ស្ថិតិអនុវត្តន៍សំរាប់ការស្រាវជ្រាវកសិកម្ម
(Practical Statistics for Agricultural Research or Biometry)

សាស្ត្រាចារ្យៈ ប៊ិល សុខា   ចំនួនម៉ោង ៤៥-៤៨ ម៉ោង និង ចំនួនក្រេឌីតៈ ២ (១.១)

មហាវិទ្យាល័យវិទ្យាសាស្ត្រកសិកម្ម ឆ្នាំទី ៣   ឆមាសទីៈ ២

A. Objectives

At the end of this course, the students will able to analyze the experimental data, to evaluate and interpret the experiment results for the production planning.

B. Course contents

The course is consisted of two parts: experimental design and biometry that could be used in different test methods.

មាតិកាអត្ថបទ	**ចំនួនម៉ោងបង្រៀន**
I. ការធ្វើគំរោងពិសោធន៍ (Experimental design)	**១៦**

1. បច្ចេកទេសស្រែពិសោធន៍

- 1.1. កន្លែងពិសោធន៍
- 1.2. កូនស្រែពិសោធន៍
- 1.3. បច្ច័យពិសោធន៍
- 1.4. ចំនួនសា

2. ប្លង់ពិសោធន៍ (Experimental units)

- 2.1. ការជ្រើសរើសប្លង់ពិសោធន៍
- 2.2. ការរៀបចំជាប្លុក
- 2.3. ការរៀបចំប្លុកដោយចាប់ឆ្នោត
- 2.4. វិសមានភាពដី

3. ការស្រង់ទិន្នន័យ (Data collection)

- 3.1. ជំហ៊ានក្នុងការកត់ត្រាទិន្នន័យ
- 3.2. ការប្រុងប្រយ័ត្នក្នុងការប្រមូលទិន្នន័យ
- 3.3. ការប្រមូលទិន្នន័យដំណាំស្រូវ
- 3.4. ការប្រមូលទិន្នន័យដំណាំចំការ

3.5. ឯកតាប្រើនៅពេលពិសោធន៍

II. ការវិភាគទិន្នន័យពិសោធន៍តាមស្ថិតិវិទ្យា ៣២

1. ប្រជាករ និង សំណាក (population and Sample)

1.1. ប្រជាករ

1.2. សំណាក

2. ការគណនាបំរែបំរួល (Measuring Variability)

2.1. បំរែបំរួល

2.2. ការគណនាធម្យម ចន្លោះតំលៃ គំលាតគំរូ មេគុណបំរែបំរួល និងបំរែបំរួល

3. របាយប្រូបាបីលីតេ (Probability distribution)

3.1. ប្រូបាបីលីតេ/ប្រហាក់ប្រហែល

3.2. វ៉ារីយ៉ាប្លូ/អញ្ញាត និង របាយវ៉ារីយ៉ាប្លូ

3.3. អនុគមន៍បែងចែក

3.4. ការបែងចែកធម្មតា

3.5. ការសន្និដ្ឋានតាមស្ថិតិវិទ្យា

3.6. ចន្លោះជឿជាក់

3.7. ការសាកល្បងសម្មតិកម្ម

4. ការប្រៀបធៀបសំណាកពីរក្រុម (ប្រៀបធៀប Variance ពីរ–Two variances analysis)

5. ការប្រៀបធៀបភាពញឹកញាប់ (Chi-square test)

5.1. ការប្រៀបធៀបការបែងចែកភាពញឹកញាប់តាមទ្រឹស្តី និងលទ្ធផលសង្កេត/ភាពពិត

5.2. ការសាកល្បង សំរាប់ តារាង ២ x ២ (2x2 Table)

5.3. ការសាកល្បង សំរាប់តារាងខ្វែង (Cross Tabulation)

6. ការអនុវត្តន៍ស្ថិតិវិទ្យាសំរាប់ប្លង់ពិសោធន៍

7. ការវិភាគវ៉ារីយ៉ង់តាម ANOVA (Analysis of variance – ANOVA)

7.1. ការវិភាគវ៉ារីយ៉ង់តាមលក្ខណៈងាយ (Simple variance analysis)

7.1.1. ការវិភាគកត្តាទោល (One factor analysis)

7.1.2. ការវិភាគកត្តាទោល និងបំរែបំរួលទៅតាមទិសដៅមួយ (One factor and a one way source of extranous variation analysis)

7.1.3. ការវិភាគកត្តាទោល និងបំរែបំរួលទៅតាមទិសដៅពីរ (One factor and a two way source of extranous variation analysis)

7.2. ការវិភាគវ៉ារីយ៉ង់តាមបែបស្មុគស្មាញ (Complex variance analysis)

7.2.1. ការវិភាគកត្តាពីរ (Two factors analysis – Split-plot design)

7.2.2. ការវិភាគកត្តាបី (Three factors analysis – Split-split-plot design)

8. ការវិភាគទំនាកទំនង (Correlation analysis)

8.1. អត្ថន័យនៃទំនាក់ទំនង Correlation (Meaning of correlation)

8.2. មេគុណទំនាក់ទំនង Correlation (r)

8.2.1. Fechner correlation coefficient (r_F)

8.2.2. Spearman rank correlation coefficient (r_S)

8.2.3. Bravais correlation coefficient (r_{Br})

9. ការវិភាគ Regression (Regression analysis)

9.1. ចំណោត និងសមីការ (Gradients and equation)

9.2. វ៉ារីយ៉ាប/អញ្ញាតអាស្រ័យ និង អញ្ញាតឯករាជ្យ (Dependent and independent variables)

9.3. បន្ទាត់ការ៉េតូចបំផុត (The line of list squares)

9.4. Simple linear regression

References

1. Tea Neang (2002) – Practical statistics for agronomist, Royal University of agriculture
2. Jim Fowler et al. (1990) - Practical statistics for field biology, Open University press, Milton Keynes-Philadelphia.
3. Erna Weber (1986) - Fundamental of biological statistic, Fisher publisher Jena (German).
4. Collective authors (1987) - Introduction of the methodology of field trial.
5. Thomas M. Little (1975) - Statistical Methods in Agricultural Research, University of California.
6. Cimmyt et Ciat (1989) - The planning stage of on-farm research, identifying factors for experimentation.
7. Kwanchai A.Gomez (1972) – Technique for experiment on rice, IRRI-CAMBODIA Project, Department of agronomy, Phnom Penh, Cambodia.
8. Nouma Jame et al. (1994) – Data collection for non rice crops, Cambodia Canada Development.
9. Hans Schneeweiss (1990)- Ökonometrie, Physica-Publsher Heidelberg (German).
10. Ngov Sophal et al.(2000) – Business statistics, lecture of the National Institute of Management.
11. Kwanchai A. Gomez and Arturo A.Gomez (1984) – Statistical procedures for agricultural research, 2 nd edition," An International Rice Research Institute book".
12. Richard J. Harris (1994) – ANOVA, An Analysis of variance Primer, F.E. Peacock Publishiers, Inc.

13. Shaner et al. (1981)- Farming System Research and Development, Guidelines for Development Countries, A consortium for International development study, Westview press/ Boulder, Colorado.

ស្ថិតិអនុវត្តន៍សំរាប់កសិកម្មសាស្ត្រ

Practical statistics for agronomy (Biometry)

សេចក្តីផ្តើម

ស្ថិតិវិទ្យា គឺជាមុខវិជ្ជាមួយគួរឱ្យមានការចាប់អារម្មណ៏ក្នុងសតវត្សរ៍ទី ២០ ក្រោយពីពេលដែលលោក Fisher បានចេញផ្សាយនូវសៀវភៅដែលមានចំណងជើងថា: វិធីសាស្ត្រស្ថិតិសំរាប់អ្នកស្រាវជ្រាវ (statistical methods for research worker)។ ជាទូទៅក្នុងការប្រើប្រាស់ស្ថិតិវិទ្យា វាមានវិធីសាស្ត្រ គោលការណ៏ និងអត្ថន័យដូចគ្នា។ ប៉ុន្តែវាខុសគ្នាខ្លះ អាស្រ័យទៅលើមុខវិជ្ជាដែលយើងប្រើប្រាស់ជាមួយមុខវិជ្ជា ដែលមានដូចជា: ជីវវិទ្យា កសិកម្ម សេដ្ឋកិច្ច សង្គម....។ ការវាយតំលៃទៅលើលទ្ធផលនៃការស្រាវជ្រាវ ដែលធ្វើឱ្យកាន់តែប្រសើរឡើងនូវបច្ចេកវិទ្យាសំខាន់ៗសំរាប់ទ្រទ្រង់ ជីវិតមនុស្ស និងសត្វ តាមរយ:ការកែលំអបច្ចេកទេសដាំដុះ។

ស្ថិតិវិទ្យា គឺជាវិធីសាស្ត្រដែលប្រើប្រាស់ក្នុងការតាមដាន កត់ត្រាទិន្នន័យនៃហេតុការណ៏ និងព្រឹត្តិការណ៏នានាដើម្បីធ្វើការវាស់វែង វិភាគ និងវាយតំលៃឱ្យមានករិតជាក់លាក់ ឬជាអត្ថន័យ។

អត្ថន័យនៃស្ថិតិកសិកម្ម (Biometry)

Bio = ជីវិត

Metry = ការវាស់វែង

- វិទ្យាសាស្ត្រសំរាប់ធ្វើការវាស់វែងលើគ្រប់កម្មវត្ថុនៃជីវិត រួចធ្វើការសន្និដ្ឋានទៅលើរង្វាស់នៃកម្មវត្ថុទាំងនោះ
- អត្ថប្រយោជន៏ក្នុងវិស័យពិសោធន៏ទូទៅ

មូលដ្ឋានគ្រឹះសំរាប់សិក្សា Biometry

- ទ្រឹស្តីប្រូបាបីលីតេ (Probability)
- ស្ថិតិវិទ្យា (Statistics)

គោលបំណងនៃការសិក្សា Biometry គឺ:

សំរាប់ជាជំនួយធ្វើផែនការ វាយតំលៃ ទៅលើលទ្ធផលពិសោធន៍ និងធ្វើការបកស្រាយ ហើយទាញយក លទ្ធផលនេះទៅប្រើក្នុងការធ្វើផែនការផលិតកម្មកសិកម្ម ។

ដើម្បីទទួលបានលទ្ធផលល្អត្រឹមត្រូវពីការពិសោធន៍ វិទ្យាសាស្ត្រពិសោធន៍កសិកម្មត្រូវបានរៀបចំដោយចែកជាពីរផ្នែកគឺ :

- ការធ្វើគំរោងពិសោធន៍
- ការវាយតំលៃលើលទ្ធផល ឬទិន្នន័យនៃការពិសោធន៍ ឬទិន្នន័យនៃការអង្កេតតាមបែបស្ថិតិវិទ្យា (statistics) ។

I- ការធ្វើគំរោងពិសោធន៍ (Experimental design)

1. បច្ចេកទេសស្រែពិសោធន៍

1.1. កន្លែងពិសោធន៍

- ពិសោធន៍ក្នុងលក្ខខ័ណ្ឌដែលអាចកែច្នៃបាន (មន្ទីរពិសោធន៍)
- ពិសោធន៍ក្នុងលក្ខខ័ណ្ឌដែលអាចកែច្នៃបានតិចជាង (រោងពិសោធន៍ មានថ្នាល ឬផើង)
- ពិសោធន៍ក្នុងលក្ខខ័ណ្ឌដែលខិតទៅរកភាពជាក់ស្តែងក្នុងស្ថានីយ៍ (កូនស្រែពិសោធន៍ ឬថ្នាលក្នុងលំហ) លក្ខខ័ណ្ឌពិសោធន៍នេះ ទទួលឥទ្ធិពលនៃកត្តាខាងក្រៅ (exogene factors) ច្រើនដែលទាមទារឱ្យមានបច្ចេកទេសរៀបចំពិសោធន៍យ៉ាងល្អិតល្អន់
- ពិសោធន៍លើស្រែកសិករ (on farm trial) ។ លក្ខខ័ណ្ឌពិសោធន៍ចុងក្រោយនេះ វាមិនត្រឹមតែទទួលឥទ្ធិពលនៃកត្តាខាងក្រៅប៉ុណ្ណោះទេ គឺវាទាមទារឱ្យមានការសិក្សាស្វែងយល់អំពីលក្ខខ័ណ្ឌនានាដែលមានឥទ្ធិពលលើប្រពន្ធ័កសិកម្មជាលក្ខណៈគ្រួសារផងដែរ ដូចជាកត្តាសេដ្ឋកិច្ច-សង្គម និង កត្តាគ្រួសារដែលមានធនធាន ការគ្រប់គ្រង និង គោលបំណង របស់គ្រួសារ ។

1.2. <u>កូនផ្ទៃស្រែពិសោធន៍</u> (Experimental plot)

កូនស្រែពិសោធន៍ គឺជាផ្ទៃដីមួយឯកតា ដែលត្រូវទទួលបច្ច័យតាមវិធីចាប់ឆ្នោត ។ ទ្រង់ទ្រាយនៃកូនស្រែគឺជាសមាមាត្ររវាងបណ្តោយ និងទទឹងរបស់កូនស្រែនោះ។ ម្យ៉ាងទៀតការកំណត់ទិសនៃកូនស្រែ គឺស្របនឹងបណ្តោយនៃកូនស្រែ ដែលយើងបានជ្រើសរើស ។ ចំពោះកូនស្រែរាងការ៉េ ការកំណត់ទិសមិនជា ការចាំបាច់ទេ ។

ឥទ្ធិពលរបស់ទំហំទ្រង់ទ្រាយ និងការកំណត់ទិសនៃកូនស្រែ :

ទំហំទ្រង់ទ្រាយ និងការកំណត់ទិសនៃកូនស្រែពិសោធន៍មួយអាចមានឥទ្ធិពលយ៉ាងខ្លាំងលើទំហំលំអៀងនៃការពិសោធន៍ ។ កូនស្រែតូចពេកនឹងផ្តល់លទ្ធផលមិនច្បាស់លាស់ ហើយបើធំពេកគឺឥតប្រយោជន៍ ត្រូវខាតបង់ពេលវេលានិងប្រាក់កាស ។ កូនស្រែរាងបួនជ្រុងស្មើដែលមានបរិមាត្រតូចពេក ធ្វើឱ្យដើមស្រូវមួយចំនួនរងឥទ្ធិពលជាយក្រែង ។

ទិសនៃកូនស្រែអាចបន្ថយ ឬបង្កើតឥទ្ធិពលនៃទិសដីក្នុងស្រែ ។

ជាទូទៅ លំអៀងពិសោធន៍ថយចុះពេលដែលទំហំកូនស្រែកើនឡើង ប៉ុន្តែការថយចុះនេះមិនសមាមាត្រនឹងការកើន ឡើងនៃទំហំកូនស្រែទេ ។

កូនស្រែគួរឱ្យធំល្មម ដើម្បីអាចទូទាត់ជួរជាយក្រែង កាលណាចាំបាច់ត្រូវធ្វើ ។

ចំពោះផ្ទៃដីមួយកំណត់ ចំនួនសារថយចុះនៅពេលដែលកូនស្រែកើនទំហំ ។

ទំហំកូនស្រែ ទ្រង់ទ្រាយ និងការកំណត់ទិស :

ក្នុងការពិសោធន៍ កូនស្រែជាធម្មតាតែងមានទំហំពី 8 - 25 ម^2 (២ម x ៤ម - ៥ម x ៥ម)។

ទំហំ និងទ្រង់ទ្រាយបែបណាក៏ដោយដែលអ្នកជ្រើសរើស ធ្វើយ៉ាងណាកុំឱ្យតូចជាង 5ម^2 ផុតពីការប្រជែងគ្រប់ប្រភេទ និងឥទ្ធិពលជាយក្រែង មានផ្ទៃគ្រប់គ្រាន់សំរាប់ច្រូតនិងកំណត់ទិន្នផល ។ ការជ្រើសរើសទំហំ និង ទ្រង់ទ្រាយនៃកូនស្រែត្រូវផ្អែកលើបណ្តាចំណុចដូចខាងក្រោម :

- ប្រភេទនៃការពិសោធន៍
- វិសមានភាពដី
- ឥទ្ធិពលជាយក្រែង
- ភាពខ្សត់ពូជ
- ការវាស់វែងលក្ខណៈផ្សេងទៀតក្រៅពីទិន្នផល ។

a- ប្រភេទនៃការពិសោធន៍

របៀបដាំដុះដែលពាក់ព័ន្ធនឹងពិសោធន៍ អាចកំណត់ទំហំនិងទ្រង់ទ្រាយកូនស្រែពិសោធន៍ដើម្បីសំរួលដល់ការងារ ។ ពិសោធន៍ជី ត្រូវការកូនស្រែធំជាងការសាកល្បងទិន្នផលពូជ ។ នៅក្នុងការពិសោធន៍ថ្នាំពុលកំចាត់សត្វល្អិត ឬ កំចាត់ស្មៅ ហើយដែលត្រូវបាញ់ថ្នាំគីមី ទទឹងនៃកូនស្រែត្រូវកំណត់ដោយ ចំងាយជះ ដល់នៃបំពង់បាញ់ថ្នាំដែលគេប្រើ ។

b- វិសមានភាពជី

ការជ្រើសរើសទ្រង់ទ្រាយកូនស្រែមិនចោទជាបញ្ហាខ្លាំងក្លាទេ កាលណាបំរែបំរួលជីមានវិសមានភាព ខ្លាំងដូចគ្នា ពីទិសមួយទៅទិសមួយទៀត ។ ម្យ៉ាងទៀត បើមានវត្តមាននៃទិសជី កូនស្រែគួរមានជ្រុងវែង ជាងគេទៅតាមទិសនៃ បំរែបំរួលខ្លាំង ។ ដូចនេះកាលណាគេស្គាល់ទិសជី ដែលកូនស្រែមួយមានរាងចតុកោណកែង ជាមួយនឹងការកំណត់ទិស ត្រឹមត្រូវ នឹងផ្តល់ក៏រិតជាក់លាក់ខ្ពស់ ។ ប៉ុន្តែបើសិនជាមិនស្គាល់ទិសជីវិញ គេគួរប្រើកូនស្រែ រាងការ៉េ (វាមិនផ្តល់នូវភាព ជាក់លាក់ខ្ពស់ ហើយក៏មិនទាបពេកដែរ) ។

c- ឥទ្ធិពលជាយក្រែង

នៅក្នុងពិសោធន៍សាកល្បងទិន្នផលពូជដែលអាចមានការប្រជែងរវាងពូជ គួរប្រើកូនស្រែដែលយ៉ាងហោចណាស់ មាន៦ជួរ ដើម្បីសំរួលដល់ការចោល ១ ជួរនៅជាយនិមួយៗនៃកូនស្រែ ដោយទុក ៤ ជួរកណ្តាល សំរាប់ច្រូតកាត់ ។

d- ភាពខ្សត់ពូជ

កាលណាពូជមានតិច(ដូចជានៅជំនាន់ដំបូងនៃការបង្កាត់ពូជ) អ្នកត្រូវប្រើកូនស្រែតូចៗបានហើយ ។ អ្នកគួរចាំទុកនូវចំណុចពីរយ៉ាង :

- ពិនិត្យមើលទំហំនៃភាពខុសគ្នាលើលក្ខណៈរបស់ដើមក្នុងចំណោមជំរើសសាកល្បង ។ បើសិនលក្ខណៈខ្លះនៃដើមដូចជា កំពស់ដើម លទ្ធភាពបែកគុម្ព ឬអាយុកាលរបស់វាខុសគ្នាខ្លាំង យើងមិនអាចត្រួតពិនិត្យបានត្រឹមត្រូវឡើយនូវ ឥទ្ធិពលនៃការប្រជែងរវាងពូជក្នុងកូនស្រែតូចៗពេក ។ ដូច្នេះភាពល្អៀងនឹងអាចកើតមានចំពោះលទ្ធផលពិសោធន៍ ។
- ដើម្បីធានាភាពជាក់លាក់នៃពិសោធន៍ គប្បីប្រើបច្ចេកទេសជំនាញបំផុត ពីព្រោះក្នុងកូនស្រែដ៏តូច ក៏រិតល្អៀងតូច ជា រឿយៗអាចនឹងរីកជាធំបាន ។ កាលណាចាំបាច់ត្រូវប្រើកូនស្រែតូចសំរាប់ពិសោធន៍ អ្នកត្រូវយល់ព្រមចំណាយខ្ពស់ ទៅលេការពិសោធន៍ដែលបណ្តាលមកពីការប្រើបច្ចេកទេសជំនាញៗជាងបច្ចេកទេសដែលគេប្រើទូទៅក្នុងកូនស្រែធំ ។

e- ការវាស់វែងលក្ខណៈផ្សេងទៀតក្រៅពីទិន្នផល

កាលណាត្រូវធ្វើការវាស់វែងលក្ខណៈនៃដើម អ្នកត្រូវការដើមបន្ថែមទៀតសំរាប់ធ្វើសំណាក ជាពិសេសចំពោះដំណាំស្រូវ កាលណាការវាស់វែងត្រូវការកាត់យកដើមស្រូវ នៅដើមដំណាក់កាលកំពុងលូត លាស់ ដូចជាក្នុងការ កំណត់ធាតុស្ងួត ឬការកំណត់ផ្ទៃស្លឹក ។   កូនស្រែត្រូវឱ្យធំល្មមដើម្បីជៀសវាងការប្រជែងរវាងដើមស្រូវដែលអាចកើតឡើងកាលណាដើមស្រូវ សំណាកត្រូវដកចេញ ។

1.3. បច្ច័យពិសោធន៍ (Experimental treatment)

បច្ច័យរបស់ការពិសោធន៍ គឺជាមុខដំណាំ សំភារៈកសិកម្ម ឬបច្ចេកទេសដែលយើងពុំទាន់ស្គាល់ពី ប្រសិទ្ធិភាព និង គុណភាពរបស់មុខដំណាំ ឬ សំភារៈកសិកម្មថ្មីទាំងនោះរួមមានដូចជា:

- ពូជដំណាំដែលជ្រើសរើសថ្មី ឬ ពូជនាំចូលថ្មី
- រូបមន្តជី ឬ ថ្នាំពុលកសិកម្មផ្សេងៗ រួមទាំងពេលវេលា និង វិធីប្រើប្រាស់ផង
- បច្ចេកទេសដាំដុះ និង ការស្រោចស្រពលើមុខដំណាំជាដើម.... ។ តាមរយៈការពិសោធន៍ ទើបយើងជ្រើសរើសបាន បច្ច័យណាមួយប្រសើរជាងគេសំរាប់ផ្សព្វផ្សាយជាទូទៅដើម្បីអភិវឌ្ឍកសិកម្ម ។

1.4. ចំនួនសា (Number of replications)

ចំនួនសា គឺជាចំនួនលើកនៃបច្ច័យទាំងអស់ដែលធ្វើដូចគ្នាដដែលៗនៅក្នុងពិសោធន៍មួយ ។ មួយសា មានន័យថា : 1 បច្ច័យ គឺ 1 សា នៃការពិសោធន៍ ។ ការច្រូតកាត់សាកលើផ្ទៃដីតូចមួយចេញពីកូនស្រែធំ ដែលដាំពូជ 1 មុខ ឬការសង្កេតតាមដានច្រើនដងក្នុងកូនស្រែមួយមិនអាចចាត់ទុកជាសាទេ ។ គឺជាសំណាកបន្ទាប់បន្សំ ហើយបំរែបំរួលរបស់វា គឺជាលំអៀងនៃសំណាក ពុំមែនជាលំអៀងនៃការពិសោធន៍ឡើយ (Standard deviation: SD) ។ អ្នកពិសោធន៍កសិកម្មជាច្រើនមាន ការភ័ន្តច្រឡំចំពោះបញ្ហានេះ ។

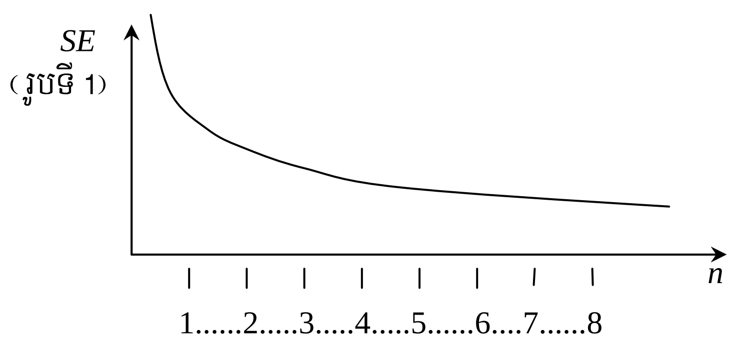
ឥទ្ធិពលនៃសា

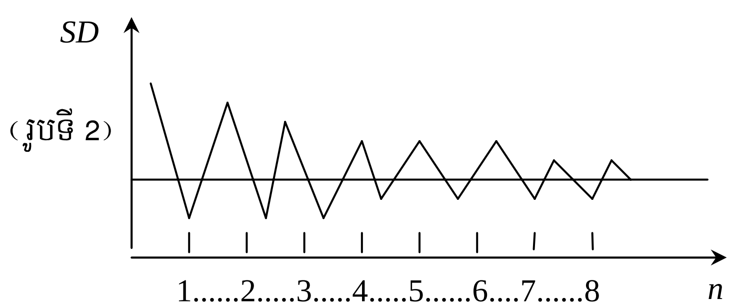
ក្នុងការពិសោធន៍និមួយៗចាំបាច់ត្រូវមានចំនួនសា ដើម្បីប៉ាន់ស្មានតំលៃ និង កាត់បន្ថយលំអៀងពិសោធន៍ ។ ម្យ៉ាងទៀត មធ្យោបាយដ៏ងាយស្រួលសំរាប់បង្កើនភាពជាក់លាក់នោះ គឺការបង្កើនចំនួនសា ។ ប៉ុន្តែ បើចំនួនសាច្រើនហួសកំរិតកំណត់ណាមួយនោះ ភាពជាក់លាក់កើនឡើងតិចតួចពេក មិនសមនឹងការចំណាយបន្ថែមឡើយ ។ ប្រសិនបើដល់កំរិតនេះហើយ តែភាពជាក់លាក់នៅមិនទាន់ទទួលបានច្បាស់លាស់ ត្រូវប្រើមធ្យោបាយដទៃទៀត ក្រៅពីការបង្កើនចំនួនសា ។

ចំនួនសា

ជាទូទៅ នៅក្នុងការពិសោធន៍ គេគួរធ្វើពី 4 ទៅ 8 សា ។ នៅស្រែពិសោធន៍របស់អ៊ីរី (IRRI) គេច្រើនប្រើ 4 សា ។ ចំនួនសាមានឥទ្ធិពលពីរយ៉ាងលើការពិសោធន៍ ១) ចំនួនសាមានតិច បង្កឱ្យលំអៀងរបស់ការពិសោធន៍មានកាន់តែធំ ដែលបណ្តាលឱ្យមានមេគុណបំរែបំរួល (Coefficient of variation=CV) របស់ការពិសោធន៍នោះមានតម្លៃធំអាចសំគាល់ភាពជាក់លាក់មានក៏រិតទាប ប៉ុន្តែចំណាយទុនតិច និងពេលវេលាតិចសំរាប់ ការពិសោធន៍ដែរ ។ ២) ចំនួនសាមានកាន់តែច្រើន អាចឱ្យលំអៀងមានតិច តំលៃមេគុណបំរែបំរួលទាប និងភាពជាក់លាក់មានខ្ពស់ តែយើងក៏ត្រូវចំណាយពេលវេលា និងទុនច្រើនដែរ ។ គេមាន :

- គំលាតគំរូ គឺជាគម្លាតមធ្យមនៃរង្វាស់ ឬតំលៃនិមួយៗពីរង្វាស់ ឬតំលៃមធ្យម
- គំលាតគំរូកាន់តែតូចទៅ កាលណារង្វាស់ ឬ តំលៃនិមួយៗ កាន់តែនៅជិតរង្វាស់មធ្យម
- កាលណាទំហំសំណាកកាន់កើនឡើង លំអៀងគំរូ កាន់តែខិតទៅរកតំលៃមួយតូច (រូបទី១)
- កាលណាទំហំសំណាកកាន់តែកើនឡើងនោះ គំលាតគំរូ កាន់តែខិតទៅ ជិតតំលៃថេរមួយ (រូបទី២) ។

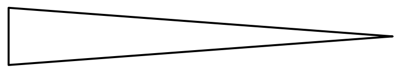




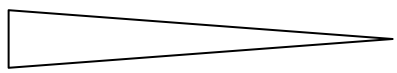
គំលាតគំរូ (Standard Deviation-SD/S), លំអៀងគំរូ (Standard Error-SE/Sx) អាស្រ័យលើទំហំសំណាក (n)

ដើម្បីបង្កើនភាពជាក់លាក់ក្នុងការពិសោធន៍ ក្រៅពីការបង្កើនចំនួនសា យើងត្រូវ :

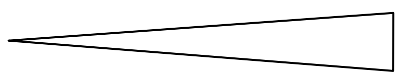
- រកភាពខុសគ្នានៃកត្តាទាំងឡាយពិសេសកត្តាខាងក្រៅ (exogene factors) ដែលមានឥទ្ធិពលលើការពិសោធន៍កត់សំគាល់និងការពារឱ្យបានល្អិតល្អន់ ។ មានន័យថា: ធ្វើភាពខុសគ្នានៃលក្ខខ័ណ្ឌពិសោធន៍ឱ្យកាន់តែ តូចទៅៗ



- ការធ្វើឡើងវិញ ដោយឱ្យក៏រិតកត្តា ឬ នៃលទ្ធផលពិសោធន៍កាន់តែតូច



- វិធានការទាំងនេះនឹងធ្វើឱ្យលទ្ធផលពិសោធន៍កាន់តែល្អត្រឹមត្រូវជាងមុន



ទន្ទឹមនឹងនេះ យើងត្រូវធ្វើគំរោងពិសោធន៍ច្បាស់លាស់ ។ ឧទាហរណ៍ : " តើយើងត្រូវប្រើបរិមាណជីប៉ុន្មានដើម្បីឱ្យបានទិន្នផលអតិបរមា ? " មានន័យថា : បរិមាណជីដែលធ្វើឱ្យបានទិន្នផលអតិបរមា ។

- មុនដំបូងត្រូវធ្វើពិសោធន៍ងាយស្រួលមួយដែលគិតតែ 1 កត្តា :

ឧទាហរណ៍ : 0 (គ្មានជី)
N
P
K
NP
NK
PK
NPK

- មុនដំបូងមាន 8 បច្ច័យ ។ បើបច្ច័យណាគ្មានឥទ្ធិពលទៅលើដំណាំនោះ ត្រូវគូសចោល ឬឈប់ធ្វើពិសោធន៍
- ឧបមាថាបច្ច័យ N, NP, NK, NPK មានឥទ្ធិពលទៅលើដំណាំ → យើងទុកតែ 4 បច្ច័យ ។

- ការពិសោធន៍ ដែលកត្តាសំរាប់ធ្វើពិសោធន៍ត្រូវមានបរិមាណខុសៗគ្នា ។

ឧ. ជី N ត្រូវធ្វើពិសោធន៍រកចំនួនបរមា (optimum) ដើម្បីឱ្យបានទិន្នផលអតិបរមា (maximum)

0 (គ្មានជី) 20 40 60 80 100 120 140 160 180	- មុនដំបូងមាន 10 បច្ច័យ (បើអាចធ្វើបាន) - ចំនួនសានៃបច្ច័យនិមួយៗ គឺផ្អែកទៅលើទំហំនៃលំអៀងពិសោធន៍ និងដឺក្រេនៃភាពជាក់លាក់ដែលអ្នកចង់បាន ។ - ប្រសិនបើទិន្នផលខ្ពស់ទាញបានពី 40 - 80 គ.ក្រ/ហ.ត នោះ វាអាចផងដែរ 60 គ.ក្រ/ហ.ត សំរាប់ទិន្នផលខ្ពស់នោះ ។

- បន្ទាប់មកយើងត្រូវធ្វើពិសោធន៍សាជាថ្មី ដែលមានកំរិតខុសគ្នាកាន់តែតូចទៅ

ឧទាហរណ៍ :

40 N kg/ha 45 50 55 60 65 70 75 80	- មាន 9 បច្ច័យ - បច្ច័យនិមួយៗ គួរមានពី 4 - 8 សា

ការបង្កើនចំនួនសាមានសារៈសំខាន់ណាស់ក្នុងការបង្កើនភាពជាក់លាក់ក្នុងការពិសោធន៍ ។ ទោះបីយ៉ាងណា ភាពខុសគ្នានៃកត្តាខាងក្រៅ (exogene factors) នៅតែជាបញ្ហាដែលមានឥទ្ធិពលលើលទ្ធផលពិសោធន៍ ។ ការពិសោធន៍ក្នុងស្រែតែងតែប្រឈមនឹងបញ្ហាវិសមានភាពដីដែលទាមទារឱ្យមានការរៀបប្លង់ពិសោធន៍មួយត្រឹមត្រូវ ។

2. ប្លង់ពិសោធន៍

ប្លង់ពិសោធន៍ សំដៅលើក្បួនខ្នាតសំរាប់រៀបចំបច្ច័យនៅក្នុងកូនស្រែពិសោធន៍ ។ បើធ្វើបានត្រឹម ត្រូវវាផ្តល់នូវការប្រៀបធៀបរវាងបច្ច័យដែលអាចយកជាការបានហើយទប់ទល់នឹងប្រភពបំរែបំរួលសំខាន់ៗក្នុងស្រែពិសោធន៍ ដូចជាវិសមានភាពដី ។

ប្លង់ពិសោធន៍ត្រឹមត្រូវមួយ ត្រូវគិតពីចំនួនសា ការចាប់ឆ្នោត និងការត្រួតពិនិត្យលំអៀង ។

2.1. ការជ្រើសរើសប្លង់ពិសោធន៍

ប្លង់ដ៏ល្អបំផុតសំរាប់ពិសោធន៍មួយ សំខាន់ជាងគេបង្អស់អាស្រ័យលើទំហំនៃវិសមានភាពដីនៅកន្លែងពិសោធន៍ ប្រភេទ និងចំនួនបច្ច័យដែលត្រូវសិក្សា និងកំរិតនៃភាពជាក់លាក់ដែលចង់បាន។ កាលណាអ្នកចាប់ផ្តើមធ្វើពិសោធន៍ថ្មីមួយ ត្រូវសួរយោបល់អ្នកស្ថិតិដែលធ្លាប់មានការពិសោធន៍ (បើអាច) ដើម្បីជួយ ជ្រើសរើសប្លង់ដ៏ត្រឹមត្រូវមួយដែលធានាបានយ៉ាងពិតប្រាកដនូវគោលបំណងទាំងឡាយនៃពិសោធន៍។ មិនត្រូវរើសយកប្លង់ពិសោធន៍ដែលខ្វះចំណុចណាមួយនៃចំណុចសំខាន់ទាំង 3 នេះទេ : សា ការចាប់ឆ្នោតរៀបបច្ច័យ និងការត្រួតពិនិត្យលំអៀង ។ ប្លង់ពិសោធន៍មាន ២ បែបគឺ: (១) ប្លង់ជាប្រព័ន្ធ និង (២)ប្លង់ចាប់ឆ្នោត។ ប្លង់ចាប់ឆ្នោតមាន (១) ប្លង់ចាប់ឆ្នោតពេញលេញ និង (២) ប្លង់ចាប់មិនឆ្នោតពេញលេញ។ ជាទូទៅនៅលើស្រែពិសោធន៍ មានប្លង់ចាប់ឆ្នោតមិនពេញលេញ ៣បែប ដែលគេនិយមប្រើគឺ:

