

KAROLINA IWASZKIEWICZ

ZNACZENIE OBSERWACJI W ŚCISŁYM DOŚWIADCZENIU POLOWYM

Obserwator dostrzeże wiele najważniejszych rzeczy tylko wtedy, gdy jest zaintrygowany i gdy nim kieruje nadzieja sprawdzenia teorii".

W. St. Jevons

Pojęcie spostrzeżenia, obserwacji i eksperymentu

Przy rozważaniu znaczenia obserwacji w doświadczeniu dobrze jest zorientować się w różnicach między spostrzeżeniem, obserwacją a eksperymentem.

Zdanie o pewnym zdarzeniu, oparte o świadectwo naszych zmysłów i narzucające się samo przez się jest *s p o s t r z e ż e n i e m*, np. przechodząc obok poletek doświadczalnych można spostrzec niechcący pierwsze rozwinięte kwiaty roślin.

Jeżeli zaś spostrzeżenie jest zamierzone w celu znalezienia odpowiedzi na pewne z góry postawione pytanie, to takie spostrzeżenie nazywa się *o b s e r w a c j ą*, np. jeżeli interesuje nas, kiedy rozwiną się pierwsze kwiaty na poletkach doświadczalnych, wtedy takie celowe śledzenie zakwitania roślin jest obserwacją.

Żaden z naszych zmysłów nie dostarcza jednak wprost danych dla dokładnego określenia ilości, długości, ciężaru i innych cech. Wobec tego zmuszeni jesteśmy przy wykonywaniu dokładnych obserwacji uciekać się do pomocy przyrządów, które pozwalają zastąpić nieokreślone wrażenia zmysłów danymi liczbowymi. Obserwacja, która dochodzi do skutku za pośrednictwem przyrządów, jest *o b s e r w a c j ą p o ś r e d n i ą*, np. oglądając przekrój liści przez mikroskop obserwujemy pośrednio budowę anatomiczną liścia. Dokonując analizy chemicznej plonu, obserwujemy pośrednio jakość plonu. Ważąc plon, obserwujemy pośrednio wielkość plonu. *O b s e r w a c j a b e z p o ś r e d n i a* zaś bywa wtedy, gdy przy obserwacji nie posługujemy się żadnymi przyrządami pomocniczymi, np. obserwujemy bezpośrednio, gdy oceniamy „na oko” różne cechy rośliny.

Wynikiem obserwacji są fakty czyli dane.

E k s p e r y m e n t jest to metoda badania, która polega na wywoływaniu badanych zdarzeń w określonych i kontrolowanych warunkach

po to, żeby przeprowadzić nad nimi obserwacje celem poznania prawidłowości przebiegu tych zdarzeń. Obserwacja jest zatem istotnym składnikiem eksperymentu. Zamiast „eksperyment” mówi się często „doświadczenie”.

W dalszym ciągu pracy rozważymy obserwacje zdarzeń, zachodzących w warunkach ścisłego doświadczenia polowego. Obserwacje te można podzielić na dwa typy: obserwacje o charakterze tłumaczącym i obserwacje o charakterze kontrolującym.

Obserwacje o charakterze tłumaczącym

Przy rozwiązywaniu zagadnień uprawy roli i roślin wykrycie w pewnych warunkach zależności między plonem a badanym zabiegiem drogą zestawienia danych co do wielkości plonu, odpowiadających określonym wartościom badanego zabiegu, jest tylko stwierdzeniem faktu i, jeśliby na tym poprzestać, byłoby to rozwiązanie techniczne, przedstawiające wartość dla tego kawałka pola, na którym doświadczenie zostało wykonane.

Celem zaś naukowej metody badania jest teoretyczne rozwiązanie zagadnienia, tj. nie tylko ustalenie pewnej opisowej ilościowej charakterystyki zależności pomiędzy wielkością plonu a badanym zabiegiem, ale głównie wytłumaczenie, w jaki sposób badany zabieg wpływa na zmianę w życiu rośliny i w środowisku roślinnym oraz ocena tej zmiany. Od naukowej metody badania wymaga się, aby dała teoretyczne podstawy, na których może opierać się stosowanie w praktyce badanego zabiegu. Nauka bowiem polega nie tylko na umiejętności stosowania zabiegu, lecz i na rozumieniu mechanizmu jego działania i tym się różni od umiejętności praktycznych.

Tłumaczenie faktów nie jest celem samo przez się, lecz środkiem do dużo szybszego rozwiązania zagadnienia i większej możliwości kierowania rozwojem roślin według naszych życzeń. Rozumiejąc działanie badanego zabiegu i wiedząc, w jakim kierunku wpływa ten zabieg na życie rośliny, można świadomie stosować go w praktyce rolniczej.

Gospodarstwo wiejskie, na przykład, dawno stosowało obornik, kompost, fekalia, popiół, lecz dopiero poznanie sposobu odżywiania roślin naprowadziło na pomysł stosowania sztucznych nawozów mineralnych. Także wytłumaczenie, na czym polega bielcowanie gleb w wilgotnych miejscowościach dało gospodarstwu wiejskiemu środek w postaci wapnowania do ulepszenia tych gleb. Przykłady te obrazowo mówią o ogromnym znaczeniu, jakie ma tłumaczenie stwierdzanych faktów przy rozwiązywaniu zagadnień praktyki.

W celu wytłumaczenia sposobu działania badanego zabiegu poddajemy obserwacji szereg zdarzeń związanych z życiem rośliny i ze śro-

dowiskiem roślinnym, otrzymując w ten sposób obraz zmian zachodzących pod wpływem działania badanego zabiegu.

