บทปฏิบัติการที่ 1

STUDY ON THE PHOTOSYNTHESIS CHANGES OF CROP UNDER CLIMATIC CONSTRAINTS

$$Pn = Q\beta\varepsilon - R \quad \text{(Hall and Long 1993)} \qquad \text{.....} (1)$$

$$Y = a + \beta X \quad \text{(Gomez and Gomez 1984)} \qquad \text{.....} (2)$$

$$Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \text{.....} \beta_k X_k \quad \text{(Gomez and Gomez 1984)} \qquad \text{.....} (3)$$

INTRODUCTION

Climatic constraints on crop production relate to meteorological phenomena (Monteith and Elston 1993). This resulted in physiological interaction between many physiological processes of the plant and / or genetically of the plant. Adaptation of crop in order to survive in environmental stress has prolonged for such a long time. This resulted in crop population dynamics and finally to crop distribution of the world.

Impact of individual environmental constraints on crop have well studied in many part of the world. These are radiation, rainfall, temperature, saturation deficit and so on (Ernest 1993). Crop productivity is of our interest apart from growth and development. Crop productivity however, is the final product of photosynthesis. Therefore, the studying on the photosynthesis changes of crop under climatic constraints will let us to understand which climatic factor is the most limited factor, and how crop adap themselves to survive in such conditions.

The objective of this study is to assess the photosynthetic rate of crop under constraints. And the practical use of photosynthetic instrument.

MATERIALS AND METHODS

10 even plants of corn (or any crop) which grow under dry condition and other 10 even plants of corn which grown under optimum are measured for photosynthetic rate. Biomass in term of dry matter of the two category crops are then weighted and compared. The photosynthetic rate is also compare and analyze for critical factor of stresses that determine their productivities.

The factors that photosynthetic instrument can measure are as follow:

1. Amount of CO_2 use.
2. PAR
3. Humidity (% RH)
4. Temperature

All students will study together, complete measuring all factors (parameters) every day for a week, then the dry matter will plot against each parameter and all parameters. The best R2, hopefully, can tell us which factor is the most critical for photosymthetic rate of corn.

CHAPTER 7

Regression and correlation analyses

7.1 INTRODUCTION

The interactions among plant characters, among environmental factors, and among combinations of both are important in determining the behavior of biological organisms. We already discussed in chapter 4 the interaction among treatments (or in the present context among environmental factors) and how the effect of such interaction on a single plant character can be measured by using factorial experiments. But this interaction is only one of the many interactions encountered in agricultural research. One or more environmental factors can influence not only one but several plant characters simultaneously. Each plant character in turn interacts with other characters such that changes in one can substantially change the others. Consequently, the relationships among plant characters and their relationships to environmental factors are of major interest to most agricultural researchers. We will give four examples of commonly conducted experiments whose objectives reflect the need to measure interaction, or association, among plant characters and environmental factors.

EXAMPLE 1. Besides identifying superior treatments, many researchers also want to pinpoint the cause or causes of improved performance. For example, in evaluating the effectiveness of various insecticide treatments, a researcher wants to determine if the increased rice yield was due to the control of stem borers, whorl maggots, brown planthoppers, green leafhoppers, or a combination of two or more of these insects.

EXAMPLE 2. Yield, generally a criterion for judging treatment performance, is a product of several plant characters, each of which is, in turn, affected by the treatments applied. Therefore, the researcher wants to know how the effects of treatments on these plant characters are finally reflected in the yield. For example, in a trial to evaluate the response of rice yield to several planting densities, is the increase in grain yield at a certain density associated with more tillers per hill, more grains per panicle, heavier grains, or a combination of these components?

EXAMPLE 3. Widely different treatments are sometimes applied to induce variation in plant characters, such as plant height and leaf area index, or in

environmental factors such as weed population and insect or disease incidences, so that relative changes among the variables could be examined. In such experiments the primary interest is not to compare treatment differences (already known to exist) but rather to assess how changes in one variable affect one or more of the others. For example, plant spacing is sometimes used to induce variation in both leaf area index and grain yield so that the relationship between these two characters can be assessed.

EXAMPLE 4. Treatment performance is at times measured as a weighted average (whose weights may or may not be known) of two or more characters rather than of a single character. Consequently, superior treatments cannot be identified by merely making treatment comparisons based on each character separately. The association among these characters must also be evaluated. For example, in breeding for high-protein rice, both high protein content and high grain yield must be maintained, and hence, it is desirable to identify selections with high protein content that also have high grain yield. Information concerning the association between the two characters would make such identification easier. For example, it would be desirable for the rice breeder to know if high-yielding rice varieties tend to have low protein content.

In the previous chapters we have been concerned primarily with procedures for comparing treatments based on a single character. And although single-character analyses are adequate for many experimental objectives, they are not adequate in the four examples just described since not only is more than one character usually measured for each experimental plot but also an experimental objective is to examine the relationship or association between two or more variables. Thus, in this chapter, we shall discuss two of the more commonly used statistical procedures—regression and correlation analyses—for handling such cases.

Regression analysis describes the effect of one or more characters (designated as independent variables) on a single character (designated as the dependent variable) by expressing the latter as a function of the former. In regression, the character of major importance, say, grain yield, usually becomes the dependent variable and the factors or characters that influence grain yield become the independent variables. The classification into dependent and independent variables is not always obvious but sometimes requires previous knowledge or logical inference about the direction of the causal relation among the variables. For instance, in the relation between a plant character, say yield, and the treatment levels, say, nitrogen rates, yield is obviously the dependent variable and nitrogen rate is the independent variable. In an insecticide trial, however, we must make a logical assumption that higher grain yield is a consequence of reduced insect population. And, therefore, grain yield is designated as the dependent variable and the insect populations as independent variables.

