35	2.268
6.0	6.7251	14.83	2.722
7.0	7.8460	17.30	3.175
8.0	8.9669	19.72	3.629
9.0	10.8077	22.24	4.082
10.0	11.2086	24.71	4.536
15.0	16.2129	37.07	6.804
20.0	22.4170	49.42	9.071
30.0	33.6256	74.15	13.607
40.0	44.8342	98.84	18.143
50.0	56.0428	123.55	22.679
60.0	67.2514	148.26	27.215
70.0	78.4600	172.97	31.751
80.0	89.6686	197.68	36.287
90.0	100.8772	222.39	40.823
100.0	112.0858	247.10	45.359

Apéndice A

TABLA 4

Conversiones para concentraciones

libras por galón US	gramos por litro	libras por litro	gramos por galón US
0.1	11.98	.03	45.36
0.2	23.97	.05	90.72
0.25	29.96	.07	113.40
0.3	35.95	.08	136.08
0.4	47.93	.11	181.44
0.5	59.91	.13	226.80
0.6	71.90	.16	272.16
0.7	83.80	.18	317.52
0.75	89.87	.20	340.20
0.8	95.86	.21	362.87
0.9	107.85	.24	408.23
1.0	119.83	.26	453.59
2.0	239.65	.53	907.20
3.0	359.48	.79	1360.79
4.0	479.31	1.07	1814.38
5.0	599.14	1.32	2267.97
6.0	718.97	1.58	2721.56
7.0	838.80	1.85	3175.15
8.0	958.63	2.11	3628.74
9.0	1078.46	2.38	4082.33
10.0	1198.29	2.64	4535.92

Apéndice A

TABLA 5

Conversiones de proporción para líquidos

galones US por acre	litros por hectárea	galones US por hectárea	litros por acre	mililitros por metro cuadrado
.1	.935	.247	.379	.0935
.25	2.338	.618	.946	.234
.50	4.677	1.236	1.893	.468
.75	7.015	1.853	2.839	.702
1.0	9.354	2.471	3.785	.935
2.0	18.707	4.942	7.571	1.871
3.0	28.061	7.413	11.356	2.806
4.0	37.415	9.884	15.141	3.742
5.0	46.769	12.355	18.927	4.677
6.0	56.122	14.826	22.712	5.612
7.0	65.476	17.297	26.497	6.548
8.0	74.829	19.768	30.282	7.483
9.0	84.183	22.239	34.068	8.418
10.0	93.536	24.710	37.853	9.354
15.0	140.305	37.066	56.780	14.030
20.0	187.073	49.421	75.706	18.707
30.0	280.609	74.131	113.559	28.061
40.0	374.146	98.842	151.412	37.415
50.0	467.682	123.552	189.265	46.768
60.0	561.219	148.263	227.118	56.122
70.0	654.755	172.973	264.971	65.475
80.0	748.291	197.684	302.824	74.829
90.0	841.828	222.394	340.677	84.183
100.0	935.364	247.104	378.530	93.536

Apéndice A

TABLA 6

Conversiones de superficie de la parcela

metros cuadrados	yardas cuadradas	pies cuadrados	pulgadas cuadradas
.1	.1196	1.076	155.0
.25	.2990	2.691	387.5
.50	.5980	5.382	775.0
.75	.8970	8.073	1162.5
1.0	1.196	10.76	1550.0
2.0	2.392	21.53	3100.0
3.0	3.588	32.29	4650.0
4.0	4.784	43.06	6200.0
5.0	5.980	53.82	7750.0
6.0	7.176	64.58	9300.0
7.0	8.372	75.35	10850.0
8.0	9.568	86.11	12400.0
9.0	10.764	96.88	13950.0
10.0	11.960	107.64	15500.0
15.0	17.940	161.46	24000.0
20.0	23.920	215.27	31000.0
30.0	35.880	322.91	46499.9
40.0	47.840	430.55	61999.9
50.0	59.800	538.19	77499.8
60.0	71.760	645.83	92999.8
70.0	83.720	753.47	108499.8
80.0	95.680	861.11	123999.8
90.0	107.640	968.75	139499.7
100.0	119.600	1076.39	154999.69