Wobec istnienia nieskończonej różnorodności zdarzeń, zastanówmy się nad pytaniem, jakie zdarzenia powinny podlegać obserwacji w ścisłym doświadczeniu polowym?

W niektórych, stosunkowo nielicznych zagadnieniach możemy obserwować bezpośrednio przebieg procesu warunkującego zależność pomiędzy wielkościami plonu a wartościami badanego czynnika i w ten sposób stworzyć sobie wyobrażenie o przebiegu procesu i wytłumaczyć tę albo inną zależność między wielkością plonu a wartościami badanego czynnika.

Lecz w większości przypadków mamy do czynienia z procesami bardzo złożonymi i odbywającymi się w ukrytej dla nas postaci. Żeby otrzymać materiał dla wytłumaczenia takich procesów, przeprowadzamy rozmaite doświadczenia wazonowe, mikropoletkowe, polowe obserwacyjne. Wykorzystując przy pomocy wiedzy współczesnej otrzymany wszystkimi tymi sposobami materiał, staramy się wyobrazić sobie przebieg zmian we wzroście i rozwoju rośliny oraz w środowisku roślinnym pod wpływem działania badanego czynnika. W ten sposób konstruujemy hipotezę o zależności między zdarzeniami, tj. o istnieniu stosunku przyczyny i skutku pomiędzy następującymi po sobie zdarzeniami zachodzącymi pod wpływem działania badanego czynnika podczas okresu wegetacji. Innymi słowy, szereg zdarzeń łączymy w złożony łańcuch przyczyn i skutków.

Jednak ze względu na złożoność badanych zdarzeń, przy ich przy czynowej analizie nie można z góry wierzyć wysuniętej hipotezie logicznie skonstruowanej na podstawie jakichś faktów, gdyż nie wiadomo, czy dobrane fakty i dobrane tłumaczenie do nich powtórzą się w dalszych doświadczeniach. W celu sprawdzenia, czy zdarzenia, które można przewidywać na podstawie hipotezy, powtórzą się w nowym doświadczeniu, tj. czy będą zgodne z nowouzyskanymi danymi doświadczalnymi, przeprowadzamy doświadczenie ścisłe.

A więc celem doświadczenia ścisłego jest uzyskanie większego prawdopodobieństwa dobranego tłumaczenia mechanizmu działania badanego zabiegu, obok wykrycia wielkości plonów odpowiadających określonym wartościom badanego czynnika w pewnych określonych warunkach.

Bardziej prawdopodobne tłumaczenie mechanizmu działania badanego zabiegu uzyskujemy bowiem wtedy, gdy z góry sformułujemy przypuszczalne tłumaczenie i sprawdzimy je w nowym pozytywnym doświadczeniu. I dlatego sformułowanie hipotezy przy planowaniu doświadczenia ścisłego jest jednym z istotnych wymagań naukowej metody badania.

Obserwacji zatem w doświadczeniu ścisłym powinny podlegać te zdarzenia, które logicznie wypływają z hipotezy, tj. te, które są przypuszczalnie pośrednimi ogniwami w złożonym łańcuchu przyczyn i skutków. A ponieważ wysunięta hipoteza jest zależna od rozwiązywanego zadania, przeto dobór zdarzeń podlegających obserwacji opracowuje się dla każdego konkretnego zagadnienia za każdym razem przy planowaniu doświadczenia.

Dla ilustracji przytoczę przykład planowania zdarzeń do obserwacji, wpływających z wysuniętej, celowo zbyt uproszczonej hipotezy w doświadczeniu o temacie: „Wpływ pogłównego nawożenia azotem na plon pszenicy”.

Na podstawie faktów uzyskanych w wyniku poprzednich doświadczeń można wysunąć, na przykład, taką hipotezę: wczesne wiosenne zastosowanie dodatkowej dawki azotu zwiększa krzewienie i pędy wczesnie utworzone będą miały możliwość wykłosić się do zbioru; dodatkowa zaś dawka azotu zastosowana później nie okazuje żadnego działania na liczbę kłosów, ale zwiększa ciężar ziarna w kłosie.

Dla sprawdzenia słuszności takiego tłumaczenia reakcji rośliny na różne terminy pogłównego nawożenia azotem, w doświadczeniu ścisłym o odpowiednim schemacie wypada przeprowadzić obserwacje następujących zdarzeń: 1) liczby kłosów jednej rośliny; 2) ciężaru ziarna w jednym kłosie; 3) liczby ziarn w jednym kłosie; 4) ciężaru 1000 ziarn; 5) wielkości plonu.

Jeżeli przewidywane wyniki będą zgodne z danymi uzyskanymi w doświadczeniu, to przytoczone tłumaczenie będzie bardziej prawdopodobne, da pełniejsze zrozumienie zagadnienia i praktycznie będzie bardziej cenne dla określenia możliwej efektywności dodatkowego nawożenia azotem przy różnych terminach stosowania niż tylko same średnie arytmetyczne plony otrzymane w wyniku doświadczenia.

Jeżeli zaś przewidywane wyniki nie będą zgodne z danymi doświadczalnymi, to będziemy zmuszeni odrzucić wysuniętą hipotezę i dobrać nową hipotezę taką, aby była zgodna z danymi uzyskanymi z doświadczenia, lecz wtedy nastąpi konieczność przeprowadzenia nowego doświadczenia dla sprawdzenia nowej hipotezy.