- ប្លុកពេញលេញ
- ប្លុកមិនពេញលេញ
- ប្លង់កូនស្រែបំបែក /ប្លុកកូនស្រែបំបែក

ប្លុកពេញលេញ និង ប្លុកមិនពេញលេញ ត្រូវបានគេប្រើសំរាប់ពិសោធន៍កត្តាទោល (មួយ) និង កត្តាច្រើន។ ចំណែកឯប្លង់កូនស្រែបំបែកវិញ គេប្រើសំរាប់តែពិសោធន៍កត្តាច្រើនប៉ុណ្ណោះ។

ការពិសោធន៏កត្តាទោល

សំរាប់កត្តាទោល ប្លង់ពិសោធន៍ដែលគេប្រើមាន: (១)ប្លុកពេញលេញ (២) ប្លុកមិនពេញលេញ។ នៅពេលនេះ ខ្ញុំសូមលើកយកតែប្លុកពេញលេញមកពីពណ៌នា និងពន្យល់ ដើម្បីឱ្យមានភាពងាយស្រួលដល់និស្សិតថ្នាក់បរិញ្ញាប័ត្រ។

ប្លុកពេញលេញ (Complete Block Design - CBD)

ជាទូទៅ ត្រូវបានគេប្រើសំរាប់ពិសោធន៍សាមញ្ញងាយៗ។ លក្ខណៈសំគាល់ខ្លះនៃប្លង់ពិសោធន៍ប្រភេទនេះ គឺបច្ច័យទាំងអស់មាននៅក្នុងប្លុកតែមួយងាយស្រួលក្នុងការវិភាគទិន្នន័យ។ នៅក្នុងប្លុក (Block) និមួយៗមានចំនួនបច្ច័យ

(Treatments) ទាំងអស់ស្មើគ្នា ។ ដូចមានបញ្ជាក់ខាងលើ ប្លង់នេះអាចប្រើសំរាប់ពិសោធន៏កត្តាទោល ក៏បានកត្តាច្រើនក៏បាន។ សំរាប់ពិសោធន៏កត្តាទោល ប្លុកពេញលេញមាន ២ បែបគឺ :

១) ប្លុកចាប់ឆ្នោតពេញលេញ (Randamized Complete Block Design - RCBD)

- បច្ច័យមានចំនួនតិចជាង 10
- ចំនួនសាមានប៉ុន្មានក៏បាន
- ផ្ទៃដីមានទិសជីជាតិតែមួយ ឬជំរេលតែមួយ ។

ឧទាហរណ៍ :

4	5	6	1	2	3	d
5	6	1	2	3	4	c
6	1	2	3	4	5	b
1	2	3	4	5	6	a

- ការពិសោធន៏ជាប្លុកចាប់ឆ្នោតពេញលេញ 6 បច្ច័យ x 4 សា
- មាន 4 ប្លុកពីព្រោះនៅក្នុងប្លុកនិមួយៗ មាន 1 សា នៃបច្ច័យនិមួយៗ

២) ការេឡាតាំង (Latin Square Design - LS):

- ប្រើសំរាប់ពិសោធន៏តែកត្តាទោល
- បច្ច័យមានពី 4 ទៅ 8
- ចំនួនសា = ចំនួនបច្ច័យ
- ចំនួនបច្ច័យ= ចំនួនប្លុកជា Rows= ចំនួនជួរ (Columns)
- ផ្ទៃដីមានទិសជីជាតិពីរកែងនឹងគ្នា។

ការរៀបចំបច្ច័យទៅក្នុងប្លង់ពិសោធន៏ប្រព្រឹត្តទៅដោយបច្ច័យនិមួយៗស្ថិតនៅប្លុកនិមួយៗ និង ជួរនិមួយៗដែរ។ ប្លុកតាមបន្ទាត់ផ្តេកគឺជា Rows ។ ប្លុកតាមបន្ទាត់បញ្ឈរគឺជា Columns ។

COLUMNS

ROWS	I	II	III	IV	
	2	3	4	1	d
	3	4	1	2	c
	4	1	2	3	b
	1	2	3	4	a

Block

- ការពិសោធន៍ជាការ៉េឡាតាំង 4 x 4
- នៅក្នុងប្លុក និងក្នុង Columns និមួយៗ មាន 1 សា នៃបច្ច័យ ឬបច្ច័យផ្សំនិមួយៗ

មានប្លង់ពិសោធន៍ពេញលេញពីរទៀតដែលប្រើសំរាប់ពិសោធន៍លើកូនស្រែគឺ: ប្លង់កូនស្រែភ្លោះជាប្រព័ន្ធ (Systematic twin-plots) និង ប្លង់ចាប់ឆ្នោតពេញលេញ (Completely Randomized Design-**CRD**)។ ចំពោះប្លង់កូនស្រែភ្លោះជាប្រព័ន្ធ គោលការណ៍ចាប់ឆ្នោតមិនត្រូវយកមកប្រើទេ។ គេនិយមប្រើប្លង់នេះក្នុងការពិសោធន៍លើស្រែកសិករ ដែលមានកសិករខ្លួនឯងជាអ្នកអនុវត្តការងារពិសោធន៍។ ឧ. (សូមមើលចំណុច ៤ ឬទំព័រ ៦២)។

ការពិសោធន៍កត្តាច្រើន

១) ប្លុកចាប់ឆ្នោតពេញលេញ : ប្រើសំរាប់បច្ច័យផ្សំ។ ចំពោះ**ចតុកោណកែងឡាតាំង : គឺ**ជាការវិវត្តន៍នៃការ៉េឡាតាំងដែលប្រើសំរាប់ពិសោធន៍បច្ច័យផ្សំ (ដែលកត្តានិមួយៗមានចែកជាកំរិតខុសៗគ្នា-បច្ច័យ)។

ប្លុកចាប់ឆ្នោតពេញលេញ

- បច្ច័យផ្សំមានតិចជាង ១០
- ចំនួនសាប៉ុន្មានក៏បាន
- ដីមានទិសដីតែមួយ
- ប្រសិទ្ធភាពចំបង និង អន្តរអំពើមានសារៈសំខាន់ដូចគ្នា។

ការ៉េឡាតាំង (ឬ ជាចតុកោណកែងឡាតាំង)

- បច្ច័យផ្សំមានពី ៤ ទៅ ៨
- ចំនួនសា=ចំនួនបច្ច័យផ្សំ

- ចំនួនសា (= ចំនួន Columns) សមាមាត្រនឹងចំនួនបច្ច័យផ្សំពុំមានសល់ឡើយ
- ដីមានទិសជីពីរ
- ប្រសិទ្ធិភាពចំបង និងអន្តរអំពើមានសារៈសំខាន់ដូចគ្នា
- នៅក្នុងប្លុក និង Columns និមួយៗមាន 1 សានៃបច្ច័យផ្សំនិមួយៗ (ឧ. $\mathbf{a_1b_1}$) ។

ឧទាហរណ៍: កត្តា A មាន ៤ កំរិត (a_1, a_2, a_3, a_4) និង កត្តា B មាន ៣ កំរិត (b_1,b_2,b_3)

Blocks a,b,c,d

I. Column			II			III			IV			
10	11	12	7	8	9	**1**	2	3	4	5	6	**d**
7	8	9	10	11	12	4	5	6	**1**	2	3	**c**
4	5	6	**1**	2	3	10	11	12	7	8	9	**b**
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	**a**

RCBD ប្រើសំរាប់បច្ច័យផ្សំ (Combination Treatment)

កត្តា A = 4 កត្តា B = 3

4 សា 4 ប្លុក 4 Columns

បច្ច័យផ្សំដូចគ្នាមាន ៤ (1,1,1,1)

3	6	2	8	1	7	4	5	ប្លុក ៤
5	8	6	7	4	2	3	1	ប្លុក ៣
7	4	1	5	8	3	6	2	ប្លុក ២
1	2	3	4	5	6	7	8	ប្លុក ១

ចតុកោណកែងឡាតាំង

កត្តា a=២ត្តា b=២ កត្តា c=២

៤ សា

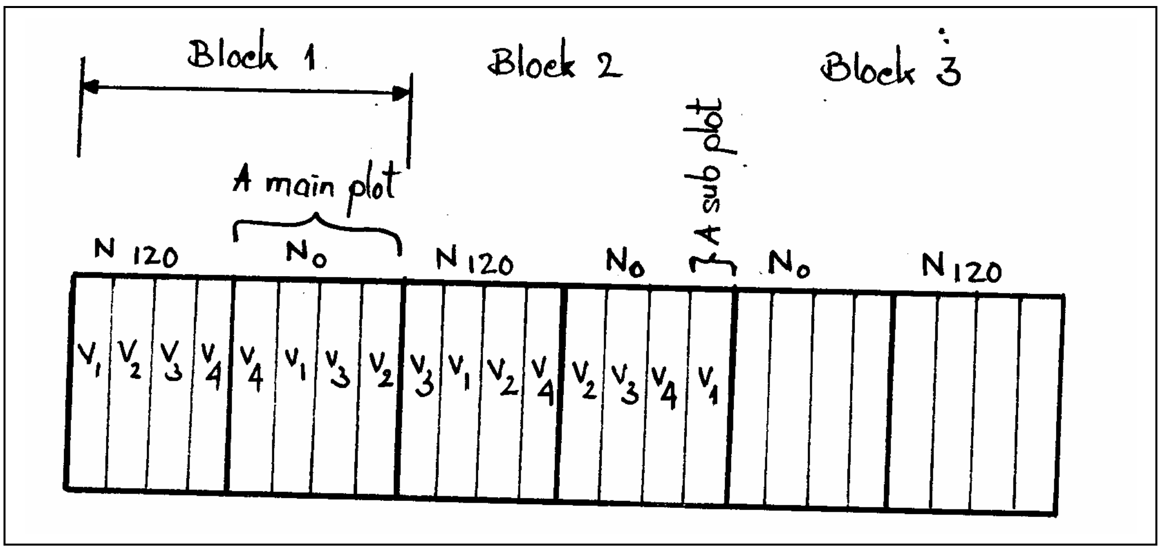
២) ប្លង់កូនស្រែបំបែក (Split - Plot Design)

ប្រើសំរាប់តែកត្តាច្រើនប៉ុណ្ណោះ ដែលមានបច្ច័យរួមផ្សំច្រើន-ច្រើនក្រុម ឬ ច្រើនកត្តាមានកូនស្រែដោយឡែកពីគ្នា ដែលបច្ច័យមួយចំនួនទាមទារទំហំកូនស្រែធំជាងបច្ច័យដទៃទៀត ។ កត្តាពិសោធន៏ទាំងនេះមិនសំខាន់ដូចគ្នាទេ ។ ដូច្នេះ ប្លង់-ប្លុកកូនស្រែបំបែក អាចចែកជាពីរបែបគឺ: The split - plot និង The split - split - plot ។

① ប្លុកកូនស្រែបំបែក (Split plot)

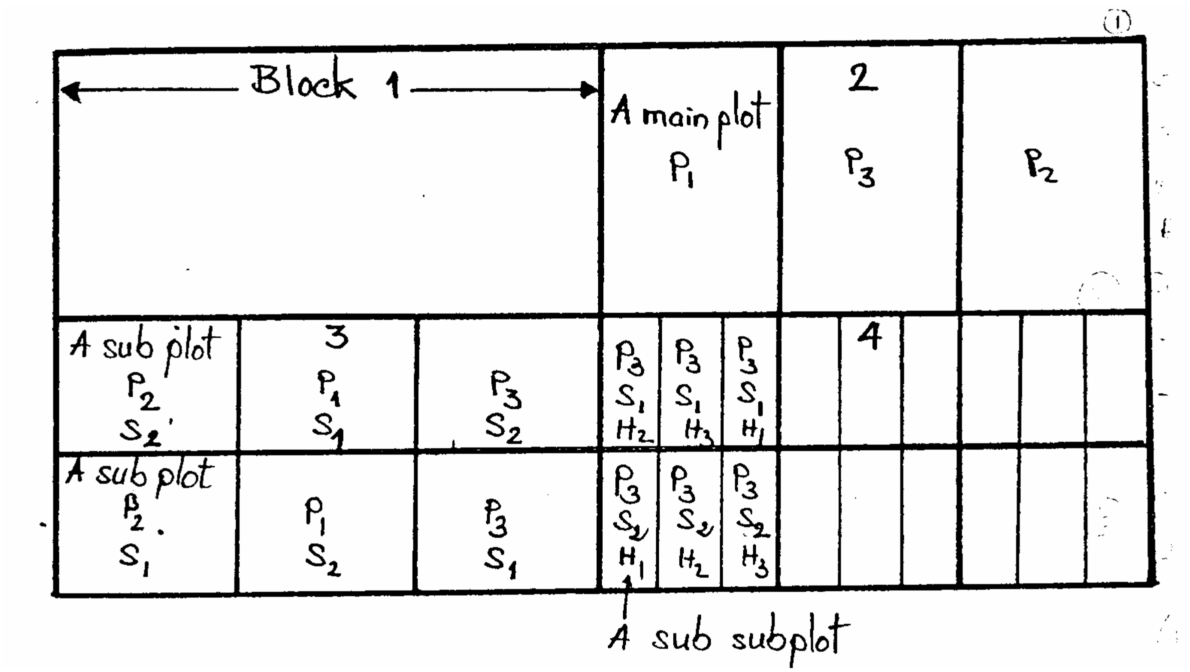
- មានកត្តាពីរ ដែលជាប់ទាក់ទង
- កត្តាទាំង២នេះ មិនសំខាន់ដូចគ្នាទេ
- ប្រសិទ្ធិភាពចំបងនៃកត្តាមួយ នឹងចាត់ចូលទៅក្នុងកូនស្រែចំបង-ធំ (a main plot)
- កត្តាមួយ (ដូចជាកត្តាប្រើប្រាស់ជី ឬការថែទាំទឹក) ទាមទារដីពិសោធន៍ធំជាងកូនស្រែតូច (Subplot) កត្តានេះនឹងចាត់ចូលក្នុងកូនស្រែចំបង ។ ឧ. កូនស្រែមេ ឬ កូនស្រែធំ (main plot) សំរាប់កត្តាចំបង **A (N)** និង កូនស្រែបំបែក (subplot) សំរាប់កត្តាបន្ទាប់ **B (V)**

ឥទ្ធិពលរបស់កូនស្រែធំ និងកូនស្រែបំបែកពុំស្មើគ្នាទេ គឺៈ កូនស្រែធំមានឥទ្ធិពលតូចជាងឥទ្ធិពលរបស់កូនស្រែបំបែក ។



② Split split plot

- មានកត្តា 3 ដែលជាប់ទាក់ទង
- កត្តាទាំងនេះ មិនសំខាន់ដូចគ្នាទេ
- កត្តាដែលសំខាន់ទី 2 ត្រូវចាត់ចូលទៅក្នុងកូនស្រែដែលសំខាន់ល្មម (a subplot) ដែលនៅក្នុង កូនស្រែមេ-កូនស្រែធំ (a main plot)
- ប្រសិទ្ធិភាពចំបងនៃកត្តាមួយក្នុងចំណោមកត្តាទាំងអស់ត្រូវការផ្ទៃដីធំជាងកត្តានៃកូនស្រែបំបែកទី 1 (a subplot) ។



៣) ប្លង់កូនស្រែជាចំរៀក (Strip- Plot Design)

វិធីគ្រោង និង រៀបបច្ច័យដាក់ក្នុងកូនស្រែមានពីរដំណាក់ដាច់ដោយឡែកពីគ្នា:

- វិធីគ្រោង និង រៀបបច្ច័យរបស់កត្តាផ្ដេក (Horizontal factor)
- វិធីគ្រោង និង រៀបបច្ច័យរបស់កត្តាបញ្ឈរ (Vertical factor)

ចូរចង់ចាំថា ការគ្រោង និងរៀបបច្ច័យរបស់កត្តាទាំង២គ្មានមួយណាសំខាន់ជាងមួយណាទេ គឺអាចអនុវត្តលើមួយណាមុនក៏បានដែរ ។

ឧ. យើងសន្មតថា A តំណាងឱ្យកត្តាផ្ដេក (Horizontal factor=A) B តំណាងឱ្យកត្តាផ្ដេក កត្តាបញ្ឈរ (Vertical factor=B) ព្រមជាមួយគ្នានោះដែរ **a** និង **b** ជាចំនួនបច្ច័យរបស់កត្តានិមួយៗ និង **r** ជាចំនួនរបស់សា ។

ដែលមាន:

- កត្តាផ្ដេក (Horizontal factor) a= ៦ ពូជស្រូវ V គឺ V1, V2,V3,V4,V5,V6
- កត្តាបញ្ឈរ (Vertical factor) b= ៣ កំរិតជី N គឺ N1, N2,N3
- ចំនួនរបស់សា (Number replications) r = 3

V6		V4		V5	
V5		V2		V2	
V4		V6		V3	
V3		V3		V4	
V2		V1		V6	
V1		V5		V1	
	សា ១		សា ២		សា ៣

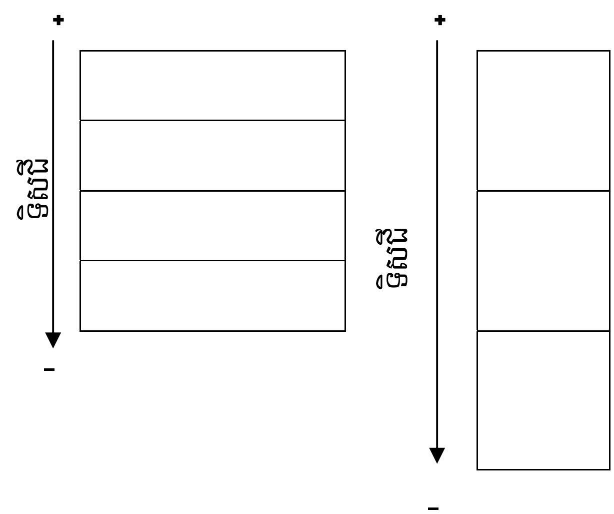
	N1	N2	N3		N1	N2	N3		N1	N2	N3
V6				V4				V5			
V5				V2				V2			
V4				V6				V3			
V3				V3				V4			
V2				V1				V6			
V1				V5				V1			
		សា ១				សា ២				សា ៣	

2.2. ការរៀបចំជាប្លុក

ការរៀបចំជាប្លុក សំដៅទៅលើការចាត់កូនស្រែ ឬបច្ច័យមួយក្រុមទៅក្នុងដីមួយប្លុកដែលមានភាព ឯកសណ្ឋាន ។ វាជាមធ្យោបាយមួយងាយស្រួលហើយមានប្រសិទ្ធិភាពជាងគេក្នុងការទប់ទល់នឹងវិសមានភាពដី ។

- ឥទ្ធិពលនៃការរៀបចំប្លុក

ភាពប្រែប្រួលក្នុងប្លុក អាចបំបាត់ចេញពីបំរែបំរួលពិសោធន៏តាមរយៈការរៀបប្លុក ដូចនេះ បំរែបំរួល ត្រូវថយចុះ ហើយភាពជាក់លាក់នៃពិសោធន៏កើនឡើង ។ កាលណាភាពខុសគ្នារវាងប្លុកកាន់តែធំ បំរែបំរួល ពិសោធន៏កាន់តែតូច ។



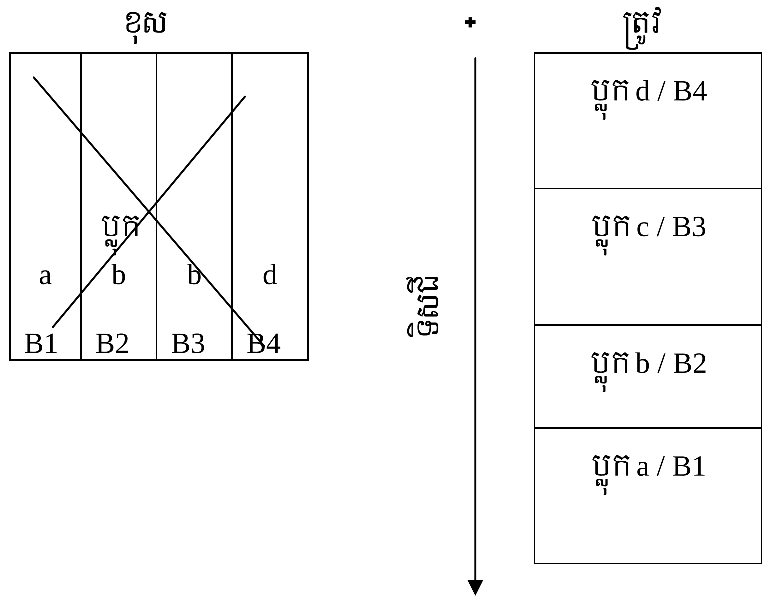
ដ្យាក្រាមបង្ហាញពីទិសជីតែមួយ

ដូច្នេះ ដើម្បីរៀបប្លុកឱ្យត្រឹមត្រូវ គួរបង្កើតឱ្យមានភាពខុសគ្នាធំរវាងប្លុក ហើយរក្សាកូនស្រែទាំងឡាយនៅក្នុងប្លុកមួយឱ្យរិតតែមានឯកសណ្ឋានភាព ។

- របៀបរៀបកូនផ្ទៃស្រក្នុងប្លុក

កាលណាគេស្គាល់គំរូជីនៃដីស្រែពិសោធន៏ ត្រូវដាក់ប្លុកយ៉ាងណាដែលមានភាពខុសគ្នានៃដីរវាងប្លុកមានជាអតិបរមា ហើយដែលនៅក្នុងប្លុកមានជាអប្បបរមា ។

ឧទាហរណ៏ សំរាប់ស្រែមួយដែលទិសជីមានតែមួយទៅតាមបណ្តោយស្រែ គួររៀបចំប្លុកកាត់ទទឹងស្រែ គឺកែងនឹងទិសជី ។ បើគេមិនស្គាល់ទិសជីវិញ ត្រូវចៀសវាងប្រើប្លុកវែង ហើយទទឹងតូច ។ គប្បីប្រើប្លុកដែលមាន រាងប្រហែលនឹងរាងបួនជ្រុងស្មើ ព្រោះកូនស្រែជាប់ៗគ្នាអាចប្រហាក់ប្រហែលគ្នាជាងកូនស្រែ ដែលនៅឆ្ងាយពីគ្នា ។



កាលណាគេមិនស្គាល់ពីគំរូដីនៃដីស្រែ ប្លុកគប្បីឱ្យមានរាងប្រហែលនឹងការ៉េ

ដំណើរការគ្រប់សកម្មភាពការងារ និងស្រង់ទិន្នន័យ "ដោយផ្អែកលើមូលដ្ឋានតាមប្លុកមួយៗ" ដើម្បី បង្កាក្រែងមានការប្រែប្រួលណាមួយដែលអាចកើតឡើងក្នុងដំណើរការនៃការងារដាំដុះ ក៏ដូចជាក្នុងការស្រង់ ទិន្នន័យ ។

អាចនិយាយម្យ៉ាងទៀតបានថា ពេលណាមានប្រភពនៃការប្រែប្រួល ត្រូវតែខំបំបែកផ្អែកសំខាន់នៃ ការប្រែប្រួលនិមួយៗ ឱ្យដាច់ដោយឡែកតាមប្លុក ។ ឧបមាដូចជា កាលណាការងារមួយ (ឧទាហរណ៏ ការអនុវត្តនីបច្ច័យ ការវាស់ទិន្នន័យ) មិនអាចបញ្ចប់សំរាប់ ពិសោធន៏ទាំងមូលបានក្នុងមួយថ្ងៃ យ៉ាងហោចណាស់ត្រូវបង្ហើយ ឱ្យចប់ការងាររបស់កូនស្រែទាំងអស់ក្នុង មួយប្លុក ។ ក្នុងករណីនេះ ភាពខុសគ្នាបើមានពី ១ ថ្ងៃទៅ ១ ថ្ងៃ អាចត្រួតពិនិត្យបានតាមរយៈ "ការរៀបប្លុក" ។

បច្ចេកទេសដូចគ្នានេះ អាចប្រើបានដើម្បីដោះស្រាយការប្រែប្រួលក្នុងចំណោមអ្នកតាមដានការងារ ពិសោធន៏ ។ ពេលណាដែលដឹងថា ការងារណាមួយត្រូវប៉ះពាល់ដោយអ្នកតាមដាន (ឧទាហរណ៏ : ការដាក់ជី ឬបាញ់ថ្នាំការវាស់ កំពស់ដើម) គួចាត់អ្នកតាមដានម្នាក់ៗទៅតាមប្លុកដោយឡែកពីគ្នា ។

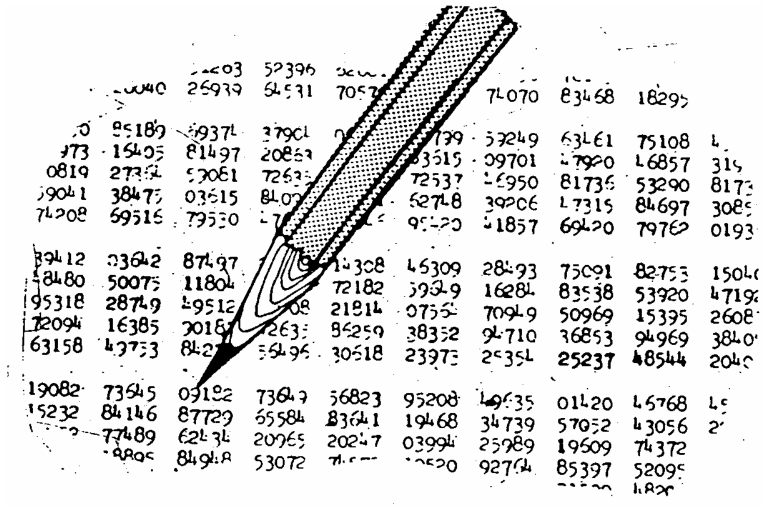
2.3. <u>ការរៀបប្លុកដោយចាប់ឆ្នោត</u>

ការចាប់ឆ្នោត គឺជាគោលការណ៏គ្រឹះមួយនៃប្លង់ពិសោធន៏ ។ វាធ្វើឱ្យការប៉ាន់ស្មានបំរែបំរួលយកជា ការបាន (ដែលចាំបាច់សំរាប់ការប្រៀបធៀបបច្ច័យ) ។ គឺជារបៀបរៀបបញ្ចូលបច្ច័យ ដែលកូនស្រែ ពិសោធន៏និមួយៗ អាចទទួលបានបច្ច័យណាមួយដូចៗគ្នា ។

- របៀបចាប់ឆ្នោត

របៀបចាប់ឆ្នោត អាចធ្វើទៅបានដោយតារាងលេខចាប់ឆ្នោត ឬដោយចាប់ក្រដាសឆ្នោត ។ ការប្រើប្រាស់វិធីទាំងពីរសំរាប់ការចាប់ឆ្នោត និងធ្វើគំរោងកូនស្រែក្នុងប្លុកចាប់ឆ្នោតពេញលេញ ដោយមាន បច្ច័យ 6 និង សា 4 ត្រូវបានបង្ហាញខាងក្រោមនេះ :

ការចុចយកចំណុចដើមមួយ
ក្នុងតារាងលេខចាប់ឆ្នោត
(សូមមើលតារាងទី ៦ ភ្ជាប់ខាងក្រោយ)



① តារាងលេខចាប់ឆ្នោត

ដំបូងកំណត់ចំណុចចាប់ផ្តើមមួយក្នុងតារាងលេខចាប់ឆ្នោត (ប្រើតារាងភ្ជាប់ខាងក្រោយ) ។ ធ្វើ យ៉ាងនេះ ដោយចុចយកលេខណាមួយក្នុងតារាងដោយបិទភ្នែក ។ យកចំណុចនេះជាចំណុចផ្តើម ។ សរសេរ តួលេខ 3 ខ្ទង់ចំនួន 6 លេខបន្តបន្ទាប់គ្នានៅលើក្រដាសមួយសន្លឹក ដោយចាប់ផ្តើមពីចំណុចដើម ហើយអាន ទៅស្តាំ ឬចុះក្រោមក៏បាន ។ ឧទាហរណ៍ : ចាប់ផ្តើមពីចំណុចប្រសព្វនៃជួរទី 16 និងខ្ទង់ទី 12 ហើយអានចុះក្រោមយកលេខ 3 តួកណ្តាល ចំនួន 6 លេខបន្តបន្ទាប ។

	លំដាប់
918	1
772	2
243	3
494	4
704	5
549	6

ទី 2 : តំរៀបលេខពីតូចទៅធំ

	លំដាប់	ចំណាត់ថ្នាក់
918	1	6
772	2	5
243	3	1
494	4	2
704	5	4
549	6	3

ទី 3 : ប្រើលេខចំណាត់ថ្នាក់ជាលេខបច្ច័យ ហើយលេខលំដាប់ជាលេខកូនស្រែ រួចរៀបចំបច្ច័យដែលមានលេខត្រូវគ្នានឹងលេខកូនស្រែនៅក្នុងប្លុក ។ ដូចនេះ ក្នុងឧទាហរណ៍នេះយើងចាត់ :

បច្ច័យលេខ 6 ទៅក្នុងកូនស្រែទី 1

បច្ច័យលេខ 5 ទៅក្នុងកូនស្រែទី 2

បច្ច័យលេខ 1 ទៅក្នុងកូនស្រែទី 3

បច្ច័យលេខ 2 ទៅក្នុងកូនស្រែទី 4

បច្ច័យលេខ 4 ទៅក្នុងកូនស្រែទី 5

បច្ច័យលេខ 3 ទៅក្នុងកូនស្រែទី 6

គំនូសព្រាងនៃប្លុកទី I (B1 ឬ a)

លេខកូនស្រែ	ប្លុកទី I (B1 ឬ a)
1	បច្ច័យលេខ 6
2	បច្ច័យលេខ 5
3	បច្ច័យលេខ 1
4	បច្ច័យលេខ 2
5	បច្ច័យលេខ 4
6	បច្ច័យលេខ 3

ទី 4 : អនុវត្តជំហានទាំង 3 លើកសាឡើងវិញសំរាប់ប្លុកទី II រួចសំរាប់ប្លុកទី III ហើយទីបញ្ចប់សំរាប់ ប្លុកទី IV ។

② <u>វិធីចាប់ក្រដាសឆ្នោត</u>

ទី 1 : សរសេរលេខពី 1 ដល់ 6 (មានបច្ច័យ 6) លើក្រដាស 6 សន្លឹកតូចៗប៉ុនៗគ្នា ។ មូរក្រដាសនោះហើយដាក់ទៅក្នុងប្រអប់មួយ ។

ទី 2 : ក្រឡុកប្រអប់ដើម្បីឱ្យក្រដាសឡូកឡំគ្នា រួចចាប់ក្រដាសឆ្នោត 1 សន្លឹកចេញ ។ ចុះលេខហើយកុំដាក់ក្រដាស់ឆ្នោតនោះចូលវិញ ចាប់ក្រដាសឆ្នោតទី 2 ។ ធ្វើដដែលដូចពេលដំបូង រហូតដល់អស់ក្រដាសឆ្នោត ។

ឧទាហរណ៍ :

លេខលំដាប់	លេខលើក្រដាសឆ្នោត
1	4
2	2
3	1
4	5
5	6
6	3

ទី 3 : រៀបចំបច្ច័យទាំង 6 ទៅក្នុងកូនស្រែទាំង 6 នៃប្លុកទី I ដោយប្រើលេខលើក្រដាសជាលេខបច្ច័យ លេខលំដាប់ជាលេខកូនស្រែនៅក្នុងប្លុក ។ ដូចនេះគំនូសព្រាងនៃប្លុកទី I គឺ :

លេខកូនស្រែ	ប្លុកទី I (B1 ឬ a)
1	បច្ច័យលេខ 4
2	បច្ច័យលេខ 2
3	បច្ច័យលេខ 1
4	បច្ច័យលេខ 5
5	បច្ច័យលេខ 6
6	បច្ច័យលេខ 3

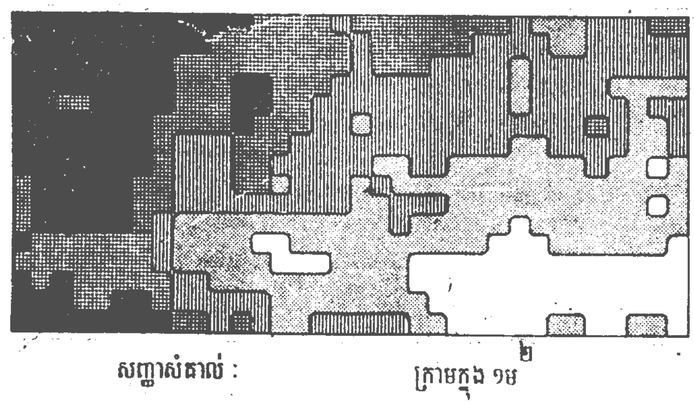
ទី 4 : អនុវត្តជំហានទាំង 3 លើកសាឡើងវិញសំរាប់ប្លុកទី II រួចសំរាប់ប្លុកទី III ហើយទីបញ្ចប់សំរាប់ ប្លុកទី IV ។

2.4. វិសមានភាពដី

វិសមានភាពដី សំដៅទៅលើដីដែលគ្មានឯកសណ្ឋានភាពពីផ្នែកមួយនៃស្រែ ទៅផ្នែកមួយទៀត។ ទោះជាក្នុងផ្ទៃដីដ៏តូចមួយ ដីអាចប្រែប្រួលយ៉ាងខ្លាំងលើសណ្ឋានសាច់ដី ភាពជ្រោះទឹកនៃដី និងធាតុអាហារចិញ្ចឹម។ ការប្រែប្រួលនេះ ជាទូទៅតែងកើតមានទោះជានៅក្នុងស្រែមួយដែលហាក់ដូចជាមានឯកសណ្ឋាន ភាពក៏ដោយ ។

ការពិសោធន៍មួយដ៏មានឯកសណ្ឋានភាព នៅកសិដ្ឋានពិសោធន៍អ៊ីរី បានបង្ហាញឱ្យឃើញនូវការប្រែប្រួលគួរឱ្យកត់ក្សេត្រវិទ្យាលើទិន្នផលស្រូវពីផ្នែកមួយទៅផ្នែកមួយទៀតនៃស្រែ ។

ផែនទីវណ្ឌវង្គជីជាតិដី បង្ហាញពីទិន្នផលស្រូវនៃពិសោធន៍ ដែលមានភាពឯកសណ្ឋានក្នុងស្រែពីរនៅកសិដ្ឋានពិសោធន៍អ៊ីរី ២ ទិន្នផលក្នុងស្រែនិមួយៗ ស្ថិតនៅចន្លោះរវាង ៥,៨ ទៅ ៩,៣ តោន/ហិកតា



- ឥទ្ធិពលនៃវិសមានភាពដី

វិសមានភាពដី គឺជាប្រភពដ៏ធំនៃបំរែបំរួលក្នុងស្រែពិសោធន៍ ។ វាបញ្ចូលនូវកំរិតមិនច្បាស់លាស់ មួយទៅក្នុងសេចក្តីសន្និដ្ឋានដែលចេញពីទិន្ន័យ ។ បើគ្មានវិធានការត្រឹមត្រូវទេ វាបង្កើនបំរែបំរួលពិសោធន៍ ដូចនេះ វាបន្ថយភាពជាក់លាក់នៃលទ្ធផលពិសោធន៍ ។

- ការបន្ថយវិសមានភាពដី :

មធ្យោបាយខ្លះសំរាប់បន្ថយវិសមានភាពដីគឺ :

① ចៀសវាងទីកន្លែងដែលពីមុនមកត្រូវគេប្រើសំរាប់ពិសោធន៍ ដែលជាប់ទាក់ទងនឹងបច្ច័យដែលមានឥទ្ធិពលធ្វើឱ្យមានលក្ខណៈដីខុសៗគ្នា ។ បច្ច័យដែលជាប់ទាក់ទងនឹងជីគីមី ពូជដែលមានអាយុកាលខុសគ្នា ឬចន្លោះគុម្ពខុសគ្នា អាចទទួលឥទ្ធិពលនេះ (ឥទ្ធិពលនៃវិសមានភាពដី) ។ លើដីរបៀបនេះ ត្រូវដាំដំណាំឯកភាព គ្នាម្តង ឬច្រើនដង