Apéndice A

TABLA 7

Conversiones de líquido para la parcela

onzas fluidas por 100 pies cuadrados	mililitros por 100 pies cuadrados	mililitros por decámetro cuadrado	galones US por acre	litros por hectárea
.1	2.957	31.832	.340	3.183
.25	7.393	79.581	.850	7.957
.50	14.787	159.162	1.702	15.916
.75	22.180	238.743	2.552	23.874
1.0	29.573	318.324	3.403	31.832
2.0	59.147	636.649	6.806	63.663
3.0	88.720	954.973	10.209	95.495
4.0	118.294	1273.297	13.613	127.327
5.0	147.867	1591.621	17.016	159.158
6.0	177.440	1909.945	20.419	190.990
7.0	207.014	2228.270	23.822	222.821
8.0	236.587	2546.594	27.225	254.653
9.0	266.161	2864.918	30.628	286.485
10.0	295.734	3183.242	34.031	318.316
15.0	443.601	4774.864	51.047	477.474
20.0	591.468	6366.485	68.063	636.632
30.0	887.202	9549.727	102.094	954.948
40.0	1182.936	12732.969	136.125	1273.265
50.0	1478.670	15916.212	170.156	1591.581
60.0	1774.404	19099.454	204.188	1909.897
70.0	2070.138	22282.219	238.219	2228.213
80.0	2365.872	25465.939	272.250	2546.529
90.0	2661.606	28649.181	306.281	2864.845
100.0	2957.340	31832.423	340.313	3183.162

Apéndice A

TABLA 8

Relaciones peso—volumen

1 gramo por		partes por millón (PPM)	
1000 ml (1 litro)	=	1000 PPM	= 0.1%
10,000 ml (10 litros)	=	100 PPM	= 0.01%
100,000 ml (100 litros)	=	10 PPM	= 0.001%
1.000,000 ml (1000 litros)	=	1 PPM	=0.0001%
10.000,000 ml (10,000 litros)	=	0.1 PPM	
100.000,000 ml (100,000 litros)	=	0.01 PPM	
1,000.000,000 ml (1.000,000 litros)	=	0.001 PPM	

Conversión de temperatura

Grados C = (Grados F -32) × 0.5556
Grados F = (Grados C × 1.8) + 32

Apéndice A

TABLA 9

Tabla de conversión de la concentración de la aspersión

onzas por 100 galones		PPM	% de solución	gramos por 100 litros
2/3		50	.005	5
1		75	.0075	7.5
1·1/3		100	.01	10
2	(1/8 lb.)	150	.015	15
2·2/3		200	.02	20
3·1/3		250	.025	25
4	(1/4 lb.)	300	.03	30
5·1/3		400	.04	40
6·2/3		500	.05	50
8	(1/2 lb.)	600	.06	60
9·1/3		700	.07	70
10·2/3		800	.08	80
12	(3/4 lb.)	900	.09	90
13·1/3		1000	0.10	100
16	(1 lb.)	1200	0.12	120
20	(1·1/4 lb.)	1500	0.15	150
24	(1·1/2 lb.)	1800	0.18	180

Apéndice A

TABLA 10

Número de pies de surco por acre, con diferentes separaciones de surco

distancia en pulgadas entre surcos	pies lineales de surco por acre	distancia en pulgadas entre surcos	pies lineales de surco por acre
6	87,120	30	17,424
7	74,674	32	16,375
8	65,340	36	14,520
9	58,080	40	13,068
10	52,272	42	12,445
12	43,560	48	10,890
14	37,337	50	10,454
15	34,848	60	8,712
16	32,670	62	8,430
18	29,040	72	7,260
20	26,136	76	6,877
24	21,780	80	6,534
28	18,669	96	5,445