Im liczniejsze i różnorodniejsze fakty wiąże hipoteza w łańcuch przyczyn i skutków w celu wytłumaczenia mechanizmu działania badanego zabiegu i im lepiej pozwala przewidywać pewne fakty, tym większą mamy rację uważać ją za trafny wyraz faktów. Jednak lepiej jest zaplanować mniejszą liczbę zdarzeń do obserwacji, lecz konsekwentnie związanych z działaniem badanego zabiegu niż większą liczbę zdarzeń takich, które nie mogą tłumaczyć działania badanego zabiegu.

Jeżeli w czasie doświadczenia ograniczymy się do obserwacji tylko tych zdarzeń, które spodziewamy się ujrzeć, to prawdopodobnie przeoczymy zdarzenia nieoczekiwane takie, których różnica w obiektach doświadczenia dałaby się zauważyć. Obserwacje takich zdarzeń są niezmierzenie ważne. Mogą one nie tylko nasunąć domysł innego tłumaczenia powstałych różnic w plonach obiektów, lecz także pomagają wykryć czynniki zakłócające wpływ badanego zabiegu, i czynniki uboczne, nie podejrzewane o udział w tworzeniu się różnic w plonach obiektów. Dlatego, przeprowadzając obserwacje podczas przebiegu doświadczenia, powinno się świadomie szukać zdarzeń spodziewanych i także nieoczekiwanych, których różnicę w przebiegu na obiektach da się zauważyć.

Celem obserwacji zdarzeń wypływających z hipotezy i wyżej wspomnianych dodatkowych obserwacji jest uchwycenie zmian we wzroście i rozwoju roślin lub w środowisku roślinnym, zachodzących pod wpływem działania badanego czynnika dla wytłumaczenia mechanizmu działania badanego zabiegu i tym samym dla wytłumaczenia powstałych różnic w plonach obiektów.

Ponieważ celem tych obserwacji jest wykrycie pośrednich ogniw w złożonym łańcuchu przyczyn i skutków, przeto mają one charakter tłumaczący.

Obserwacje o charakterze kontrolującym

Żaden z czynników środowiska, od których zależy wzrost i rozwój rośliny, nie oddziałuje na roślinę w oderwaniu od pozostałych czynników, lecz w kompleksie ze wszystkimi innymi. I dlatego przy badaniu złożonych i zmiennych czynników w doświadczeniu polowym ważne jest poświęcenie dużej uwagi czynnikom nie badanym w doświadczeniu, lecz biorącym udział w tworzeniu się plonu, tzw. warunkom przeprowadzenia doświadczenia, a to z następujących względów: 1) dla otrzymania poprawnych wyników doświadczenia; 2) dla wytłumaczenia ewentualnych przyczyn niezgodności przewidywanych wyników z danymi doświadczalnymi; 3) dla rozumienia wyników doświadczenia; 4) dla odtworzenia doświadczenia; 5) dla ustalenia zakresu korzystania z wyników doświadczenia.

1. Ażeby wyniki obserwacji były poprawne, tj. aby różnice w plonach obiektów powstały wskutek działania jedynie badanego czynnika, trzeba, aby na wszystkich poletkach doświadczenia warunki przeprowadzenia doświadczenia były jednakowe w czasie założenia doświadczenia i aby podczas przebiegu doświadczenia nie pojawił się żaden czynnik zakłócający i żaden czynnik uboczny. Czynniki zakłócające są to czynniki, które niejednakowo wpływają na wzrost i rozwój roślin na poletkach tego samego obiektu, zakłócając w ten sposób działanie

tego obiektu. Na przykład w powyżej przytoczonym temacie doświadczenia: „Wpływ terminów pogłównego nawożenia azotem na plon pszenicy”, takim czynnikiem zakłócającym może być niejednakowa liczba roślin przypadająca na 1 m² na poletkach tego samego obiektu, która mogła powstać wskutek niedokładnego siewu, wymoknięcia itp.

Innymi przykładami czynników zakłócających mogą być: nalot szkodników i osadzenie się ich na niektórych poletkach, błąd techniczny, wpływ sąsiedzki itp.

Czynniki uboczne są to czynniki, które, nie będąc w żadnym związku z działaniem badanego czynnika, działają jednocześnie z badanym czynnikiem bądź potęgując jego działanie, bądź niwecząc. Na przykład zachwaszczenie przy różnej rozstawie rzędów w obiektach wpływa ujemnie na rozwój roślin w obiekcie o szerokiej rozstawie rzędów; opady przy różnych terminach siewu roślin mogą wpłynąć dodatnio albo ujemnie na którykolwiek z terminów; przymrozek przy różnych fazach wegetacji roślin może uszkodzić tylko rośliny na niektórych obiektach; susza przy badaniu nawożenia mineralnego może zniweczyć zupełnie działanie nawozów; woda przy opryskiwaniu roślin rozcieńczonymi preparatami może mieć większe znaczenie dla roślin niż rozcieńczone w wodzie preparaty.

Ażeby mieć kontrolę nad warunkami przeprowadzenia doświadczenia, trzeba śledzić warunki przeprowadzenia doświadczenia przez cały czas trwania doświadczenia.

2. Jeżeli przewidywane wyniki doświadczenia są niezgodne z danymi doświadczalnymi, to wytłumaczyć przyczynę tego można tylko znając warunki przeprowadzenia doświadczenia. Weźmy dla przykładu następujące przypadki.