មុននឹងដាំពិសោធន៍ ។ បើសិនជាអ្នកត្រូវការប្រើកន្លែងនោះភ្លាមៗ ត្រូវជ្រើសរើសរកប្លង់មួយ ដែលអនុគ្រោះដល់ការរៀបប្លុកបន្ថែម ផ្អែកលើបច្ច័យដែលប្រើនៅពិសោធន៍មុន ។

② ចៀសវាងផ្ទៃដីណាដែលក្នុងនោះ ផ្លូវរវាងកូនស្រែត្រូវទុកតតដាំដុះនៅពេលដាំដំណាំលើកមុន ។ នៅ កន្លែងនេះគួរធ្វើការដាំដុះជាឯកសណ្ឋានភាពម្តង ឬច្រើនដងមុនការដាំដុះពិសោធន៍ ។ បើអ្នកត្រូវ ប្រើកន្លែងប្រភេទនេះភ្លាមៗសំរាប់ពិសោធន៍ ត្រូវទុកទំហំស្រែ និងចន្លោះផ្លូវនោះដដែល សំរាប់ ពិសោធន៍បន្តបន្ទាប់

③ រើសកន្លែងដែលមានប្រវត្តិដើមនៃការប្រើប្រាស់ដីរួចហើយ ។ ពតិមាននេះ អាចជួយឱ្យអ្នករក ឃើញមូលហេតុនៃវិសមានភាពបន្ថែមដែលបណ្តាលឡើងដោយការដាំដុះលើកមុន ។ ដូច្នេះ អ្នកអាចរកឃើញវិធានការសមស្របសំរាប់ដោះស្រាយបាន

④ បើអាចធ្វើបាន គប្បីដំណើរការពិសោធន៍ឯកសណ្ឋានភាពនៅលើកន្លែងដែលយើងចង់ធ្វើពិសោធន៍ គឺដាំនៅលើផ្ទៃដីទាំងមូលដោយប្រើពូជតែមួយ និងប្រើរបៀបដាំដុះ ហើយថែទាំឱ្យមានលក្ខណៈឯកសណ្ឋាន ។ ការដាំដុះឯកសណ្ឋានអាចជួយបន្ថយវិសមានភាពដីខ្លះ ហើយភាពឯកសណ្ឋាន នៃទិន្នន័យរបស់ទិន្នផល អាចប្រើបានសំរាប់ពណ៌នាពីគំរូនៃវិសមានភាពដីកន្លែងនោះ ដើម្បីធ្វើការកំណត់ទិសកូនស្រែ និងប្លុកឱ្យត្រឹមត្រូវ ។

- **<u>ការបន្ថយឥទ្ធិពលនៃវិសមានភាពដី</u>**

ទោះជាអាចបំបាត់ ឬបន្ថយវិសមានភាពដីដោយឯងៗតែបន្តិចបន្តួចក៏ដោយ បច្ចេកទេសពិសោធន៍សមស្របអាចបន្ថយយ៉ាងច្រើននូវឥទ្ធិពលនៃវិសមានភាពដីទៅលើលទ្ធផលនៃពិសោធន៍ ។

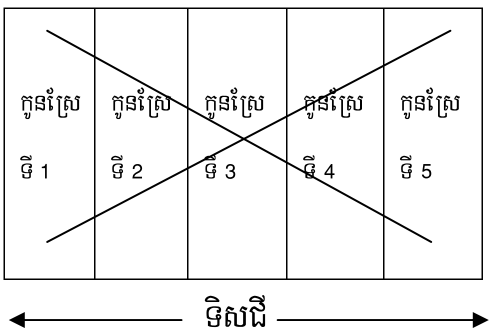
- **<u>ជ្រើសរើសប្លង់ពិសោធន៍សមស្រប</u>**

ជ្រើសរើសប្លង់ពិសោធន៍មួយដោយមានការរៀបប្លុកត្រឹមត្រូវ ដើម្បីឱ្យសមទៅនឹងវិសមានភាពដី ។ ឧទាហរណ៍ : ជាមួយនឹងចំនួនបច្ច័យតូចល្មម ប្លង់ប្លុកចាប់ឆ្នោតពេញលេញអាចប្រើបានសំរាប់ការពារទិសដី តែមួយនៅកន្លែងនោះ ប្លង់ការ៉េឡាតាំងអាចប្រើសំរាប់ទិសដីពីរ (សូមមើលលំអិតពីប្លង់ស្រែពិសោធន៍) ។

- **<u>ជ្រើសរើសទំហំ និងទ្រង់ទ្រាយសមស្រប</u>**

ត្រូវជ្រើសរើសទំហំ និងទ្រង់ទ្រាយនៃកូនស្រែពិសោធន៍ដែលមានឥទ្ធិពលនៃវិសមានភាពដីជាអប្បបរមា ។ ឧបមាដូចជាការប្រើកូនស្រែធំបន្តិចសំរាប់វិសមានភាពដីដោយផ្នែកៗ (គឺថាកាលណាទំនាក់ទំនងរវាងផលិតភាពនៃផ្ទៃដីជាប់គ្នាមានក៏រិតទាប) ។ ជ្រើសរើសយកកូនស្រែរាងការ៉េ ប្រសិនបើមិនស្គាល់គំរូជីនៅកន្លែងនោះ ។

ខុស



ការកំណត់កូនស្រែនៅក្នុងប្លុក ដើម្បីបន្ថយឥទ្ធិពលនៃទិសជីមួយ

៣. ការប្រមូលទិន្នន័យ (Data Collection)

ការប្រមូលទិន្នន័យ គឺជាការកត់ត្រាទុកក្នុងបញ្ជីនូវវ៉ារីយ៉ាប្លូ ឬ តម្លៃរបស់លក្ខណៈក្សេត្រវិទ្យា X ដែលបានជ្រើសរើសស្របទៅនឹងគោលបំណងនៃការពិសោធន៍ (ឧទា.កំពស់ដើមពោត ឬចំនួនគុម្ពបែកនៃដំណាំស្រូវដែលតាងដោយ X)។ ជំហ៊ានដែលត្រូវអនុវត្តន៏តាមក្នុងការកត់ត្រាទិន្នន័យអាចប្រែប្រួល ច្បាស់លាស់ទៅតាមប្រភេទការងារ ទំហំការងារ និងប្រសិទ្ធភាពរបស់អ្នកតាមដាន ។ ជាទូទៅការប្រមូលទិន្នន័យប្រព្រឹត្តទៅតាមជំហ៊ានផ្សេងៗ។

៣.១. ជំហ៊ានក្នុងការកត់ត្រាទិន្នន័យ

ការប្រមូលទិន្នន័យ ប្រព្រឹត្តទៅតាម ៧ ជំហ៊ានដូចតទៅ:

ជំហ៊ានទី ១: ពិនិត្យមើលឡើងវិញនូវប្លង់ពិសោធន៍ និងគោលបំណងពិសោធន៍ដោយប្រុងប្រយ័ត្ន

ជំហ៊ានទី ២: ចុះបញ្ជីនូវលក្ខណៈក្សេត្រវិទ្យាដែលត្រូវកត់ត្រា។ ប្រសិនបើលក្ខណៈក្សេត្រវិទ្យាទាំងនេះបានកំណត់នៅក្នុងពិធីស្រាស្តពិសោធន៍រួចហើយ ត្រូវមើលឡើងវិញដោយប្រុងប្រយ័ត្ន

ជំហ៊ានទី ៣: ត្រូវយល់ដឹងនូវវគ្គលូតលាស់របស់ដំណាំឱ្យបានច្បាស់លាស់

ជំហ៊ានទី ៤: សំរេចលើការយកសំណាក (ចំនួនសំណាកដែលត្រូវវាស់វែង) និងទំរង់សំណាក (របៀបជ្រើស រើស យកសំណាកនិមួយៗ)

ជំហ៊ានទី ៥: ធ្វើកម្មវិធី (ពេលវេលាដែលទាក់ទងននឹងវគ្គលូតលាស់របស់ដំណាំ)។ ពេលណាដែលត្រូវធ្វើការវាស់វែងប្រការនេះជួយឱ្យយើងប្រើពេលបានសមស្រប និងជ្រើសរើសបុគ្គលិកបានល្អ ហើយការអនុវត្តន៏របស់បុគ្គលិកក៏បានប្រសើរដែរ

ជំហ៊ានទី ៦: ធ្វើការវាស់វែងដែលចាំបាច់ និងកត់ត្រាទិន្នន័យដោយប្រុងប្រយ័ត្ននៅលើក្រដាស់ស្រង់ទិន្នន័យ ដើម្បីជៀសវាងការខុស

ជំហ៊ានទី ៧: កត់ត្រាថ្ងៃ ខែ ឆ្នាំ ក្រោយពេលដាំ និងវគ្គលូតលាស់របស់ដំណាំក្នុងពេលដែលយើងធ្វើការវាស់វែង។

៣.២. ការប្រុងប្រយ័ត្នក្នុងការប្រមូលទិន្នន័យ

ការប្រុងប្រយ័ត្នដែលត្រូវយកចិត្តទុកដាក់ នៅពេលកត់ត្រាមានដូចតទៅ:

១. ត្រូវប្រាកដថា ផ្លាករបស់កូនចំការនីមួយៗ ឬរបស់សំណាកនិមួយៗគឺគិតថាត្រឹមត្រូវ

២. ពេលដែលទំហំការងារធំ ឬ ការវាស់វែងមិនអាចធ្វើហើយក្នុងរយៈពេល ១ថ្ងៃ ត្រូវតែធ្វើ ១សាម្តង ១ សាម្តង

៣. ភាពខុសគ្នាក្នុងការវាស់វែង អាចកើតក្នុងចំណោមអ្នកសង្កេតច្រើនគ្នា នៅក្នុងករណីខ្លះដូចជាការវាស់វែង កំពស់ដើម ថ្ងៃចេញផ្កា ឬ ថ្ងៃទុំ។ល។ ដើម្បីជៀសវាងការលំអៀងនេះ អ្នកសង្កេតត្រូវមានចំនួនយ៉ាងតិច បំផុត ជាការប្រសើរគឺគួរមានអ្នកសង្កេតតែម្នាក់ប៉ុណ្ណោះ ដើម្បីធ្វើការវាស់វែងក្នុងមួយពិសោធន៍។

៤. មើលសារឡើងវិញនូវទិន្នន័យដែលប្រមូលបានភ្លាមៗនៅក្នុងថ្ងៃតែមួយ ឬថ្ងៃបន្ទាប់ ឬនៅពេលមានការ សង្ស័យ ត្រូវត្រួតពិនិត្យភ្លាមបើសិនជាអាចធ្វើទៅបាន

៥. ពេលវាស់វែង ចៀសវាងធ្វើការគិតគូរបូកលេខ។ ប៉ុន្តែ ផ្ទុយទៅវិញ ត្រូវធ្វើការវាស់វែងផ្ទាល់ នូវទិន្នន័យ ដើម រួចសិមធ្វើការគិតលេខជាក្រោយ នៅក្នុងថ្ងៃជាមួយគ្នា ឬថ្ងៃបន្ទាប់។

3.3. ការប្រមូលទិន្នន័យដំណាំស្រូវ (data collection for rice crop)

ឥទ្ធិពលនៃជាយក្រែងឥតដាំដុះ

កាលណាកូនស្រែ នៅជិតជាយក្រែងឥតដាំដុះ ដើមស្រូវដែលនៅជួរក្រៅគេបង្អស់ (គឺជួរទី ១ ជិតចន្លោះឥតដាំដុះ) ផ្តល់ទិន្នផលខ្ពស់ជាងដើមនៅជួរកណ្តាល។ មានពេលខ្លះទិន្នផលអាចកើនឡើងលើសពី ១០០% (IRRI, 1972)។

ឥទ្ធិពលនៃការប្រជែងរវាងពូជ

កាលណាកូនស្រែជិតខាងគ្នា ត្រូវដាំដុះដោយពូជខុសគ្នា លើកំពស់ដើម លទ្ធភាពបែកគុម្ព ឬអាយុកាល ជាទូទៅ ជួរជាយក្រែង ១ជួរ ឬ២ជួរ តែងមានការប៉ះពាល់យោលទៅតាមលក្ខណៈក្សេត្រវិទ្យា ដែលខុសគ្នា និងទំហំនៃភាព ខុសគ្នានោះ។ ពូជដែលបែកគុម្ពច្រើនជាង ឬពូជដែលមានដើមខ្ពស់ជាង តែងធ្វើ ឱ្យថយទិន្នផលនៃជួរជាយក្រែង របស់ កូនស្រែជិតខាង។ កាលណាពូជដែលមានអាយុកាលខុសគ្នាត្រូវបានដាំជិតគ្នា ជួរជាយក្រែងនៃពូជដែមានអាយុខ្លីផ្តល់ ទិន្នផលខ្ពស់ជាងជួរកណ្តាលកូនស្រែ។

ឥទ្ធិពលនៃការ ដណ្តើមជី

កាលណាកូនស្រែជិតខាងគ្នា ទទួលបច្ច័យជីខុសគ្នានោះ ឥទ្ធិពលជាយក្រែងនឹងអាចកើតមាន ប្រសិន បើកូនស្រែមិនបានខ័ណ្ឌគ្នាដោយភ្លឺស្រែទេ។

ការការពារ ឬ បន្ថយឥទ្ធិពលជាយក្រែង

យើងអាចបន្ថយឥទ្ធិពលជាយក្រែង ដោយមធ្យោបាយមួយចំនួន:

- ជៀសវាងទុកចន្លោះឥតដាំដុះ ដើម្បីខ័ណ្ឌកូនស្រែពិសោធន៍។ បើសិនជាត្រូវការចន្លោះ មិនត្រូវឱ្យធំជាង ៤០ ស.ម ឡើយ។
- ដោយជាយក្រែងឥតដាំដុះ ជុំវិញពិសោធន៍ទាំងមូលជាទូទៅធំជាងចន្លោះរវាងកូនស្រែ ចូរដាំពូជស្រូវ ការពារជាយក្រែងដូចៗគ្នា ២-៣ ជួរ តាមបរិមាត្រជុំវិញស្រែពិសោធន៍បើម្បីបន្ថយឥទ្ធិពលនៃជាយក្រែងលើកូនស្រែដែលស្ថិតនៅតាមជាយខាងនៃស្រែពិសោធន៍ទាំងមូល។
- លើកភ្លឺខ័ណ្ឌកូនស្រែ ដែលទទួលបច្ច័យខុសៗគ្នា។

ការដោះស្រាយជាមួយនឹងឥទ្ធិពលជាយក្រែង

មិនត្រូវវាស់វែងលក្ខណ:កក្សេត្រវិទ្យាទាំងឡាយ ទិន្នផលគ្រាប់ ឬសមាសភាគទិន្នផលនៅជួរជាយ ក្រែងដែលទទួលឥទ្ធិពលជាយក្រែងឡើយ។ ជួរចំនួនប៉ុន្មានដែលត្រូវលើកលែងពីការវាស់វែង អាស្រ័យទៅ តាមប្រភេទនៃឥទ្ធិពលជាយក្រែង។ កាលណាមិនច្បាស់ ឬទំហំកូនស្រែ/ចំការធំ ត្រូវចោលជួរជាយក្រែង យ៉ាងហោចណាស់ ២ ជួរ(ឬ ២គុម្ពខាងគេ) ឬចោលចន្លោះប្រវែង ៤០ ស.មពីជាយម្ខាងៗនៃកូនស្រែ។

ឥទ្ធិពលនៃគុម្ពបាត់

នៅក្នុងស្រែសន្ទូង គុម្ពបាត់សំដៅលើគុម្ពមួយ ដែលសន្ទូងមួយគុម្ពងាប់មុនពេលទុំ។ វត្តមាននៃគុម្ពបាត់មានន័យថា គុម្ពទាំងអស់ដែលនៅសល់ក្នុងកូនស្រែមិនមានចន្លោះគុម្ពស្មើគ្នាទេ ហើយក៏ពុំរងការប្រជែងរវាងដើមដូចគ្នាឡើយ។ ក្នុងកូនស្រែពិសោធន៍ ដើមស្រូវដែលនៅជាប់នឹងគុម្ពបាត់លូតលាស់ប្លែកពីគុម្ពធម្មតា (គុម្ពដែលព័ទ្ធជុំវិញដោយគុម្ពរស់)។ គុម្ពទាំងនេះ ជាទូទៅលូតលាស់ល្អជាងគេ ហើយផ្តល់ទិន្នផលខ្ពស់ជាង គុម្ពធម្មតា។ ទំហំនៃកំណើនទិន្នផល ជាទូទៅខុសគ្នាទៅតាម: ពូជ ចន្លោះគុម្ព ក៏រិតជី និងរដូវដាំដុះ។ អាស្រ័យហេតុនេះ ការកើតឡើងនៃគុម្ពបាត់ចោទជាបញ្ហា

ពីរសំខាន់គឺៈ (១) តើត្រូវកំណត់ទិន្នផលនៃកូនស្រែដែលបាត់គុម្ព ១ ឬ ច្រើនយ៉ាងណា? (២) តើត្រូវចាត់ទុកគុម្ព ដែលស្ថិតនៅជិតគុម្ពដែលបាត់ជាគុម្ពធម្មតាបានឬទេ ? ក្នុងការធ្វើជាសំណាកសំរាប់វាស់វែងលក្ខណៈក្សេត្រវិទ្យា? ។

ការដោះស្រាយជាមួយនឹងគុម្ពបាត់

បើមានគុម្ពបាត់ មិនត្រូវវាស់វែងទិន្នផលគ្រាប់ សមាសភាគទិន្នផល ឬ លក្ខណៈក្សេត្រវិទ្យាណាមួយ ពីគុម្ពទាំង ៤ ដែលស្ថិតនៅជាប់នឹងគុម្ពបាត់ឡើយ។ គឺត្រូវច្រូតកាត់គុម្ពណា ដែលព័ទ្ធជុំវិញដោយគុម្ពរស់ដូចគ្នា ហើយសំរួលទំងន់គ្រាប់ឱ្យត្រូវទៅតាមចំនួនគុម្ព ដែលត្រូវច្រូតកាត់។ ឧទាហរណ៍ បើក្នុង ១00 គុម្ពស្រូវ យើងច្រូតបានតែ ៩៥ គុម្ព ដើម្បីរកទិន្នផលនៃកូនស្រែ ត្រូវគុណទំងន់គ្រាប់នៃស្រូវ ៩៥ គុម្ព នឹង ១00/៩៥ (ឬ ១.0៥២៦)។ បើការចុះថយចំនួនគុម្ពបណ្តាលមកពីមានគុម្ពបាត់នៅក្នុងកូនស្រែណា មួយលើសពី ២0% នៃចំនួនគុម្ពសរុបដែលត្រូវច្រូតក្នុងស្រែធម្មតាមិនត្រូវកំណត់ ទិន្នផលកូនស្រែនេះទេ ត្រូវចាត់ទុកដូច ជា " ការបាត់ទិន្នន័យ " ក្នុងការវិភាគស្ថិតិ។

3.4.ការប្រមូលទិន្នន័យដំណាំចំការ (Data collection for non rice crops)

ពោត (Corn -zea mais)

ការប្រមូលទិន្នន័យបានល្អទាមទារឱ្យមានការយល់ដឹងនូវវគ្គលូតលាស់របស់ដំណាំឱ្យបានច្បាស់លាស់ ។ ឧទាហរណ៍ សំរាប់ដំណាំពោត វគ្គលូតលាស់មានដូចខាងក្រោមៈ

វគ្គ 0 : មុនដុះស្លឹក

វគ្គ ១ : ការដុះពន្លកចេញឡើងនៅលើដី

វគ្គ ២ : ស្លឹកទី១លាស់ចេញពេញលេញ

វគ្គ ៣ : ស្លឹកទី២លាស់ចេញពេញលេញ

វគ្គ ៤ : កស្លឹករបស់ស្លឹកទី ៤ បានលេចចេញ អាចមើលឃើញ។ ឬសតាមថ្នាំងបានដុះចេញ

វគ្គ ៥ : កស្លឹករបស់ស្លឹកទី ៨ បានលេចចេញ អាចមើលឃើញ។ ស្លឹកទី ១ និង ស្លឹកទី ២ អាចងាប់វិញ

វគ្គ ៦ : កស្លឹករបស់ស្លឹកទី ១២ បានលេចចេញ អាចមើលឃើញ។ ស្លឹកទី ៣ និង ស្លឹកទី ៤ អាចងាប់វិញ

វគ្គ ៧ : កំពូលផ្កាលេចចេញ អាចមើលឃើញ

វគ្គ ៨ : សក់ពោត អាចមើលឃើញ

វគ្គ ៩ៈ ទុំ។ ចាប់ពីផ្លែពោតពេញរូបរាង គ្រាប់ដាក់ទឹកដោះ រហូតដល់គ្រាប់ចាប់ផ្តើមទុំ និងរឹងស្ងួត។

ជាទូទៅ ពោតត្រូវបានដាំជាជួរ។ ការស្រង់ទិន្នន័យអាចត្រូវអនុវត្តន៍បានស្ទើរតែគ្រប់ដើមទាំងអស់ លើកលែងតែជួរណាដែលដាំធ្វើជារបងការពារ និងដើមណាដែលស្ថិតនៅក្បាលជួរ និងចុងជួរចេញ។

ការវាស់វែងទិន្នន័យ ជាលក្ខណៈក្សេត្រវិទ្យាសំរាប់ដំណាំពោតមាន៖

- **កំពស់ដើម (Plant Height) :** កំពស់ដើម គឺគិតពីផ្ទៃដីឡើង រហូតដល់កំពូលមែកផ្កាទី ១ ។ តាមធម្មតា យើងវាស់ដោយគិតជា ស.ម.។ ការវាស់វែងគប្បីធ្វើយ៉ាងតិចបំផុតចំនួន : ១០ ដើមដែលជ្រើសរើសដោយចៃដន្យនៅក្នុងកូនចំការនីមួយៗ។
- **ថ្ងៃចេញផ្កា ៥០ % (Days of Flowering 50%) :** ថ្ងៃចេញផ្កា គឺជាចំនួនថ្ងៃដែលរាប់ចាប់តាំងពី ថ្ងៃដាំ រហូតដល់ថ្ងៃចេញផ្កាបាន ៥០ ភាគរយ នៃចំនួនដើមទាំងអស់ក្នុងកូនចំការពិសោធន៍។ គេអាច ធ្វើដោយការសង្កេត លើកូនចំការទាំងអស់ ឬ ដោយរាប់ជាក់ស្តែងចំនួន ២៥ ដើម ដែលជ្រើសរើសដោយ ចៃដន្យ។
- **កំពស់ផ្លែ (Ear Height) :** កំពស់ផ្លែ គឺគិតពីផ្ទៃដីឡើង រហូតដល់ថ្នាំងខាងលើបំផុតដែលចេញផ្លែ។ ទិន្នន័យនេះគប្បីយកចំនួន ១០ដើម ដែលយើងបានធ្វើការវាស់វែងកំពស់ដើមរួចពីមុនមក។ ជាធម្មតា យើងគិតខ្នាត ជា ស.ម.។
- **ការដួលរលំ (Lodging) :** ការដួលរលំមាន ២ប្រភេទ។ ក្នុងការពិសោធន៍ពោត ការដួលរលំដែលត្រូវកត់ត្រាមាន៖ ការដួលរលំឫស និង ការដួលរលំដើម។ ទិន្នន័យនេះត្រូវធ្វើមុនពេលប្រមូលផលប្រមាណជា ២០ ថ្ងៃ។ ការដួលរលំ គឺជាចំនួនដើមទាំងអស់ ដែលមានទំរេតចាប់ពី ៣០ អង្សាឡើងទៅ។ ការដួលរលំដើម គឺជាចំនួនដើមដែលបានបាក់រលំផ្លែ។ ការរាប់ចំនួនដើមដួល និងបាក់ក្រោមផ្លែ គប្បីធ្វើដោយផ្អែកលើការរាប់ជាក់ស្តែងចំនួនដើមទាំអស់នៅក្នុងកូនចំការ។ ទិន្នន័យត្រូវបញ្ជាក់ជាភាគរយ (%)។

$$\text{ភាគរយនៃដើមដួលរលំ} = \frac{\text{ចំនួនដើមរលំ} \times ១០០}{\text{ចំនួនដើមទាំងអស់}}$$

- **ថ្ងៃទុំ (Days of Maturity) :** គឺជាចំនួនថ្ងៃ ចាប់តាំងពីថ្ងៃដាំរហូតដល់ថ្ងៃដែលមានផ្លែចំនួន ៨០ ភាគរយ ទុំអាចប្រមូលបាន។
- **ទម្ងន់ស្រស់ (Field Weight) :** គឺជាទម្ងន់សរុបនៃផ្លែទាំងអស់ក្នុងចំការនិមួយៗ។ យើងគិតទម្ងន់ជា គីឡូក្រាម (គ.ក្រ)។ យើងត្រូវថ្លឹងផ្លែពោតនោះភ្លាមពេលដែលកាច់ពីចំការ។
- **ទម្ងន់ ១០០០ គ្រាប់ (1,000 Grain Weight) :** គឺជាទម្ងន់ដែលបានហាលឱ្យស្ងួតក្នុងឡកំដៅចំនួន ៧៥ អង្សារយៈពេល ៧២ ម៉ោង (ឬ ៣ថ្ងៃ) ពេលដែលមានសំណើមក្នុងគ្រាប់ចំនួន ១៥ ភាគរយ។ ការរាប់ ឬ ថ្លឹងអាចជាទម្ងន់សរុបនៃផ្លែ ដែលធ្វើទៅបានដោយយក ៣ សំណាកនៅក្នុងកូនចំការនិមួយៗ ។

- **ភាគរយនៃទម្ងន់គ្រាប់ (Shelling Percent)** : ភាគរយនៃទម្ងន់គ្រាប់អាចកំណត់យកចំនួនមធ្យមពី ៥-៦ផ្លែល្អៗ នៅក្នុងកូនចំការនីមួយៗ។

ទម្ងន់គ្រាប់ x ១០០

ភាគរយនៃទម្ងន់គ្រាប់ = --------------

ទម្ងន់ផ្លែ

ជាទូទៅ ភាគរយនៃទម្ងន់គ្រាប់ ត្រូវបានសន្មត់ ៨0ភាគរយ។

- **ទិន្នផលគ្រាប់ (Grain Yield)** : ទម្ងន់គ្រាប់អាចកំណត់យកចំនួនមធ្យមពី ៥-៦ផ្លែល្អៗនៅក្នុងកូនចំការនីមួយៗ។ យើងកំណត់ដោយប្រើរូបមន្តដូចតទៅ:

$$\text{ទិន្នផលគ្រាប់} = FW \times S \times \frac{100-MC}{85}$$

FW = ទម្ងន់ស្រស់នៅក្នុងចំការគិតជា គ.ក្រ

S = ភាគរយនៃទម្ងន់គ្រាប់

MC = សំណើមក្នុងគ្រាប់ពេលប្រមូលផលភ្លាម។

ទិន្នផលគ្រាប់ គួរគិតជាគីឡូក្រាម (គ.ក្រ) ឬ តោនក្នុង ១ ហិកតា (ហ.ត)។

- **ជម្ងឺ និង សត្វល្អិតបំផ្លាញ (Diseases and Insect Damage)** : ការរីកសាយនៃជម្ងឺ និងសត្វល្អិត គប្បីសំគាល់ និងបញ្ជាក់ដោយក៏រិតបំផ្លាញតាមរយៈការដាក់ពិន្ទុពីសូន្យ (0)= គ្មានការរាតត្បាត ទៅពិន្ទុ ៥= ជម្ងឺ និងសត្វល្អិតបំផ្លាញយ៉ាងខ្លាំងក្លា។

ចំពោះជម្ងឺបំផ្លាញដើមផង ភាគរយនៃដើមដែលបានកើតជម្ងឺនេះត្រូវធ្វើការកត់ត្រា។ ចំពោះជម្ងឺរលួយផ្លែ ត្រូវរាប់ និងបញ្ជាក់ជាភាគរយ (%)។ ខ្នាតរង្វាស់ ប្រើសំរាប់ជម្ងឺរលាកស្លឹកត្រូវបាន បញ្ជាក់ជាពិន្ទុដូចតទៅ:

0 : គ្មានដំបៅស្លាកស្នាម

១ : ដំបៅស្លាកស្នាមនៅលើស្លឹកមានពី ១-១0

២: ដំបៅស្លាកស្នាមនៅលើស្លឹកមានពី ១១-២៥

៣: ដំបៅស្លាកស្នាមនៅលើស្លឹកមានពី ២៦-៤៥

៤ : ដំបៅស្លាកស្នាមនៅលើស្លឹកមានពី ៤៦-៦៥

៥ : ដំបៅស្លាកស្នាមនៅលើស្លឹកមានលើសពី ៦៥ ភាគរយ។

សណ្តែកបាយ (Mung bean)

ការប្រមូលទិន្នន័យពិសោធន៍សណ្តែកបាយ តាមធម្មតាត្រូវបានគេអនុវត្តន៍តាមរបៀប ៣ យ៉ាងគឺ :

១. ការសង្កេតមើលដើមក្នុងកូនចំការទាំងអស់

២. ជ្រើសរើសចំនួន ១០ ដើមដោយចៃដន្យ

៣. យកទិន្នន័យនៅលើផ្ទៃដីប្រមូលផល ។

ការវាស់វែងទិន្នន័យជាលក្ខណៈកៀ្សត្រវិទ្យាសំរាប់ដំណាំសណ្តែកមាន:

- **ថ្ងៃចេញផ្កា (Days of Flowering) :** គឺគិតតាំងពីថ្ងៃដាំរហូតដល់ថ្ងៃដែលផ្កាទី ១ ចាប់ផ្តើមរីក " បើក" ការកត់ត្រាដោយផ្អែកលើការសង្កេតមើល លើគ្រប់កូនចំការទាំងអស់។
- **កំពស់ដើម (Plant Height) :** គឺគិតជា ស.ម ដោយវាស់ពីផ្ទៃដីរហូតដល់កំពូលដើមមេ" ដើមខ្ពស់ជាងគេ" ។ ការសង្កេតអាចធ្វើដោយយកយ៉ាងតិចចំនួន ៥ ដើមដែលជ្រើសរើសដោយចៃដន្យ នៅក្នុងកូនចំការនីមួយៗ ។
- **ការដួលរលំ (Lodging) :** ពិន្ទុពី ១ ដល់ ៥ អាចប្រើក្នុងការកំណត់កំរិតដួលរលំ ដែលសង្កេតនៅពេលប្រមូលផល ។

    ១- គ្មានដួលរលំ

    ២- ដួលរលំតិចជាង ២៥ ភាគរយ

    ៣- ដួលរលំពី ២៦-៥០ ភាគរយ

    ៤- ដួលរលំពី ៥១-៧៥ ភាគរយ

    ៥- ដួលរលំច្រើនជាង ៧៥ ភាគរយ

- **ថ្ងៃទុំ (Days of Maturity) :** គឺជាចំនួនថ្ងៃ ចាប់តាំងពីថ្ងៃដាំរហូតដល់ថ្ងៃដែលមានផ្លែចំនួន ៩០ ភាគរយ ត្រៀមប្រមូលផលបាន ។ ជាទូទៅ គេសន្និដ្ឋានដោយការមើលនឹងភ្នែកធម្មតា ។
- **ចំនួនដើម (Plant Population) :** ការកត់ត្រាចំនួនដើម អាចអនុវត្តន៍ដោយរាប់ចំនួនដើម ដែលបានប្រមូលផលក្នុងម៉ែត្រការ៉េ (1 m²) ។ ការប៉ាន់ស្មានដង់ស៊ីតេនៃដើម អាចជួយពន្យល់បកស្រាយនូវទិន្នផលទាបក្នុងកូនចំការនិមួយៗ ដែលមានដើមតិច ។ គេកត់ត្រាជាចំនួនដើមក្នុង ១ ម៉ែត្រការ៉េ ។
- **ចំនួនផ្លែ " ក្ទរ " (Number of Pods) :** គឺជាចំនួនផ្លែមធ្យមដែលរាប់ជាក់ស្តែង នូវចំនួន ៥ ដើមយ៉ាងតិចដែលគេជ្រើសរើសដោយចៃដន្យនៅក្នុងចំការនីមួយៗ ។ ជូនកាលការប្រមូលផលត្រូវបានបេះពី ២ ទៅ ៣ ដង ។ ក្នុងករណីនេះត្រូវដាក់ផ្លាក់សំគាល់ដើម ដែលគេបានបេះផ្លែ លើចំនួនដើមដែលត្រូវបានជ្រើសរើសដោយចៃដន្យ ។ ចំនួនផ្លែក្នុង ១ ដើម គឺត្រូវយកចំនួនផ្លែទាំងអស់ ចែកឱ្យចំនួនដើមដែលគេបានបេះ ។

- **ចំនួនគ្រាប់ (Number of Seeds) :** គឺជាចំនួនមធ្យមនៃគ្រាប់ក្នុងចំនួន ១០ ដើមយ៉ាងតិចដែលគេបានជ្រើសរើសដោយចៃដន្យ ហើយគេកត់ត្រាជាចំនួនគ្រាប់ក្នុង ១ ផ្លែ ។
- **ទម្ងន់ ១ 000 គ្រាប់ (1,000 Seed Weight) :** នៅក្នុងកូនចំការនីមួយៗ គេយក ៥ សំណាកដែលក្នុងសំណាកនីមួយៗ គេជ្រើសរើសយកគ្រាប់ដោយចៃដន្យចំនួន ១00 គ្រាប់ ។ បន្ទាប់មក គេថ្លឹងរកទម្ងន់ក្នុងសំណាកនិមួយៗ រួចគេរកទម្ងន់មធ្យម ។ ចុងបញ្ចប់ គេគុណនឹង ១0 ដើម្បីរកទម្ងន់ ១000 គ្រាប់ ។ ទំងន់គ្រាប់ត្រូវគិតជាក្រាម ហើយគ្រាប់គប្បីមានសំណើមចំនួន ១២ ភាគរយ ។
- **ទិន្នផលគ្រាប់ (Yield):**ទិន្នផលដោយគិតសំណើមក្នុងគ្រាប់ចំនួន ១២ ភាគរយត្រូវគណនាតាមរូបមន្តដូចខាងក្រោម :

$$\text{ទិន្នផលគ្រាប់ (គ.ក្រ/កូនចំការ)} = \text{ទំងន់គ្រាប់ក្នុង ១ កូនចំការ (គ.ក្រ)} \times \frac{100 - \text{ភាគរយសំណើមក្នុងគ្រាប់}}{៨៨}$$

សំណើមក្នុងគ្រាប់វាស់ក្រោយពេលប្រមូលផលភ្លាម ។

ទិន្នផលគ្រាប់ត្រូវបានគិតជាគីឡូក្រាម (គ.ក្រ) ឬ តោនក្នុង ១ ហិកតា (ហ.ត) ។

$$\text{ទិន្នផលគ្រាប់ (គ.ក្រ/ហ.ត)} = \frac{\text{ទំងន់គ្រាប់ក្នុង ១ កូនចំការ (គ.ក្រ)} \times 10000\ m^2}{\text{ផ្ទៃដីប្រមូលផលកូនចំការ } (m^2)} \times \frac{100 - \text{ភាគរយសំណើមក្នុងគ្រាប់}}{៨៨}$$

– សត្វល្អិតបំផ្លាញ ឬ ការបំផ្លាញនៃសត្វល្អិត (Insect Infestation) : ប្រភេទសត្វល្អិតត្រូវបានកត់សំគាល់ និងកត់ត្រា ។ ការខូតខាតនៃផ្លែត្រូវបានកត់ត្រាដោយប្រើខ្នាតករិតបំផ្លាញដូចតទៅ :