Correlation analysis differs from regression in that it measures the degree of association between variables without specifying *a priori* which is the cause and which is the consequence. Thus, in correlation analysis, there is no distinct differentiation made between dependent and independent variables. The

previous example on grain yield and protein content (Example 4) illustrates the applicability of this procedure since it is difficult to specify, *a priori*, if protein is a consequence of grain yield, or vice versa. Thus, until more is known about the biological and chemical relationships between grain yield and protein content, an analysis that does not assume specific directional cause and effect is desirable.

Regression and correlation analyses, while different in some ways, have many similarities, particularly in the computational procedures. By putting the two topics in the same chapter we can present techniques common to both procedures only once and discuss more clearly the basic differences between the two methods. We can thus effectively point out how and why these procedures have been and can be easily misused. We have also included in this chapter a specific section on the common misuses and pointers on interpreting regression and correlation analysis in agricultural research (section 7.4).

7.2 REGRESSION ANALYSIS

Regression analysis can be classified according to (1) the number of independent variables or (2) the form of the functional relationship between the dependent variable and the independent variables. Thus, regression analysis is termed as "simple" when there is one independent variable and "multiple" when there is more than one independent variable. Based on the second category, a regression analysis is termed "linear" when the relationship between the dependent variable, Y, and an independent variable, X, is linear; that is, when the change in Y is constant for every unit change in X. When this relationship does not hold, regression analysis is termed "nonlinear." We have thus defined four types of regression analysis, namely:

1. Simple linear regression,
2. Multiple linear regression,
3. Simple nonlinear regression, and
4. Multiple nonlinear regression.

The succeeding discussions are organized along this classification, but we have emphasized simple linear regression because of its simplicity and wide use in agricultural research.

7.2.1 Simple linear regression

Simple linear regression involves only one independent variable, and the relationship between the dependent variable, Y, and the independent variable, X, is known or assumed linear; that is, the rate of change in Y remains the same for each unit change in X. Figure 7.1a illustrates a linear relationship where Y increases two units for each unit change in X throughout the whole range of X values considered. Thus, simple linear regression is the simplest of the four types of regression analysis discussed earlier. It is also the most commonly used regression technique in agricultural research for the following reasons:

1. The computational and analytical procedures are simple.
2. The interpretation of results is straightforward.

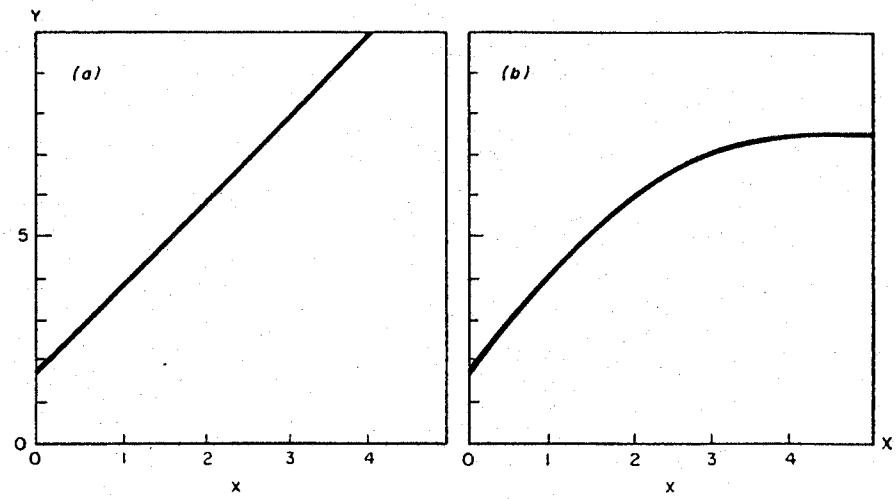


Fig. 7.1 Illustration of (a) a linear and (b) a nonlinear relationship.

3. Although in reality, the assumption of linear relationship among characters in biological materials seldom holds, a linear model is usually adequate for a relatively small range in the values of the independent variable. For example, let's examine the commonly observed nonlinear relationship of plant growth over time illustrated in figure 7.1b. As is typical of biological materials, the growth rate is rapid when the organism is young and declines considerably as the organism becomes older. Thus, the relationship between growth and age of plant is not linear over the whole life cycle, but within some limited region, for example, the range of X values from 0 to 1 or from 1 to 2 in figure 7.1b, it can be adequately described by a linear relationship or straight line.

4. Even though one independent variable is usually not sufficient to characterize the variation in a certain dependent variable, a problem is greatly simplified and easier to understand if only one independent variable is studied at a time. Hence, a simple regression analysis is usually applied to data from controlled experiments where many factors are deliberately kept constant while only the one or two factors being investigated are allowed to vary. In a nitrogen fertilizer trial, for example, all other factors that can affect yield, such as phosphorus and potassium application, plant population, variety, weed control, and all other management inputs, are carefully controlled throughout the experiment. Only nitrogen rate is varied. Consequently, the assumption that nitrogen level is the major determinant of yield is satisfied. In contrast, if data on grain yield and rates of nitrogen application were collected from an experiment where other production factors are also allowed to vary, or through a farm survey, which also includes uncontrolled factors (see section 7.4 for further discussion), using a simple regression would be inappropriate.