Apéndice A

TABLA 11

Gramos de tratamiento necesarios con varios grados para la superficie indicada

Superficie tratada en pies cuadrados	Proporción en libras por acre (basada en producto o ia)											
	0.25	0.50	1	2	3	4	5	6	7.5	8	9	10
6	0.02	0.03	0.06	0.13	0.19	0.25	0.31	0.38	0.47	0.50	0.56	0.63
10	0.03	0.05	0.10	0.21	0.31	0.42	0.52	0.63	0.78	0.83	0.94	1.04
25	0.07	0.13	0.26	0.52	0.78	1.04	1.30	1.56	1.95	2.08	2.34	2.60
30	0.08	0.16	0.31	0.63	0.94	1.25	1.56	1.87	2.34	2.50	2.81	3.12
36	0.09	0.19	0.38	0.75	1.13	1.50	1.87	2.25	2.81	3.00	3.37	3.75
48	0.13	0.25	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.75	4.00	4.50	5.00
64	0.17	0.33	0.67	1.33	2.00	2.67	3.33	4.00	5.00	5.33	6.00	6.66
72	0.19	0.38	0.75	1.50	2.25	3.00	3.75	4.50	5.62	6.00	6.75	7.50
75	0.20	0.39	0.78	1.56	2.34	3.12	3.91	4.69	5.86	6.25	7.03	7.81
81	0.21	0.42	0.84	1.69	2.53	3.37	4.22	5.06	6.33	6.75	7.59	8.44
90	0.23	0.47	0.94	1.87	2.81	3.75	4.69	5.62	7.03	7.50	8.44	9.37
100	0.26	0.52	1.04	2.08	3.12	4.17	5.21	6.25	7.81	8.33	9.37	10.4
120	0.31	0.63	1.25	2.50	3.75	5.00	6.25	7.50	9.37	10.0	11.3	12.5
150	0.39	0.78	1.56	3.12	4.69	6.25	7.81	9.37	11.7	12.5	14.1	15.6
200	0.52	1.04	2.08	4.17	6.25	8.33	10.4	12.5	15.6	16.7	18.7	20.8
250	0.65	1.30	2.60	5.21	7.81	10.4	13.0	15.6	19.5	20.8	23.4	26.0
300	0.78	1.56	3.12	6.25	9.37	12.5	15.6	18.7	23.4	25.0	28.1	31.2
400	1.04	2.08	4.17	8.33	12.5	16.7	20.8	25.0	31.2	33.3	37.5	41.7
500	1.30	2.60	5.21	10.4	15.6	20.8	26.0	31.2	39.1	41.7	46.9	52.1
750	1.95	3.91	7.81	15.6	23.4	31.2	39.1	46.9	58.6	62.5	70.3	78.1
1000	2.60	5.21	10.4	20.8	31.2	41.7	52.1	62.5	78.1	83.3	93.7	104
1200	3.12	6.25	12.5	25.0	37.5	50.0	62.5	75.0	93.7	100	113	125

Apéndice B

Referencias para el combate químico de la maleza

Resúmenes e índices

WEED ABSTRACTS—Departamento de Agricultura del Reino Unido (Commonwealth Agricultural Bureau.) Farnham Royal, Inglaterra.
HORTICULTURAL ABSTRACTS—Departamento de Agricultura del Reino Unido. Farnham Royal, Inglaterra.

Informes anuales de investigación

Experimental Herbicides—Status Report by Crop, International Plant Protection Center, Oregon State University, Corvallis, Oregon.
North Central Weed Control Conference Proceedings and Research Reports, USA.
Northeastern Weed Control Conference Proceedings and Research Reports, USA.
Western Weed Control Conference Proceedings and Research Reports, USA.
Southern Weed Control Conference Proceedings and Research Reports, USA.
Weed Science Society of America Proceedings, USA.

Recomendaciones para combatir la maleza anual

Literatura de las compañías fabricantes (véase el Apéndice C para obtener las direcciones postales).

Libros

Ahlgren, G.H., Klingman, G.C. and Wolf, D.E. (1951) PRINCIPLES OF WEED CONTROL. John Wiley and Sons, Inc. New York.
Anderson, Robert N. (1968) GERMINATION AND ESTABLISHMENT OF WEEDS FOR EXPERIMENTAL PURPOSES. W. F. Humphrey Press, Inc., Geneva, NY.
Cárdenas, J., Franco, O., Romero, C., and Vargas, D. (1970) MALEZAS DE CLIMA FRIO. ICA/OSU/COMALFI, Bogotá, D.E., Colombia.
Colbert, F.O., Rhoads, H. and Klaustermeyer, J. (1968) LESSON OUTLINES FOR TEACHING WEED CONTROL. California State Polytechnic College, San Luis Obispo, California.
Crafts, A.S. and Robbins, W.W. (1962) WEED CONTROL. McGraw-Hill Book Company, Inc.
Dunham, R.S. (1965) HERBICIDE MANUAL FOR NON-CROPLAND WEEDS. USDA Agricultural Handbook No. 269.
Fogg, J.M. (1956) WEEDS OF LAWN AND GARDEN. Blackwell's of Oxford.
Fryer, J.D. and Evans, S.A. (eds) (1968) WEED CONTROL HANDBOOK. Vol. 1 and 2. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
Harper, J.L. (1960) THE BIOLOGY OF WEEDS. Blackwell's of Oxford.
Hepworth, H.M., Fine, R.R. (1971) HERBICIDE USE AND NOMENCLATURE INDEX. International Plant Protection Center, Oregon State University, Corvallis, Oregon.

King, L.J. (1966) WEEDS OF THE WORLD BIOLOGY AND CONTROL. Plant Science Monographs.