0 : គ្មានការខូចខាត

១ : ខូចខាតតិចជាង ៥ ភាគរយ

២: ខូចខាតពី ៦-១៥ ភាគរយ

៣: ខូចខាតពី ១៦-២៥ ភាគរយ

៤ : ខូចខាតពី ២៦-៤0 ភាគរយ

៥ : ខូចខាតច្រើនជាង ៤0 ភាគរយ ។

3.5. ឯកតាសំខាន់ៗប្រើនៅពេលពិសោធន៍

① ចំពោះទិន្នផល : $Kg/m^2 \rightarrow \frac{0.01dt * 10000m^2}{m^2 * 10000m^2} = \frac{100.dt}{ha}$

$$............ \rightarrow Kg/m^2 * 100 = \frac{dt}{ha} \rightarrow \boxed{\text{មេគុណ } 100}$$

② ការវិភាគលើដំណាំ/រុក្ខជាតិ គឺគិតជាភាគរយ (%)

ឧទា. - អង្គធាតុស្ងួត គិតជា %

- ជីវជាតិ គិតជា % (ប្រូតេអ៊ីនមាន 2%)

③ ការវិភាគដី :

- mg នៃជីជាតិ ក្នុង 1000 g ដី → mg/1000 g = kg

$$\frac{mg}{1000000.mg} \rightarrow ppm = \frac{1}{1000000} \qquad ppm = part.per.million$$

④ ជីគីមី ឬជីធម្មជាតិ គឺគិតជា kg/ha

បើជំរៅភ្ជួរដីមាន 20 cm ។ ដីមានរូបសាស្រ្តធម្មតា គឺដង់ស៊ីតេ φ = 1,5 មានន័យថា

ដង់ស៊ីតេ $P = 1.5g/cm^3 = \frac{1.5g * 1000000}{cm^3 * 1000000} = \frac{1500000g}{m^3} = \frac{1500kg}{m^3} \rightarrow \boxed{\text{មេគុណ } 1000}$

បើជំរៅភ្ជួរដីមាន 20 cm (0,2 m) ក្នុង 1 ha យើងមាន

$\underbrace{100 \text{ m (បណ្តោយ) x } 100 \text{ m (ទទឹង) x } 0,2 \text{ m (ជំរៅភ្ជួរ)}}_{2000 \text{ m}^3}$ x 1500 kg = 3000 000 kg ដី

បើជីជាតិមាន ឧទា. 1 ppm នោះមានន័យថា ដីមានជីជាតិ $\boxed{3 \text{ kg/ha}}$

II- Biometry

1. ប្រជាពលករ និងសំណាក (Population and sample)

1.1. ប្រជាពលករ (Population)

ប្រជាពលករទាំងអស់គឺជាបរិមាណកម្មវត្ថុ ដែលត្រូវពិនិត្យមើលដោយប្រូបាប៊ីលីតេនៃលក្ខណៈក្សេត្រវិទ្យា (Characteristics) ។ ប្រជាពលករទាំងអស់ជាពាក្យសំរាប់ក្សេត្រវិទ្យាក្នុងស្ថិតិ ។ ន័យរបស់វា ត្រូវជំនួសដោយប្រជាពលករមានកំណត់ ដែលទាក់ទងនឹងការវាយតំលៃផ្ទាល់សំរាប់លក្ខណៈក្សេត្រវិទ្យាមួយ។ ប្រជាពលករមានកំណត់នេះ គឺប្រជាពលករទាក់ទងតំលៃ (Parameter) ។

1.2. សំណាក (sample)

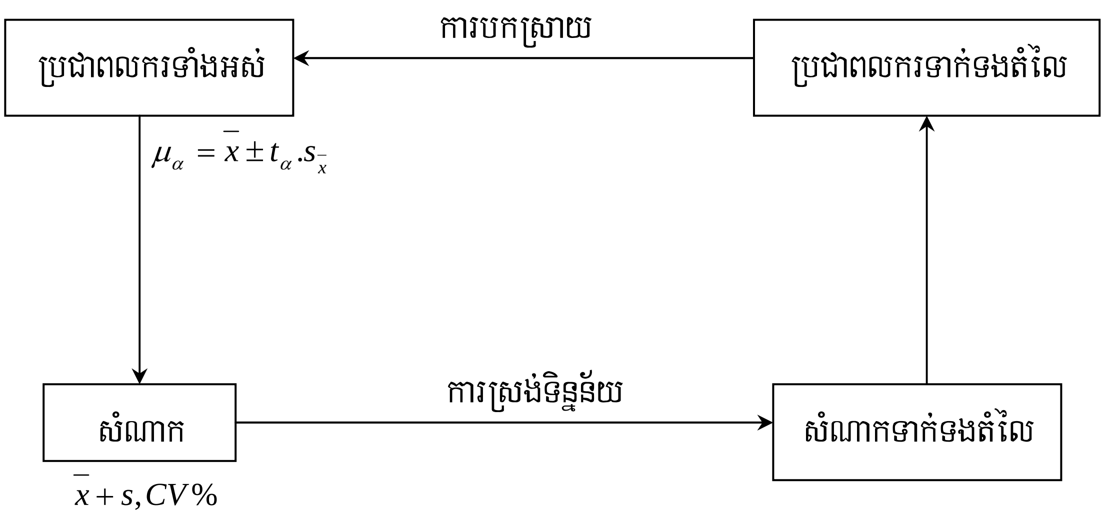
សំណាក គឺជាបរិមាណធាតុ ឬឧបករណ៍ពិសោធន៍របស់ប្រជាពលករទាក់ទងតំលៃ ។ បរិមាណ សំណាក ដែលនៅសល់ពីការបាត់បង់ សំរាប់ធ្វើពិសោធន៍ផ្ទាល់ និងស្រង់ទិន្នន័យ (Data collecton) គឺសំណាកទាក់ទងតំលៃ ។

សំរាប់ធ្វើការវិភាគក្នុង Biostatistic គេហៅយ៉ាងខ្លីចំពោះ :-

- ប្រជាពលករទាំងអស់ និងប្រជាពលករទាក់ទងតំលៃថា " ប្រជាពលករ "
- បរិមាណធាតុ ឬឧបករណ៍ពិសោធន៍ និងសំណាកទាក់ទងការស្រង់ទិន្នន័យថា " សំណាក " ។

ការពណិនាអំពីប្រជាពលករមានភាពពុំសូវច្បាស់លាស់ ពីព្រោះសំណាកគ្រាន់តែជាផ្នែកមួយរបស់ប្រជា ពលករ។ ហេតុដូច្នេះហើយបានជាការពណិនាតាម Biostatisticជាការពណិនាប្រូបាប៊ីលីតេ (Probability) ។

ទំនាក់ទំនងរវាងសំណាក និងប្រជាករ



២. **ការគណនាបំរែបំរួល (Measuring Variability)**

២.១. វ៉ារីយ៉ាប្លូ និង ការចុះបញ្ជី (variables and registration)

វ៉ារីយ៉ាប្លូ គឺជាលក្ខណៈក្សេត្រវិទ្យា (ទិន្នន័យ) ទាំងឡាយណាដែលបង្ហាញនូវបំរែបំរួល ដូចជាបំរែបំរួលទំហំនៃលក្ខណៈក្សេត្រវិទ្យាទាំងឡាយនៅក្នុងការពិសោធន៍ ។ ប្រសិនបើគ្មានបំរែបំរួល (Variability) នៅក្នុងប្រជាករទេ នោះវាមិនចាំបាច់មានស្ថិតិវិទ្យាដែរ ។

ចំពោះរុក្ខជាតិ: ក្នុងការបណ្តុះកូនឈើ១ពូជក្នុងថ្នាលជាមួយគ្នា ពេលវេលា និងបច្ចេកទេសតែមួយដូចគ្នាដែរ ។ ក្រោយពីលូតលាស់មួយរយៈពេល (ប្រមាណ១ខែ) យើងសង្កេតឃើញការលូតលាស់ធំធាត់របស់រុក្ខជាតិក្នុងថ្នាលទាំងមូលក៏មិនស្មើគ្នាទេ គឺមាន: តូច ធំ ទាប និង ខ្ពស់ ហើយយើងសង្កេតឃើញថាបំរែបំរួលរបស់ការលូតលាស់នេះ មានគ្រប់ដើមទាំងអស់។ ការលូតលាស់របស់រុក្ខជាតិប្រព្រឹត្តទៅក្រោមបាតុភូតទាំងឡាយ (Phenomena) នៃបំរែបំរួល (Variability)។ មូលហេតុដែលបណ្តាលឱ្យមានបំរែបំរួលនៃការលូតលាស់នៃរុក្ខជាតិខាងលើនេះ គឺ វិសមានភាពក្នុងថ្នាលដែលអាចមានប្រភពមកពី: វាយនភាពដី ភាពរាបស្មើរបស់ដី សំណើមរបស់ដី ដីជាតិដី...។ រុក្ខជាតិមួយដើមៗក្នុងថ្នាលទាំងមូលនេះហើយ ហៅថា វ៉ារីយ៉ាប្លូ។

បំរែបំរួលមាន 2 យ៉ាងគឺ :-

បំរែបំរួលបរិមាណ (quantitive variability)

- ការវាស់វែង (កំពស់, ប្រវែង, ទទឹង)
- ការថ្លឹង (ទំងន់)
- ការរាប់ (ចំនួន)

បំរែបំរួលគុណភាព (qualitative variability)

- ការឱ្យតំលៃ (ឬដាក់ពិន្ទុ) ទៅលើលក្ខណៈក្សេត្រវិទ្យាដែលលេចឡើង ដូចជា:តូច, មិនល្អ,គ្រប់គ្រាន់ ....

→ លក្ខណៈក្សេត្រវិទ្យាដែលមិនអាចវាស់បាន

បំរែបំរួលបរិមាណ

បំរែបំរួលបន្ត (Continuous variability)

- ការវាស់វែង
- ការថ្លឹង

ឧទាហរណ៍ : ទិន្នផល គិតជា dt / ha ឬ t / ha ឬ ថាំង / ហ.ត ។

បំរែបំរួលមិនបន្ត (Discrete or discontinuous variability)

- ការរាប់

ឧទាហរណ៍ : ចំនួនដើមបំផ្លាញដោយសត្វល្អិត ចំនួនគ្រាប់/ ១គួរ ។

គោលបំណងពិសោធន៍មាន :

ការពិនិត្យមើលលក្ខណៈក្សេត្រវិទ្យា x
(ចំណាត់ថ្នាក់គុណភាពនៃកត្តាពិសោធន៍)
ឧទាហរណ៍ : សិក្សាពីកំពស់ដើមពោត ឬស្រូវ
នៃប្រភេទពូជ ៤ ផ្សេងៗគ្នា

ការពិនិត្យមើលកត្តាពិសោធន៍ផ្សេងៗ
(ចំណាត់ថ្នាក់បរិមាណនៃកត្តាពិសោធន៍)
ឧទាហរណ៍: តើការលូតលាស់ល្អនៃដំណាំពោត ឬស្រូវត្រូវការ បរិមាណ ជី N ប៉ុន្មាន ? → ជី N kg / ha

១. បំរែបំរួលគុណភាព (Qualitative variability): រុក្ខជាតិត្រូវបានកត់ត្រាជាការដាក់ពិន្ទុ (scores) ឬជាខ្នាតមាត្រដ្ឋាន (scales) សំរាប់កត់សំគាល់គុណភាពដូចជា: ការខូចខាត (damages) ភាពធន់ទ្រាំ (resistance) នឹងជំងឺ។ ភាពដេកដួល (lodging) របស់ ដើមស្រូវមុន ឬក្រោយពេលចេញផ្កា ដូចមានជាឧទាហរណ៍ក្នុងតារាង ខាងក្រោម:

តារាង : ការស្រង់ទិន្នន័យដោយពិន្ទុ (Recording in score)

ពិន្ទុ	កំរិតនៃការដួលដេករបស់ដើមស្រូវ (គិតជាផ្ទៃដី១ឯកតា)
0	ដើមស្រូវនៅឈរពេញស្រែ ក្រោយស្រូវទុំស្រុះ
1	ដើមស្រូវដួលតិចជាង ២0% ក្រោយស្រូវទុំស្រុះ
3	ដើមស្រូវដួលពី ២១% ទៅ ៤0% ក្រោយស្រូវទុំស្រុះ
5	ដើមស្រូវដួលពី ៤១% ទៅ ៦0% ក្រោយស្រូវទុំស្រុះ
7	ដើមស្រូវដួលពី ៦១% ទៅ ៨0% ក្រោយស្រូវទុំស្រុះ
9	ដើមស្រូវដួលលើសពី ៨0% ឡើងទៅ ក្រោយស្រូវទុំស្រុះ

Source: standard evaluation system for rice (IRRI) 1998, page 11

២.បំរែបំរួលបរិមាណ(Quantitative variability): ការកត់ត្រានូវតួលេខ ដែលអាចវាស់វែង ថ្លឹង និងរាប់បាន ដូចជា:

- ទិន្នផលដំណាំនានាត្រូវកត់ត្រាជាតោន/ហ.ត ឬ គ.ក្រ/កូនស្រែ
- បរិមាណជីគីមីសំរាប់ប្រើប្រាស់ក្នុងផ្ទៃដី១ហ.ត
- ចំណុះទឹក សំរាប់លាយថ្នាំពុលកសិកម្មក្នុងកំរិតណាមួយ ដើម្បីបាញ់លើផ្ទៃដី១ហ.ត
- កំពស់រុក្ខជាតិ ក៏ត្រូវកត់ត្រាជាម៉ែត្រ (ម) ឬសង់ទីម៉ែត្រ (ស.ម)។

2.2. ការគណនាគំលាតគំរូ មេគុណបំរែបំរួល និងបំរែបំរួល (Standard deviation CV and Variability)

ចំពោះបំរែបំរួលបរិមាណដែលមានលក្ខណៈបន្ត (continuous variation) ការបែងចែកភាពញឹកញាប់ត្រូវបង្ហាញក្នុងតារាងភាពញឹកញាប់ដែលមាន :-

- ព្រំដែននៃចំណាត់ថ្នាក់
- មធ្យមនៃចំណាត់ថ្នាក់
- ចំនួនពិតភាពញឹកញាប់ (f)
- អត្រាភាពញឹកញាប់ (f %)
- ផលបូកចំនួនពិតភាពញឹកញាប់
- ផលបូកអត្រាភាពញឹកញាប់

ការបែងចែកជាថ្នាក់មានគោលបំណង ធ្វើឱ្យបំរែបំរួលនៃតម្លៃ ១ ចំនួនរបស់លក្ខណៈក្សេត្រវិទ្យាអាចទៅរកភាពស្មើគ្នា ។

ឧទាហរណ៍ទី 1 :

1. ការស្រង់ទិន្នន័យនៃលក្ខណៈក្សេត្រវិទ្យា "កំពស់ដើមពោត" 19 ដើម (១៩ សំណាក)

បញ្ជី (List)		កំពស់ដើមពោត (cm)
សំណាក ទី	1.	170
	2.	175
	3.	163
	4.	174
	5.	180
	6.	167
	7.	179
	8.	184
	9.	180
	10.	173
	11.	172
	12.	170
	13.	165
	14.	170
	15.	158
	16.	173
	17.	174
	18.	165
	19.	189

n = 19

$$\sum x = 3281 \rightarrow \bar{x} = \frac{\sum x}{n} = \frac{3281}{19} = 172.7cm$$

២. ចន្លោះតម្លៃ (Range)

ខ្នាតងាយបំផុតនៃបំរែបំរួលរបស់សំណាកមួយគឺ ចន្លោះតម្លៃ។ ចន្លោះតម្លៃ គឺភាពខុសគ្នារវាងតម្លៃធំជាងគេបំផុត និងតម្លៃតូចជាងគេបំផុតនៅក្នុងការបែងចែកមួយ ។

តាមឧទាហរណ៍ខាងលើ

$$x_{\max} = 189.cm$$
$$x_{\min} = 158.cm$$
$$w = x_{\max} - x_{\min}$$
$$w = 189 - 158 = 31.cm$$

សំគាល់: max. = maximum (អតិបរមា) និង min. = minimum (អប្បបរមា)។

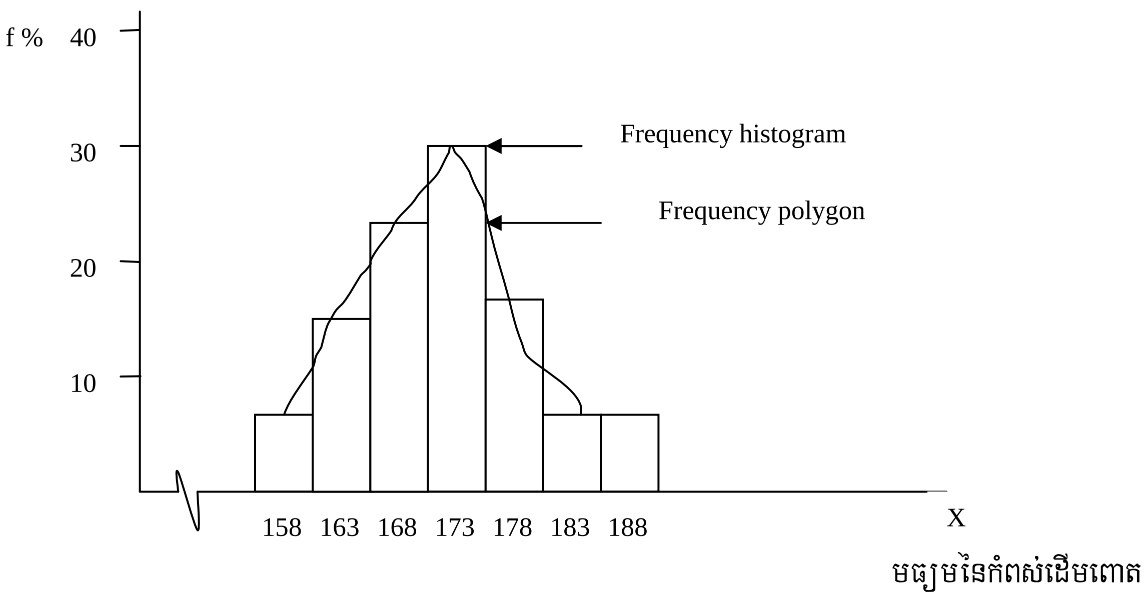
៣. ការរៀបចំ ការរៀបរយក្នុងតារាងដំបូង

158
163
165
165
167
170
170
170
172
173
173
174
174
175
179
180
180
184
189

៤. តារាងភាពញឹកញាប់ (frequencey table)

ចំណាត់ថ្នាក់ Class Interval	តម្លៃមធ្យម Mid point	ភាពញឹកញាប់ Frequency		ចំណែកភាពញឹកញាប់ (relative Frequency	អត្រាភាពញឹកញាប់ (%) Frequency rate	ផលបូកអត្រាភាពញឹកញាប់ (%) Sums of Frequency rate
		Tallies	absolute ពិត			
156-160	158	I	1	0.0526	5.26	5.26
161-165	163	III	3	0.1579	15.79	21.05
166-170	168	IIII	4	0.2105	21.05	42.10
171-175	173	~~IIII~~I	6	0.3158	31.58	73.68
176-180	178	III	3	0.1579	15.79	89.47
181-185	183	I	1	0.0526	5.26	94.73
> 185	188	I	1	0.0526	5.26	99.99

៥. ដ្យាក្រាមបង្ហាញការបែងចែកភាពញឹកញាប់នៃកំពស់ដើមពោត (cm)



៦. ការគណនាតម្លៃមធ្យម

គេកំណត់ជាទូទៅគឺ : តម្លៃមធ្យម (mean) ឬមធ្យមនព្វន្ត (arithmetic mean)

សរសេរ : μ (mu) = តម្លៃមធ្យមនៃប្រជាករ

$\bar{x}$ = តម្លៃមធ្យមនៃសំណាកគិតក្នុងស្ថិតិ (Statistics)

$$\mu = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots\dots\dots + x_n}{N}$$

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^{N} x_i}{N} ..Or.\mu = \frac{\sum x}{N}$$

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{N} x_i}{n} ..Or.\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

→ ផលបូកតម្លៃសរុប

→ ទំហំសំណាក

តាមឧទាហរណ៍ខាងលើ យើងបាន:

$$n = 19$$

$$\sum x = 3281cm$$

$$\bar{x} = \frac{3281}{19} = 172.7cm$$

៧. ការគណនាវ៉ារីយ៉ង់ (Variance)

Variance (S^2) គឺ ជាមធ្យមការ៉េនៃគំលាត ឬការ៉េនៃគំលាតគំរូ ។

មូលដ្ឋានសំរាប់គណនាវ៉ារីយ៉ង់ Variance នោះគឺ គំលាត$(x_i - \bar{x})$ នៃតំលៃនិមួយៗ x_i ពីតម្លៃមធ្យម $\bar{x}$ ។

$$S^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1} = \frac{SS}{DF}$$

SS = សរុបការ៉េ បំរែបំរួល (Sums of Squares)

DF = កំរិតសេរីភាព (Degrees of Freedom)

$$SS = \sum (x_i - \bar{x})^2 = \sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}$$

$$S^2 = \frac{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}{n-1}$$

៤. **គំលាតគំរូ (S or SD = Standard deviation)**

គំលាតគំរូ គឺជាឬសការ៉េវិជ្ជមាននៃវ៉ារីយ៉ង់ (S^2 = Variance) និងជាគំលាតមធ្យមនៃតម្លៃវ៉ារីយ៉ាប្លនិមួយៗពីតម្លៃមធ្យម។ វា គឺជារង្វាស់នៃក៏រិតបំរែបំរួលពីមធ្យមសំណាក។ គំលាតគំរូ មានតំលៃកាន់តែតូចទៅៗ កាលណាតម្លៃនៃវ៉ារីយ៉ាប្លនិមួយៗខិតកាន់តែជិតតម្លៃមធ្យម។ គំលាតគំរូនេះមានរូបមន្តដូចខាងក្រោម:

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{\frac{\sum\left(x_i - \bar{x}\right)^2}{n-1}}$$

តាមឧទាហរណ៍ខាងលើ :

x	x^2
158	24 964
163	26 569
165	27 225
165	27 225
167	27 889
170	28 900
170	28 900
170	28 900
172	29 584
173	29 929
174	30 276
174	30 276
175	30 625
179	32 041
180	32 400
180	32 400
184	33 856
189	35 721
Σx = 3 281	Σx^2 = 567 609

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} = \frac{3281}{19} = 172.7;..\frac{\left(\sum x\right)^2}{n} = \frac{3281^2}{19} = 566577$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum x^2 - \frac{\left(\sum x\right)^2}{n}}{n-1}} = \sqrt{\frac{567609 - 566577}{19-1}} = \sqrt{\frac{1032}{18}} = \sqrt{57.3}$$

$$S = \pm 7.57 \approx 7.60 cm$$

សំណាកក្រុមដើមពោត ១៩ ដើមមានមធ្យម កំពស់ប្រែប្រួលក្នុងចន្លោះ: $\bar{x} \pm s = 172.7 \pm 7.6cm$ ដែលមានកំពស់:

អតិបរិមា (Maximum): 172.7 + 7.6 cm = 180.3 cm

អប្បបរមា (Minimum): 172.7 -7.6 cm = 165.1 cm

$$165.1cm - - - - - 180.3cm$$

ចំពោះលក្ខណៈក្សេត្រវិទ្យា : សញ្ញា (-) មានន័យថា:តូចជាងមធ្យម
(+) មានន័យថា:ធំជាងមធ្យម } តម្លៃនេះស្ថិតនៅជុំវិញតម្លៃមធ្យម $\bar{x}$ ។

៩. **លំអៀងគំរូ (នៃតម្លៃមធ្យមនៃសំណាក) (Standard Error -S_x or SE)**

មកដល់ត្រឹមចំណុចនេះ យើងបានគណនាតែគំលាតគំរូ S នៃតម្លៃនិមួយៗនៅជុំវិញតម្លៃមធ្យម (μ) ។ ការគណនាតម្លៃមធ្យមនៃសំណាកមួយក៏មានលំអៀងដែរ (S_x) ពីព្រោះការវាស់ និងគណនាសាឡើងវិញនូវសំណាកដូចគ្នា ដែលទំហំសំណាកកាន់តែធំនោះពុំផ្តល់នូវតម្លៃមធ្យម $\bar{x}$ ដូចមុនទៀតទេ។ គំលាតគំរូនៃតំលៃមធ្យមរបស់សំណាកត្រូវបានឱ្យឈ្មោះថា លំអៀងគំរូ (The standard deviation of sample means is called the STANDARD ERROR) ។

$$S^2_{\bar{x}} = \frac{S^2}{n} \rightarrow S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{S^2}{n}} = \frac{S}{\sqrt{n}}$$

តាមឧទាហរណ៍ខាងលើ :

$$S_{\bar{x}} = \frac{7.6}{\sqrt{19}} = \frac{7.6}{\pm 4.4} = \pm 1.7cm$$

កាលណាទំហំសំណាក (n) កាន់តែកើនឡើង នោះ S_x នឹងខិតទៅរកតំលៃកាន់តែថេរ ។

១០. **មេគុណបំរែបំរួល (CV = Coefficient of variation)**

បើសិនជាគេប្រៀបធៀបគំលាតនៃសំណាក 2 ក្រុម គេត្រូវគិតថា អញ្ញាតមានទំហំធំ ឬតម្លៃធំមានគំលាតធំ និងអញ្ញាតមានទំហំតូច ឬតម្លៃតូចមានគំលាតតូច ។ អាស្រ័យហេតុនេះ តម្លៃរបស់សំណាកធំតែងមានគំលាតធំជាង។ ក្នុងករណីនេះ គេពុំអាចសន្និដ្ឋានថា វាមានបំរែបំរួលធំឡើយ ខ្នាតមួយដែលគេត្រូវយកចិត្តទុកដាក់គឺ មេគុណបំរែបំរួល (របស់លោក K. Pearson) ។ មេគុណបំរែបំរួល គឺជាគំលាតគំរូគិតជាភាគរយនៃតំលៃមធ្យម។ មេគុណបំរែបំរួល (អត្រាបំរែបំរួល) មានរូបមន្ត :

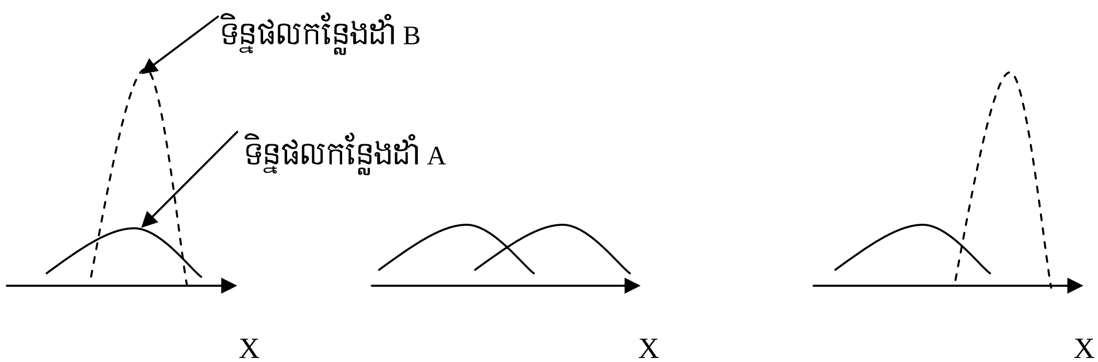
$CV = \frac{S}{\bar{x}} * 100$ តាមឧទាហរណ៍មុនយើងបាន: $CV = \frac{7.6}{172.7} * 100 = 4.4\%$

Coefficient of variation (CV) is a measure of the relative variability among experimental units of measure and/ or plot sizes. CV is the ratio of the standard deviation (S) to the mean (x) expressed as percent (Shaner, 1982).

ឧទាហរណ៍ : ការវាស់វែងកំពស់របស់ស្ត្រីមានអាយុ 17-18 ឆ្នាំ និងកុមារីអាយុ 6-7 ឆ្នាំ ផ្តល់តំលៃដូចតទៅ:

	$\bar{x}$	S	CV	n
ស្ត្រីអាយុ 17-18 ឆ្នាំ	162.6	5.12	3.15	51
កុមារីអាយុ 6-7 ឆ្នាំ	112.6	4.64	4.12	77

ជាទូទៅ : គេត្រូវការមានគំលាតគំរូ និងតំលៃមធ្យម (Standard deviation and Mean)ដើម្បីវិភាគបំរែបំរួលលក្ខណៈក្សេត្រវិទ្យានៃសំណាកមួយ និងកំណត់ភាពខុសគ្នារវាងសំណាកទាំងឡាយ ។ សំណាកទាំងឡាយអាចខុសគ្នាដោយសារគំលាតគំរូនៅពេលមធ្យមមានតម្លៃដូចគ្នា ឬសំណាកទាំងឡាយអាចខុសគ្នាដោយសារតម្លៃមធ្យមនៅពេលគំលាតគំរូមានតំលៃដូចគ្នា (សូមមើលរូបភាពខាងក្រោម) ។



(a) $X_A = X_B$ (b) $X_A < X_B$ (c) $X_A < X_B$

ដ្យាក្រាម: ការបែងចែកទិន្នផល (X) របស់គ្រាប់ធញ្ញជាតិ 1 នៅកន្លែងដាំ A (—) និងកន្លែងដាំ B (----)

	ក្នុងករណី (a)	ក្នុងករណី (b)	ក្នុងករណី (c)
ទិន្នផលមធ្យម	A និង B ស្មើគ្នា	B ខ្ពស់ជាង A	B ខ្ពស់ជាង និងថេរជាង A
បំរែបំរួលទិន្នផល	B មានទិន្នផលថេរជាង A ឬ B មានទិន្នផលពុំសូវខុសគ្នា A មានទិន្នផលខុសគ្នាច្រើន	A និង B មានបំរែបំរួលទិន្នផលស្មើគ្នា	ទិន្នផលនៅកន្លែង A មានបំរែបំរួលខ្លាំងជាងនៅ B

សន្និដ្ឋាន (Conclusion)

បំរែបំរួលមាន ៣ប្រភេទគឺៈ ចន្លោះតំលៃ (Range) គំលាតដាច់ខាត (Absolute deviation) និង គំលាតគំរូ (Standard deviation) ។ គំលាតទី ៣ គឺជាគំលាតត្រឹមត្រូវជាងគេសំរាប់ធ្វើការសន្និដ្ឋានតាមបែបស្ថិតិវិទ្យា ។ តាមឧទាហរណ៍ខាងលើ

សំណាក	ចន្លោះតំលៃ	គំលាតដាច់ខាត	គំលាតគំរូ
តំលៃដើមពោត ១៩ ដើម	១៨៩-១៥៨=៣១ ស.ម	172.7 ± 5.7 $178.4 - -167$	172.7 ± 7.60 $180.3 - -165.1$

គំលាតដាច់ខាត $= \dfrac{\sum |x_i - \bar{x}|}{n} = \dfrac{108.3}{19} = \pm 5.7cm$

ទំហំបំរែបំរួល $(Variation) = 172.7 \pm 5.7, Maximum = 178.4 \rightarrow Minimum = 167$

៣. ការបែងចែកប្រូបាប៊ីលីតេ (Probability distributions)

នៅក្នុងចំណុច ២.២. មានដំណើរជាការវិភាគបំរែបំរួល។ តាមការវិភាគនេះ លទ្ធផលពិសោធន៍ ត្រូវបានបង្ហាញជាតារាង ដ្យាក្រាម និង ជាតម្លៃមធ្យម និងគំលាតគំរូ។ ស្ថិតិវិទ្យា បានធ្វើការពិពណ៌នាពី ទិន្នន័យនៃសំណាក និងបកស្រាយសំរាប់ប្រជាករតាមការសន្និដ្ឋានលទ្ធផលនៃសំណាក។ ជាមួយនោះនៅក្នុង ស្ថិតិវិទ្យា តម្លៃនៃលក្ខណៈក្សេត្រវិទ្យាមួយដែលបានសង្កេត គឺជាតម្លៃនៃវ៉ារីយ៉ាប្លចៃដន្យមួយ។ ផ្អែកលើតម្លៃសំណាក (ជាទិន្នន័យ) គេអាចទាញការសន្និដ្ឋានពីតម្លៃទាំងអស់នៃវ៉ារីយ៉ាប្លចៃដន្យ។

៣.១. ព្រឹត្តិការណ៍ចៃដន្យ និងប្រូបាប៊ីលីតេ

តម្លៃនៃលក្ខណៈក្សេត្រវិទ្យាមួយ គឺជាព្រឹត្តិការណ៍ចៃដន្យមួយ (ឧទាហរណ៍: ការផ្តល់ទិន្នផល/ហ.ត)។ ព្រឹត្តិការណ៍ចៃដន្យ គឺជាដំណើរការដែលលទ្ធផលទទួលវាអាស្រ័យដោយឥទ្ធិពលដែលមិនអាចត្រួតពិនិត្យបាន។ ឧទាហរណ៍ : ទិន្នផលស្រូវក្នុង 1 ហិកតា ដែលមានទិន្នផលមធ្យមរវាង 40-50 dt/ha ។ ទិន្នផលតិចជាង 30 dt/ha ឬច្រើនជាង 60 dt/ha បានទទួលតិចណាស់ ។ គេនិយាយថា ទិន្នផលរវាង 40-50 dt/ha មានប្រូបាប៊ីលីតេ ឬប្រហាក់ប្រហែលជាច្រើនជាង ទិន្នផលតិចជាង 30 dt/ha ។ នៅក្នុងវិស័យកសិកម្ម ជាទូទៅព្រឹត្តិការណ៍ទាំងឡាយ មានភាពចៃដន្យ ពីព្រោះសំណាកនៃ ជីវៈរស់ទាំងឡាយ (រុក្ខជាតិ និង សត្វ) មានភាពបំរែបំរួលដោយសារឥទ្ធិពលដី (វាយនភាពដី ភាពរាបស្មើរបស់ដី សំណើមដី និងជីជាតិដី)និងអាកាសធាតុ ។ ក្នុងការផ្តល់កំណើតទារក ទំនាក់ទំនងរវាងកុមារា និងកុមារីគិតជាមធ្យម ១:១ ឬអាចនិយាយថារវាងកុមារា និងកុមារមានប្រូបាបិលីតេ ស្មើនឹង 0.៥0:0.៥0 ហើយមានសរុបប្រូបាបិលីតេស្មើ ១។ ក្នុងករណីម្តងម្កាលអាចមានគំលាតច្រើនពីច្បាប់នេះ (ឧ. គ្រួសារមានកូនប្រុសបួននាក់)។

៣.២. វ៉ារីយ៉ាប្ល និងការបែងចែករបស់វា (Variables and its distribution)

វ៉ារីយ៉ាប្លមួយជាតម្លៃទិន្នន័យមួយ គឺជាព្រឹត្តិការណ៍ចៃដន្យ មានឈ្មោះថា វ៉ារីយ៉ាប្លចៃដន្យ។ ដោយសាព្រឹត្តិការណ៍មានភាពចៃដន្យ វ៉ារីយ៉ាប្លចៃដន្យគឺជា អនុគមន៍ចៃដន្យ។ ព្រឹត្តិការណ៍ចៃដន្យនិមួយៗ អាចត្រូវបានរៀបចំមានតំលៃប្រហាក់ប្រហែល ឬ ជាប្រូបាបីលីតេ។ ដូច្នេះ ការបែងចែកប្រូបាបីលីតេនៃវ៉ារីយ៉ាប្លចៃដន្យនិមួយៗ (ការបែងចែកភាពញឹកញាប់នៃទិន្នន័យ) មានប្រភេទ ឬជារាងមួយ។ ប្រភេទនៃការបែងចែកប្រូបាបីលីតេមួយក្នុងចំណោមការបែងចែកសំខាន់ៗ គឺការបែងចែកធម្មតា (Normal distribution)។ ប្រជាករ (Population) គឺកំណត់ដោយ