A simple linear relationship between a dependent variable, Y, and an independent variable, X, can be expressed mathematically as

$$Y = \alpha + \beta X, \tag{7.1}$$

where α is the intercept of the line on the Y-axis, and β is the slope of the line indicating the change in Y for each unit change in X. β is usually referred to as the linear regression coefficient.

Thus, α and β are the two parameters of the regression equation (7.1), and once their values are specified, the value of the dependent variable, Y, is specified for any given value of the independent variable, X. In most agricultural researches, the objective is to determine the response in Y as a result of changes in X. Hence, the parameter of major interest is usually the regression coefficient, β. Since if $\beta = 0$, the implication is that Y does not depend on X.

In a simple linear regression, therefore, we usually test the hypothesis that $\beta = 0$. This hypothesis is called the null hypothesis and is written $H_0: \beta = 0$. In some special cases, however, the researcher may wish to make tests concerning the value of the intercept, α, which is the value of Y at $X = 0$. One such special case may concern the question of whether the line passes through the origin, in which case the hypothesis is that $\alpha = 0$.

7.2.1.1 Estimation procedure

Given a set of data with n pairs of Y and X values, the simple linear regression equation (7.1) can be estimated based on the method of least squares[1] as follows:

$$\hat{Y} = a + bX, \tag{7.2}$$

where $\hat{Y}$ is the estimated value of the dependent variable, Y, and a and b are estimates of α and β respectively. The values of a and b are computed as:

$$b = \frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{X})^2} = \frac{\sum xy}{\sum x^2}, \quad \text{and} \tag{7.3}$$

$$a = \bar{Y} - b\bar{X}, \tag{7.4}$$

where $\bar{X}$ and $\bar{Y}$ are the arithmetic means of the variables X and Y; and X_i and Y_i are the i^{th} pair of X and Y values, respectively. $\sum x^2$ is usually referred to as the corrected sum of squares of X, and $\sum xy$ as the corrected sum of cross products of X and Y.

Graphical representation of the estimated regression line, equation (7.2), can be made by, first, computing two values of $\hat{Y}$, one corresponding to the smallest value of $X(X_{min})$ and another corresponding to the largest value of

[1] The least squares method is the simplest and the most widely used method for estimating a regression equation. We shall not discuss its many desirable properties in this book. Interested readers are advised to consult any of the many statistical books that carry this subject.

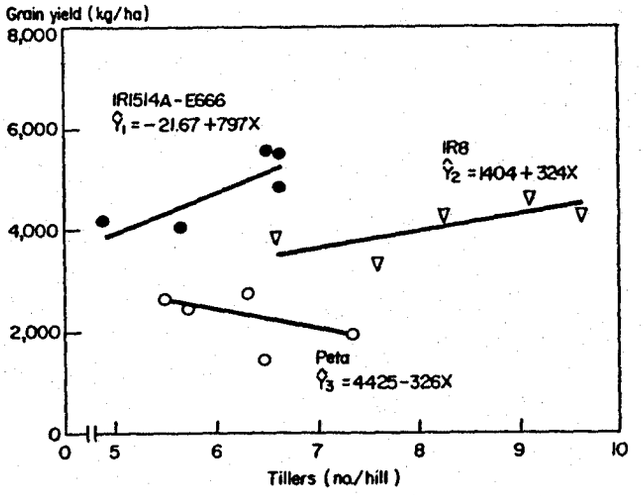


Fig. 7.5 Estimated linear relationships between grain yield and tiller number of three rice varieties and selections: IR1514A-E666, IR8, and Peta.

and finally,

$$G = 4{,}576{,}951 - \frac{(2{,}794)^2}{10.72} = 3{,}848{,}739 .$$

STEP 4. From formula (7.14), compute

$$F = \frac{(3{,}848{,}739 - 2{,}218{,}017)/(3 - 1)}{2{,}218{,}017/[(5 + 5 + 5) - 2(3)]} = 3.31 .$$

Since the computed F-value of 3.31 is smaller than the tabulated F-value (2 and 9 d.f.) at 5% level of significance of 4.26, there is no sufficient evidence for rejecting the hypothesis that the three regression coefficients are homogeneous.

7.2.2 Multiple linear regression

The simple linear regression analysis described in the previous section can accommodate only one independent variable, X, which must be the major, if not the only variable, affecting the dependent variable, Y. Hence, where more than one variable is involved, simple linear regression is clearly inappropriate. But more and more factorial experiments are being conducted in agricultural research because of the usually observed interdependence among factors of production and the recent development of experimental designs that can accommodate several factors simultaneously (i.e., multi-factor designs). There is, therefore, an increasing need for regression procedures that can handle more than one independent variable, particularly for researchers involved in survey data where it is extremely difficult and at times impossible to control the number of variables affecting the dependent variable.

The multiple linear regression analysis, where the requirement for a single independent variable is relaxed, can very often satisfy these needs. In this procedure, any number of independent variables suspected to affect the dependent variable, Y, can be included in the regression equation. Note, however, that even though the single independent variable requirement is relaxed, the requirement for linearity still holds. Thus, for k independent variables, $X_1, X_2, X_3, \ldots X_k$, the functional form of the multiple linear regression model is

$$Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \ldots + \beta_k X_k, \qquad (7.15)$$

where the β_i's are the partial regression coefficients associated with each X_i and α is, as before, the Y-intercept (the value of Y when all X_i's have zero values).