Klingman, G.C. (1961) WEED CONTROL AS A SCIENCE. John Wiley and Sons, Inc. New York.

Marzocca, Angel (1957) MANUAL DE MALEZAS. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Buenos Aires.

Muzik, T.J. (1970) WEED BIOLOGY AND CONTROL. McGraw-Hill Book Co., New York.

Ramírez, A., Bofarull, B., del Pozo, J. y López, H. (1968) CONTROL QUIMICO DE MALEZAS. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Santiago, Chile.

Spencer, E.Y. (1968) GUIDE TO THE CHEMICALS USED IN CROP PRODUCTION. Queen's Printer and Controller of Stationary, Ottawa, Canada.

Thomson, W.T. (1964) AGRICULTURAL CHEMICALS BOOK II: HERBICIDES. Simmons Publishing Company.

United States Department of Agriculture (1965) A SURVEY OF EXTENT AND COST OF WEED CONTROL AND SPECIFIC WEED PROBLEMS.

Weed Society of America (1967) HERBICIDE HANDBOOK. W.F. Humphrey Press Inc., Geneva, New York.

Woodford, E.K. (1963) CROP PRODUCTION IN A WEED-FREE ENVIRONMENT. The Second Symposium of the British Weed Control Council. Blackwell's of Oxford.

Woodford, E.K. and Sagor, G.R. (1960) HERBICIDES AND THE SOIL. Blackwell's of Oxford.

Zaviezo, Salomón M. (1965) MANUAL DE CONTROL QUIMICO DE MALEZAS. Imp. Stanley. Santiago, Chile.

Periódicos

PANS (Pest Articles and News Summaries)—Published in Britain by the Ministry of Overseas Development. London.

WEEDS—Journal of the Weed Science Society of America.

WEED RESEARCH—Official Journal of the European Weed Research Council. Blackwell Scientific Publications. Oxford.

Boletines

IPPC INFOLETTER—A free periodic publication of the International Plant Protection Center, Oregon State University, Corvallis, Oregon.

Apéndice C

Proveedores internacionales de herbicidas

Abbott Laboratories
1400 Sheridan Rd.
North Chicago, IL 60064/USA

Allied Chemical Corp.
Agricultural Div.
40 Rector St.
New York, NY 10006/USA

Amchem Products Inc.
Ambler, PA 19002/USA

American Cyanamid Co.
Agricultural Div.
Box 400
Princeton, NJ 08540/USA

American Hoechst Corporation
11312 Hartland Street
North Hollywood, CA 91605/USA

The Ansul Co.
Chemical Div.
1 Stanton St.
Marinette, WI 54143/USA

Atlas Chemical Industries
Wilmington, DE 19800/USA

Badische Anilin and Soda-Fabrik A.G.
Ludwigshafen am Rhein
GERMANY

BASF Corporation
100 Cherry Hill Rd.
Parsippany, NJ 07054/USA

Boots Pure Drug Company Ltd.
Lenton Research Station
Nottingham, England

Chapman Chemical Company
P.O. Box 9158
Memphis, TN 38109/USA

Chemagro Corporation
Box 4913
Kansas City, MO 64120/USA

Chevron Chemical Co.
Ortho Div.
940 Hensley St.
Richmond, CA 94081/USA

CIBA Agrochemical Co.
Div. of CIBA Corp.
556 Morris Ave.
Summit, NJ 07901/USA

CIBA Agrochemical Division
CIBA Limited
Basle, Switzerland

Colloidal Products Corporation
P.O. Box 621
Petaluma, CA 94952/USA

Diamond Shamrock Corp.
Biochemicals Div.
300 Union Commerce Bldg.
Cleveland, OH 44114/USA

The Dow Chemical Co.
Bioproducts Dept.
Midland, MI 48640/USA

E.I. duPont de Nemours and Co., Inc.
Industrial and Biochemicals Dept.
10th and Market Sts.
Wilmington, DE 19898/USA

Elanco Products
Div. Eli Lilly and Co.
P.O. Box 1750
Indianapolis, IN 46206/USA

E. Merck Ag.
61 Darmstadt Frankfurter
Strasse 250, Germany

ESSO Research and Engineering Co.
P.O. Box 536
Linden, NJ 07036/USA

Fabrick Van Chemische Pr.
Sondeligenplaat
Holland

Farbenfabriken Bayer A.G.
Pflanzenschutz
Wissenschaftl Abteilung
Leverkusen, Bayerwerk
GERMANY