ការបែងចែកវ៉ារីយ៉ាប្លចៃដន្យ។ ទិន្នន័យសំណាកប្រើសំរាប់បកស្រាយវ៉ារីយ៉ាប្លប្រជាករ។ ភាពខុសគ្នានៃសំណាក និង ប្រជាករគឺៈ

សំណាក (ទាក់ទងតម្លៃ)	**ប្រជាករ** (ទាក់ទងតម្លៃ)
- ទំហំៈ មានកំណត់	- ទំហំៈ ក្នុងករណីជាច្រើន គ្មានកំណត់
- ការបែងចែកភាពញឹកញាប់	- ការបែងចែកប្រ៊ូបាបិលីតេ (ឬ ការបែងចែកទ្រឹស្តី)
- លក្ខណៈក្បេត្រវិទ្យា	- វ៉ារីយ៉ាប្លចៃដន្យ

វ៉ារីយ៉ាប្ល (ចៃដន្យ) មានបំរែបំរួល ដែលចែកជាពីរប្រភេទគឺៈ

- បំរែបំរួលដាច់គ្នា (Discrete variability)។ បំរែបំរួលបរិមាណដាច់គ្នាអាចតាងដោយដ្យាក្រាមជា **បង្គោល** (Bar chart)។
- បំរែបំរួលបន្តគ្នា (Continuous variability) ។ ការបែងចែកវ៉ារីយ៉ាប្លចៃដន្យបន្ត គ្នា x ត្រូវបានកំណត់ដោយ អនុគមន៍តង់ស៊ីតេបាតុភូត ឬហៅកាត់ថា អនុគមន៍តង់ស៊ីតេ។ បំរែបំរួលតម្លៃបរិមាណបន្តគ្នា ជាចន្លោះថ្នាក់ (Class interval) នៃតម្លៃ និងភាពញឹកញាប់នៃចន្លោះតម្លៃ។ បំរែបំរួលបរិមាណតាងដោយដ្យាក្រាម **អ៊ីស្តូក្រាម** (Histogram)

ឧ. - ទិន្នផលស្រូវតាមខែត្រនិមួយៗ (តោន/ហ.ត)

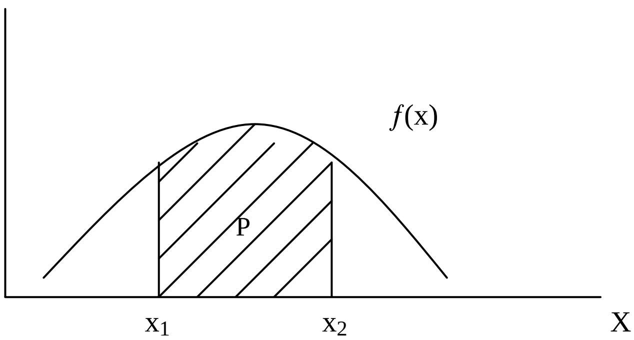
- កំពស់ដើម ឬប្រវែងកួរស្រូវក្នុងផ្ទៃដីកំណត់មួយ (ស.ម ឬ កួរ/ដើម)។

ទិន្នន័យមានចំនួនច្រើន ស្ថិតក្រោមទ្រឹស្តីការបែងចែកធម្មតា (Normal distribution) ដែលអាចតាងដោយអ៊ីស្តូក្រាម (Histogram) និងដោយពហុកោណនៃភាពញឹកញាប់សំរាប់ទិន្នន័យសំណាក ។ សំរាប់ពតិមាន (វ៉ារីយ៉ាប្ល) របស់ប្រជាករវិញ ការបែងចែកធម្មតាអាចតាងដោយខ្សែកោងមានរាងជាកណ្តឹង (Bell-shaped curve)។

3.3. អនុគមន៍បែងចែក (Distribution function)

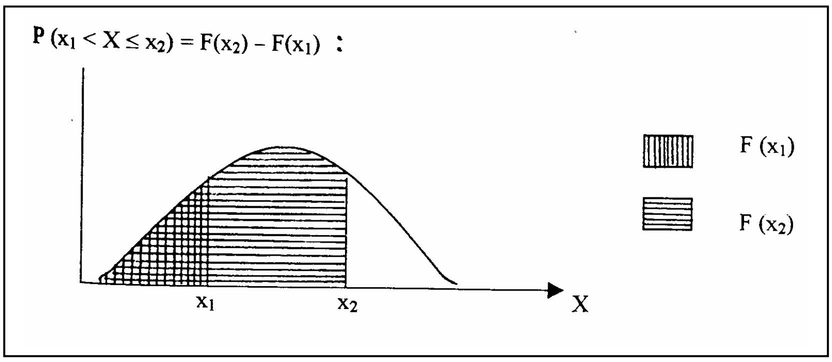
សំរាប់តម្លៃនិមួយៗ X មានដង់ស៊ីតេប្រូបាបិលីតេមួយ (density of probability) ។ វាអាចមាន ប្រូបាបិលីតេនៅចន្លោះតំលៃកំណត់មួយ ។ ទ្រឹស្តីបែងចែកវ៉ារីយ៉ាបចៃដន្យ X ជាអនុគមន៍ដង់ស៊ីតេនៃ ប្រូបាបិលីតេ ឬ ហៅថា "អនុគមន៍ដង់ស៊ីតេ $f(x)$" ។ ប្រូបាបិលីតេនៃតម្លៃវ៉ារីយ៉ាបចៃដន្យ X ដែលនៅចន្លោះ (x_1, x_2) គឺ $P\,(x_1 < x \leq x_2)$ (មើលរូបខាងក្រោម) ផ្ទៃនៅក្រោមអនុគមន៍តង់ស៊ីតេ $f(x)$ នៅចន្លោះ (x_1, x_2):

$$P\,(x_1 < x \leq x_2) = \int_{x_1}^{x_2} f(x)\,dx$$



ផ្ទៃ P នៅក្រោមអនុគមន៍ $f(x)$

ផ្ទៃទាំងអស់នៅក្រោមអនុគមន៍ $f(x)$ មានតំលៃ 1 ។ $F(x) = P\,(X \leq x)$ មានឈ្មោះថា អនុគមន៍បែងចែកវ៉ារីយ៉ាបចៃដន្យ X ។ ប្រូបាបិលីតេ $P\,(X = x)$ គឺជាតំលៃនៃអនុគមន៍បែងចែកត្រង់ x ឬជាផ្ទៃនៅ ក្រោម អនុគមន៍ពី $-\infty$ ទៅ x ។ សំរាប់ទ្រឹស្តីបែងចែកវ៉ារីយ៉ាបចៃដន្យ X (តម្លៃទិន្នន័យ) គឺជាអនុគមន៍បែងចែក $F(x)$:



3.4. ការបែងចែកធម្មតា (Normal Distribution)

ការបែងចែកវ៉ារីយ៉ាបចៃដន្យ X (តម្លៃទិន្នន័យ-បន្ត) មានឈ្មោះថា : ការបែងចែកធម្មតាកាលណាគំនូសក្រាហ្វិករបស់វាមានរាងជាខ្សែកោងកណ្ដឹង Bell Curve (រូបខាងក្រោម) ដែលជាការឱ្យឈ្មោះដោយលោក C.F. GAUSS ។ អនុគមន៍ដង់ស៊ីតេនៃការបែងចែកធម្មតា គឺ:

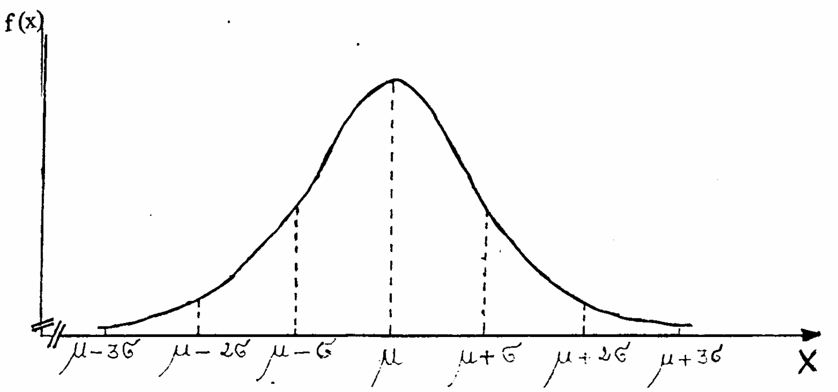
$$f(x) = \frac{1}{\delta\sqrt{2\pi}}\, e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\delta^2}}$$

និង អនុគមន៍បែងចែកជា

$$F(x) = \int_{-\infty}^{x} f(t)\,dt = \frac{1}{\delta\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{x} e^{-\frac{(t-\mu)^2}{2\delta^2}}\,dt$$

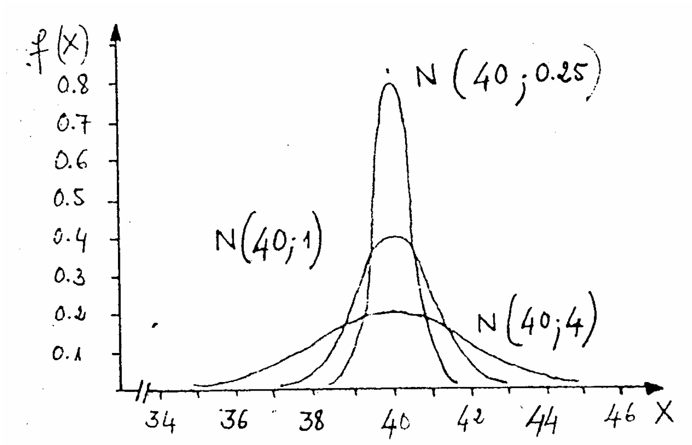
μ និង δ^2 ជាប៉ារ៉ាម៉ែត្រនៃអនុគមន៍បែងចែកធម្មតា ។ x អាចមានតំលៃពី $-\infty$ ទៅ $+\infty$ ។ គេនិយាយខ្លីថា វ៉ារីយ៉ាបចៃដន្យ X មានការបែងចែកធម្មតា និងមាន μ (អានថា <u>ម៉ុយ</u>) និង δ^2 (δ អានថា <u>សីកម៉ា</u>) ជាប៉ារ៉ាម៉ែត្រ ដែលគេអាចសំគាល់ការបែងចែកធម្មតាដោយសរសេរ : $N(\mu;\ \delta^2)$ ។

គេតាងតំលៃវ៉ារីយ៉ាប x នៅលើអ័ក្សអាប់ស៊ីស(X), និងតាងចំនួន ឬ ភាពញឹកញាប់វ៉ារីយ៉ាប ដែលជាតំលៃ $f(x)$ នៅលើអ័ក្សអ័រដោណេ (Y) ។ គេបានខ្សែកោងមួយ ហៅថាខ្សែកោង GAUSS ។ ខ្សែកោងមានចំណុចអតិបរមានៅត្រង់មធ្យម $\bar{x} = \mu$ ជាបន្ទាត់កណ្ដាល (កន្លែងដែលតម្លៃវ៉ារីយ៉ាបមានញឹកញាប់ណាស់ ឬ តង់ស៊ីតេប្រូបាបីលីតេធំណាស់) ។ ខ្សែកោងស៊ីមេទ្រី គ្នាធៀបនឹងអ័រដោណេ ត្រង់ចំណុច $\bar{x} = \mu$ ។ កន្លែងត្រង់ $\bar{x} = \mu \pm \delta$ ជាចំណុចរបត់ ។



អនុគមន៍ដង់ស៊ីតេនៃការបែងចែកធម្មតា

ការបែងចែកធម្មតា វាអាស្រ័យទៅនឹងតម្លៃមធ្យម (μ) និង Variance (δ^2) ។ ការបែងចែករបស់ប្រជាករអ្វីមួយ ក្នុងនោះមាន វ៉ារីយ៉ាបតំលៃតូចជាងមុយ μ ៥0% និងធំជាងមុយ μ ៥0% ។ ខ្សែកោង GAUSS (ឬខ្សែកោងធម្មតា) សំរាប់តំលៃនៃគំលាតគំរ (δ) ផ្សេងៗ និងមានបង្ហាញដូចរូបខាងក្រោម ។ ប្រសិនបើ គំលាតគំរូ (δ) កាន់តែតូច នោះខ្សែកោងធម្មតាមានរាងកាន់តែខ្ពស់ និងកាន់តែចោទជាង ។



ក្រាហ្វិកអនុគមន៍ដង់ស៊ីតេនៃការបែងចែកធម្មតា 3 បែបខុសគ្នា :

N ($\mu = 40$; $\delta^2 = 4$)
N (40; 1)
N (40; 0.25)

- បើ $\mu_1 < \mu_2 \rightarrow$ N (μ_2; δ^2) នៅខាងស្តាំ N (μ_1; δ^2) ពីព្រោះតម្លៃមធ្យម μ សំរាប់កំណត់ កន្លែងការបែងចែក ។
- បើ $\delta_1 < \delta_2 \rightarrow$ N (μ; δ_1^2) មានប្រវែងទទឹង តូចជាង N (μ; δ_2^2) ។

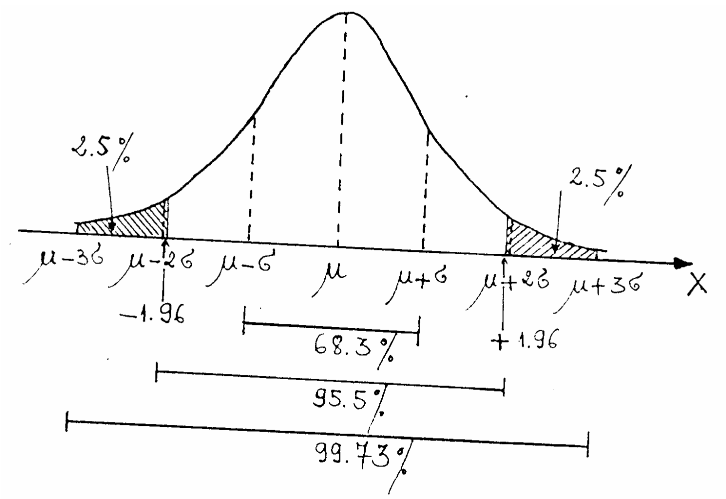
យើងមាន u ជាតំលៃអថេរមួយ (Variable) សំរាប់វាស់ឯកតារបស់លំអៀង (δ) នៃលក្ខណៈក្សេត្រវិទ្យា X ។

យើងបាន :

$$x = \mu \pm u\delta$$

បើ

$$u = -3 \rightarrow x = \mu - 3\delta$$
$$u = -2 \rightarrow x = \mu - 2\delta$$
$$u = -1 \rightarrow x = \mu - \delta$$
$$u = 0.. \rightarrow x = \mu$$
$$u = +1 \rightarrow x = \mu + \delta$$
$$u = +2 \rightarrow x = \mu + 2\delta$$
$$u = +3 \rightarrow x = \mu + 3\delta$$



ដើម្បីគណនាប្រូបាបីលីតេសំរាប់តម្លៃនៃវ៉ារីយ៉ាបចៃដន្យ X ដែលមានការបែងចែកធម្មតានៅចន្លោះ x_1 និង x_2 [$P(x_1 \le X \le x_2)$] គេត្រូវប្រើអនុគមន៍ បែងចែក F (x) ឬហៅថាផ្ទៃនៅក្រោមខ្សែកោងធម្មតា ϕ (u) (ϕ អានថា fi) (មើលតារាងខាងក្រោយ) ។ ដោយមានជំនួយពីតារាងសំរាប់ចន្លោះ 3 នៃការបែងចែកធម្មតា ($\mu \pm \delta$, $\mu \pm 2\delta$, $\mu \pm 3\delta$) យើងអាចគណនាវ៉ារីយ៉ាបចៃដន្យ X (តម្លៃទិន្នន័យ) ។

វ៉ារីយ៉ាបចៃដន្យ X នៅចន្លោះ $\mu \pm \delta$ មាន 0.683 = 68.3% ដែល

$$
\begin{aligned}
P(\mu - \delta \le x \le \mu + \delta) &= F(\mu + \delta) - F(\mu - \delta) \\
&= \phi(+1) - \phi(-1) \\
&= 0.84135 - 0.15866 \\
&= 0.68269 \\
&\simeq 0.683 \\
&= 68.3\%
\end{aligned}
$$

គណនារបៀបដូចគ្នាយើងបាន $\mu \pm 2\delta = 95.5\%\ (0.97725 - 0.02275) = 0.9545$

$= 0.955$

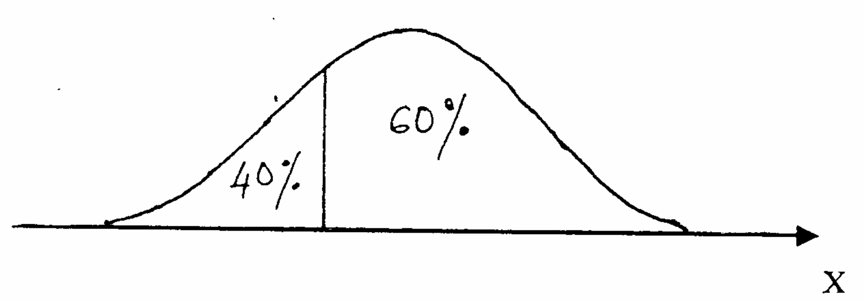
$\mu \pm 3\delta = 99.73\%(0.99865 - 0.00135) = 0.9973$

<u>តាមលក្ខណៈនេះ គេមានច្បាប់ 3δ (3δ - rule)</u> :

វ៉ារីយ៉ាបចៃដន្យ X ដែលតម្លៃមានការបែងចែកធម្មតានៅក្រៅ $\mu \pm 3\delta$ គ្មាននៅក្នុងភាពជាក់ ស្តែង (0.0027) ។ វ៉ារីយ៉ាបចៃដន្យ X ទាំងអស់នៅចន្លោះ $\mu \pm 3\delta$ (មើលរូបខាងលើ) ។

ឧទាហរណ៏.

ការជ្រើសរើសពូជដំណាំនៃដើមមួយចំនួន ដែលមានទិន្នផលជាការបែងចែកធម្មតា N (μ = 50, δ^2 = 4)។ ជំរើសនេះមានគោលបំណងរកតែដើមណា ដែលផ្តល់ទិន្នផលខ្ពស់ ពីព្រោះមានតែ60%នៃដើមទេ ដែលអាចនៅសល់ឬអាចជំរើសយក។ តើព្រំដែននៃការជំរើសពូជស្ថិតនៅត្រង់កន្លែងណា ?



ព្រំដែននៃជំរើសពូជ

តាមតារាងយើងបាន ϕ (u) = 0.40 → u = – 0.25

ព្រំដែននៃជំរើសពូជស្ថិតនៅក្បែរ x ដែល $x = \mu \pm u\delta$

$= 50 \pm [(-0.25 \times 2)]$

$= 50 - 0.5$

$= \underline{49.5}$

តាមការគណនា គេត្រូវជ្រើសរើសយកតែដើមណាដែលមានទិន្នផលលើសពី 49.5 ។

3.5. ការសន្និដ្ឋានតាមស្ថិតិ

ការសន្និដ្ឋានតាមបែបស្ថិតិ ដែលសំរេចបានតាមរយៈការគណនាសំណាក មានទម្រង់ពីរផ្សេងគ្នា:

- តម្លៃសំណាកត្រូវបានប្រើ ដើម្បីប៉ាន់ស្មានប៉ារ៉ាម៉ែត្រនៃប្រជាពលករ (ការប៉ាន់ស្មានចន្លោះជឿជាក់)។ ឧ. ការប៉ាន់ស្មានទិន្នផលមធ្យមនៃធញ្ញជាតិ ដែលដាំនៅតំបន់មួយ (ប្រជាពលករ) តាមរយៈលទ្ធផលពីការគណនាទិន្នន័យសំណាក ។
- ការប្រើប្រាស់តម្លៃសំណាក ដើម្បីពិនិត្យមើលការអះអាង (ការពិនិត្យមើលសម្មតិកម្ម)។

ឧ. ការពិនិត្យមើលភាពខុសគ្នា នៃទិន្នផល (ប៉ារ៉ាម៉ែត្រពីរ) នៃដំណាំឈើហូបផ្លែ របស់ពូជពីរ នៅក្នុងតំបន់មួយ (ប្រជាពលករពីរ)។ ការសំរេចគឺផ្អែកទៅលើលទ្ធផលពិសោធន៍ (សំណាក)។

3.6. <u>ចន្លោះជឿជាក់ (confidence intervals)</u>

មធ្យមនៃប្រជាពលករ μ ស្ថិតនៅទីណាក្នុងចន្លោះ $x - u\delta$ និង $x + u\delta$ ។ ចន្លោះត្រូវបានឱ្យឈ្មោះថា "ចន្លោះជឿជាក់ "។

The population mean μ is somewhere between x -uδ and x + uδ. The interval is called a confidence interval for μ.

តាមការគណនាមុន យើងមានវ៉ារីយ៉ាបចៃដន្យ X P(x) នៅចន្លោះ $\mu \pm u\delta$ ដែល

$$P(\mu - u\delta \leq x \leq \mu + u\delta) = F(\mu + \delta) - F(\mu - \delta)$$

$$\phi(+u) - \phi(-u) = 95\%$$

ឬ 99%

ឬ 99,9%

យើងមាន : $\mu \pm \delta = 68.3\ \%$

$\mu \pm 2\delta = 95.5\ \%$

$\mu \pm 3\delta = 99.73\ \%$

ដូច្នេះ ការគណនាវ៉ារីយ៉ាបចៃដន្យ X នៅចន្លោះតម្លៃពីរផ្អែកលើជំនួយ ខ្នាតបែងចែកចន្លោះជឿជាក់មួយ (confidence intervalls) បានត្រូវគណនា និងមានប្រូបាបីលីតេ $P = 1 - \alpha \rightarrow \alpha = 1 - P$

$P = 95\ \% \rightarrow \alpha = 5\% \rightarrow \alpha/2 = 2.5\ \%$

$P = 99\ \% \rightarrow \alpha = 1\% \rightarrow \alpha/2 = 0.5\ \%$

$P = 99{,}9\ \% \rightarrow \alpha = 0.1\% \rightarrow \alpha/2 = 0.05\ \%$

ដោយសារ $1 = 95\ \% + 2\ \alpha/2$

$\phi(u) = \alpha/2 = 2.5\ \% = 0.025 = 0.024998 \rightarrow u = -1.96$

$\phi(u) = P + \alpha/2 = 97.5\ \% = 0.975 = 0.97502 \rightarrow u = +1.96$

យើងបាន វ៉ារីយ៉ាបចៃដន្យ X ដែល P (x) នៅចន្លោះ : $\mu \pm 1.96\delta$ ។

ចន្លោះ x – 1,96 s_x to x + 1,96 s_x មានចន្លោះជឿជាក់ 95% សំរាប់មធ្យមនៃប្រជាពលករ ។

ចន្លោះនេះមានផ្ទៃនៅក្រោមខ្សែកោងធម្មតា ដែល $\phi(u)$ 95% (= 0.975002 – 0.024998)

= 0.950004

= 95 %

គណនារបៀបដូចគ្នា យើងបាន :

$\mu \pm 2.58\ \delta$ មានផ្ទៃនៅក្រោមខ្សែកោងធម្មតា 99 % (= 0.995060 – 0.004940)

= 0.99012

= 99 %

$\mu \pm 3.29\ \delta$ មានផ្ទៃនៅក្រោមខ្សែកោងធម្មតា 99.9 % (= 0.999517 – 0.000483)

= 0.999034

= 0.999

= 99.9 %

តាមឧទាហរណ៍មុន យើងមាន កំពស់ដើមពោតមធ្យម របស់សំណាកស្ថិតក្នុងចន្លោះ:

១៧២.៧ $\pm$ ៧.៦ ស.ម ដែលមាន:

អប្បបរមា: ១៧២.៧ - ៧.៦ = ១៦៥.១ ស.ម

អតិបរមា: ១៧២.៧ + ៧.៦ = ១៨០.៣ ស.ម

- ការប៉ាន់ស្មានរកមធ្យមរបស់ប្រជាពលករ ដោយប្រើរូបមន្តរបស់សមីការ:

$\mu_\alpha = \bar{x} \pm t_\alpha * S_x$ ដែលក្នុងនេះមាន:

μ_α = ធម្យមរបស់ប្រជាពលករក្នុងក៏រិតជាក់លាក់ α

$\bar{x}$ = មធ្យមស្ថិតិ

t_α = តំលៃ t ក្នុងក៏រិតជាក់លាក់ α ដែលស្រង់ចេញពីតារាងតាមទំហំសំណាក

S_x = លំអៀងគំរូ ដែលមានរូបមន្ត:

$$S_{\bar{x}}^2 = \frac{S^2}{n}$$

$$S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{S^2}{n}} = \frac{S}{\sqrt{n}}$$

$$S_{\bar{x}} = \frac{7.57}{\sqrt{19}} = \frac{7.57}{\pm 4.36} = 1.74cm$$

n=19 , $t_{5\%}$ = 2.10 , $t_{1\%}$ = 2.88 [តារាងបែងចែក t (table of t- distribution)]

១. $\mu_{5\%} = \bar{x} \pm t_{5\%} * S_x = 172.7 \pm (2.10 \times 1.74) = 172.7 \pm 3.57$ cm

អប្បបរមា: ១៧២.៧ - ២.១០ x ១.៧៤ = ១៦៩.១៣ ស.ម

អតិបរមា: ១៧២.៧ + ២.១០ x ១.៧៤ = ១៧៦.២៧ ស.ម

២. $\mu_{1\%} = \bar{x} \pm t_{1\%} * S_x = 172.7 \pm (2.88 \times 1.74) = 172.7 \pm 5.01$ cm

អប្បបរមា: ១៧២.៧ - ២.៨៨ x ១.៧៤ = ១៦៧.៦៩ ស.ម

អតិបរមា: ១៧២.៧ + ២.៨៨ x ១.៧៤ = ១៧៧.៧១ ស.ម

ការសន្និដ្ឋានទៅលើមធ្យមរបស់កំពស់ដើមពោត និងបំរែបំរួល ដែលកសិករនឹងទទួលគឺ:

- ព្យាករណ៍ក្នុងអត្ថន័យ ៥% (predictedat 5% level)

$\mu_{5\%} = 172.7 \pm 3.57$ cm
១៦៩.១៣ ស.ម ----- ១៧៦.២៧ ស.ម

- ព្យាករណ៍ក្នុងអត្ថន័យ ១% (predictedat 1% level)

$$\mu_{1\%} = 172.7 \pm 4.90 \text{ cm}$$

១៦៧.៦៩ ស.ម ----- ១៧៧.៧១ ស.ម

3.6. ការសាកល្បងមើលសម្មតិកម្ម (hypothesis testing)

តើអ្វីជាសម្មតិកម្ម ?

យើងតែងតែសាកសួរខ្លួនឯងនូវសំនួរដូចជា "តើនឹងមានអ្វីកើតឡើង ប្រសិនបើ..."។ នៅពេលនោះ យើងបន្តបង្កើតហេតុការណ៍មួយដែលទាំងអស់នេះពឹងផ្អែកលើការសន្មតជាមូលដ្ឋានមួយ។ តាមស្ថិតវិទ្យា និងការពិសោធន៍ ឬស្រាវជ្រាវ ការសន្មតនេះហៅថា សម្មតិកម្ម។

នៅក្នុងស្ថិតិ សម្មតិកម្មដើមដំបូងត្រូវបានគេហៅថា សម្មតិកម្មសូន្យ (Null Hypothesis) ដែលអ្នកអាចទទួលយក ឬបដិសេធចោល ដោយផ្អែកលើការស្រាវជ្រាវរបស់អ្នក។ ប្រសិនបើអ្នកបដិសេធសម្មតិកម្ម សូន្យនោះ អ្នកនឹងបង្កើតសម្មតិកម្មថ្មីមួយទៀត ដែលគេហៅថាសម្មតិកម្មជំរើស (Alternative Hypothesis)។ ដោយសារមានការប្រើប្រាស់ញឹកញាប់លើពាក្យទាំងនេះ ទើបយើងកំណត់និមិត្តសញ្ញាដល់ពួកវា :

Ho គឺជាសម្មតិកម្មសូន្យ

H_1 គឺជាសម្មតិកម្មជំរើស

កំរិតជឿជាក់ (P) និង កំរិតសារសំខាន់ (α) ។

ប្រសិនបើអ្នកចង់ទទួលយក ឬទាត់ចោលសម្មតិកម្មសូន្យមួយ នោះអ្នកត្រូវពិចារណាផងដែរ ថាតើអ្នកមានទំនុកចិត្តប៉ុនណាទៅលើការសន្និដ្ឋានរបស់អ្នក។ដែលហៅថាកំរិតជឿជាក់ (Confidence level) គឺជាភាគរយ(%) ដែលប្រាប់អំពីកំរិត ឬទំហំនៃការជឿជាក់ទៅលើការសន្និដ្ឋានរបស់អ្នក។ ប្រសិនបើអ្នកប្រើប្រាស់លទ្ធផលក្នុងការអនុវត្តន៍ជាក់ស្តែង យ៉ាងហោចណាស់ក៏អ្នកមានជំនឿ 95% លើលទ្ធផលរបស់អ្នកមុនពេលចាប់ផ្តើមដំណើរការ។ នៅក្នុងស្ថិតិ ជាធម្មតាយើងប្រើប្រាស់កំរិតសារសំខាន់ ឬ កំរិតជាអត្ថន័យ (Significance level) ឬ ជា **កំរិតលំអៀង (α)** ដែល α ស្មើនឹង 100% ដកនឹង**កំរិតជឿជាក់ (P)** ។

ដូចនេះ កំរិតជឿជាក់ 95% គឺត្រូវនឹងកំរិតលំអៀង 5%។ ជាទូទៅ គេតាងកំរិតលំអៀងដោយអក្សរ ក្រិក α (α = 1 - P ឬ α = 100 – P)។

ចូរអ្នកចាំថាអ្នកចង់បានកំរិតសារសំខាន់របស់អ្នកឱ្យតូច។ ឧទាហរណ៍ កំរិតលំអៀង 0,01 គឺល្អណាស់ ពីព្រោះ មានន័យថាអ្នកមានការជឿទុកចិត្តលើការសន្និដ្ឋានរបស់អ្នក 99%។ កំរិតលំអៀង 0,001 គឺមានសារសំខាន់ណាស់ ពីព្រោះអ្នកមានជំនឿទុកចិត្តលើការសន្និដ្ឋានរបស់អ្នក 99,99%។

ទាំងអស់នេះមានន័យថាអ្នកអាចទទួលយកសម្មតិកម្មត្រង់ក៏រិតមួយ និងបដិសេធត្រង់ក៏រិតផ្សេងទៀត។ អ្នកអាចបដិសេធចោល Ho ត្រង់ក៏រិតសារសំខាន់ 0,05 និងទទួលយកត្រង់ក៏រិត 0,01។ ប្រការនេះ មានន័យថា មានភស្តុតាងគ្រប់គ្រាន់ដែលធ្វើឱ្យអ្នកប្រាកដក្នុងចិត្ត 95% ក្នុងការទាត់ចោល Ho ប៉ុន្តែ គ្មានភស្តុតាងគ្រប់គ្រាន់ដែលធ្វើឱ្យអ្នកប្រាកដក្នុងចិត្ត 99% ឡើយ។ ប្រសិនបើអ្នកបដិសេធ Ho ត្រង់ក៏រិត 0,01 នោះអ្នកប្រាកដជានឹងបដិសេធចោលវាត្រង់ក៏រិត 0,05 ដែលមានន័យថា ប្រសិនបើអ្នកជឿលើការសន្និដ្ឋានរបស់អ្នក 99% នោះអ្នកប្រាកដជាមានការទុកចិត្ត 95% យ៉ាងជាក់លាក់។ យើងបាន:

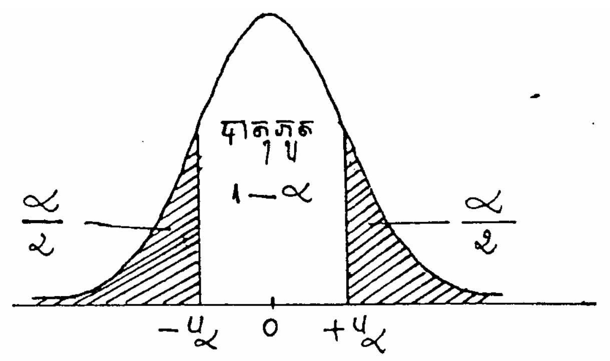
α ជាក៏រិតលំអៀងនៃវ៉ារីយ៉ាបចៃដន្យ X និង U_α ជាព្រំដែនប្រូបាបីលីតេស្ថិតលើអ័ក្សអាប់ស៊ីស

• $\alpha = 0.05$, $u_\alpha = 1.96$ → ព្រំដែនប្រហាក់ប្រហែលមានអត្ថន័យនៅក្នុងស្ថិតិជីវៈ (Biostatistics)

គេនិយាយបានថា "មានអត្ថន័យ" (Significant)

• $\alpha = 0.01$, $u_\alpha = 2.58$ → មានអត្ថន័យខ្ពស់ ឬមានអត្ថន័យជាក់លាក់ (High significant)

• $\alpha = 0.001$, $u_\alpha = 3.3$ → មានអត្ថន័យខ្ពស់ណាស់ ឬមានអត្ថន័យជាក់លាក់បំផុត (Very high significant)។



សម្មតិកម្មស្ថិតិ គឺជាការអះអាង (affirmation) អំពីប៉ារ៉ាម៉ែត្ររបស់ប្រជាពលករ ឬការអះអាងអំពីការបែងចែក តម្លៃនៃលក្ខណៈក្សេត្រវិទ្យា X នៃប្រជាពលករ។ សម្មតិកម្មដែលកើតឡើងត្រូវកំណត់ដោយការគណនាសំណាក។ ការប៉ាន់ស្មានមើលប៉ារ៉ាម៉ែត្រតាមរយៈតម្លៃ របស់សំណាកមាន "ភាពពុំច្បាស់លាស់ " មានន័យថា ភាពខុសគ្នា ឧទាហរណ៍. តម្លៃមធ្យមនៃសំណាកពីរ អាចមានភាពប្រហាក់ប្រហែល ឬមានភាពខុសគ្នាពិត ។

ការរកឃើញភាពខុសគ្នារវាងតម្លៃមធ្យមពុំអាចសន្និតត្រឹមត្រូវថាប៉ារ៉ាម៉ែត្រមខុសគ្នាទេ។ វាទាមទារឱ្យពិនិត្យមើលតាមរយៈការធ្វើតេស្ត ឬសាកល្បងតាមបែបស្ថិតិវិទ្យា (Statistical Test) "តើភាពខុសគ្នាដែលរកឃើញនោះពិតជាធានាថាខុសគ្នាជាអត្ថន័យ (Significant)ឬ ?។ ការសាកល្បង (Test) និមួយៗ មាន 3 វគ្គ :

- **<u>វគ្គទី 1</u>** : ការលើកឡើងនូវជាសំនួរនៅក្នុងសម្មតិកម្ម

→ H_0 ជាសម្មតិកម្មសូន្យ ។ ឧទាហរណ៍ : វាគ្មានភាពខុសគ្នាជាអត្ថន័យ (Significant) រវាងទិន្នផលមធ្យមនៃពូជទាំងពីរ (μ_1, μ_2)

$H_0 (\mu_1 = \mu_2)$ ។ $Ho = X_2 - X_1 = 0$, $X_2 = X_1$

→ H_1 ជាសម្មតិកម្មជំរើស ។ ឧទាហរណ៍ : ទិន្នផលពូជទី 1 ត្រូវបានគេគិតថា ខុសគ្នា និង ខ្ពស់ជាងពូជទី 2 ដែលគេសរសេរ $H_1 (\mu_1 > \mu_2)$ ។ $H_1 = X_2 - X_1 \neq 0$, $X_2 \neq X_1$

- **វគ្គទី 2** : ការគណនាតម្លៃនៃលក្ខណៈក្បេត្រវិទ្យា X ។ ផ្អែកលើសម្មតិកម្មដែលបានលើកឡើងនឹងមាន ការជ្រើសរើសការសាកល្បង Test ។