7.2.2.1 Estimation

Similar to the simple linear regression, the parameters $\alpha, \beta_1, \beta_2, \ldots, \beta_k$ of equation (7.15) can be estimated by using the least squares method. Consider the general case where the dependent variable, Y, is a function of k independent variables: $X_1, X_2, \ldots, X_k$. Consider further that the variables $Y, X_1, X_2, \ldots, X_k$ are measured simultaneously from each of the n experimental (or sampling) units. (To apply the least squares method, the number of units, n, must exceed the number of independent variables, k.) The data are in the form shown below.

Dependent variable	Independent variables				
	X_1	X_2	X_3	. . .	X_k
Y_1	X_{11}	X_{21}	X_{31}	. . .	X_{k1}
Y_2	X_{12}	X_{22}	X_{32}	. . .	X_{k2}
.	.	.	.	. . .	.
.	.	.	.	. . .	.
.	.	.	.	. . .	.
Y_n	X_{1n}	X_{2n}	X_{3n}	. . .	X_{kn}

The general procedure for estimating the multiple linear regression equation (7.15) is as follows:

STEP 1. Compute the corrected sums of squares and cross products for all possible pair-combinations of the $k + 1$ variables as follows:

	Y	X_1	X_2	. . .	X_k
X_1	$\sum x_1 y$	$\sum x_1^2$	$\sum x_1 x_2$	. . .	$\sum x_1 x_k$
X_2	$\sum x_2 y$	$\sum x_1 x_2$	$\sum x_2^2$	. . .	$\sum x_2 x_k$
.	.	.	.	. . .	.
.	.	.	.		.
.	.	.	.		.
X_k	$\sum x_k y$	$\sum x_1 x_k$	$\sum x_2 x_k$	. . .	$\sum x_k^2$

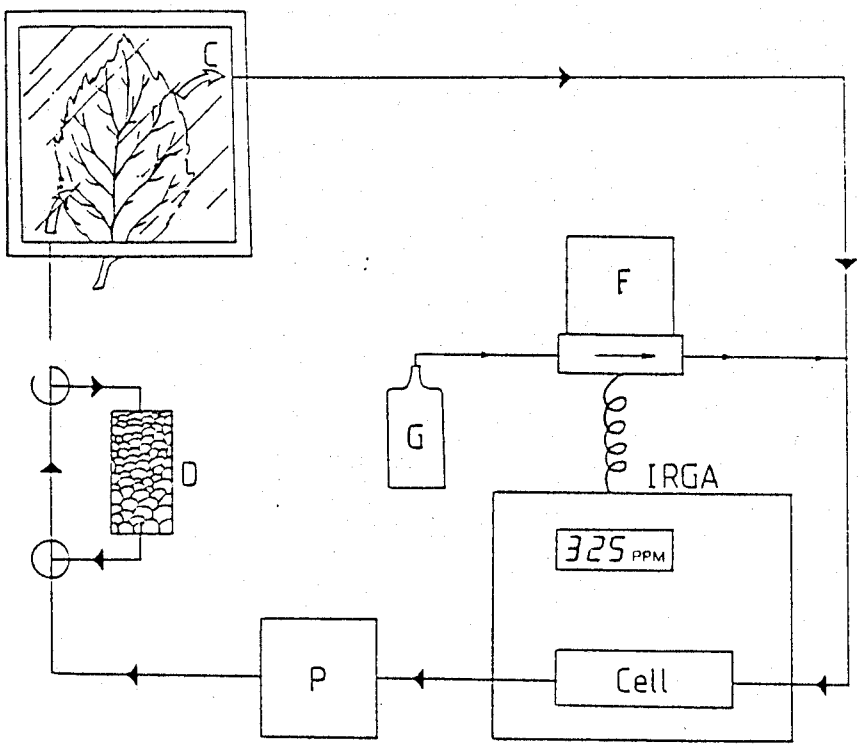
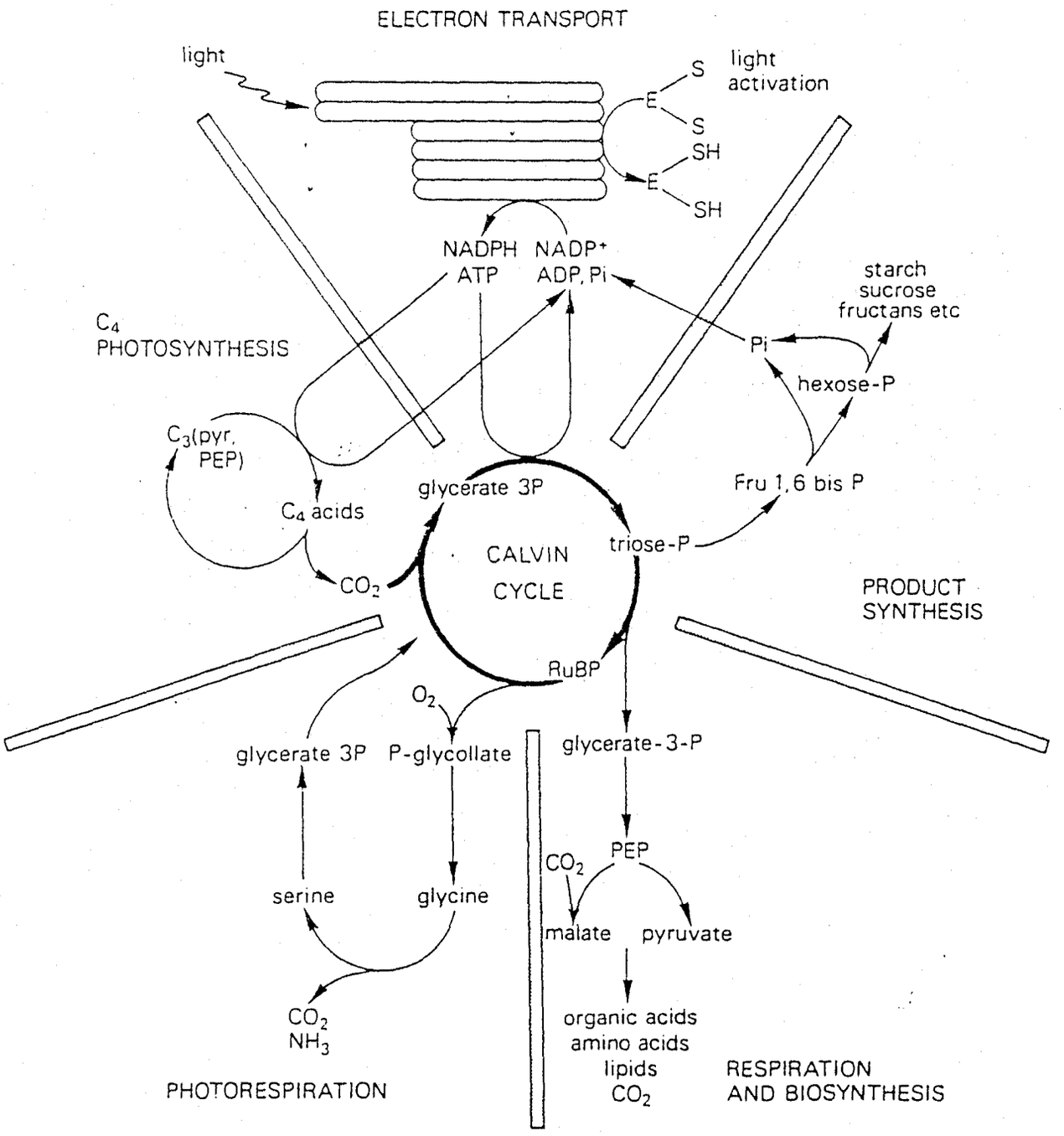