Jak można zrozumieć małą nadwyżkę w plonie uzyskaną wskutek zastosowania badanego zabiegu, przy którego pomocy badacz spodziewał się osiągnąć dużą nadwyżkę w plonie, jeżeli nie mamy żadnych obserwacji środowiska? — Jeżeli zaś będzie wiadomo, na przykład, że w okresie przed i podczas kłoszenia zboża była dłuższa susza, a rośliny przy lepszej agrotechnice miały silniej rozwinięte ulistnienie niż rośliny kontrolne, to stanie się zrozumiałe, że rośliny o silnym ulistnieniu, a więc o podwyższonej transpiracji, znalazły się podczas tej fazy w bardziej niesprzyjających warunkach niż rośliny słabiej rozwinięte, i wskutek tego dały mniejszą nadwyżkę niż przewidywał badacz.

Albo jak zrozumieć, nie mając obserwacji, że pomidory wysadzone do gruntu wcześniej i mające pączki kwiatowe dały późniejszy zbiór niż rośliny później wysadzone bez pączków kwiatowych? — Jeżeli natomiast obserwacje meteorologiczne wykażą, że po wysadzeniu był

przymrozek, a jednocześnie obserwacje rośliny w fazie kwitnienia wykażą opadanie kwiatów u wcześniej wysadzonych roślin, wtedy będzie zrozumiała wynik nieoczekiwanego zbyt późnego zbioru pomidorów wcześniej wysadzonych.

3. Działanie każdego czynnika na plon zależy od stanu innych czynników tworzących plon i zmienia się przy zmianie tych ostatnich, tak że jeden i ten sam zabieg w zależności od warunków przeprowadzenia doświadczenia może dać zupełnie różne wyniki. Wobec czego wyniki doświadczenia przy nieznanymi warunkach przeprowadzenia doświadczenia są niezrozumiałe i nawet bezwartościowe.

4. Wynik doświadczenia ma tylko wtedy wartość, gdy można go sprawdzić, tj. gdy można odtworzyć doświadczenie i otrzymać analogiczny wynik przy powtórzeniu kompleksu warunków. Żeby móc odtworzyć doświadczenie, trzeba znać kompleks warunków przeprowadzenia doświadczenia.

5. Żeby rolnik mógł skorzystać z wyników badania, trzeba, aby znał warunki przeprowadzenia doświadczenia i mógł tak czy inaczej uwzględnić istniejące różnice w warunkach przy stosowaniu nowego zabiegu.

Jak widzimy, obserwacje stanu czynników nie badanych, biorących udział w tworzeniu się plonu, są niezbędne w każdym doświadczeniu.

Podstawowe czynniki tworzące plon są następujące: 1) biologiczne — jednym z podstawowych czynników tworzących plon jest sama roślina ze swoimi przyrodzonymi właściwościami (odmiana, pochodzenie nasion, jakość materiału siewnego itp.); 2) glebowe; 3) klimatyczne; 4) biotyczne — wpływ innych roślin i zwierząt (choroby, szkodniki, chwasty); 5) techniczne zależne od człowieka.

Wszystkie te czynniki w kompleksie warunkują ten albo inny wzrost i rozwój rośliny. Niektóre czynniki tworzące plon są względnie stałe w toku doświadczenia, inne się zmieniają. Nie będziemy szczegółowo omawiać zakresu obserwacji zdarzeń charakteryzujących warunki przeprowadzenia doświadczenia. Zakres tych zdarzeń jest określony w znacznej mierze przez temat doświadczenia. Jednak są obserwacje rośliny i otaczającego środowiska, które są niezbędne prawie w każdym doświadczeniu. Ograniczymy się do rozważania niektórych czynników, na które należałoby zwrócić większą uwagę. Szczególnie ważne jest zwrócenie uwagi na czynniki zakłócające i czynniki uboczne. Do najważniejszych czynników ubocznych należą czynniki meteorologiczne, które mogą zupełnie zniweczyć działanie badanego czynnika albo znacznie je spotęgować. Dlatego w każdym doświadczeniu trzeba wiedzieć, jakie warunki pogody przypadają na ważniejsze okresy życia rośliny. W tym celu jest niezbędna dokładna obserwacja faz wegetacji rośliny w każdym doświadczeniu. Wtedy w wyniku przegrupowań danych meteorologicznych

i przeliczeń może być sporządzona agrometeorologiczna charakterystyka różnych okresów życia rośliny.

Obserwacje charakteryzujące warunki przeprowadzenia doświadczenia na ogół nie tłumaczą dlaczego otrzymano takie a nie inne różnice w plonach obiektów, mają one głównie charakter kontrolujący, określający zakres zastosowania wyników i odtworzenia doświadczenia.

Reasumując powyższe rozważania, wszystkie obserwacje w ścisłym doświadczeniu polowym są wykonywane albo w celu wytłumaczenia zależności pomiędzy wielkościami plonu a wartościami badanego czynnika, albo w celu charakterystyki przeprowadzenia doświadczenia. Skonstruowana hipoteza o zależności między szeregiem zdarzeń nadaje kierunek badaniu, jest podstawą przy doborze zdarzeń do obserwacji, pozwala rozumieć cel obserwacji każdego poszczególnego zdarzenia i rozumieć wzajemny związek między obserwowanymi zdarzeniami dzięki powiązaniu zdarzeń w łańcuch przyczyn i skutków.