ការធ្វើ Test គឺជាការគណនាតម្លៃនៃលក្ខណៈក្បេត្រវិទ្យា X របស់សំណាក ។

- **វគ្គទី 3** : ការប្រៀបធៀបលទ្ធផលដែលបានគណនាទៅនឹងតម្លៃជាទ្រឹស្តីក្នុងតារាង។

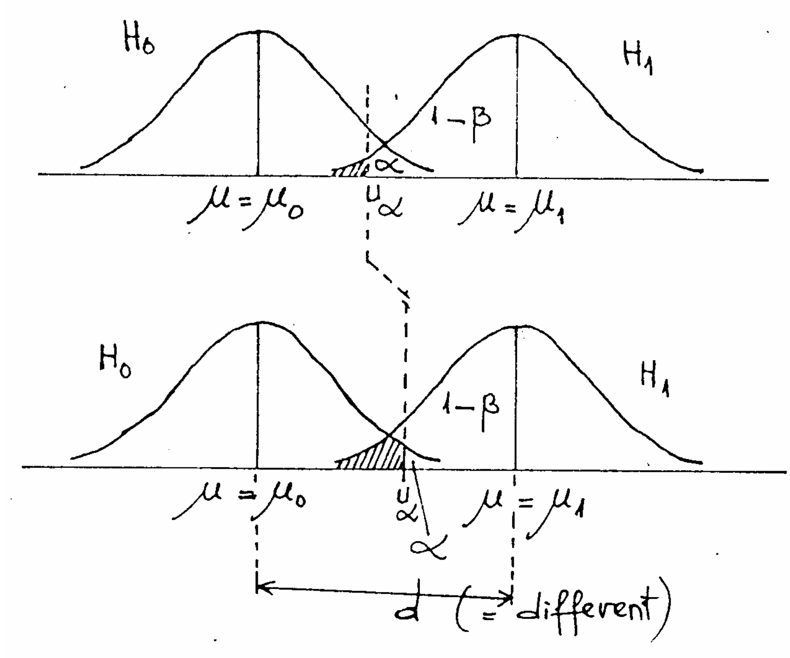
ក្នុងការសាកល្បងជាច្រើន គេមាន :

→ កាលណាលទ្ធផលដែលបានគណនា ≤ តម្លៃក្នុងតារាង → ការអះអាងយក H_0 ដែលមានន័យថា គ្មានភាពខុសគ្នាជា អត្ថន័យរវាងសំណាកទាំងពីរ ។

→ កាលណាលទ្ធផលដែលបានគណនា > តម្លៃក្នុងតារាង → ការអះអាងយក H_1 ដែលមានន័យថា មានភាពខុសគ្នាជា អត្ថន័យ (Significant) រវាងសំណាកទាំងពីរ ។

ដូច្នេះ ការសំរេចយក H_0 ឬ H_1 វាអាស្រ័យលើពិតមាននៃតម្លៃរបស់សំណាក។

៤. ការប្រៀបធៀបសំណាកពីរ (Comparison of Two Samples)



ទំនាក់ទំនងរវាងសំណាក ទី១ និង ទី២ (α **និង** β)

តាមទ្រឹស្តីរបស់លោក NEYMAN និង PEASON ការធ្វើ Test មួយគួរជ្រើសរើសឱ្យមានផ្ទៃកវិះគិត ដែលអាចធ្វើការបកស្រាយសម្មតិកម្មបាន។ បើសិនជាគេជ្រើសរើស α កាន់តែតូច នោះភាពខុសគ្នានៃសំណាក ទី 2 (β) កាន់តែធំ ។ ការបែងចែកវ៉ារីយ៉ាបចៃដន្យ X ដូចរូបខាងលើនេះ គឺជាការបែងចែកធម្មតា ។
វ៉ារីយ៉ាបចៃដន្យ X ដែលបែងចែកមានតម្លៃមធ្យមគឺៈ

$H_0 : \mu = \mu_0$

$H_1 : \mu = \mu_1$

ក្នុងរូបខាងលើ ផ្ទៃកបដិសេធ គឺផ្ទៃខាងស្តាំអ័ក្សកូអ័រដោណេ (Ordianate) ត្រង់ចំណុច u_α បើជ្រើសរើសយក α=0.05 (៥%) ។ ខ្សែកោងទាំងពីរកាត់គ្នាត្រង់ផ្ទៃដែលគូស = β កាលណា α កាន់តែតូច ដែល α = 0.01 នោះអ័ក្ស កូអ័រដោណេ (Ordinate) ត្រង់ u_α ត្រូវរំកិលទៅស្តាំ ដែលធ្វើឱ្យផ្ទៃ β ធំជាងមុន ។

បើសិនជា μ_1 រំកិលទៅរក μ_0 នោះផ្ទៃ β កើនរហូតដល់កំរិតអតិបរមា $1 - \alpha$ ដែលជាផ្ទៃនៅក្រោម H_0 ។ ដល់កំរិតអតិបរមានេះ ការបែងចែកទិន្នន័យនៃសំណាកទាំងពីរនឹងត្រួតលើគ្នា ។ យើងមាន :

- $\overline{x_1} - \overline{x_2}$ = d (different) : គឺជាតម្លៃខុសគ្នានៃមធ្យមរបស់សំណាកពីរ
- $S_{x1 - x2} = S_d$: គឺជាលំអៀងសំណាក (Standard Error)របស់តម្លៃខុសគ្នារវាងមធ្យមពីរនៃ សំណាក (S_d : Standard error of a treatment difference between two sample means).

- ការប្រៀបធៀបតម្លៃមធ្យមពីរ គឺការសាកល្បងមើលភាពខុសគ្នានៃតម្លៃមធ្យមតាមរយៈការធ្វើ T-Test (Student Test) ដែលសិក្សាចងក្រងដោយលោក W.S. Gosset (1876-1937).

  ចំណែកវ៉ារីយ៉ង់ (Variance) នៃតម្លៃលក្ខណៈក្សេត្រវិទ្យារបស់សំណាកពីរ គេអាចសន្និដ្ឋានតាមរយៈការសាកល្បង F-Test (Fisher Test) ដែលសិក្សាចងក្រងដោយលោក R.A.Fisher (1876-1937).

- ទំហំសំណាក (Sample Size) n គឺជាចំនួនសំណាកក្នុងក្រុមទិន្នន័យនីមួយៗ។ ក្នុងការសាកល្បង T Test ទំហំសំណាកតិច ឬច្រើនពុំមានឥទ្ធិពលអ្វីសំខាន់ទេ ប្រសិទ្ធិភាពមានដូចគ្នា។ ចំនួនសំណាកត្រូវមាន:

  ១. សំណាកមានចំនួនតិចជាង ៣០ (Small sample size: $n_1 < 30$, $n_2 < 30$)

  ២. សំណាកមានចំនួនច្រើនជាង ឬ ស្មើ៣០ (Large sample size: $n_1 \geqq 30$, $n_2 \geqq 30$)

លោក Christian La Brouse បានសរសេរថា “វាជាកំហុសហើយ បើយល់ឃើញថាក្នុងការសាកល្បងស្ថិតិ ចំនួនសំណាកតូចបង្កឱ្យខ្វះប្រសិទ្ធិភាព (ឥទ្ធិពល)” (ទា នាង ២០០២)។

<u>ការពិនិត្យមើលភាពខុសគ្នានៃតម្លៃមធ្យមតាមរយៈការធ្វើ</u> <u>T-test</u> :

$$t = \frac{x_1 - x_2}{S_d} = \frac{d}{S_d}$$

<u>ឧទាហរណ៍ទី 1</u> : ប្រៀបធៀបសំណាកពីរ (រវាងពងមាន់ក្នុងមួយអាទិត្យរបស់ក្រុមមេមាន់ពូជ A និងក្រុមមេមាន់ពូជ B) ដែលមានទិន្នន័យដូចក្នុងតារាងខាងក្រោម:

<u>ដោះស្រាយ</u> : ① d

② S_d

n_i	A	D	B
1	6	–1	7
2	7	3	4
3	5	0	5
4	6	1	5
5	7	3	4
6	6	1	5
7	5	–2	7
8	6	0	6
9	6	2	4
10	7	2	5
	$\sum x_1 = 61$		$\sum x_2 = 52$

$$x_1 = \frac{\sum x_1}{n} = \frac{61}{10} = 6.1 \text{ ស៊ុត}$$

$$x_2 = \frac{\sum x_2}{n} = \frac{52}{10} = 5.2 \text{ ស៊ុត}$$

វិធីទី 1 : ប្រើសំរាប់ប៉ាន់ស្មានលំអៀងគំរូ នៃតម្លៃខុសគ្នារវាងមធ្យមរបស់សំណាកធំពីរ (for estimating the standard error of the difference between the means of two larges samples).

$$S_d = \sqrt{S_{X1}^{\,2} + S_{X2}^{\,2}}$$

វិធីទី 2 : ដោយសារគេមាន $S_{X1} = \frac{S}{\sqrt{n}} \rightarrow S_{X1} = \sqrt{\frac{S^2}{n}}$

គេអាចគណនាលំអៀងគំរូ នៃតម្លៃខុសគ្នារវាងមធ្យមពីររបស់សំណាកដែលមានចំនួនខុសគ្នា តាម

$$S_d = \sqrt{\frac{S_1^{\,2}}{n_1} + \frac{S_2^{\,2}}{n_2}}$$

បើសិនជាយើងមាន : S^2 រួមគ្នា និង ទំហំសំណាក $n_1 = n_2$

$$S_d = \sqrt{\frac{2S^2}{n}}$$

$$S^2 = \frac{\sum x_1^{\,2} - \frac{(\sum x_1)^2}{n_1} + \sum x_2^{\,2} - \frac{(\sum x_2)^2}{n_2}}{n_1 - 1 + n_2 - 1}$$

វិធីទី 3 : ប្រើសំរាប់ប៉ាន់ស្មានលំអៀងគំរូរបស់តម្លៃខុសគ្នា រវាងមធ្យមពីរនៃសំណាកពីរក្រុម <u>សំណាកគូរ</u> ដែលជាការរៀបចំជាគូនៃតម្លៃរបស់សំណាកទាំងពីរ ។

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum d^2 - \frac{(\sum d)^2}{n}}{n(n-1)}}$$

n = ចំនួននៃគូ តាមឧទាហរណ៍ខាងលើ n = 10   ព្រោះមាន 10 គូ

តាមឧទាហរណ៍ខាងលើ :

d	d^2
~~1~~	1
3	9
0	0
~~1~~	1
3	9
1	1
~~–2~~	4
0	0
~~2~~	4
2	4
$\sum d = 9$	$\sum d^2 = 33$

$$\rightarrow d = \frac{\sum d}{n} = \frac{9}{10} = 0.9$$

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum d^2 - \frac{(\sum d)^2}{n}}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{33 - \frac{9^2}{10}}{10(10-1)}} = \sqrt{\frac{33 - 8.1}{90}} = \sqrt{\frac{24.9}{90}} = \sqrt{0.2767 = 0.53}$$

$$t = \frac{d}{S_d} = \frac{0.9}{0.53} = 1.7$$

តាមតារាងបែងចែក T យើងបាន $t_{តារាង}$ (DF = 9, α = 0.05) = 2.26

យើងបាន $t_{គណនា} < t_{តារាង}$ (DF = 9, α = 0.05) ដែល 1.7 < 2.26

ដូច្នេះយើងអាចសន្និដ្ឋានថា (បកស្រាយ) : ការអះអាងយក H_0 ។ រវាងមេមាន់ទាំងពីរក្រុមពូជ A និងក្រុមពូជ B គ្មានភាពខុសគ្នាជាអត្ថន័យ (significant) ក្នុងប្រៀបធៀបទិន្នផលស៊ុតឡើយ ។ ឬ ដោយសារតំលៃ $t_{គណនា}$ តូចជាងតំលៃ < t នៅក្នុងតារាង នោះភាពខុសគ្នានៃទិន្នផលស៊ុតនៃពូជមាន់ទាំងពីរ ពុំអាចជឿជាក់បានក្នុងកំរិត 95 % បានឡើយ ។

ការគណនាតាមវិធីទី 2 :

x_1	x_1^2	x_2	x_2^2
6	36	7	49
7	49	4	16
5	25	5	25
6	36	5	25
7	49	4	16
6	36	5	25
5	25	7	49
6	36	6	36
6	36	4	16
7	49	5	25
$\sum x_1 = 61$	$\sum x_1^2 = 377$	$\sum x_2 = 52$	$\sum x_2^2 = 282$

$$S^2 = \frac{\sum x_1^2 - \frac{(\sum x_1)^2}{n_1} + \sum x_2^2 - \frac{(\sum x_2)^2}{n_2}}{n_1 - 1 + n_2 - 1}$$

$$S^2 = \frac{377 - \frac{61^2}{10} + 282 - \frac{52^2}{10}}{10 - 1 + 10 - 1} = \frac{377 - 372.1 + 282 - 270.4}{18} = \frac{16.5}{18} = 0.9$$

$$S_d = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 * 0.9}{10}} = \sqrt{0.18} = 0.4243$$

$$t = \frac{d}{S_d} = \frac{0.9}{0.4243} = 2.12$$

យើងបាន $t_{គណនា} = 2.12 > t_{តារាង}$ (DF = 18, α = 0.05) = 2.10

$$t_{Calcul} = 2.12 \succ t_{Table}(DF = 18, \alpha = 0.05) = 2.10$$

<u>ឧទាហរណ៍ទី 2</u> : គេចង់ដឹងថា តើរវាងទិន្នផលមធ្យមនៃពូជទាំងពីររបស់ strawberry ដែលត្រូវយកទៅដាំនោះខុសគ្នាឬទេ ? ដូចនេះគេត្រូវធ្វើពិសោធន៍ទៅលើសំណាកនៃពូជទាំងពីរ ។ ទំហំសំណាកនៃពូជទាំងពីរមានពុំស្មើគ្នាឡើយ ។

យើងកំណត់ថា :	$H_0 : \mu_1 = \mu_2$	
	$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$ (អានថា : ទិន្នផលមធ្យមនៃពូជទី 1 និងទី 2 ខុសគ្នា)	
x_1 = 87.2 dt/ha,	S_1^2 = 36.15,	n_1 = 12
x_2 = 80.2 dt/ha,	S_2^2 = 47.50,	n_2 = 10

ទិន្នផលមធ្យមនៃពូជ " Strawberry " ទាំងពីរត្រូវបានពិនិត្យមើលដោយការសាកល្បងធ្វើ T-test.

យើងមាន : $t = \dfrac{d}{Sd}$

$d = x_1 - x_2 = 87.2 - 80.2 = 7$

$$Sd = \sqrt{\frac{S^2}{n_1} + \frac{S^2}{n_2}} = \sqrt{S^2\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)} = S\sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}$$

$Sd = S\sqrt{\dfrac{n_1 + n_2}{n_1 n_2}}$ (ចំណាំគេអាចជំនួសបានដោយ $S_d = \sqrt{\dfrac{36.15}{12} + \dfrac{47.50}{10}}$) (**របៀបទី១**)

យើងមាន : $S^2 = \dfrac{\sum x^2 - \dfrac{(\sum x)^2}{n}}{n - 1} \rightarrow S^2(n-1) = \sum x^2 - \dfrac{(\sum x)^2}{n}$

អាចសរសេរ : $$S_1^2 (n_1 - 1) = \sum x_1^2 - \frac{(\sum x_1)^2}{n_1}$$

$$S_2^2 (n_2 - 1) = \sum x_2^2 - \frac{(\sum x_2)^2}{n_2}$$

$$S_1^2 (n_1 - 1) + S_2^2 (n_2 - 1) = \sum x_1^2 - \frac{(\sum x_1)^2}{n_1} + \sum x_2^2 - \frac{(\sum x_2)^2}{n_2}$$

យើងមាន : $$S^2 = \frac{\sum x_1^2 - \frac{(\sum x_1)^2}{n_1} + \sum x_2^2 - \frac{(\sum x_2)^2}{n_2}}{n_1 - 1 + n_2 - 1}$$

$$S^2 = \frac{S_1^2 (n_1 - 1) + S_2^2 (n_2 - 1)}{n_1 - 1 + n_2 - 1} = \frac{36.15\ (12 - 1) + 47.50\ (10 - 1)}{12 - 1 + 10 - 1}$$

$$= \frac{397.65 + 427.5}{20} = 41.26$$

$$S = 6.42$$

(របៀបទី២)

$$t = \frac{d}{Sd} = d\ \frac{1}{S} \sqrt{\frac{n_1 n_2}{n1 + n_2}} = 7\ \frac{1}{6.42} \sqrt{\frac{12\ .\ 10}{12 + 10}} = 1.09 \times 2.34 \rightarrow \underline{t = 2.55}$$

យើងមាន $t_{\text{តារាង}}$ (DF = $n_1 + n_2 - 2$, α) = $t_{\text{តារាង}}$ (DF = 20, α = 0.05) = 2.09

យើងមាន $t_{\text{គណនា}} > t_{\text{តារាង}}$ → ការអះអាងយក H_1 មានន័យថា ពូជ "Strawberry" ទាំងពីរ មានទិន្នផលមធ្យមខុសគ្នាជា អត្ថន័យ (significant) ក្នុងកំរិតជឿជាក់ ៩៥ %។

ដូច្នេះ ពូជទី 1 ពិតជាមានទិន្នផលខ្ពស់ជាងពូជទី 2។

សំរាប់សម្មតិកម្ម variance (S^2) គឺ : $H_0 : \delta_1^2 = \delta_2^2$

$H_1 : \delta_1^2 \neq \delta_2^2$

គេត្រូវធ្វើ F-Test ដែល $\boxed{f = \frac{S_1^2}{S_2^2}}$ ។ ប៉ុន្តែ variance ដែលធំជាងគេត្រូវដាក់ជាភាគយកជានិច្ច ពីព្រោះ $S_1^2 > S_2^2$ ។

បើសិនជា $S_2^2 > S_1^2 \rightarrow \boxed{f = \frac{S_2^2}{S_1^2}}$

ក៏រិតសេរីភាព $\left.\begin{aligned} DF_1 &= n_1 - 1 \\ DF_2 &= n_2 - 1 \end{aligned}\right\} \rightarrow f_{\text{តារាង}} = f\,(DF_1, DF_2, \alpha)$

ឧទាហរណ៍ ក្នុងការសាកល្បងធ្វើ T-test ខាងលើ គេទាមទារឱ្យមានសមភាពនៃ variance $\delta_1^2 = \delta_2^2$ ។ ប៉ុន្តែ គេត្រូវពិនិត្យមើលដោយការសាកល្បងធ្វើ F-test ទៀតដែលមាន $H_0 : \delta_1^2 = \delta_2^2, \alpha = 0.05$

$$\left.\begin{aligned} S_1^2 &= 36.15 \\ S_2^2 &= 47.5 \end{aligned}\right\} \rightarrow \quad f = \frac{S_2^2}{S_1^2} = \frac{47.5}{36.15} = \underline{\mathbf{1.31}}$$

ដោយសារ $S_2^2 > S_1^2$

$f_{\text{តារាង}}\ (\underline{DF_2}, DF_1, \alpha) = f\,(9, 11, \alpha = 0.05) = \underline{\mathbf{2.90}}$

→ សរសេរ ខាងមុខ ចំពោះក៏រិតសេរីភាពរបស់ S_2^2 ដែលធំជាង

$f_{\text{គណនា}} < f_{\text{តារាង}} \rightarrow$ ការអះអាងយក H_0, ទិន្នផល Erdbeere ទាំងពីរពូជមាន variance ពុំខុសគ្នា ក្នុងក៏រិតជឿជាក់ 95 % ទេ ។

ឧ.ទី៣: ការប្រៀបធៀបមធ្យមរបស់សំណាកពីរក្រុម សំណាកគូ

ការពិសោធន៍ដែលមានប្រើបច្ច័យពីរគឺ:

- បច្ច័យទី១ ជាបច្ច័យកសិណ
- បច្ច័យទី២ ប្រើប្រាស់ជាបច្ច័យប្រៀបធៀប ក្នុងគោលបំណងរុករកប្រសិទ្ធិភាពរវាងពូជ ឬរូបមន្តចាស់ និងថ្មី ឬ...............តើមួយណាប្រសើរជាង ? ។

លក្ខណ:ពិសេសនៃការពិសោធន៍នេះគឺ កូនស្រែ ឬទ្រុងសត្វស្ថិតជាប់គ្នាជាគូ ដើម្បីសង្កេតជាគូ ។

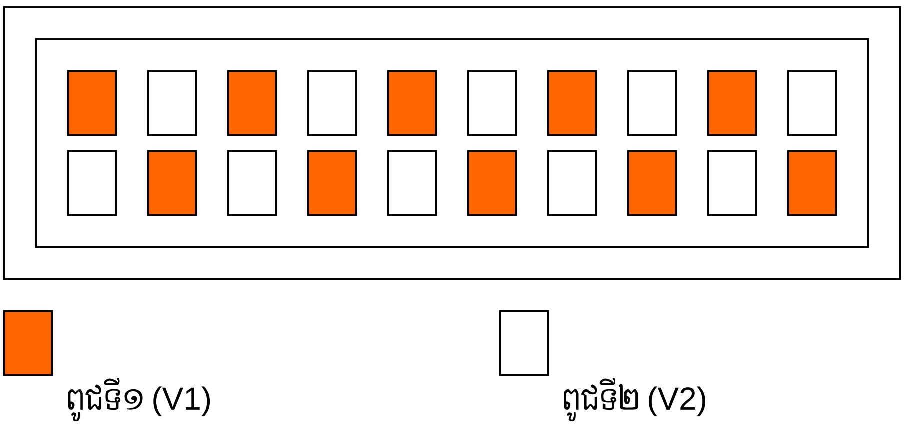
ឧ. ការពិសោធន៍ពូជ ឬចំណីរសត្វ ដូចជាពូជជ្រូក១ ផ្តល់ចំណីរ២បែបខុសគ្នា !

ឧ. ការពិសោធន៍ពូជស្រូវពីរ ក្នុងរដូវដាំដុះឆ្នាំ ១៩៨៤!

- ពូជទី១ (V_1) ជាពូជធ្លាប់មានគេចូលចិត្ត ដោយសារ ទិន្នផលខ្ពស់ អង្ករល្អ បាយឆ្ងាញ់ (ពូជម៉ិញទន់) ។
- ពូជទី២ (V1) ជាពូជរើសថ្មី មានទិន្នផលខ្ពស់ បាយឆ្ងាញ់ដូចគ្នា ប៉ុន្តែអង្ករមានគ្រាប់តូចបន្តិច (ពូជទួលសំរោង ២) ។

គេពិសោធន៍ដោយប្រើប្រាស់ពូជទី១ ជាពូជកសិណ និងពូជទី២ ជាពូជបច្ច័យ ដែលការងារដាំដុះ និងថែរក្សាដូចគ្នាទាំងអស់ ។ ប្លង់ពិសោធន៍តាមវិធីកូនស្រែភ្លោះមានដូចក្នុងគំនូរខាងក្រោម:

កូនស្រែភ្លោះជាប្រព័ន្ធ (Systematic twin-plots)



ការស្រង់ទិន្នន័យ: ក្រោយពីការច្រូតកាត់-បោកបែន ហាល និងសំរួលសំណើមឱ្យមកនៅ ១៤%

ទិន្នផលរបស់ពូជស្រូវនីមួយៗមានដូចខាងក្រោម:

តារាង :ទិន្នផលស្រូវ (ត/ហ.ត)

សំណាក	V2 (X_2)	V1 (X_1)
1	4.93	4.50
2	4.86	4.12
3	4.79	4.18
4	4.56	4.55
5	4.65	4.70
6	4.91	4.52
7	4.85	4.60
8	4.75	4.00
9	4.89	4.30
10	4.81	4.13
n=10	$\sum X_2 = 48.00$ X2= 4.80 X2 – X1= d = 0.44 t/ha	$\sum X_1 = 43.60$ X1= 4.36

វិធីសាកល្បង t (computation of t-value):

សំរាប់ករណីសំណាកគូដូចខាងលើ រូបមន្ត t ដែល $\mathbf{t = \frac{d}{S_d}}$

d = ភាពខុសគ្នារវាងមធ្យម X_2 និង X_1

$$\mathbf{d} = \sum(X_2 - X_1)/10 = \frac{48.00 - 43.60}{10} = 0.44 \text{ t/ha}$$

S_d = លំអៀងគំរូរបស់តម្លៃខុសគ្នា រវាងទិន្នន័យសំណាកគូ ដូចមានក្នុងរូបមន្តខាងក្រោម

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum(X_2 - X_1)^2 - \sum(X_2 - X_1)^2 / n}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{\sum d - (\sum d_2)^2 / n}{n(n-1)}}$$

តារាង សំរាប់គណនាតម្លៃ t (table for t calculation)

សំណាក	ទិន្នផល (ត/ហ.ត)		លើសគ្នា (ត/ហ.ត)	$(X_2 – X_1)$
Sample No	**V_2 (X_2)**	**V_1 (X_1)**	**X_2-X_1=d**	**d^2**
1	4.93	4.50	0.43	0.1849
2	4.86	4.12	0.74	0.5476
3	4.79	4.18	0.61	0.3721
4	4.56	4.55	0.01	0.0001
5	4.65	4.70	0.05	0.0025
6	4.91	4.52	0.39	0.1521
7	4.85	4.60	0.25	0.0625
8	4.75	4.00	0.75	0.5625
9	4.89	4.30	0.59	0.3481
10	4.81	4.13	0.68	0.4624
n=10	$\sum X_2$ = 48.00	$\sum X_1$= 43.60	$\sum$ d= 4.40	$\sum d^2$= 2.6948
	X2= 4.80	X1= 4.36	d= 0.44	

$$t = \frac{d}{S_d} = \frac{0.44}{\sqrt{\dfrac{2.6948 – (4.4)^2/10}{10(10-1)}}} = 4.888$$

ក៏រិតសេរីភាពរបស់សំណាកគូ (degree of freedom for paired observation) ។

DF= (10-1)= 9,

$t_{5\%}$= 2.262 , $t_{1\%}$= 3.250

ការពិសោធន៍នេះមានអត្ថន័យរក្សាទុកសម្មតិកម្មសូន្យបាន ១% និងសម្មតិកម្មជំរើស ៩៩% ។ ដូច្នេះ

t = 4.888 **

យើងអាចព្យាករណ៍ចន្លោះទុកចិត្តរបស់ទិន្នផលខុសគ្នា រវាងពូជទាំងពីរ ដូចមានរូបមន្តខាងក្រោម:

$L = d \pm t_{5\%} * Sd$

- ព្យាករណ៍ក្នុងអត្ថន័យ ៥% (predictedat 5% level)

$L_{5\%}$ = 0.44 $\pm$ (2.262 x 0.09) = 0.44 $\pm$ 0.20 t/ha

អប្បបរមា = ០.៤៤ - ០.២០ = ០.២៤ ត/ហ.ត

អតិបរមា = ០.៤៤ + ០.២០ =០.៦៤ ត/ហ.ត

០.២៤ ត/ហ.ត ---------------------០.៦៤ ត/ហ.ត

- ព្យាករណ៍ក្នុងអត្ថន័យ ១% (predictedat 1% level)

$L_{1\%}$ = 0.44 $\pm$ (3.25 x 0.09) = 0.44 $\pm$ 0.29 t/ha

អប្បបរមា = ០.៤៤ - ០.២៩ = ០.១៥ ត/ហ.ត

អតិបរមា = ០.៤៤ + ០.២៩ = ០.៧៣ ត/ហ.ត

០.១៥ ត/ហ.ត --------------------- ០.៧៣ ត/ហ.ត

ខ. ការប្រៀបធៀបមធ្យមរបស់សំណាកពីរក្រុម សំណាកមិនគូរ និង វ៉ារីយ៉ង់ ($\sigma^២$) ស្មើគ្នា

(Comparison of 2 sample means, unpaired samples, equal variances):

នេះជាការស្រង់សំណាកចេញពីប្រជាករពីរគឺ (P_1) និង (P_2) ដែលសន្មតថាមានវ៉ារីយ៉ង់ស្មើគ្នា ($\sigma_១^២ = \sigma_២^២ = \sigma^២$) ។ គោលបំណងនៃការស្រង់សំណាកលើប្រជាករទាំងពីរ គឺចង់វិភាគថា តើយើងរក្សាទុកសម្មតិកម្មមួយណារវាង សម្មតិកម្មសូន្យ (**H0**) ឬ សម្មតិកម្មជំរើស (**H1**) ? ។

តារាង បំរាប់ពីការសាកល្បងតំលៃ t, សំណាកមិនគូរ តែមានវ៉ារីយ៉ង់ស្មើគ្នា

ផ្នែក	បំរាប់ទិន្នន័យ	សាកល្បងសម្មតិកម្ម
ប្រជាករ វ៉ារីយ៉ង់	P_1 និង P_2 $\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma^2$	$H_o = x_1 - x_2 = 0$ $H_1 = x_1 - x_2 \neq 0$
សំណាក មធ្យម ចំនួនសំណាក	X_1 X_2 $\overline{x_1}$ $\overline{x_2}$ $n_1 \neq n_2$, $n_1 = n_2$	ក្រោយពីការវិភាគទិន្នន័យ តើសម្មតិកម្មមួយណាគួរបានទទួលយក? (After data analysis, which hypothesis should be accepted?)

ការសាកល្បងតំលៃ t ប្រភេទនេះមានពីរករណី ដែលអាស្រ័យលើចំនួនសំណាក

ករណីទី១: សំណាកមានចំនួនខុសគ្នា ($n_1 \neq n_2$)

សំរាប់ករណីនេះ យើងមានរូបមន្ត

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{S_{X1-X2}} = \frac{d}{S_d}$$

$$S_d = \sqrt{S^2 \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}} = \sqrt{S^2 \left(\frac{n_1 + n_2}{n_1 \cdot n_2} \right)}$$

ក្នុងនោះមាន:

S_2 = វ៉ារីយ៉ង់រួមគ្នារបស់សំណាក ដែលស្រង់ចេញពីប្រជាករ P_1 និង P_2

n_1 និង n_2 = ចំនួនសំណាករបស់ (P_1) និង (P_2)

ឧ. យើងបានធ្វើការស្រង់ទិន្នន័យសំណាក ដើម្បីប៉ាន់ស្មានផលិផលស្រូវក្នុងរដូវវស្សា ១៩៩៧-៩៨។ ទិន្នផល មធ្យម (ត/ហ.ត) ក្នុងស្រុកនិមួយៗនៃខេត្តពីរគឺ បាត់ដំបង និង បន្ទាយមានជ័យត្រូវបានស្រង់ដោយលើកជាសំណួរថា តើខេត្តទាំងពីរនេះមានទិន្នផលស្រូវមធ្យមស្មើគ្នា ឬខុសគ្នា? បើស្មើគ្នាយើងរក្សាទុក H_0 ប្រសិនបើខុសគ្នាយើងទាត់ចោល H_0។

តារាង ទិន្នផលស្រូវ (ត/ហ.ត) ក្នុងខេត្តបាត់ដំបង និង បន្ទាយមានជ័យ

សំណាក	**បាត់ដំបង (X_1)**	**បន្ទាយមានជ័យ (X_2)**
1	1.79	1.00
2	1.36	1.57
3	1.63	1.18
4	1.44	1.27
5	1.58	1.07
6	1.59	1.11
7	1.97	1.47
8	1.94	1.25
9	-	2.00
	n=8 $\sum X_1$ = 13.30 X_1= 1.66	n=9 $\sum X_2$= 11.92 X_2= 1.32
	$X_2 - X_1$= d = 0.34 t/ha	

<u>ជំហ៊ាននៃការគណនាតំលៃ **t**</u>

១. តំលៃខុសគ្នារវាងទិន្នផលមធ្យមរបស់ខេត្ត

$$\bar{x}_2 - \bar{x}_1 = d \; = 1.66 - 1.32 = 0.34..t/ha$$

២. សរុបការ៉េ របស់ទិន្នន័យទាំងពីរខេត្ត

សរុបការ៉េ របស់ទិន្នន័យក្នុងខេត្តបាត់ដំបង

$$SS_{X1} = \sum x_1^{\ 2} - \frac{(\sum x_1)^2}{n_1} = [1.79^2 + 1.36^2 + \dots\dots + 1.94^2] - \frac{13.30^2}{8}$$

$$SS_{X1} = 22.4532 - 22.1113 = 0.3420$$

សរុបការ៉េ របស់ទិន្នន័យក្នុងខេត្ត បន្ទាយមានជ័យ

$$SS_{X2} = \sum x_2^{\ 2} - \frac{(\sum x_2)^2}{n_2} = [1.00^2 + 1.57^2 + \dots\dots + 2.00^2] - \frac{11.92^2}{9}$$

$$SS_{X2} = 16.5706 - 15.7874 = 0.7832$$

៣. សរុបវ៉ារីយ៉ង់ ឬ វ៉ារីយ៉ង់រួមទាំងពីរខេត្ត

$$S^2 = \frac{SS_{X1} + SS_{X2}}{n_1 - 1 + n_2 - 1} = \frac{0.3420 + 0.7832}{(8-1)+(9-1)} = \frac{1.174}{15} = 0.08$$

៤. លំអៀងគំរូ របស់តំលៃខុសគ្នារវាងមធ្យមពីរ

$$S_d = \sqrt{S^2 \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}} = \sqrt{S^2\left(\frac{n_1 + n_2}{n_1 \cdot n_2}\right)} = \sqrt{0.08\frac{8+9}{72}} = 0.14..t/ha$$

គណនាតំលៃ t តាមរូបមន្ត: $t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{S_{X1-X2}} = \frac{d}{S_d} = \frac{0.34}{0.14} = 2.429$

៦. ក៏រិតសេរីភាពសំរាប់ $n_1 \neq n_2 = (n_1 - 1 + n_2 - 1), DF = (8-1+9-1) = 15$

៧. ស្រង់តំលៃ t ចេញពីតារាង $DF = 15, t_{5\%} = 2.131, t_{1\%} = 2.947$

៨. ការសន្និដ្ឋានតាមស្ថិតិវិទ្យា

- តំរៀបតំលៃ t តាមទំហំរបស់តំលៃពីឆ្វេងទៅស្តាំ $t_{5\%} = 2.131 \prec t_{Cal.} = 2.429 \prec t_{1\%} = 2.947$

- ក្រោយពីការប្រៀបធៀប យើងពិនិត្យឃើញថា តំលៃ $t_{គណនា}$ ធំជាងតំលៃ $t_{5\%} = 2.131$ ប៉ុន្តែតូចជាង $t_{1\%} = 2.947$ ។ ហេតុនេះយើងត្រូវសន្និដ្ឋានថា យើងរក្សាទុកសម្មតិកម្មសូន្យ (H_o) បាន ៥% ។ $\boxed{t_{cal.} = 2.429^*}$

- ទិន្នផលមធ្យមក្នុងខេត្តបាត់ដំបង មិនស្មើគ្នានឹងខេត្តបន្ទាយមានជ័យទេ ក្នុង១០០ ករណីមានតែ៥ ករណីទេដែលអាចស្មើបាន ។

៩. ចន្លោះទុកចិត្តព្យាករណ៍ក្នុងកំរិតជាក់លាក់ ៥% គឺ

$$L_{5\%} = (\overline{x}_2 - \overline{x}_1) \pm t_{5\%} * S_d = 0.34 \pm 2.131 * 0.14$$
$$L_{5\%} = 0.34 \pm 0.30..t/ha$$

អប្បបរមា: 0.34 - 0.30 = 0.04 t/ha

អតិបរមា: 0.34 + 0.30 = 0.64 t/ha

$$0.04..t/ha \leftrightarrow 0.64..t/ha$$

ទិន្នផលមធ្យមរបស់ខេត្តបាត់ដំបង លើសខេត្តបន្ទាយមានជ័យ ព្យាករណ៍ក្នុងកំរិត ៥% ប្រែប្រួលក្នុង ចន្លោះទុកចិត្តពី ៤០ គ.ក្រ ទៅ ៦៤០ គ.ក្រ ។