Diagram illustrating air flow in a simple semi-closed system. C, leaf enclosure chamber; D, drier by-pass; F, thermal mass flowmeter and controller; G, cylinder of compressed CO_2; IRGA, infra-red gas analyser and P, pump. Photosynthesis by the enclosed leaf causes a decrease in system CO_2 concentration which is sensed at the IRGA and opens a controlled and metered flow (F) of CO_2 into the system.



An integrated picture of photosynthetic carbon metabolism in leaves. *Electron transport* in the thylakoids provides ATP and NADPH to power the Calvin cycle and the CO_2-concentrating mechanism of C_4 *photosynthesis*. It also provides reductant, via thioredoxin, for the light-activation of enzymes. Triose-P generated in the Calvin cycle can be used for *product synthesis* (starch in the chloroplast or sucrose in the cytosol): this releases inorganic phosphate (P_i) which is then returned to the chloroplast to be used in photophosphorylation. Carbon is also utilised in *biosynthesis* to make organic acids, amino acids, lipids etc., either in the chloroplast or in the cytosol. Carbon exported to the cytosol can enter glycolysis and be respired by the mitochondria or be converted, via PEP carboxylase, to malate and aspartate. RuBP can also be oxygenated, generating P-glycollate. This carbon leaves the chloroplast as glycollate and the process of *photorespiration* regenerates glycerate-3-P which can re-enter the Calvin cycle. However, photorespiratory glycine decarboxylation (which occurs in the mitochondria) results in a loss of ammonia and one-quarter of the carbon in glycollate (Chapter 20). Note that this diagram is highly simplified and contains no indication of compartmentation.

คำนำ

กระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในต้นพืชและส่งผลต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืช กล่าวได้ว่าถูกควบคุมโดยปัจจัยภายในต้นพืชเอง (พันธุกรรม) และปัจจัยภายนอก ซึ่งได้แก่ ปัจจัยสภาพแวดล้อมต่าง ๆ

พืชต้องพึ่งพาอาศัยปัจจัยสภาพแวดล้อม ทั้งโดยตรงและทางอ้อมในการเจริญเติบโตและพัฒนาการหรือกระบวนการทางสรีรวิทยาที่เกิดขึ้นในส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น กระบวนการสังเคราะห์แสงต้องใช้วัตถุดิบจากภายนอก คือ คาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ แสงแดด อุณหภูมิ

การตอบสนองของพืชต่อปัจจัยสภาพแวดล้อมจะมีความแตกต่างกันในพืชแต่ละชนิด แต่ละพันธุ์ อันเป็นผลมาจากปฏิกริยาร่วมระหว่างปัจจัยทางพันธุกรรมกับปัจจัยสภาพแวดล้อม นั้นเอง อย่างไรก็ตาม การตอบสนองของพืชต่อปัจจัยสภาพแวดล้อมของพืชนั้นมีรูปแบบ ในลักษณะเดียวกัน เพียงแต่ว่าระดับของการ ตอบสนองนั้นจะแตกต่างกันตามปริมาณปัจจัยที่ได้รับ ซึ่งเมื่อได้รับในปริมาณไม่เหมาะสมก็จะจำกัดการเจริญเติบโตของพืช เพราะฉะนั้นพืชต้องได้รับปัจจัยต่างที่มีผลต่อการเจริญเติบโตอย่างเหมาะสม เพื่อไม่ให้จำกัดการเจริญเติบโตของพืช