Znaczenie obserwacji w doświadczeniu

Znaczenie obserwacji w doświadczeniu dla rozwiązania zagadnienia zależne jest od odpowiedniego doboru zdarzeń do obserwacji. Nie zagłębiając się w metodę wykonania obserwacji poszczególnych zdarzeń, przejdziemy do krótkiego omówienia metody opracowania wyników obserwacji uzyskanych w ścisłym, o odpowiednim schemacie doświadczeniu polowym, założonym w odpowiednim układzie poletek i poprawnie przeprowadzonym, ażeby wykazać znaczenie obserwacji dla wniosku wyciągniętego z doświadczenia przy jego kształtowaniu się.

Celem opracowania wyników obserwacji uzyskanych w doświadczeniu ścisłym jest krytyczne zbadanie wysuniętej hipotezy w świetle danych uzyskanych z doświadczenia, uzasadnienie istnienia i rodzaju zależności pomiędzy wielkościami plonu a wartościami badanego czynnika oraz uzasadnienie poprawności rozwiązania zadania.

Nauka wymaga, aby wypowiedane twierdzenia ogólne były uzasadnione. Tłumaczenie wykrytej zależności pomiędzy wielkościami plonu a wartościami badanego czynnika w postaci hipotezy już częściowo uzasadnia tę zależność. Dostateczne uzasadnienie¹ badanej zależności uzyskujemy dopiero przez sprawdzenie wysuniętej hipotezy przy pomocy pozytywnego doświadczenia ścisłego o schemacie dającym uzasadniające

¹ Twierdzenie ogólne dostatecznie uzasadnione jest wtedy, gdy w większości przypadków jest zgodne z rzeczywistością. Twierdzenie ogólne otrzymane drogą doświadczenia nie może być całkowicie uzasadnione, tylko w naukach matematycznych twierdzenia ogólne otrzymane drogą rozumowania są całkowicie uzasadnione.

zestawienia i przez interpretację otrzymanych różnic w obiektach przy pomocy metod statystyki matematycznej.

Opracowanie materiału doświadczalnego składa się z analizy i syntezy wyników obserwacji.

Analiza materiału polega na oddzielnym opracowaniu wyników obserwacji każdego poszczególnego zdarzenia, będącego w związku z wysuniętą hipotezą, tj. w związku z działaniem badanego zabiegu, na tle stanu warunków przeprowadzenia doświadczenia i dzieli się na cztery części:

1. Uzasadnienie poprawności samych wyników obserwacji.
2. Uzasadnienie, że jedyną przyczyną uzyskanej różnicy w obiektach jest działanie badanego zabiegu.
3. Uzasadnienie wyników obserwacji przez interpretację.
4. Sprawdzenie zgodności przewidywanego na podstawie hipotezy wyniku z faktami uzyskanymi w doświadczeniu.

1. W pierwszej części analizy należy stwierdzić, że w wynikach obserwacji danego zjawiska nie ma błędu technicznego, że wyniki obserwacji nie są subiektywne oraz wskazać, gdzie należałoby podejrzewać przeinaczenia obrazu rzeczywistości.

Jednym ze sposobów sprawdzenia poprawności wyników obserwacji jest obliczenie we wszystkich blokach różnic między wynikami obserwacji dwóch obiektów dowiadczenia tego samego bloku. Jeżeli te różnice nie są zgodne w granicach możliwego błędu dwóch pojedynczych oznaczeń, lecz znacznie się wahają, oznacza to, że albo popełniło się techniczny błąd, albo, że na wynik ma wpływ jakiś czynnik zakłócający. Przy tym jest rzeczą nieodzowną dobrze rozumieć techniczne metody wykonania obserwacji i zdawać sobie sprawę ze stopnia dokładności wyników obserwacji, np. stosując analizę chemiczną trzeba wiedzieć, jaką otrzyma się dokładność i czy ta dokładność jest wystarczająca do wykazania żądanych różnic w wynikach obserwacji.

Jeżeli nieprawidłowość w wynikach obserwacji powstała nie wskutek błędu technicznego, to należy szukać, z jakim czynnikiem zakłócającym jest ona związana. Poszukiwanie czynnika zakłócającego może doprowadzić do interesujących odkryć: może to być znaczna zmienność glebowa w bloku niezauważona przed założeniem doświadczenia, może to być nalot szkodników i nierównomierne ich osadzenie się na poletkach, albo znaczne zróżnicowanie w liczbie roślin na poletkach itp.

Przeprowadzając analizę wyników obserwacji zaraz po wykonaniu obserwacji, zyskuje się środki do wykrycia i wskazania błędów względnie ich poprawienia zanim nie jest za późno. Obecność dużego błędu technicznego albo obecność czynnika, który znacznie zakłóca działanie badanego zabiegu, może uczynić doświadczenie bezwartościowym.