ករណីទី២: សំណាកមានចំនួនស្មើគ្នា ($n_1 = n_2$)

ការប្រៀបធៀបមធ្យមរបស់សំណាកពីរក្រុម ដែលមានប្រភពនៃការកត់ត្រាផ្សេងគ្នា (មិនគូរ) និងមានវ៉ារីយ៉ង់ (σ^2) ស្មើគ្នា ($\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma^2$) ក្នុងករណីទី ២នេះគឺ ($n_1 = n_2$) រូបមន្តតម្លៃ t មានទម្រង់ទ្រាយដូចក្នុងករណីទី១ ដែលមានចំនួនសំណាកមិនស្មើ ($n_1 \neq n_2$) ។ ការសាកល្បងតំលៃ t :

$$t = \frac{\overline{x}_1 - \overline{x}_2}{S_{X1-X2}} = \frac{d}{S_d}$$

$$S_d = \sqrt{\frac{2S^2}{n}}$$

ក្នុងនោះមាន

S_2 = វ៉ារីយ៉ង់រួមគ្នារបស់សំណាក ទាំងពីរក្រុម X_1 និង X_2

ឧ. ក្នុងការបំប៉ន់ចំណើរដល់មេគោជំទង់ (ពូជ Holstein) ដោយប្រើរូបមន្តចំណីរពីរយ៉ាងក្នុងទ្រុងផ្សេងគ្នា

- ចំណើរទី១ (X_1) ជាអាហារធម្មតា ជាកសិណ
- ចំណើរទី២ (X_2) ជាអាហារធម្មតា បន្ថែមវីតាមីន A
- មួយរយៈពេលក្រោយមក យើងថ្លឹងទំងន់មេគោជំទង់ ដែលទទួលចំណើរខុសគ្នា ដូចមានក្នុងតារាងខាងក្រោម ។
- តើ យើងរក្សាទុកសម្មតិកម្មសូន្យ H_0 ប៉ុន្មាន% និង សម្មតិកម្មសូន្យ H_1 ប៉ុន្មាន% ។

តារាង កំណើនទំងន់ របស់មេគោ (pound)

សំណាក	**អាហារធម្មតា (X_1)**	**អាហារធម្មតា + Vitamin A (X_2)**
1	175	142
2	132	311
3	218	337
4	151	262
5	200	302
6	219	195
7	234	253
8	149	199
9	187	236
10	123	216
11	248	211
12	206	176

13	179	249
14	206	214
	$\sum X_1 = 2627$ $\overline{x_1} = 187.6$	$\sum X_2 = 3303$ $\overline{x_2} = 235.9$
	$n_1 = n_2 = n = 14$	
	$\overline{x_2} - \overline{x_1} = d = 235.9 - 187.6 = 48.3$	

ជំហ៊ានៃនការគណនាតំលៃ **t** មាន

១. តំលៃខុសគ្នារវាងទំងន់មធ្យម

$$\overline{x_2} - \overline{x_1} = d = 235.9 - 187.6 = 48.3.t/ha$$

២. សរុបការ៉េ របស់សំណាកទាំងពីរក្រុម

$$SS_{X1} = \sum x_1^2 - \frac{(\sum x_1)^2}{n_1} = [175^2 + 132^2 + \dots\dots\dots + 206^2] - \frac{2627^2}{14}$$

$$SS_{X1} = 511807 - 492937.78 = 18869.22$$

$$SS_{X2} = \sum x_2^2 - \frac{(\sum x_2)^2}{n_2} = [142^2 + 311^2 + \dots\dots\dots + 214^2] - \frac{3303^2}{14}$$

$$SS_{X2} = 817583 - 77927.07 = 38310.93$$

៣. វ៉ារីយ៉ង់រួមរបស់សំណាកទាំងពីរក្រុម

$$S^2 = \frac{SS_{X1} + SS_{X2}}{2(n-1)} = \frac{18869.22 + 38310.93}{2(14-1)} = \frac{57180.15}{26} = 2199.2365$$

៤. លំអៀងគំរូសមស្របទៅនឹងតំលៃខុសគ្នារវាងមធ្យមទាំងពីរ ($X_2 - X_1$)

$$S_d = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2(2199.2365)}{14}} = 17.73$$

៥. គណនាតំលៃ t តាមរូបមន្តៈ

$$t = \frac{\overline{x_1} - \overline{x_2}}{S_{X1-X2}} = \frac{d}{S_d} = \frac{48.3}{17.73} = 2.724$$

៦. កំរិតសេរីភាពសំរាប់ $n_1 = n_2 = DF = 2(n-1) = 2(14-1) = 26$

៧. ស្រង់តំលៃ t ចេញពីតារាង DF =26, $t_{5\%} = 2.056$, $t_{1\%} = 2.779$

៨. ការសន្និដ្ឋានតាមស្ថិតិ

- តំរៀបតំលៃ t តាមទំហំរបស់តំលៃពីឆ្វេងទៅស្តាំ $t_{5\%} = 2.056 \prec t_{Cal.} = 2.724 \prec t_{1\%} = 2.779$

- ក្រោយពីការប្រៀបធៀប យើងពិនិត្យឃើញថា តំលៃ $t_{គណនា}$ ធំជាងតំលៃ t ទ្រឹស្តី $t_{5\%} = 2.056$ ប៉ុន្តែតូចជាង $t_{1\%} = 2.779$ ។ ហេតុនេះយើងសន្និដ្ឋានថា អាហារមានបន្ថែមវីតាមីន A មានប្រសិទ្ធិភាពជាងអាហារធម្មតាក្នុងដោយអត្ថន័យ ៥% ។ $\boxed{\mathbf{t_{cal.} = 2.724\ *}}$

៩. ចន្លោះទុកចិត្តព្យាករណ៍ក្នុងកំរិតជាក់លាក់ ៥% គឺ

$$L_{5\%} = \left(\overline{x}_2 - \overline{x}_1\right) \pm t_{5\%} * S_d = 48.3 \pm 2.056 * 17.73$$
$$L_{5\%} = 48.3 \pm 36.45$$

អប្បបរមា: 48.3 – 36.45 = 11.85

អតិបរមា: 48.3 + 36.45 = 84.75

$\boxed{11.85\ \text{----------}\ 84.75}$

៥. ការប្រៀបធៀបការបែងចែកតាមទ្រឹស្តី និងភាពពិត (X^2 - test អានថា Chi carré -test)

ជាទូទៅ គេប្រើសំរាប់ធ្វើការសាកល្បង test លើលទ្ធផលនៃការបង្កាត់ពូជ រុក្ខជាតិ ឬសត្វ។ គឺជាការប្រៀបធៀប តម្លៃភាពញឹកញាប់តាមទ្រឹស្តី និងភាពញឹកញាប់ពិតនៃលក្ខណៈក្សេត្រវិទ្យា X ដែលលេចចេញមក ។

ឧទាហរណ៍ទី 1 : នៅជំនាន់ F_2 តាមទ្រឹស្តី Phänotyp មានផលធៀប :

1 : 2 : 1 (1 AA + 2 Aa + 1 aa) ចំពោះ Intermediar

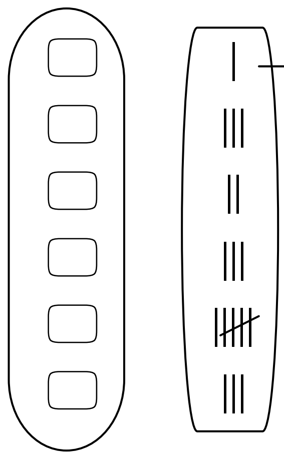
3 : 1 ឬ 1 : 3 ចំពោះលក្ខណៈលប់ (dominate)

ឧទាហរណ៍ទី 2 : នៅជំនាន់ F_2 នៃលក្ខណៈក្សេត្រវិទ្យាពីរដែលមានលក្ខណៈលប់ ។ គេបានតាមទ្រឹស្តី Phänotypes ។ ប៉ុន្តែបាតុភូតលក្ខណៈក្សេត្រវិទ្យាដែលលេចចេញមក អាចមានផលធៀបផ្សេងពីនេះ។

	កាម៉េតជំនាន់ F_1				
	AB	Ab	aB	ab	
AB	AABB x	AABb x	AaBB x	AaBb x	9 x
Ab	AABb x	AAbb ▫	AaBb x	Aabb ▫	3 ▫
aB	AaBB x	AaBb x	aaBB o	aaBb o	3 o
ab	AaBb x	Aabb ▫	aaBb o	aabb①	1 ①

ឧទាហរណ៍ទី 3 : ល្បែងបោះកូនអាប៉ោង

6 លទ្ធភាព



- ព្រឹត្តិការណ៍ (E) = 18
- Tabulation តាងឱ្យភាពញឹញាប់ (f) ដែលគេទទួលបាន ។

φi (អានថា fi) = ភាពញឹកញាប់ដែលគេរង់ចាំ

ជាទ្រឹស្តីដែលមានផលធៀប 1 : 1 : 1 : 1 : 1 : 1

→ 6 លទ្ធភាព

→ φi = 18:6 = 3

$$\chi^2 - Test : \chi^2 = \frac{(f-\varphi_i)^2}{\varphi_i}$$

$$\chi^2 = \sum \frac{(1-3)^2}{3} + \frac{(3-3)^2}{3} + \frac{(2-3)^2}{3} + \frac{(3-3)^2}{3} + \frac{(6-3)^2}{3} + \frac{(3-3)^2}{3}$$

$$..... = \frac{4}{3} + 0 + \frac{1}{3} + 0 + \frac{9}{3} + 0 = \frac{14}{3}$$

$$..... = 4.67$$

ក៏រិតសេរីភាព DF = ចំនួនលទ្ធភាព – 1

DF = 6 – 1 = 5

X^2 តារាង (DF = 5, α = 0.05) = 11.1

ដូច្នេះយើងបានX^2 គណនា$<X^2$ តារាង ។ ការបែងចែកលក្ខណៈគេ្យត្រវិទ្យាជាបាតុភូតស្ថិតនៅក្នុងទ្រឹស្តីដែលគេរង់ ចាំ ឬ គេចាត់ទុកថាលទ្ធផលដែលលេចចេញមក ដូចជាលទ្ធផលដែលគេរង់ចាំ។

χ^2 *test* សំរាប់ពិនិត្យមើលផលធៀបនៃលក្ខណៈបែកជំនាន់ទី 2 (F_2) ដែលឪពុក-ម្តាយ (Parents) ជា Homogenity ។ ដើម្បីឱ្យដឹងថា តើការបែងចែកលក្ខណៈសំគាល់ដែលទទួលបាននេះ សមស្របនឹង ផលធៀបលក្ខណៈបែកជាទ្រឹស្តីឬ ?

ឧទាហរណ៍ : នៅជំនាន់ F_2 គេទទួលបានផលធៀប គឺ 216 : 80 : 71 : 23

តាមទ្រឹស្តីផលធៀបលក្ខណៈសំគាល់ពីរ គឺ 9 : 3 : 3 : 1

	DD	DR	RD	RR	សរុប
លទ្ធផលទទួលបានគឺ (f)	216	80	71	23	390
ទ្រឹស្តី ឬរង់ចាំ (φi) 9 : 3 : 3 : 1	219.4	73.1	73.1	24.4	390
f – φI	– 3.4	+ 6.9	– 2.1	– 1.4	
(f – φi)^2	11.56	47.61	4.41	1.96	
(f – φi)^2 ---------- φI	0.05	0.65	0.06	0.08	

$$\chi^2 = \frac{(f-\varphi_i)^2}{\varphi_i} = 0.05 + 0.65 + 0.06 + 0.08 = 0.84$$

កំរិតសេរីភាព (DF) = ចំនួនលទ្ធភាព Phänotyp - 1 = 4 - 1 = 3

X^2 តារាង (DF = 3, α = 0.05) = 7.81

ដូច្នេះយើងបាន X^2 គណនា < X^2 តារាង ។ ការអះអាងយក H_0 មានន័យថា : លទ្ធផលដែលគេបានសង្កេតសមស្របដូចទ្រឹស្តីដែលគេរង់ចាំ ។ គេអាចសន្និដ្ឋានថា : មេបា (Parents) ជាពូជសុទ្ធ 100% ពីព្រោះដើម្បី ឱ្យ F_2 មានផលធៀប 9 : 3 : 3 : 1 លុះត្រាតែមេបាមានហ្សែនជា homogenous : AABB x aabb ។

6. ការអនុវត្តន៍ស្ថិតិវិទ្យាសំរាប់ប្លង់ពិសោធន៍

6.1. គោលការណ៍នៃការវិភាគ

រាល់ការថ្លឹងវាស់វែង និង កត់ត្រានូវលក្ខណៈផ្សេងៗ នៃបច្ច័យនិមួយៗក្នុងពិសោធន៍ វាបានបង្ហាញអោយឃើញយ៉ាងច្បាស់នូវភាពខុសនូវភាខុសគ្នារបស់លក្ខណៈរវាងបច្ច័យទាំងនោះ។ ថ្វីត្បិតដូចនេះក៏យើងមិនទាន់អាចសន្និដ្ឋានបាននៅឡើយ។ ពីព្រោះអ្វី?ពីព្រោះប្រហែលជាបច្ច័យទាំងនោះទទួលនូវការថែទាំ ឬដាំដុះនៅលើទីកន្លែងដែលមានឥទ្ធិពលខុសៗគ្នា។ ដូចនេះ ដើម្បីឱ្យការសន្និដ្ឋានរបស់យើងមានលក្ខណៈត្រឹមត្រូវយើងដាច់ខាតត្រូវតែប្រើប្រាស់នូវ ស្ថិតិវិទ្យា។

ស្ថិតិវិទ្យាត្រូវបានប្រើប្រាស់នូវក្បួនខុសៗគ្នាទៅតាមគោលបំណងនៃការពិសោធន៍និមួយៗ។ ដូច្នេះ គោលការណ៍នៃការវិភាគមាន :

១- បង្កើតតារាងទិន្នន័យគ្រឹះ

២- កំណត់និមិត្តសញ្ញា និង រូបមន្ត

៣- បង្កើតតារាងវិភាគ ANOVA

៤- ធ្វើការប្រៀបធៀបតម្លៃមធ្យមតាម LSD (Least Significant Difference Test)

៥- ធ្វើការប្រៀបធៀបតម្លៃមធ្យមតាម DMRT (Duncan’s Multiple Rang Test) ។

-ការបង្កើតនិមិត្តសញ្ញា និង រូបមន្តៈ

x .... តម្លៃសង្កេតនិមួយៗ (ទិន្នន័យ)

Tr .... បច្ច័យ

R .... សា

Tri ....បច្ច័យទី (Ex : i=1, i=2, i=3, i=4 and i=5)

Rj .... សារទី (Ex : j=1, j=2, j=3, and j=4)

SV .... ប្រភពបំរែបំរួល

∑ .... សរុប ឬ ផលបូក

TTr .... សរុបបច្ច័យ TTr = ∑ Trj (j = 4 ឬ ស្មើ r = 4)

MTr ..... មធ្យមបច្ច័យ MTr = TrT/t (t = 5 ឬ ស្មើ i = 5)

TR .... សរុបសារ TR = ∑ Xri (i = 5)

GT .... សរុបបច្ច័យទាំងអស់ GT = ∑ TTr

GM .... សរុបមធ្យមបច្ច័យទាំងអស់ GM = ∑ MTr

E .... លំអៀងពិសោធន៍

DF .... កំរិតសេរីភាព

DF_R .... កំរិតសេរីភាពនៃសា DF_R = r-១ = ៤-១ = ៣

DF_{Tr} កំរិតសេរីភាពបច្ច័យ DF_P = t-១ = ៥-១ = ៤

DF_E .... កំរិតសេរីភាពលំអៀងនៃពិសោធន៍ $DF_E = DF_R * DF_{Tr} = 3*4 = 12$

DF_T .... កំរិតសេរីភាពសរុប $DF_T = DF_R + DF_{Tr} + DF_E = 3+4+12=19$

CF .... កត្តាកំណែរ $CF = \frac{TG^{២}}{r * t} = \frac{(៥៥.៨)^{២}}{4*5}$ = ១៥៥. ៦៨

SS ....សរុបលំអៀងការ៉េ ឬ (ផលបូកការ៉េ)

SS_R ... សរុបការ៉េនៃសារ $SS_R = \frac{\sum RTj^{២}}{t} - CF = \frac{៧៨០.០២}{5}$ - ១៥៥.៦៨ = ០.៣២

SS_{Tr} ... សរុបការ៉េនៃបច្ច័យ $SS_{Tr} = \frac{\sum TrTi^{២}}{r} - CF = \frac{៦២៩.៧៨}{4}$ - ១៥៥.៦៨ = ១.៧៧

SS_{Tr} ..... សរុបការ៉េបច្ច័យ : $SS_T = \sum X^2ij - CF$ ={(២.៣)^{២} + (២.៦)^{២} +...(២.៧)^{២} } - CF

១៥៥.៦៨ = ១៥៨.៣២ — ១៥៥.៦៨ = ២.៦៤

SS_E .... សរុបការ៉េលំអៀងពិសោធន៍ $SS_E = SS_T - (SS_R + SS_{Tr})$

= ២.៦៤ - (០.៣២ + ១.៧៧) = ០.៥៥

MS_R ....មធ្យមការ៉េលំអៀងនៃសារ $MS_R = \frac{SS_R}{DF_R} = \frac{០.៣២}{៣}$ = ០.១១

MS_{Tr} .... មធ្យមការ៉េលំអៀងនៃបច្ច័យ $MS_{Tr} = \frac{SS_{Tr}}{DF_{Tr}} = \frac{១.៧៧}{៤}$ = ០.៤៤

MS_E .... មធ្យមការេលំអៀង $MS_E = \dfrac{SS_E}{DF_E} = \dfrac{0.៥៥}{១២} = 0.0៥$

Fcal .... តម្លៃ F គណនា (Fisher) $Fc = \dfrac{MS_{Tr}}{MS_E} = \dfrac{0.៤៤}{0.0៥} = ៨.៨$

Ftab .... តម្លៃ F នៅក្នុងតារាងឧបសម្ព័ន្ធ (Appendix) ដោយមានចែកជាពីរកំរិតគឺ ១ % និង ៥ %

គឺ **Ftab** ៥ % និង **Ftab** ១ %

ការប្រៀបធៀបរវាង Fcal (Fគណនា) និង **Ftab** (Fតារាង) ប្រសិនបើ

- Fcal > (ធំជាង) Ftab ១ % មានន័យថា ពិសោធន៏របស់យើងមានន័យក្នុង (កំរិតជឿជាក់) ៩៩ % (**)
- Ftab 5 % < **Fcal** <Ftab ១ % មានន័យថា ពិសោធន៏របស់យើងមានន័យក្នុង (កំរិតជឿជាក់) ៩៥ % (*)
- Fcal (តូចជាង)< Ftab ៥ % មានន័យថា ពិសោធន៏របស់យើងមានគ្មានន័យ (n.s) ។

ការគណនាមេគុណបំរែបំរួល CV (Coefficient of Variation)

$$\mathbf{CV} = \frac{\sqrt{MS_E}}{MG} \times ១00$$

$$\mathbf{CV} = \frac{\sqrt{0.0៥}}{២.៧៩} \times ១00 = ៨\ \%$$

ចំណាំ: មេគុណបំរែបំរួល បញ្ជាក់ពីលំអៀងពិសោធន៏ មានន័យថា ប្រសិនបើCVកាន់តែតូច ភាពពិត(សុក្រិត) នៃការពិសោធន៏កាន តែធំ ។ តម្លៃ **CV** ដែលគេយកជាការបានចំពោះដំណាំស្រូវមាន :

- សំរាប់ពិសោធន៏ពូជ : CV <៦-៨ %

- សំរាប់ពិសោធន៍ជី : CV $<$ ១០-១២ %
- សំរាប់ពិសោធន៍ថ្នាំពុល : CV $<$ ១៣-១៥ %
- សំរាប់ពិសោធន៍ទិន្នផល : CV $<$ ១០ %
- សំរាប់ចំនួនដើម : CV $<$ ២០ %

ការគណនាតម្លៃ LSD (Least Significant Difference Test)

រូបមន្ត $LSD = t_{\alpha} \cdot \sqrt{\frac{2MS_E}{r}}$ ដោយ t ជាតម្លៃដែលមាននៅក្នុងតារាង Appendix អាស្រ័យលើកំរិត α

ការគណនាតម្លៃ DMRT (Dencant's Multiple Range Test) ។

រូបមន្ត $DMRT = R_p = \frac{r_p \cdot S_d}{\sqrt{2}}$

ដោយ rp ជាតម្លៃដែលមាននៅក្នុងតារាងឧបសម្ព័ន្ធ (Appendix) ក្នុងកំរិតជាភាគរយ ហើយ Sd ជារូបមន្តដែល

$$S_d = \sqrt{\frac{2MS_E}{r}}$$

៦.២. គំរូខ្លះៗនៃតារាងវិភាគវ៉ារីយ៉ង់

នៅក្នុងចំណុចនេះនឹងបង្ហាញនូវតារាង និងរបៀបវិភាគលទ្ធផលពិសោធន៍នៃប្លុកចាប់ឆ្នោតពេញលេញ (Randomized Complete Block Design- RCBD) និងលទ្ធផលពិសោធន៍តាមប្លង់កូនស្រែបំបែក (Split Plot Design) ។

១. តារាងវិភាគវ៉ារីយ៉ង់ (variance) ពិសោធន៍តាមប្លង់ប្លុកចាប់ឆ្នោតពេញលេញ (RCBD)

ប្រភពបំរែបំរួល	ករិតសេរីភាព DF	សរុបការ៉េ SS	មធ្យមការ៉េ ឬ Variance S^2 (or MS)	f- គណនា	f- តារាង ៥% ១%
សរុប (Total)	DF_T = rt -1	SS_T =			
សា (R)	DF_R= r- 1	SS_R =	S_R^2 =	$_R^2 / S_E^2$ =	
បច្ច័យ (Tr)	DF_{Tr} = t –1	SS_{Tr} =	S_{Tr}^2 =	S_{Tr}^2 / S_E^2 =	
លំអៀង (Error)	DF_E=(r-1)(t-1)	SS_E =	S_E^2 =		

ចំណាំ : Variance (S^2) មានន័យដូចជា មធ្យមលំអៀងការ៉េ គេសរសេរ MS (Mean of Square) ។

តារាងទិន្នន័យនៃការពិសោធន៍សំរាប់ប្លង់ពិសោធន៍ RCBD or CRD

បច្ច័យ (Tr)	សា (R) - ទិន្នផល តោន/ហិកតា				សរុបបច្ច័យ (T_{Tr})	មធ្យមបច្ច័យ (M_{Tr})
	I	II	III	IV		
CAR 10	២.៣	២.៦	២.៩	២.៨	១០.៦	២.៦៥
CAR 11	២.៥	២.៨	២.២	២.៣	៩.៨	២.៤៥
CAR 12	២.៨	៣.១	២.៩	៣.៤	១១.៩	២.៩៨
CAR 13	៣.១	៣.៧	២.៩	៣.៤	១៣.១	៣.២៨
IR	២.៥	២.៦	២.៦	២.៧	១០.៤	២.៦០
សរុបសា (TR)	១៣.២	១៤.៨	១៣.៥	១៤.៣		
សរុបបច្ច័យទាំងអស់ (GT)					**៥៥.៨**	
សរុបមធ្យមបច្ច័យទាំងអស់ (GM)						**២.៧៩**

២.តារាងវិភាគវ៉ារីយ៉ង់ (variance) ពិសោធន៍ ២ កត្តាតាមប្លង់កូនស្រែបំបែក (Split-Plot)

ប្រភពបំរែបំរួល	កំរិតសេរីភាព DF	សរុបការ៉េ SS	មធ្យមការ៉េ ឬ Variance S^2 (or MS)	f- គណនា	f- តារាង ៥% ១%
សរុប (Total)	rab -1	SS_T =			
សា (Rep.)	r- 1	SS_R =	S^2_R =		
កូនស្រែធំ (កត្តា A)	a –1	SS_A =	S^2_A =		
លំអៀង (Error) (a)	(r-1) (a-1)	$SS_{E(a)}$ =	S^2_{Ea} =		
កូនស្រែតូច (កត្តា B)	b –1	SS_B	S^2_B =		
អន្តរកម្ម AxB	(a-1)(b-1)	SS_{AxB}	S^2_{AxB} =		
លំអៀង (Error) (b)	a(r-1)(b-1)	$SS_{E(b)}$ =	S^2_{Eb} =		

តារាងទិន្នន័យនៃការពិសោធន៍ ២ កត្តាតាមប្លង់ប្លុកកូនស្រែបំបែក Split-Plot (data of 2 factor-experiment)

ពូជ (Variety)	ទិន្នផល តោន/ហិកតា				
	សា R I	R II	R III	R IV	សរុប
	N0 (0 kgN/ha)				
V2-CAR 4	4.43	4.48	3.85	4.25	
V1-CAR 6	3.94	5.31	3.66	4.30	
V3-Local variety	4.13	4.48	4.84	4.48	
	N1 (60 kgN/ha)				
V1	5.42	5.17	6.43	5.67	
V2	6.50	5.86	5.59	5.98	
V3	5.19	4.60	4.65	4.81	
	N2 (90 kgN/ha)				
V1	6.08	6.42	6.70	6.40	
V2	6.01	6.13	6.64	6.26	
V3	4.55	5.74	4.15	4.81	
	N3 (120 kgN/ha)				
V1	6.46	5.06	6.68	6.07	
V2	7.14	6.98	6.56	6.89	
V3	2.77	5.04	3.64	3.82	
	N4 (150 kgN/ha)				
V1	7.29	7.85	7.55	7.56	
V2	7.68	6.59	6.58	6.95	
V3	1.41	1.96	2.77	2.05	

នេះជាតារាងទិន្នន័យសន្មតសំរាប់ប្រើប្រាស់ជាឧទាហរណ៍នៃការគណនាតាមស្ថិតិវិទ្យា។

៣.តារាងវិភាគវ៉ារីយ៉ង់ (variance) ពិសោធន៍ ៣ កត្តាតាមប្លង់កូនស្រែបំបែកបំបែក (Split-Split-Plot)

ប្រភពបំរែបំរួល	ក៏រិតសេរីភាព DF	សរុបការ៉េ SS	មធ្យមការ៉េ ឬ Variance S^2 (or MS)	f- គណនា	f- តារាង ៥% ១%
សរុប (Total)	rabc -1	SS_T =			
ការវិភាគកូនស្រែធំ (Main-plot analysis)					
សា (Rep.)	r- 1	SS_R =	S^2_R =		
កូនស្រែធំ (កត្តា A)	a –1	SS_A =	S^2_A =		
លំអៀង (Error) (a)	(r-1) (a-1)	SS_{Ea} =	S^2_{Ea} =		
ការវិភាគកូនស្រែបំបែកទី ១ (Subplot analysis)					
កូនស្រែតូច(កត្តា B)	b –1	SS_B	S^2_B =		
អន្តរកម្ម AxB	(a-1)(b-1)	SS_{AxB}	S^2_{AxB} =		
លំអៀង (Error) (b)	a(r-1)(b-1)	SS_{Eb} =	S^2_{Eb} =		
ការវិភាគកូនស្រែបំបែកទី ២ (Sub-Subplot analysis)					
កូនស្រែតូច(កត្តា C)	c –1	SS_C	S^2_C =		
អន្តរកម្ម AxC	(a-1)(c-1)	SS_{AxC}	S^2_{AxC} =		
អន្តរកម្ម BxC	(b-1)(c-1)	SS_{BxC}	S^2_{BxC} =		
អន្តរកម្ម AxBxC	(a-1)(b-1)(c-1)	SS_{AxBxC}	S^2_{AxBxC} =		
លំអៀង (Error) (c)	ab(r-1)(c-1)	SS_{Ec} =	S^2_{Ec} =		

ការប្រៀបធៀបពីរបៀបវិភាគវ៉ារីយ៉ង់ សំរាប់ប្លុកចាប់ឆ្នោតពេញលេញ **(RCBD)** ប្លង់កូនស្រែបំបែក **(Split-Plot Design)** និង ប្លង់កូនស្រែបំបែក-បំបែកមានបង្ហាញក្នុងតារាងខាងក្រោម ។

តារាងសង្ខេប :របៀបនៃការវិភាគវ៉ារីយ៉ង់សំរាប់ប្លុកចាប់ឆ្នោតពេញលេញ **(RCBD)** ប្លង់កូនស្រែបំបែក **(Split-Plot Design)** និង ប្លង់កូនស្រែបំបែក-បំបែក

ប្លុកចាប់ឆ្នោតពេញលេញ **(RCBD)**			ប្លង់កូនស្រែបំបែក **(Split-Plot Design)**			**Split-Split-Plot Design**		
ប្រភពបំរែបំរួល	កំរិតសេរីភាព DF	មធ្យមការ៉េ	ប្រភពបំរែបំរួល	កំរិតសេរីភាព DF	មធ្យមការ៉េ	ប្រភពបំរែបំរួល	កំរិតសេរីភាព DF	មធ្យមការ៉េ
សរុប	rt -1		សរុប	rab -1		សរុប	rabc -1	
សា	r- 1	MS	សា	r- 1	MS	សា	r- 1	MS
បច្ច័យ	t –1	MS	កត្តា A	a –1	MS	កត្តា A	a –1	MS
លំអៀង	(r-1)(t-1)		លំអៀង (a)	(r-1) (a-1)		លំអៀង (a)	(r-1) (a-1)	
			កត្តា B	b –1	MS	កត្តា B	b –1	MS
			អន្តរកម្ម AxB	(a-1)(b-1)	MS	អន្តរកម្ម AxB	(a-1)(b-1)	
			លំអៀង (b)	a(r-1)(b-1)		លំអៀង (b)	a(r-1)(b-1)	
						កត្តា C	c –1	MS
						អន្តរកម្ម AxC	(a-1)(c-1)	
						អន្តរកម្ម BxC	(b-1)(c-1)	
						អន្តរកម្ម AxBxC	(a-1)(b-1)(c-1)	MS
						លំអៀង (c)	ab(r-1)(c-1)	

7. ការវិភាគវ៉ារីយ៉ង់ (តាម ANOVA) Analysis of variance - ANOVA

7.1. ការវិភាគវ៉ារីយ៉ង់តាមលក្ខណៈងាយ (Simple variance analysis)

7.1.1 ការវិភាគកត្តាទោល (One factor analysis)

ឧទាហរណ៍ទី 1 : ការពិសោធន៍ផលិតផលទឹកដោះគោ ដោយប្រើការរួមផ្សំចំណីសត្វខុសៗគ្នា ។ មេគោប្រើសំរាប់ពិសោធន៍មានពូជ (race) តែមួយដូចគ្នា ។

យើងធ្វើពិសោធន៍ដោយប្រើ - 4 បច្ច័យ (Treatments)
- 6 ក្បាល
ចំនួនមេគោ : 4 x 6 = 24 ក្បាល

បច្ច័យ	1	2	3	4
លេខរៀងមេគោ	1 - 6	7 - 12	13 - 18	19 - 24
សំណាក ទី	ចំណីស្ងួត + ចំបើង	ចំណីស្ងួត + ចំបើង + ស្មៅស្ងួត	ចំណីស្ងួត + ចំបើង + ស្មៅស្ងួត + បន្លែស្រស់ I	ចំណីស្ងួត + ចំបើង + ស្មៅស្ងួត + បន្លែស្រស់ I
1	9	11	11	13
2	11	10	13	11
3	10	13	12	12
4	8	12	14	13
5	10	9	12	12
6	9	11	10	14
X_{Tr} (លីត្រ/ថ្ងៃ)	57	66	72	75
X_{Tr} (លីត្រ/ថ្ងៃ)	9.5	11	12	12.5

$\sum Xi \quad = x_1 + x_2 + x_3 + \text{-------------------} + x_{24}$

$= 9 + 11 + 10 + \text{-------------------} + 14 = 270$

យើងបាន : ផលិតផលទឹកដោះគោសរុប $\sum X = 270$ លីត្រ/ថ្ងៃ

ផលិតផលទឹកដោះគោមធ្យម $X = \frac{270}{24} = 11.25$ លីត្រ /ថ្ងៃ

$\sum Xi^2 \quad = x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + \text{-------------------} + x_{24}^2$

$= 81 + 121 + 100 + \text{-------------------} + 196 = 3100$

ដើម្បីគណនា variance (S^2) យើងមានរូបមន្ត $S^2 = \dfrac{\sum x^2 - \dfrac{(\sum x)^2}{n}}{n-1} = \dfrac{SS}{DF}$

សរុបលំអៀងការ៉េ (SS_T) អាចគណនាបានតាមវិធី 2 បែប :

វិធីទី 1 : $SS_T = \sum(x_i - x)^2 = (x_1 - x)^2 + (x_2 - x)^2 + \dots\dots + (x_{24} - x)^2$

$= (9-11.25)^2 + (11-11.25)^2 + \text{-----------} + (14 - 11.25)^2$

$= 5.06 + 0.06 + \text{-----------------------------} + 7.56 = 62.44$

វិធីទី 2 : $SS_T = \sum x_i^2 - \dfrac{(\sum x_i)^2}{n} =$

$\dots\dots\dots = 3100 - \dfrac{270^2}{240} = 3100 - 3037.5 = 62.5$

ប៉ុន្តែ $SS_T = SS_{Tr} + SS_E$ ។ លំអៀងការ៉េនៃបច្ច័យ អាចគណនាបាន 2 បែប :

វិធីទី 1 : $SS_{Tr} = \dfrac{(\sum X_{Tr})^2}{n_i} - \dfrac{(\sum x_i)^2}{n_t} = \dfrac{(\sum X_{Tr1})^2 + (\sum X_{Tr2})^2 + (\sum X_{Tr3})^2 + (\sum X_{Tr4})^2}{n_i} - \dfrac{(\sum x_i)^2}{n_t}$

$= \dfrac{57^2 + 66^2 + 72^2 + 75^2}{6} - \dfrac{270^2}{24}$

$= \dfrac{3249 + 4356 + 5184 + 5625}{6} - 3037.5 = 3069 - 3037.5 = 31.5$

វិធីទី 2 : $SS_{Tr} = n_i\,[\sum (X_P - x)]^2 = n_i\,[(X_{P1} - x)]^2 + (X_{P2} - x)^2 + (X_{P3} - x)^2 + (X_{P4} - x)^2\,]$

$= 6[\,(9.5 - 11.25)^2 + (11 - 11.25)^2 + (12 - 11.25)^2 + (12.5 - 11.25)^2\,]$

$= 6\,(3.06 + 0.06 + 0.56 + 1.56)$

$= 31.44$

ក្នុងវិធីទី 2 នេះ ផលិតផលមធ្យមនៃបច្ច័យ គឺជាតំលៃសំរាប់បច្ច័យនិមួយៗ ។

តារាងវិភាគ variance

ប្រភពបំរែបំរួល	ក៏រិតសេរីភាព DF	សរុបការ៉េ SS	Variance S^2 (MS)	f- គណនា	f- តារាង
សរុប (Total)	$DF_T = 23$	$SS_T = 62.5$			
បច្ច័យ (Tr.)	$DF_{Tr} = 3$	$SS_{Tr} = 31.5$	$S_{Tr}^2 = 10.5$	6.77	(3, 20, 5%) 3.10
លំអៀង (Error)	$DF_E = 20$	$SS_E = 31$	$S_E^2 = 1.55$		(3, 20, 1%) 4.94

ចំណាំ : Variance (S^2) មានន័យដូចជា មធ្យមលំអៀងការ៉េ គេសរសេរ MS (Mean of Square) ។

$SS_E = SS_T - SS_{Tr} = 62.5 - 31.5 = 31$

$$S_{Tr}^2 = \frac{SS_{Tr}}{DF_{Tr}} = \frac{31.5}{3} = 10.5$$

$$f_{\text{គណនា}} = \frac{S_{Tr}^2}{S_E^2} = \frac{10.5}{1.55} = 6.77$$

ក្នុងតារាងវិភាគ variance យើងបាន f $_{\text{គណនា}}$ > f $_{\text{តារាង}}$ → ការអះអាងយក H_1 ។ មានន័យថា variance នៃផលិតផលទឹកដោះគោរវាងបច្ច័យ មានភាពខុសគ្នាជាអត្ថន័យជាក់នាក់ (High significant) ។

ផលិតផលទឹកដោះមធ្យមរវាង Plots ណាខ្លះ មានភាពខុសគ្នាដោយអត្ថន័យ ?→ ធ្វើ T-test

មានវិធីសាស្ត្រពីរសំរាប់ធ្វើការសាកល្បង ឬគណនាភាពខុសគ្នានៃរង្វាស់មធ្យម ។ វិធីសាស្ត្រដែលសំរាប់ប្រើក្នុងការប្រៀបធៀបរង្វាស់មធ្យមច្រើនក្រុម គឺ :

- LSD (Least Significantt Difference)
- DMRT (Duncan's Multiple Range Test) ។

យើងមាន

$$t = \frac{d}{S_d}$$

$$S_d = \sqrt{\frac{2 S_E^2}{n_i}} = \sqrt{\frac{2*155}{6}} = 0.72$$ លីត្រ/ថ្ងៃ ។ d នៅពេលនេះ គឺជា LSD ។

យើងបាន $LSD(5\%) = t(DF_E = 20, \alpha = 5\%).x.S_d = 2.09.x.0.72 = 1.50$ លីត្រ/ថ្ងៃ

$LSD(1\%) = t(DF_E = 20, \alpha = 1\%).x.S_d = 2.85.x.0.72 = 2.05$ លីត្រ/ថ្ងៃ

Treatments (បច្ច័យ)	ភាពខុសគ្នារវាងផលិតផលមធ្យមនៃបច្ច័យ (d)
$Tr_2 - Tr_1 = 11 - 9.5$	1.5 n.s.
$Tr_3 - Tr_1 = 12 - 9.5$	2.5 * *
$Tr_4 - Tr_1 = 12.5 - 9.5$	3 * *
$Tr_3 - Tr_2 = 12 - 11$	1 n. s.
$Tr_4 - Tr_2 = 12.5 - 11$	1.5 n. s.
$Tr_4 - Tr_3 = 12.5 - 12$	0.5 n. s.