การสังเคราะห์แสง

คือ กระบวนการที่พืชนำเอาพลังงานจากรังสีดวงอาทิตย์ (photosynthatically active radiation : PAR) มาเก็บสะสมไว้ในรูปของสารสังเคราะห์ (photosynthate) ที่มี C, H และ O เป็นโครงสร้างหลัก เช่น น้ำตาล และแป้ง การสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชจึงหมายถึงกระบวนการที่พืชเปลี่ยนคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศให้เป็นอินทรียสารในต้นพืชโดยใช้พลังงานจากรังสีดวงอาทิตย์ที่พืชดูดรับได้ระหว่างกระบวนการนี้ การสังเคราะห์ด้วยแสงประกอบด้วย 3 กระบวนการย่อยคือ

1. การแพร่กระจายของคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbondioxide diffusion) จากบรรยากาศรอบ ๆ ใบพืชผ่านทางช่องเปิดของปากใบเข้าสู่คลอโรพลาสต์ภายในเซลล์ชั้น mesophyll

2. กลไกการเปลี่ยนพลังงานจากรังสีดวงอาทิตย์เป็นพลังงานเคมีในพืช (Photochemical or Light reaction) ซึ่งเกิดในส่วนของ reaction center ในคลอโรพลาสต์ และใช้ไฮโดรเจนอะตอนในโมเลกุลของน้ำเป็นตัวถ่ายทอดพลังงาน เพื่อเกิดการรีดิวซ์ NADP และเกิดการเติมฟอสเฟต (phosphorylate) ADP

$$2NADP + H_2O + ADP \xrightarrow{\text{Radiation}} 2NADPH^+ + O_2 + ATP$$

3. กระบวนการชีวเคมีในการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ (Biochemical process หรือ CO_2 fixation) ซึ่งเป็นการที่พืชนำเอาพลังงานที่เกิดขึ้นในขั้นตอนที่สองมาเก็บสะสมในรูปของอินทรีย์สาร (น้ำตาล) โดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์เป็นวัตถุดิบ และใช้เอนไซม์คาร์บอกซิเลสเป็นตัวทำให้เกิดปฏิกิริยาขั้นแรก ต่อมานิยมเรียกเอนไซมนี้ว่าไรบูโลส (Ribulose) กระบวนการคาร์บอกซิเลชั่นพื้นฐานที่สุด คือ คาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศรวมกับ 5 RubP (5 ribulose biphosphate) เกิดเป็นน้ำตาลที่มีคาร์บอน 3 โมเลกุลคือ 3 Phosphoglyceral (3 PGA)

$$CO_2 + ATP + NADPH^+ \xrightarrow{\text{Chlorophyll และ RuBP}} CH_2O + NADP + ADP + H_2O$$

การหายใจ

เป็นกระบวนการตรงกันข้ามกับการสังเคราะห์ด้วยแสง แต่การหายใจเกิดขึ้นในทุกเซลล์ที่มีชีวิต และสามารถเกิดได้ตลอดเวลาโดยไม่ต้องอาศัยพลังงานจากรังสีดวงอาทิตย์เลย โดยที่พืชนำเอาพลังงานที่สะสมไว้มาใช้ในกระบวนการสร้าง (synthesis) การทำลาย (catabolize) การสะสม (storage) หรือการเคลื่อนย้าย (translocation และ transportation) ต่าง ๆ ที่เกิดในต้นพืช ในแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืชปลูก นิยมพิจารณาว่าการหายใจของต้นพืชคือการที่ต้นพืชนำพลังงานที่สะสมมาใช้เป็นพลังงานสำหรับการเจริญเติบโต (growth respiration) และสำหรับคงสภาพ (maintenance respiration) ของพืช

การรับแสงของกลุ่มใบพืช

รังสีดวงอาทิตย์ที่ส่องลงมายังกลุ่มพืชนั้น ส่วนหนึ่งจะสะท้อนกลับ และผ่าน กลุ่มในพืชไปโดยไม่ถูกใช้ประโยชน์ในการสังเคราะห์ด้วยแสง รังสีส่วนหายไปก็คือ ส่วนที่พืชรับไปใช้เป็นประโยชน์ได้ (intercepted radiation) ถ้าให้ Q_0 และ Q คือ ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่เหนือและใต้ทรงพุ่มพืชตามลำดับ เราสามารถทราบปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่พืชรับไว้ได้ ($Q_i = Q_0 - Q$)

$$I/Io = e^{-K L}$$

$$\ln (I/Io) = -K L$$

โดยที่ K คือ Light Extinction Coefficient, L คือ LAI, I_o และ I คือความเข้มข้นของแสงเหนือและใต้ทรงพุ่มพืชตามลำดับ

K แสดงถึงคุณสมบัติในการส่องผ่านรังสีดวงอาทิตย์ของกลุ่มใบพืชหรือทรงพุ่มพืช ซึ่งจะขึ้นอยู่กับ leaf angle, leaf display, leaf inclination, leaf orientation หรือ canopy structure ค่า K มีค่า

ระหว่าง 0.2-1.5 โดยที่ K ที่มีค่าต่ำแสดงว่าใบในทรงพุ่มมีลักษณะตั้ง (erectophile) ในขณะที่ใบที่มีลักษณะแผ่แบน (planophile) จะมีค่า K สูง (Thornley and Johnson, 1990)

ประสิทธิภาพการใช้รังสีดวงอาทิตย์ของพืช (ε_b, Radiation coversion efficiency หรือ Radiation use efficiency)