2. Po stwierdzeniu poprawności wyników obserwacji rozważanego zdarzenia w drugiej części analizy obliczamy odpowiednie charakterystyki liczbowe, jak średnią arytmetyczną, odchylenie standardowe itp. Zestawiamy zmiany w wartościach badanego czynnika ze zmianami otrzymanymi w wyniku jego działania i staramy się wytłumaczyć otrzymane zmiany. Prowadzi to do rozważania nad przyczyną wywołującą te zmiany. Przez odpowiednie rozumowania z właściwości rozważanego zdarzenia, stanu warunków przeprowadzenia doświadczenia oraz wiedzy dotychczasowej staramy się uzasadnić, że różnica w obiektach jest skutkiem działania jedynie badanego zabiegu. Żeby mieć pojęcie o stosunku przyczynowym pomiędzy badanym zabiegiem a uzyskanym skutkiem, trzeba stwierdzić, że zastosowany zabieg jest jedyną decydującą przyczyną uzyskanej różnicy. Może bowiem zaistnieć duża różnica w obiektach, różnica ta jednak nie musi być spowodowana jedynie przez badany zabieg, ponieważ mogły tu grać rolę wpływy innych decydujących czynników ubocznych stałych albo zmiennych, tak że w rzeczywistości działanie danego zabiegu mogło nie mieć najmniejszego wpływu na otrzymaną różnicę. Do zrozumienia i ustalenia oddzielnych przyczyn nie ma innego sposobu, jak tylko dokonanie dobrze przemyślanego zestawienia wyników, dającego obraz zmian rośliny na tle zmieniającego się otaczającego środowiska. Analizujemy każdą przyczynę, która mogła odegrać decydującą rolę w zróżnicowaniu obiektów. Taką przyczyną może być jakakolwiek przyczyna, o której istnieniu oraz zdolności do wywołania zróżnicowania w obiektach wiemy z innych doświadczeń, np., taką przyczyną może być wystąpienie znacznej różnicy w liczbie roślin na poletkach tego samego obiektu. Taką przyczyną mogą być też określone zmienne czynniki meteorologiczne, np. dłuższa susza, przymrozek. Działanie czynników meteorologicznych na poszczególne obiekty może być decydująco niejednakowe, chociaż występują one w tym samym czasie, a to z tego powodu, że wskutek działania zabiegu wynikają różnice i w środowisku glebowym i w rozwoju roślin różnych obiektów. Oczywiście żadna przyczyna nie działa oddzielnie, chodzi tu tylko o ustalenie, czy uzyskana różnica w obiektach jest skutkiem działania jedynie zastosowanego zabiegu, czy może być skutkiem jednoczesnego działania badanego zabiegu z innymi nieprzewidzianymi ubocznymi przyczynami, które pojawiły się w czasie przebiegu doświadczenia i podziały decydująco na poszczególne obiekty. Porównując wyniki obserwacji jednych zdarzeń z wynikami innych, analizując zmiany samej rośliny i zmiany otaczającego środowiska, i korzystając przy tym z materiałów lat ubiegłych, uzyskujemy możliwość rozstrzygnięcia powstałych wątpliwości co do roli możliwych przyczyn

w zróżnicowaniu obiektów. Systematyczna eliminacja różnych możliwych przyczyn uznanych za niedecydujące pozwala sprowadzić uzyskaną różnicę w obiektach do działania albo badanego zabiegu albo uznać uzyskaną różnicę jako skutek innej przyczyny czy też jednoczesnego działania kilku przyczyn.

Jeżeli w wyniku takiego rozważania różnica w przebiegu zjawiska nie daje się sprowadzić do działania badanego zabiegu, lecz nasuwa się przypuszczenie, że istnieje więcej niż jedna przyczyna, które złożyły się na uzyskaną różnicę w obiektach, to takie doświadczenie nie da pojęcia o działaniu badanego zabiegu i jest nieudane. W tym przypadku wypadnie uznać zadanie za nierozwiązane i dążyć do przeprowadzenia nowego doświadczenia, które pozwoliłoby na uniknięcie albo usunięcie czynników ubocznych i otrzymanie żądanego skutku.

Można powiedzieć, że analizując w ten sposób wyniki obserwacji, dajemy świadectwo faktom „oglądając je oczyma rozumu” (J. Fr. W. Herschel).

3. Dalsza, w trzeciej części, analiza materiału polega na krytycznej ocenie znaczenia i zakresu zaobserwowanej różnicy w obiektach, tj. polega na rozstrzygnięciu: czy uzyskaną różnicę należy przypisać wahaniom losowym czy uznać za istotną, to znaczy taką, że poznanie jej pozwoli wyjść poza krąg przeprowadzonego doświadczenia. Jest to zagadnienie interpretacji wyników obserwacji. Rozwiązanie tego zagadnienia, opierające się na obiektywnych kryteriach, wymaga zastosowania metod statystyki matematycznej. Na podstawie metod statystyki matematycznej mianowicie ocenia się istotność różnicy i podaje się stopień pewności otrzymania analogicznych wyników przy powtórzeniu kompleksu warunków.

4. W czwartej części analiza kończy się na sprawdzeniu zgodności przewidywanego wyniku na podstawie hipotezy z danymi uzyskanymi w doświadczeniu. Jeżeli była przewidywana określona wielkość różnicy w obiektach, to w celu dokładnego sprawdzenia omawianej zgodności wypadnie oszacować wartość uzyskanej w doświadczeniu różnicy przy pomocy metod statystyki matematycznej.

Powyżej omówiona metoda analizy zastosowana do każdego zdarzenia związanego z działaniem zabiegu prowadzi krok za krokiem do słusznej interpretacji zaobserwowanych różnic w obiektach oraz może doprowadzić do odkrycia nowych faktów nie zauważonych poprzednio. Ażeby jednak metoda analizy była skuteczna, należy podczas okresu obserwacji nie tylko śledzić za pojawieniem się różnic w obiektach, ale równolegle analizować wyniki obserwacji i oceniać istotność zmian, które mają miejsce od obserwacji do obserwacji zdarzeń związanych z działaniem badanego zabiegu.

Po zakończeniu doświadczenia i wykonaniu analizy wyników obserwacji przystępujemy do s y n t e z y wyników obserwacji, jako koniecznej części opracowania następującej po analizie.

Zadaniem syntezy wyników obserwacji jest wykrycie związku przyczynowego pomiędzy poszczególnymi zdarzeniami zachodzącymi wskutek działania badanego zabiegu. krytyczne zbadanie wysuniętej hipotezy w świetle danych uzyskanych w doświadczeniu i wyrażenie wniosku o zależności zdarzeń w formie logicznej.