Farbwerk Hoechts Ag
Frankfurt M
GERMANY

Fison
Wilmington, MA 01887/USA

Fison Pest Control
46 Barrow Road
Cambridge, ENGLAND

Geigy Agricultural Chemicals
Div. of Geigy Chemical Corp.
Saw Mill River Rd.
Ardsley, NY 10502/USA

J.R. Geigy
Basle, Switzerland

Great Lakes Chemical Corporation
P.O. Box 2200
West Lafayette, IN 47960/USA

Gulf Oil Corp.
Agricultural Chemicals Div.
610 Dwight Blvd.
Kansas City, MO 64105/USA

Hercules Incorporated
Hercules Tower
910 Market St.
Wilmington, DE 19899/USA

Hooker Chemical Corp.
Niagara Falls, NY 14302/USA

Kumiai Chemical Industry
2-4-2 Ootemachi
Chiyoda-ku,
Tokyo, Japan

Mallinckrodt Chemical Works
360 North Second Street
St. Louis, MO 63160/USA

May and Baker Ltd.
Dagenham
Essex, ENGLAND

Merck Sharp and Dohme International
Division of Merck and Company, Inc.
110 Church Street
New York, NY 10007/USA

Mitsui Toatsu Chemicals
Agricultural Chemicals
3-2-5 Kasumigaseki
Chiyoda-ku
Tokyo, Japan

Mobil Chemical Company
Research Center
P.O. Box 631
Ashland, VA 23005/USA

Monsanto Co.
Agricultural Div.
800 N. Lindbergh Blvd.
St. Louis, MO 63166/USA

Montecatini
Via F. Turati, 18
Milano, Italy

Murphy Chemical Company, Inc.
Wheathampstead, St. Albans
Herts, ENGLAND

Niagara Chemical Div.
FMC Corp.
100 Niagara St.
Middleport, NY 14105/USA

Nippon Soda Company, Ltd.
Shin-Ohtemachi Building
Tokyo, JAPAN

NOR-AM Agricultural Products
11710 Lake Avenue
Woodstock, IL 60028/USA

NV Philips-Duphar
Apollolaan 151
Amsterdam, Holland

PEPRO
B.P. 139-69
Lyon, R.P.
France

Pennwalt Chemicals Corporation
3 Penn Center
Philadelphia, PA 19102/USA

Pfizer International Inc.
235 East 42nd Street
New York, NY 10017/USA

Plant Protection Limited
Fernhurst, Haslemere, Surrey
ENGLAND

PPG Industries
Chemical Division
1 Gateway Center
Pittsburgh, PA 15222/USA

Rhodia Inc.
Chipman Div.
120 Jersey Ave.
New Brunswick, NJ 08903/USA

Rohm and Haas Co.
Agricultural and Sanitary
Chemicals Dept.
Independence Mall
Philadelphia, PA 19105/USA

Sandoz Ltd.
CH 4002
Basle, Switzerland
Sandoz Pharmaceuticals
Agrochemical Department
Hanover, NJ 07936/USA

Schering Ag
Agricultural Chemical Division
P.O. Box 650311
Berlin, Bergkamen
GERMANY

Shell Chemical Co.
Agricultural Chemicals Div.
110 W. 51st St.
New York, NY 10020/USA

Shell Ltd.
Woodstock Agricultural Research
Center
Sittingbourne, Kent
ENGLAND

Societe des Usines Chimiques
Rhone-Poulenc
22 Avenue Montaigne
Paris 8e, France

Stauffer Chemical Co.
Agricultural Chemical Div.
380 Madison Ave.
New York, NY 10017/USA

Tenneco Chemicals, Inc.
Heyden Div.
300 East 42nd St.
New York, NY 10017/USA

Thompson-Hayward Chemical Co.
5200 Speaker Road
Kansas City, KS 66110/USA

TUCO Products Co.
Div. of The Upjohn Co.
7171 Portage Rd.
Kalamazoo, MI 49001/USA

Union Carbide Corporation
270 Park Avenue
New York, NY 10017/USA

UniRoyal Chemical
Div. of UniRoyal, Inc.
Elm St.
Naugatuck, CT 06771/USA

U.S. Borax and Chemical Corp.
P.O. Box 75128
Sanford Station
Los Angeles, CA 90005/USA

Velsicol Chemical Corp.
341 East Ohio St.
Chicago, IL 60611/USA

Verdugt's
Industry and Handelsonderneming
N.V.
Tiel, Holland

3M Company
3M Center
Saint Paul, MN 55101/USA