แสดงถึงความสามารถของพืช หรือกลุ่มพืชในการเปลี่ยนรังสีดวงอาทิตย์ที่พืชได้รับให้เป็นน้ำหนักแห้งของพืช ซึ่งจะขึ้นอยู่กับกลไกของการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช (photosynthesis efficiency) อายุ ความสมบูรณ์ของใบพืช (ปริมาณน้ำ, ธาตุอาหาร) และของกลุ่มใบ (ทรงพุ่มของพืช)

ในทางปฏิบัติ ε_b สามารถคำนวณได้จากการวัด photosynthesis rate ต่อหน่วย light quantum flux ที่กระทบใบพืชในขณะทำการวัดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง หรือคำนวณจากน้ำหนักแห้งที่พืชสะสม ต่อหน่วยของปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่พืชได้รับ

เพราะฉนั้นการเจริญเติบโตหมายถึงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักแห้งของพืชปลูก ซึ่งสามารถทำการวิเคราะห์ได้โดยการใช้หลักการ conventional growth analysis หรือ radiation conversion efficiency เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ทางสรีรวิทยาของพืชต่อการตอบสนองต่อสภาพแวดล้อม การเลือกใช้หลักการทั้งสองที่กล่าวถึงขึ้นอยู่กับเครื่องมือหรืออุปกรณ์ และข้อมูลที่มีอยู่ ปัจจุบันมีการนำเทคนิคของทั้งสองวิธีมาใช้ร่วมกันโดยตั้งสมมุติฐานที่ว่า

Crop growth = n, Plant growth

เมื่อ n = อัตราปลูก หรือจำนวนต้นต่อพื้นที่

วัตถุประสงค์การทดลอง

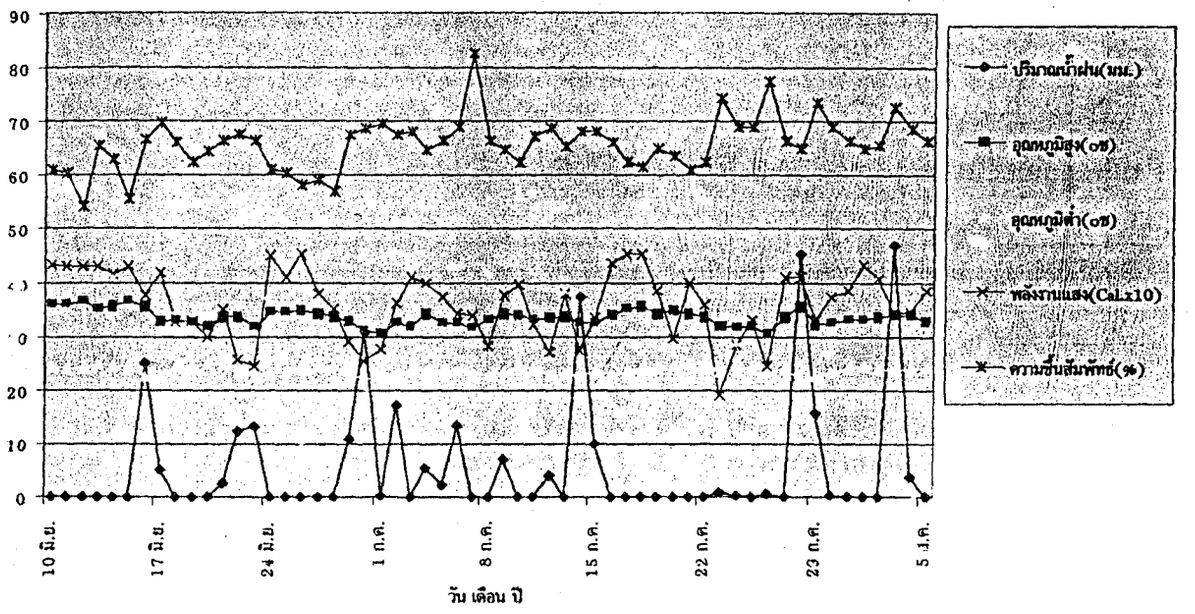
เพื่อวิเคราะห์หาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์แสง ที่มีผลต่อการสะสมน้ำหนักแห้งของข้าวโพด

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1.ข้อมูลพื้นที่ทดลอง

1.1 ทำการทดลองในแปลงทดลองที่ฟาร์ม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1.2 ข้อมูลฟ้า อากาศ (Weather data) ในช่วงเวลาที่ปลูก ได้จาก สถานีทดลองเกษตรชลประทานที่ 3 (ห้วยบ้านยาง) ข้อมูลประกอบด้วย พลังงานแสง(แคลอรี) ปริมาณน้ำฝน(มิลลิเมตร) อุณหภูมิสูง-ต่ำ (องศาเซลเซียส) เปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ ดังรูปที่ 1



รูปที่1 ข้อมูล ฟ้า อากาศในบริเวณสถานีตรวจวัดอากาศ สถานีทดลองเกษตรชลประทานที่ 3 (ห้วยบ้านยาง)

2.ปลูกข้าวโพดเมื่อวันที่ (วัน/เดือน/ปี) ด้วยระยะปลูก 70 x 20 ซ.ม.