Na podstawie odpowiedniego zestawienia wyników obserwacji i wyników analizy oraz na podstawie rozumowań z właściwości rozważanych zdarzeń w oparciu o wiedzę dotychczasową staramy się wykryć zależność pomiędzy następującymi po sobie zdarzeniami zachodzącymi wskutek działania zabiegu i staramy się skonstruować złożony łańcuch przyczyn i skutków. Skonstruowany w ten sposób na podstawie danych doświadczalnych złożony łańcuch przyczyn i skutków zestawiamy z przewidywanym na podstawie hipotezy łańcuchem przyczyn i skutków.

Jeżeli wyniki obserwacji jakiegokolwiek zdarzenia będą wyraźnie niezgodne z przewidywaniami, wówczas dane doświadczalne nie nadają się do uogólnienia i przewidywania zdarzeń, które mają nastąpić w takich samych warunkach. Wypada wtedy poddać w wątpliwość słuszność wysuniętej hipotezy i zmodyfikować ją w taki sposób, aby była zgodna z danymi uzyskanymi w doświadczeniu. W tym przypadku zajdzie konieczność przeprowadzenia dalszych doświadczeń w celu sprawdzenia nowych aspektów zagadnienia. Postępowanie takie prowadzi krok za krokiem do lepszego poznania działania badanego zabiegu.

Jeżeli zaś stwierdzimy, że wyniki obserwacji wszystkich zdarzeń pokrywają się z przewidywanymi przez hipotezę, nie dopuszczając wątpliwości co do jej słuszności, wtedy hipoteza odpowiada faktom i będziemy się skłaniaли do jej przyjęcia. W tym przypadku wynikiem opracowania materiału jest wniosek odnoszący się do stosunku ilościowego pomiędzy plonem a badanym zabiegiem, wytłumaczony przez obserwacje podczas wegetacji.

Wniosek wyciągnięty z doświadczenia jest d o s t a t e c z n i e u z a s a d n i o n y tylko wtedy, gdy jest uzasadniony przez udane wytłumaczenie przy pomocy obserwacji podczas wegetacji, uzasadniony przez sprawdzenie przy pomocy pozytywnego poprawnego doświadczenia oraz uzasadniony przez interpretację z wynikiem pozytywnym przy pomocy metod statystyki matematycznej. Tylko wniosek dostatecznie uzasadniony nadaje się do przewidywania zdarzeń, które mają nastąpić w takich samych warunkach.

Jest rzeczą korzystną wykazanie poprawności zastosowanej metody badania przy pomocy k r y t y c z n e j o c e n y m e t o d, zastosowanych

w celu uzyskania danych doświadczalnych, podawanych jako podbudowa wniosków oraz uzasadnień, przytaczanych na poparcie stawianych wniosków po to, ażeby ten, kto w jakikolwiek sposób będzie korzystał z wyciągniętego z doświadczenia wniosku, mógł nabrać zaufania do tego wniosku.

Co więcej, krytyczna ocena zastosowanej metody badania pozwoli korzystającemu z wniosków doświadczenia lepiej zrozumieć mechanizm działania badanego zabiegu. Prócz tego jest wskazane podać zakres korzystania z wyników doświadczenia i wymienić te specyficzne warunki, od których zachowania zależy uzyskanie wyniku.

Zwykle badacz zanim utwierdzi się w słuszności wniosku szuka dalszych uzasadnień przez powtórzenie doświadczenia i przy tym w celu uzyskania szerszego uogólnienia zmienia warunki doświadczenia.

Jeżeli w wielokrotnie powtórzonych doświadczeniach w możliwie jak najbardziej różnorodnych warunkach udaje się ustalić zgodność między przewidywanymi wynikami a rzeczywiście otrzymywanymi i jeżeli uznajemy tę zgodność za wystarczającą i trwałą, to wtedy, znając mechanizm działania zabiegu, tj. wiedząc, w jakim kierunku wpływa ten zabieg na życie rośliny, możemy świadomie stosować go w praktyce rolniczej.

Jeżeli zaś wniosek wyciągnięty z doświadczenia ścisłego jest albo nie uzasadniony przez udane wytłumaczenie, albo nie uzasadniony przez sprawdzenie w pozytywnym i poprawnym doświadczeniu ścisłym, albo nie uzasadniony przez interpretację z wynikiem pozytywnym przy pomocy metod statystyki matematycznej, to nie jest dostatecznie uzasadniony i ma wartość hipotezy — przypuszczenia. A więc jednym z koniecznych warunków, aby wniosek z doświadczenia ścisłego, dotyczący zależności pomiędzy plonem a badanym zabiegiem, był dostatecznie uzasadniony, jest wytłumaczenie jego przy pomocy obserwacji podczas wegetacji.

Jeżeli zdarzenia związane z działaniem badanego zabiegu, zachodzące podczas okresu wegetacji, nie będą zaobserwowane, to nie wiadomo ile i jakie czynniki złożyły się na różnicę w plonach obiektów i nie będzie można sprawdzić czy taka różnica zasługuje na zaufanie i wniosek wyciągnięty na podstawie tylko wyników obserwacji wielkości plonu może być zupełnie fałszywy. Wtedy istnieje ryzyko stosowania metod statystyki matematycznej w celu krytycznej oceny liczbowej wartości uzyskanej różnicy w plonach obiektów. Ryzyko stosowania metod statystyki matematycznej tkwi w tym, że chociaż przy pomocy odpowiedniego schematu doświadczenia, mającego wyeliminować wpływ innych niebadanych czynników, i dzięki zastosowaniu metod statystyki matematycznej przy rozmieszczeniu obiektów na polu eliminujemy wpływ

zmienności glebowej, to jednak w toku doświadczenia mogą pojawić się ważne czynniki, które niejednakowo wpłyną na plon różnych obiektów. Wskutek tego uzyskane w doświadczeniu plony mogą stanowić próbę nie reprezentującą tej całości, którą chcemy zbadać, i różnica w plonach obiektów może być znaczna, „statystycznie istotna” ale uzyskana nie wskutek badanego zabiegu.

A więc obserwacje podczas wegetacji służą nie tylko do wytłumaczenia działania badanego zabiegu, ale zarazem do uzyskania, otrzymanego przy pomocy metod statystyki matematycznej, poprawnego wniosku, tj. do uzasadnienia, że plony uzyskane w wyniku doświadczenia stanowią reprezentatywną próbę tej całości, którą chcemy zbadać, czyli do uzasadnienia, że jedyną przyczyną uzyskanej różnicy w plonach obiektów jest różnica w działaniu badanego zabiegu.

Jako ilustracja znaczenia obserwacji wykonanych w toku doświadczenia dla sformułowania wniosku może służyć następujący przykład podany przez W. G. Cochran'a i F. M. Cox'a.

W celu zbadania różnicy w prędkościach liczenia dwóch maszyn, po kilkakrotnych liczeniach na maszynach, uzyskano różnicę między średnimi arytmetycznymi prędkościami. Rozpatrzmy trzy następujące przypadki przy opracowaniu wyników badania:

1. Jeżeli wiadomo, że przy każdej maszynie pracowała inna osoba, to uzyskana różnica w prędkościach mogła powstać wskutek różnej sprawności pracujących osób i zagadnienie prędkości liczenia maszyn na podstawie tych danych nie może być rozwiązane, chociażby zastosowanie metod statystyki matematycznej do interpretacji uzyskanej różnicy dało wynik pozytywny. W tym przypadku, wobec możliwego przeinaczenia obrazu rzeczywistości w uzyskanej próbie prędkości, interpretacja przy pomocy metod statystyki matematycznej nie ma żadnej wartości.

2. Jeżeli zaś nie będzie informacji o obserwacji osób pracujących na maszynach, to nie wiadomo, jak ustosunkować się do uzyskanej różnicy w prędkościach. Nie wiadomo bowiem czy jest uzyskana wskutek różnej prędkości maszyn, czy wskutek różnej sprawności pracujących osób, czy wskutek jednoczesnego działania prędkości maszyn i sprawności osób pracujących. Zagadnienie prędkości maszyn nie może być rozwiązane w tym przypadku. Zastosowanie metod statystyki matematycznej nie rozwiąże zagadnienia a może naprowadzić na fałszywy obraz rzeczywistości tego, kto, nie zagłębiając się w metodę badania, będzie ko-rzystał z wniosku wyciągniętego na podstawie tylko zastosowanych metod statystyki matematycznej, z wniosku niedostatecznie uzasadnionego.

3. Jeżeli wiadomo, oprócz innych niezbędnych szczegółów przeprowadzenia doświadczenia, że na obu maszynach pracowała ta sama osoba, to

można sądzić o zgodności z rzeczywistością uzyskanej różnicy w prędkościach maszyn i wtedy ocena jej znaczenia przy pomocy metod statystyki matematycznej ma wartość przy wyborze maszyn do dalszej pracy na tych maszynach.

LITERATURA

1. Ajdukiewicz K.: *Zarys logiki*. Warszawa 1959.
2. Bevéridge W. J. B.: *Sztuka badań naukowych*. Przekład Żeromskiego. Warszawa 1960.
3. Cochran W. G. and Cox G. M.: *Experimental Designs*. London 1957.
4. Czeżowski T.: *Logika*. Łódź 1952.
5. Curtis O. F., Clark D. G.: *An Introduction to Plant Physiology*. New York, Toronto, London 1950.
6. Herschel J. Fr. W.: *Wstęp do badań przyrodniczych*. Przekład Pawłowskiego. Kraków 1955.
7. Jevons W. St.: *Zasady nauki*. Przekład Choynowskiego i Gaweckiego. Warszawa 1960.
8. Kotarbiński T.: *Elementy teorii poznania, logiki formalnej i metodologii nauk*. Warszawa 1961.
9. Kotarbiński T.: *Historia filozofii*, tomy I, II i III. Kraków 1946, 1947, 1950.
10. Kotarbiński T.: *Kurs logiki dla prawników*. Warszawa 1960.
11. Kudriawcewa A. A.: *Metodika i technika postanowki polewego opyta na stacjonarnych uczestkach*. Moskwa 1949.
12. Łubnicki N.: *Logika i metodologia ogólna*. Lublin 1946.
13. Łukasiewicz J.: *Z zagadnień logiki i filozofii*. Warszawa 1961.
14. Martel K.: *Podstawowe zagadnienia marksistowskiej teorii poznania*. Warszawa 1961.
15. *Primienienije matematycznych metodow w biologii*. Izdatielstwo Leningradskogo Uniwersiteta 1960.
16. Villee O.: *Biology*. Philadelphia and London 1957.
17. Wishart J. and Sanders H. G.: *Principles and Practice of Field Experimentation*. Cambridge 1955.