3.แบ่งข้าวโพดออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

3.1 กลุ่มที่ทดลอง เกี่ยวกับความเป็นประโยชน์ของน้ำ

3.2 กลุ่มที่ทดลองเกี่ยวกับความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหาร

4.กลุ่มที่ทดลองเกี่ยวกับความเป็นประโยชน์ของน้ำ ประกอบไปด้วย Treatments ดังนี้

4.1 ให้น้ำทุกวัน

4.2 ให้น้ำทุก 3 วัน

4.3 ให้น้ำทุก 5 วัน

4.4 ให้น้ำทุก 7 วัน

5. กลุ่มที่ทดลองเกี่ยวกับความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหาร ประกอบไปด้วย Treatments ดังนี้

5.1 ไม่ใส่ปุ๋ย

5.2ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 38.57 กรัม/ตารางเมตร

5.3ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 19.29 กรัม/ตารางเมตร

5.4ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 9.64 กรัม/ตารางเมตร

6.เมื่อพืชอายุ 45 วัน (วัน/เดือน/ปี) ทำการวัด ด้วยเครื่อง 10ตัวอย่าง/Treatments ต่อเนื่องเป็นเวลา 6 วัน

ค่าที่ได้ประกอบด้วย

CO_2 analysis in vpm(C_{an})

PAR at leaf surface (Q_{leaf})(μ mol $m^{-2}s^{-1}$)

Photosynthetic rate (A) (μ mol $m^{-2}s^{-1}$)

7.เก็บตัวอย่างเมื่อข้าวโพดมีอายุ 54 วัน (วัน/เดือน/ปี)

7.1 สุ่มตัวอย่างมา Treatment ละ 4 ซ้ำ เพื่อวัด ความสูง(เซนติเมตร) จาก จนถึง ข้อสุดท้ายของใบธง

7.2 แยกใบ ลำต้น และรากของข้าวโพด ทำการชั่งน้ำหนักสด วัดความยาวราก และนำไปอบที่อุณหภูมิ 80 °ซ เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วนำมาชั่งน้ำหนักแห้ง

8. การวัดพื้นที่ใบ มีวิธีการดังนี้

8.1 ทำการสุ่มใบมาในแต่ละ Treatment นำมาวัดพื้นที่ใบ นำไปอบให้แห้งอุณหภูมิ 80 °ซ เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนักแห้ง(กรัม)

8.2 หาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักแห้งของใบ(กรัม) และ พื้นที่ใบ(ตารางเซนติเมตร) โดยวิธีการใช้สมการ สหสัมพันธ์(Regression) Y=a+bX (Gomez and Gomez,1983) เมื่อ

Y= พื้นที่ใบ (ตารางเซนติเมตร)

X= น้ำหนักแห้งทั้งหมดของใบในแต่ละ Treatment (กรัม)

8.3 นำสมการความสัมพันธ์ ในหัวข้อ 7.2 มาคำนวณหาพื้นที่ใบของข้าวโพดในแต่ละ Treatment

8.4 คำนวณหาดัชนีพื้นที่ใบ(LAI)โดยใช้สูตร =พื้นที่ใบ/พื้นที่ปลูก

9. นำค่าที่วัดได้ในข้อ5 มาหาความสัมพันธ์กับ กับค่าที่ได้จากการวัดพืชในข้อ 6 และ 7

การรวบรวมข้อมูล

1. เก็บตัวอย่างเมื่อข้าวโพดอายุ 45 วัน

1.1 วัดอัตราการสังเคราะห์แสงของข้าวโพด 10 ตัวอย่างต่อทรีตเมนต์ ด้วยเครื่อง Leaf Chamber Type : LCA-4 เป็นเวลา 6 วัน

ค่าที่ได้ประกอบด้วย

CO_2 analysis in vpm (C_{an})

PAR at leaf surface (Q_{leaf}) (μ mol m^{-2} s^{-1})

Photosynthetic rate (A) (μ mol m^{-2} s^{-1})

2. เก็บตัวอย่างเมื่อข้าวโพดอายุ 54 วัน

2.1 วัดความสูง (ซม.) จนถึงข้อสุดท้ายของใบธง

2.2 ชั่งน้ำหนักสดลำต้น ใบและรากของข้าวโพด

2.3 วัดความยาวราก

2.4 วัดพื้นที่ใบของข้าวโพด

2.5 ชั่งน้ำหนักแห้งลำต้น ใบและรากของข้าวโพด

การวิเคราะห์ข้อมูล

หาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักแห้งของใบ (กรัม) และพื้นที่ใบ (ตร.ซม.) โดยใช้สมการสหสัมพันธ์ (Regression) $Y = a + bX$

เมื่อ Y = พื้นที่ใบ (ตร.ซม.)

X = น้ำหนักแห้งของใบ (กรัม)

จากนั้นนำสมการสหสัมพันธ์มาคำนวณหาพื้นที่ใบของข้าวโพดในแต่ละทรีตเมนต์

คำนวณหาดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) โดยใช้สูตร = พื้นที่ใบ/พื้นที่ปลูก

ทำการวิเคราะห์วาเรียนซ์ (ANOVA) ด้วยโปรแกรม SPSS v.13 for window และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT (Duncan's New Multiple Range Test)

เอกสารอ้างอิง

A D C. 1990. Instruction manual for the LCA-2.

Ernst, W.H.O. 1993. Population dynamics, evolution and environment: adaptation to environmental stress. In 'Plant Adaptation to Environment Stress' Eds. Fowden, L., Mansfield, T. and Stoddart, J., Chapman & Hall. pp 19-45.

Gomez, K.A. and Gomez, A.A. 1984. Regression and correlation analysis. In 'Statistical procedures for agricultural research' John Wiley & Sons. PP 357-504.

Monteith, L.J. and Elston, J. 1993. Climatic constraints on crop production. In 'Plant Adaptation to Environment Stress' Eds. Fowden, L., Mansfield, T. and Stoddart, J., Chapman & Hall. pp 1-18.

Thornley, H.M.J. and Johmson R. I. 1990. Plant and crop modeling. Clarendon press oxford.