សំគាល់ : $Tr_3 - Tr_1 = 2.5$ * * ពីព្រោះ 2.5 លីត្រ/ថ្ងៃ > 2.05 លីត្រ/ថ្ងៃ

$Tr_4 - Tr_1 = 3$ * * ពីព្រោះ 3 លីត្រ/ថ្ងៃ > 2.05 លីត្រ/ថ្ងៃ

សញ្ញាសំគាល់ : * * * មានភាពខុសគ្នាជាអត្ថន័យ (significant) ក្នុងកំរិត $\alpha = 0.1\%$ ឬ 0.001

* * មានភាពខុសគ្នាជាអត្ថន័យ (significant) ក្នុងកំរិត $\alpha = 1\%$ ឬ 0.01

* មានភាពខុសគ្នាជាអត្ថន័យ (significant) ក្នុងកំរិត $\alpha = 5\%$ ឬ 0.5 .

Duncan's Multiple Range Test (DMRT) gives protection against making mistakes inherent in the indiscriminant use of the LSD test. The test is identical to LSD for adjacent means in an array, but requires progressively larger values for significance between means as they are more widely separated in the array. This test is used most appropriately when several unrelated treatments are included in an experiment. Ex. for making all possible comparisons among the yielding abilities of several varieties.

The test involves the calculation of shortest significant differences (SSD). SSD=R (LSD) where R is a value from a table of significant studentized factors and is chosen according to the level of significance desired, degrees of freedom for error and the relative position of means in the array.
Since there are four means they can be 2,3, or 4 apart.(Note: adjacent means are called 2 apart.).

Relative position in array (p of table)	2	3	4
Values of R, 5% level, (table)	1.00	1.05	1.08
SSD=R (LSD)	1.50	1.58	1.62

If the difference between these means equals or is larger than the SSD, the means are significantly different. $P_4 - P_1 = 3$, SSD= 1.62, therefore 12.5 is significantly larger than 9.50.

៧.១.២. ការពិសោធន៍កត្តាទោល (តែមួយ)(single factor experiment)

ដោយប្រើប្លង់ពិសោធន៍ចាប់ឆ្នោតពេញលេញ-មានសា (Randomized Complete Block Design= RCBD) ។ ការពិសោធន៍ គឺប្រៀបធៀបទិន្នផលនៃពូជស្រូវទឹកជំរៅចំនួន៩ដែលមានឈ្មោះដូចខាងក្រោម:

តារាង ពូជស្រូវទឹកជំរៅ សំរាប់ពិសោធន៍ទិន្នផល (១៩៨៨)

លេខបច្ច័យ (Treat.no.)	**ឈ្មោះពូជ (variety name)**	**ប្រភព (source)**
V_1	នាងខ្សៀវ	ពូជក្នុងស្រុក
V_2	វាំរធ្ងន់	ពូជក្នុងស្រុក
V_3	ផ្លែម៉ាម	ពូជនាំចូល
V_4	SPR-76	ពូជនាំចូល
V_5	Tewada	ពូជនាំចូល
V_6	Khao Prakat	ពូជនាំចូល
V_7	PG-56	ពូជនាំចូល
V_8	LMN-111	ពូជនាំចូល
V_9	កន្លងភ្នំ	ពូជក្នុងស្រុក

-ទីកន្លែងពិសោធន៍: ស្រែពិសោធន៍មួយរបស់កសិដ្ឋានពូជស្រូវទួលសំរោងដែលមានជំរៅទឹក 0.៧៥ម៉ែត្រ ។

- **វិធីដាំដុះ:** សាប និង ដក-ស្ទូងចន្លោះគុម្ព ២០ស.ម x ២០ស.ម ។

- ជំហានសំខាន់ៗនៃការរៀបប្លង់ពិសោធន៍មាន:

ជំហានទី១: ចែកដីស្រែពិសោធន៍ជាចំនួនសាស្មើៗគ្នា ។ r តាងចំនួនសា ក្នុងនេះ r=៤ ។

Rep.I	Rep.II	Rep.III	Rep.IV

ជំហានទី២: ចែកផ្ទៃដីក្នុងសានីមួយៗជាចំនួន t ស្មើៗគ្នា។ t តាងចំនួនបច្ច័យ ក្នុងនេះ t=9 ។

	Rep.I	Rep.II	Rep.III	Rep.IV
V				
V				
V				
V				
V				
V				
V				
V				
V				
V				

ជំហានទី៣: ការចាប់ឆ្នោតរៀបបច្ច័យដាក់ក្នុងកូនស្រែនិមួយៗតាមសា។ ផ្តើមចេញពីលេខបីខ្ទង់ដែលខ្មៅដៃបានចង្អុលលើតារាង យើងស្រង់យកលេខចៃដន្យសំរាប់ ៤សា ដូចមានជា ឧ.ក្នុងតារាងខាងក្រោម។

តារាងលេខចៃដន្យដែលស្រង់បានសំរាប់ ៤ សា

បច្ច័យ	លំដាប់	លេខ		លេខ		លេខ		លេខ	
		ចៃដន្យ	ថ្នាក់	ចៃដន្យ	ថ្នាក់	ចៃដន្យ	ថ្នាក់	ចៃដន្យ	ថ្នាក់
V	1	814		548		086		496	
V_2	2	259		603		646		980	
V_3	3	618		621		797		798	
V_4	4	823		428		533		521	
V_5	5	641		939		096		367	
V_6	6	247		911		921		565	
V_7	7	573		286		283		736	
V_8	8	799		062		959		978	
V_9	9	518		274		672		150	

ជំហានទី៤: ការចាត់ថ្នាក់លេខចៃដន្យពីតូចទៅធំដូចមានក្នុងតារាងខាងក្រោម។

តារាងការចាត់ថ្នាក់លេខចៃដន្យ

បច្ច័យ	លំដាប់	លេខ		លេខ		លេខ		លេខ	
		ចៃដន្យ	ថ្នាក់	ចៃដន្យ	ថ្នាក់	ចៃដន្យ	ថ្នាក់	ចៃដន្យ	ថ្នាក់
V_1	1	814	8	548	5	086	1	496	3
V_2	2	259	2	603	6	646	5	980	9
V_3	3	618	5	621	7	797	7	798	7
V_4	4	823	9	428	4	533	4	521	4
V_5	5	641	6	939	9	096	2	367	2
V_6	6	247	1	911	8	921	8	565	5
V_7	7	573	4	286	3	283	3	736	6
V_8	8	799	7	062	1	959	9	978	8
V_9	9	518	3	274	2	672	6	150	1

-លេខចៃដន្យគឺជាលេខស្គម ៣ ខ្ទង់ និងការធ្វើចំណាត់ថ្នាក់ពីលេខតូចឡើងទៅ។

ជំហានទី៥: ការរៀបបច្ច័យដាក់ក្នុងកូនស្រែ ដោយកំណត់យកលេខលំដាប់នៃការស្រង់លេខចៃដន្យជាលេខរបស់កូនស្រែ ហើយលេខចាត់ថ្នាក់ជាលេខបច្ច័យ។

ឧ. ក្នុងរូបខាងក្រោមនេះ សំរាប់សាទី I កូនស្រែទី១ ត្រូវទទួលបច្ច័យ V_8

កូនស្រែទី២ ត្រូវទទួលបច្ច័យ V_2

កូនស្រែទី៣ ត្រូវទទួលបច្ច័យ V_5 ....

កូនស្រែទី៩ ត្រូវទទួលបច្ច័យ V_3 ។

Rep.I	Rep.II	Rep.III	Rep.IV
V_8	V_5	V_1	V_3
V_2	V_6	V_5	V_9
V_5	V_7	V_7	V_7
V_9	V_4	V_4	V_4
V_6	V_9	V_2	V_2
V_1	V_8	V_8	V_5
V_4	V_3	V_3	V_6
V_7	V_1	V_9	V_8
V_3	V_2	V_6	V_1

ប្លង់សំរេចរបស់ការពិសោធន៍

RCBD –៤ សា

សំរាប់ពិសោធន៍ពូជស្រូវ ៩ មុខ

ជំហានទី៦: ការស្រង់ទិន្នន័យ មានការងារ២គឺ:

- ការស្រង់សំណាកចេញពីកូនស្រែ និងការកាត់បន្ថយលំអៀង
- ការសំរួលសំណើមរបស់គ្រាប់ឱ្យមកនៅ ១៤% ដូចគ្នា។ គ្រាប់ស្រូវក្រោយពីការច្រូតកាត់ បោកបែន និងសំអាតរួច ត្រូវធ្វើការវាស់វែងសំណើម និងថ្លឹងទំងន់ឱ្យបានដឹងជាមុន បន្ទាប់មកទើបសំរួលសំណើមឱ្យមកនៅ ១៤% ដូចគ្នាទាំងអស់ដោយប្រើរូបមន្តដូចមានក្នុងសមីការខាងក្រោម:

  ទំងន់គ្រាប់សំណើម ១៤%= A * W ក្នុងនោះមាន:

  A = មេគុណនៃការទូទាត់ ដែលរកបាននៅក្នុងតារាងខាងក្រោយ ឬ គណនា $A = \frac{100 - M}{86}$

  (M ជាភាគរយសំណើមគ្រាប់ស្រូវក្រោយពីការច្រូតកាត់)

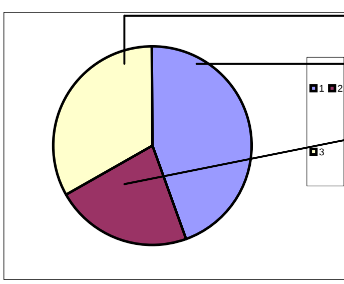
  W = ទំងន់គ្រាប់ (ស្រូវ) របស់សំណាកក្នុងសំណើមកំណើតរបស់វា។

តារាង ទម្ងន់គ្រាប់សំណើម (១៤%) ត/ហ.ត (១៩៩៨៨)

ពូជ Varieties	សា (Replications)				សរុបពូជ	មធ្យមពូជ	ខុសគ្នារវាងកសិណ
	I	II	III	IV			
V_1	2.61	2.15	2.53	2.99	10.28	2.57	0.86
V_2	2.65	2.27	2.32	2.50	9.74	2.44	0.73
V_3	2.22	2.26	2.39	2.17	9.04	2.28	0.57
V_4	3.44	2.99	3.34	2.97	12.74	3.19	1.48
V_5	1.54	1.55	1.82	2.49	7.40	1.89	0.18
V_6	2.03	1.81	1.78	2.48	8.10	2.03	0.32
V_7	1.96	1.91	1.56	1.86	7.29	1.82	0.11
V_8	1.58	1..58	1.68	1.59	6.43	1.61	-0.10
V_9	1.89	1.49	1.78	1.69	6.85	1.71	CK
សា (Rep)	**19.92**	**18.01**	**19.20**	**20.74**			
សរុបទូទៅ (General sum- GS)= 77.87							
មធ្យមទូទៅ (General mean- GM)= 2.16 t/ha							

-ការវិភាគវ៉ារីយ៉ង់របស់ទិន្នន័យ (ក្នុងតារាងខាងលើ)

ការវិភាគ ANOVA គឺជាការវិភាគតំលៃ **F** ដែលតំលៃរបស់សមាមាត្ររវាងវ៉ារីយ៉ង់បច្ច័យ ឬ វ៉ារីយ៉ង់សាចែកនឹងវ៉ារីយ៉ង់លំអៀងពិសោធន៍។ ប្រភពបំរែបំរួលក្នុងការពិសោធន៍ RCBD នេះមាន:



១.បំរែបំរួលរបស់សា

២. បំរែបំរួលរបស់បច្ច័យ (ពូជស្រូវ)

៣. បំរែបំរួលរបស់លំអៀង

.៤ បំរែបំរួលសរុប (Total variation)

ក្នុងចំណោមបំរែបំរួលទាំងបីប្រភពនេះ គ្មានបំរែបំរួលមួយណាមានតំលៃថេរទេ គឺវាប្រែប្រួលឱ្យគ្នាទៅវិញទៅមក អាស្រ័យលើទេពកោសល្យរបស់អ្នកពិសោធន៍ ជាពិសេសទេពកោសល្យក្នុងការកាត់បន្ថយលំអៀង។ ជំហាននៃការវិភាគវ៉ារីយ៉ង់មានដូចតទៅ:

១.ការគណនាមេគុណកែតម្រូវ (Correction factor=C.F)

$$C.F = \frac{GS^2}{r\,t} = \frac{(77.87)^2}{4 * 9} = 168.4371$$

សំគាល់: GS = សរុបតម្លៃទាំងអស់   r = ចំនួនសា   t = ចំនួនបច្ច័យ

២.គណនាសរុបបំរែបំរួលទាំងអស់ ឬសរុបការ៉េបំរែបំរួលទាំងអស់ (Total sum of square)

$$SS_T = \Sigma(x_i)^2 - CF = (2.61)^2 + (2.65)^2 + \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots + (1.69)^2 - 168.4371$$
$$= 178.3355 - 168.4371 = 9.8988$$

៣.គណនាសរុបបំរែបំរួលរបស់សា ឬ សរុបការ៉េបំរែបំរួលរបស់សា (Sum of square for replication)

$$SS_R = \frac{\Sigma(r)^2}{t} - CF = \frac{(19.92)^2 + (18.01)^2 + \ldots\ldots\ldots + (20.74)^2}{9} - 168.4371$$
$$= \frac{1519.9541}{9} - 168.4371 = 0.4466$$

៤. គណនាសរុបបំរែបំរួលរបស់បច្ច័យ ឬ សរុបការ៉េបំរែបំរួលរបស់បច្ច័យ (Sum of square for treatment)

$$SS_{Tr} = \frac{\Sigma(t)^2}{r} - CF = \frac{(10.28)^2 + (9.74)^2 + \ldots\ldots\ldots + (6.85)^2}{4} - 168.4371$$
$$= \frac{706.3567}{4} - 168.4371 = 8.1521$$

៥. គណនាសរុបបំរែបំរួលរបស់លំអៀង ឬ សរុបការ៉េលំអៀង (Error sum of square)

$$SS_E = SS_T - (SS_R + SS_{Tr})$$
$$= 9.8988 - (0.4466 + 8.1521) = 1.3001$$

៦. គណនាកំរិតសេរីភាពរបស់បំរែបំរួលនីមួយៗ

-កំរិតសេរីភាពសរុបទាំងអស់ $DF_T = rt-1 = 36-1 = 35$

-កំរិតសេរីភាពរបស់សា $DF_R = r-1 = 4-1 = 3$

-កំរិតសេរីភាពរបស់បច្ច័យ $DF_{Tr} = t-1 = 9-1 = 8$

-កំរិតសេរីភាពរបស់លំអៀង $DF_E = (r-1)(t-1) = (4-1)(9-1) = 24$

៧. គណនារកវ៉ារីយ៉ង់ ឬមធ្យមការ៉េរបស់ប្រភពបំរែបំរួលនីមួយៗ

(Mean of square for each source of variation)

$$- MS_R = \frac{0.4466}{4-1} = 0.1488$$

$$- MS_{Tr} = \frac{8.1521}{9-1} = 1.0190$$

$$- MS_{E} = \frac{1.3001}{24} = 0.0542$$

៨. គណនារកតំលៃ F របស់សា និង បច្ច័យ (ពូជ)

$$- F_{R} = \frac{MS_R}{MS_E} = \frac{0.1488}{0.0542} = 2.75$$

$$- F_{Tr} = \frac{MS_{Tr}}{MS_E} = \frac{1.0190}{0.0542} = 18.80$$

៩. ការស្រង់តំលៃ F ទ្រឹស្តី ($F_{តារាង}$) ចេញពីតារាង ដែលមានអត្ថន័យ ៥% និង ១%

-f_1 ជាកំរិតសេរីភាពរបស់ភាគយក ក្នុងឧទាហរណ៍នេះគឺជា DF របស់សា ឬ បច្ច័យ

-f_2 ជាកំរិតសេរីភាពរបស់ភាគបែង ក្នុងនេះគឺជា DF របស់លំអៀង ។ សំរាប់ការពិសោធន៍នេះតំលៃ F ជាទ្រឹស្តីមាន:

- កាលណា f_1=3 , f_2= 24 , α = 5% នោះ F_R តារាងរបស់សា = 3.01

  α=1% នោះ F_R តារាងរបស់សា = 4.72

- កាលណា f_1=8 , f_2= 24 , α = 5% នោះ F_{Tr} តារាងរបស់បច្ច័យ = 2.36

  α=1% នោះ F_{Tr} តារាងរបស់បច្ច័យ = 3.36

១០. បញ្ចូលតួរលេខគណនារួចទៅក្នុងតារាងវិភាគវ៉ារីយ៉ង់

តារាង ការវិភាគវ៉ារីយ៉ង់ទិន្នន័យ ទិន្នផល

ប្រភពបំរែបំរួល	កំរិតសេរីភាព DF	សរុបការ៉េ SS	Variance MS or S^2	f- គណនា	f- តារាង ៥% ១%
សរុប (Total)	DF_T = (4*9) -1 =35	SS_T =9.8988			
សា (Rep)	DF_R= 4-1=3	SS_R =0.4466	S_R^2 =0.1488	2.75 ns	3.01 4.72
បច្ច័យ (Treat)	DF_{Tr}= 9-1=8	SS_{Tr} =8.1521	S_{Tr}^2 = 1.0190	18.80 **	2.36 3.36
លំអៀង (Error)	DF_E=(4-1)(9-1) = 24	SS_E =1.3001	S_E^2 = 0.0542		

CV %= 10.78

$$CV\% = \frac{\sqrt{MS_E}}{X} * 100 = \frac{\sqrt{0.0542}}{2.16} * 100 = 10.78$$

CV ចង្អុលបង្ហាញអំពីកំរិតនៃភាពជាក់លាក់ (degree of precision) ដែលក្នុងនេះបច្ច័យទាំងឡាយបានត្រូវប្រៀបធៀបជាមួយគ្នា។ CV មានការប្រែប្រួលខ្លាំងណាស់ គឺ:
-សំរាប់ទិន្នផលស្រូវសន្ទូង: ៦-៨%
-ពិសោធន៍ពូជដំណាំផ្សេងៗជាមួយនឹងរូបមន្តជី: ១០-១២%
-ពិសោធន៍ថ្នាំពុល ឬ ថ្នាំសំលាប់ស្មៅ: ១៣-១៥% ។

១១. សេចក្តីសន្និដ្ឋានចំពោះវ៉ារីយ៉ង់: ការពិសោធន៏នេះមានអត្ថន័យជាក់លាក់ ក្នុងកំរិត α=1% ។

បើចង់ដឹងថាពូជណាខ្លះ មានទិន្នផលខុសគ្នា នោះគេត្រូវធ្វើការប្រៀបធៀបរវាងមធ្យមរបស់បច្ច័យ ។ ការប្រៀបធៀបរវាងមធ្យមរបស់បច្ច័យដែលងាយស្រួលជាងគេគឺ ការប្រៀបធៀបជាគូ (pair comparison) ដែលមាន ពីរបែបគឺ:

- ការប្រៀបធៀបគូគ្រោងទុកជាមុន (planned pair comparison) គឺជាករណីដែលការពិសោធន៏បានជ្រើសបច្ច័យកសិណទុកសំរាប់ប្រៀបធៀប ។ ការប្រៀបធៀបនេះត្រូវអនុវត្តឡើងតាមរយ:ការគណនារកតំលៃតូចបំផុតបញ្ជាក់ភាពខុសគ្នា (Least significant difference= LSD) ។
- ការប្រៀបធៀបគូគ្មានគ្រោងទុកជាមុន (unplanned pair comparison) គឺជាករណីដែលការពិសោធន៏ពុំបានជ្រើសបច្ច័យកសិណទុកសំរាប់ប្រៀបធៀបទេ។ ក្រោយពីការវិភាគវ៉ារីយ៉ង់រួច ទើបមានការប្រៀបធៀបមធ្យមរបស់បច្ច័យតាមរយ:វិធី Duncan's Multiple Range Test = DMRT

១២. ការប្រៀបធៀបរវាងមធ្យមរបស់បច្ច័យ

១២.១. ការគណនាតំលៃតូចបំផុតបញ្ជាក់ភាពខុសគ្នា (LSD) របស់ប្លង់ពិសោធន៏ RCBD

ជំហាននៃការគណនាមានដូចតទៅ:

១.ស្រង់តំលៃ t_α ក្នុងកំរិតសេរីភាពរបស់លំអៀង DF_E=24 (n=24) ចេញពីតារាង កាលណា:

α = 5%   នោះ t = 2.064

α = 1%   នោះ t = 2.80

២.គណនាលំអៀងគំរូរបស់តំលៃខុសគ្នារវាងមធ្យមពីរនៃបច្ច័យ

$$S_d = \sqrt{\frac{2MS_E}{r}} = \sqrt{\frac{2(0.0544)}{4}} = 0.165.t/ha$$

៣. គណនារកតម្លៃតូចបំផុតបញ្ជាក់ភាពខុសគ្នា LSD:

$LSD_{\alpha} = t_{\alpha} * Sd$ = (2.064)(0.165)= 0.341 t/ha
= (2.80)(0.165)= 0.462 t/ha

៤. រៀបតារាងប្រៀបធៀបគូទិន្នផលមធ្យមកសិណជាមួយនឹងបច្ច័យនីមួយៗ

ពូជ (Varieties)		**សរុបទិន្នផល**	**មធ្យមទិន្នផល**	**ខុសគ្នារវាងកសិណ**
V_1	នាងខ្មៅវ	10.28	2.57	0.86**
V_2	រំារធ្ងន់	9.74	2.44	0.73**
V_3	ផ្លែង៉ាម	9.04	2.28	0.57**
V_4	SPR-76	12.74	3.19	1.48**
V_5	Tewada	7.40	1.89	0.18
V_6	Khao Prakat	8.10	2.03	0.32
V_7	PG-56	7.29	1.82	0.11
V_8	LMN-111	6.43	1.61	-0.10
V_9	កន្លងភ្នំ	6.85	1.71	កសិណ (CK)
$LSD_{5\%}$=0.314, $LSD_{1\%}$= 0.462				

សន្និដ្ឋាន: មានពូជស្រូវទឹកជំរៅចំនួន៤ មានទិន្នផលខ្ពស់ជាងពូជកសិណ។

១២.២. ការគណនាតំលៃ DMRT របស់ប្លង់ពិសោធន៍ RCBD

ជំហានទាំងឡាយក្នុងការគណនាតំលៃ ដើម្បីធ្វើការប្រៀបធៀបថាតើមធ្យមរបស់បច្ច័យគូណាខ្លះមានទិន្នផលស្មើគ្នា និង គូណាខ្លះទៀតមានទិន្នផលខុសគ្នា មានដូចតទៅ:

១.ចាត់ថ្នាក់ទិន្នផលមធ្យមរបស់បច្ច័យពីតូចទៅធំ ឬពីធំទៅតូចក៏បាន។

ឧ.ខាងក្រោមនេះ គឺជាការចាត់ថ្នាក់ទិន្នផលស្រូវទឹកជំរៅតាមលំដាប់ពីធំទៅតូច

ពូជ (Varieties)		ប្រភព (Sources)	មធ្យមទិន្នផល (គ.ក្រ/ហ.ត)	ចំណាត់ថ្នាក់ (Rank)
V_4	SPR-76		3186	1
V_1	នាងខ្សៀវ		2571	2
V_2	វារធ្ងន់		2435	3
V_3	ផ្លែម៉ាម		2258	4
V_6	Khao Prakat		2024	5
V_5	Tewada		1851	6
V_7	PG-56		1819	7
V_9	កន្ទងភ្នំ		1712	8
V_8	LMN-111		1607	9

២.គណនាលំអៀងគំរូរបស់តំលៃខុសគ្នារវាងមធ្យមពីរនៃបច្ច័យ

$$S_d = \sqrt{\frac{2MS_E}{r}} = \sqrt{\frac{2(0.0544)}{4}} = 0.165.t/ha.or.165kg/ha$$

- Sd = លំអៀងគំរូរបស់តំលៃខុសគ្នារវាងមធ្យមពីរនៃបច្ច័យគូ
- 2 = បច្ច័យគូ ឬ ការប្រៀបធៀបគូ
- MS_E or S_E^2 = វ៉ារីយ៉ង់របស់លំអៀងនៃការពិសោធន៏ ។

៣.គណនារកតម្លៃចន្លោះតូចបំផុត ឬចន្លោះខ្លីបំផុតមានអត្ថន័យ (Least significant range or Shortest significant range= LSR or SSR) ដែលមានចំនួន t -1 ។

រូបមន្តរបស់ចន្លោះសន្ទឹងខ្លីបំផុតមានអត្ថន័យគឺ:

$$R_p = \frac{(r_p)\,(Sd)}{\sqrt{2}} = \text{for } p = 2,3,\ldots,t \quad \text{OR} \quad SSD = R \times LSD$$

ក្នុងនោះមាន:

- t = ចំនួនបច្ច័យ
- R_p = តម្លៃចន្លោះខ្លីបំផុត
- r_p = តម្លៃស្រង់ចេញពីតារាង ដែលមានឈ្មោះថា significant studentized range= ssr
- Sd = លំអៀងគំរូរបស់តំលៃខុសគ្នារវាងមធ្យមពីររបស់បច្ច័យគូរ

- p = ចំងាយពីគ្នាក្នុងចំណាត់ថ្នាក់រវាងមធ្យមពីររបស់បច្ច័យគូដែលត្រូវប្រៀបធៀបដូចជា

  p = 2 សំរាប់មធ្យមភាគពីរដែលចាត់ថ្នាក់បន្តគ្នា និង p=t សំរាប់មធ្យមធំបំផុត ឬតូចបំផុត តាមលំដាប់ដែលយើងចាត់ថ្នាក់ក្នុងនេះតូចបំផុតគឺ p=9 (p is the distance in rank between the pair of treatment means to be compared) ។ តាមឧទាហរណ៍ខាងលើ យើងមាន:

តំលៃ r_p តាមជួរក៏រិតសេរីភាពរបស់លំអៀង DF_E=24 α = 5% ។

p	r_p (0.05) (មើលតារាងទី ៩)	មើលតារាងទី ៨	
2	2.92	2	1.00
3	3.07	3	1.05
4	3.15	4	1.08
5	3.22	5	1.10
6	3.28	6	1.12
7	3.31	7	1.13
8	3.34	8	1.14
9	3.37	9	1.15

តំលៃ Rp (5%) រវាងមធ្យម (Kg/ha)

p	$R_P(5\%) = \frac{r_{p.5\%} * S_d}{\sqrt{2}}$	$SSD(5\%) = R * LSD$
2	$\frac{(2.92)(165)}{\sqrt{2}}$ = 342 ឬ 0.342 តោន/ហ.ត	1x341 = 341.00 ឬ 0.341 តោន/ហ.ត
3	$\frac{(3.07)(165)}{\sqrt{2}}$ = 359	1.05x341=358.05
4	$\frac{(3.15)(165)}{\sqrt{2}}$ = 369	1.08x341= 368.28
5	$\frac{(3.22)(165)}{\sqrt{2}}$ = 377	1.10x341= 375.10
6	$\frac{(3.28)(165)}{\sqrt{2}}$ = 384	1.12x341=381.92
7	$\frac{(3.31)(165)}{\sqrt{2}}$ = 387	1.13x341=385.33

8 $\frac{(3.34)(165)}{\sqrt{2}} = 391$ 1.14x341=388.74

9 $\frac{(3.37)(165)}{\sqrt{2}} = 394$ 1.15x341=392.15

ការគណនាតាម SSD (5%) = R x LSD យកពីតារាងស្ដីពីលំដាប់នៃទិន្នផលមធ្យមរបស់ពូជស្រូវ(ទំព័រទី ៩១)

យើងមានៈ

R	2	3	4	5	6	7	8	9
5%LSD=0.341	1	1.05	1.08	1.10	1.12	1.13	1.14	1.15
1%LSD=0.462	1	1.05	1.07	1.09	1.11	1.12	1.13	1.15
SSD	2	3	4	5	6	7	8	9
5%	0.341	0.358	0.368	0.375	0.381	0.385	0.388	0.392
1%	0.462	0.485	0.494	0.503	0.512	0.517	0.526	0.531

SSD		V4	V1	V2	V3	V6	V5	V7	V9	V8
5%	**1%**	**3.19**	**2.57**	**2.44**	**2.28**	**2.03**	**1.89**	**1.82**	**1.71**	**1.61**
0.341	0.462	0.62	0.13	0.16	0.25	0.14	0.07	0.11	0.10	
0.358	0.485	0.75	0.29	0.41	0.39	0.21	0.18	0.21		
0.368	0.494	0.91	0.54	0.55	0.14	0.32	0.28			
0.375	0.503	1.16	0.68	0.62	0.57	0.44				
0.381	0.512	1.30	0.75	0.73	0.67					
0.385	0.517	1.37	0.86	0.83						
0.388	0.526	1.48	0.96							
0.392	0.531	1.58								

ឧ.១: **0.62**= V4 – V1= 3.19 – 2.57, **0.75**= V4 – V2=3.19 – 2.44, **0.91**= V4 – V3=3.19 -2.28

ឧ.២: **0.13**= V1 – V2= 2.57 – 2.44, **0.29**=V1 – V2=2.57-2.44, **0.16**= V2 – V3=2.44 – 2.28

7.1.2. ការវិភាគកត្តាទោល និងបំរែបំរួលទៅតាមទិសដីមួយ

ការរៀបជាប្លុកមានគោលបំណងសង្កេតមើលឥទ្ធិពលខុសគ្នានៃដីទៅលើកូនស្រែ (Plots)ក្នុងទិសដីមួយ ។ ក្រៅពីវិភាគ variance នៃបច្ច័យ គឺមានការវិភាគ variance លើកត្តាមួយផ្សេងទៀត (ដី/វិសមានភាពដី) ។

ឧទាហរណ៏ : ការពិសោធន៏ដាក់ជីគីមី នៅស្រែ/វាលពិសោធន៏មួយដែលទាក់ទងនឹងបរិមាណ K និងសមាសភាព K

ដែលមាន : 5 បច្ច័យ, 4 សា $\Big\}$ 4 x 5 កូនស្រែនៃ Block ពិសោធន៏

កាប្រមូលទិន្នន័យ (Data) គឺទិន្នផលគិតជា dt/25 m^2 ។

- យើងធ្វើការពិសោធន៏ និងគណនាដូចខាងក្រោម :

		X	X^2	
Treat.1 NP	B_1	0.2	0.04	– $\sum X_{P1} = 0.5$ $(\sum X_{P1})^2 = 0.25$
	B_2	0.1	0.01	$P_1^2 = 0.5^2 = 0.25$
	B_3	0.1	0.01	$\frac{(\sum X_{P1})^2}{4} = \frac{0.25}{4} = 0.063$
	B_4	0.1	0.01	
Treat.2 NP + K_{60} ①*	B_1	0.5	0.25	– $\sum X_{P2} = 1.9$ $(\sum X_{P2})^2 = 3.61$
	B_2	0.5	0.25	$\frac{(\sum X_{P2})^2}{4} = \frac{3.61}{4} = 0.903$
	B_3	0.5	0.25	
	B_4	0.4	0.16	
Treat. 3 NP + K_{60} ②*	B_1	0.5	0.25	– $\sum X_{P3} = 2.1$ $(\sum X_{P1})^2 = 4.41$
	B_2	0.5	0.25	$P_3^2 = 2.1^2 = 4.41$
	B_3	0.5	0.25	$\frac{(\sum X_{P3})^2}{4} = \frac{4.41}{4} = 1.103$
	B_4	0.6	0.36	
Plot 4 NP + KT ①*	B_1	0.5	0.25	– $\sum X_{P4} = 1.9$ $(\sum X_{P4})^2 = 3.61$
	B_2	0.5	0.25	$\frac{(\sum X_{P4})^2}{4} = \frac{3.61}{4} = 0.903$
	B_3	0.4	0.16	
	B_4	0.5	0.25	
Treat. 5 NP + KT ②*	B_1	0.6	0.36	– $\sum X_{P5} = 2.2$ $(\sum X_{P1})^2 = 4.84$
	B_2	0.5	0.25	$P_5^2 = 2.2^2 = 4.84$
	B_3	0.6	0.36	$\frac{(\sum X_{P5})^2}{4} = \frac{4.84}{4} = 1.21$
	B_4	0.5	0.25	

ដាក់ជីលើកទី 1 ជាមួយ NP

$$\text{CT (correction term or correction factor)} = \frac{(\sum X)^2}{n} = \frac{73.96}{20} = 3.698$$

$$SS_{Tr} = \frac{(\sum X_{Tr1})^2}{r_{Tr1}} + \frac{(\sum X_{Tr2})^2}{r_{Tr2}} + \frac{(\sum X_{Tr3})^2}{r_{Tr3}} + \frac{(\sum X_{Tr4})^2}{r_{Tr4}} + \frac{(\sum X_{Tr5})^2}{r_{Tr5}} - \frac{(\sum X)^2}{n}$$

$$= \frac{0.25}{4} + \frac{3.16}{4} + \frac{4.41}{4} + \frac{4.84}{4} + \frac{3.61}{4} - \frac{73.96}{20}$$

$$= 0.063 + 0.903 + 1.103 + 0.903 + 1.21 - 3.698$$

$$= 0.484$$

$\sum X = 8.6$

$\sum X^2 = 422$

$(\sum X)^2 = 8.6^2 = 73.96$

$$\frac{(\sum X)^2}{n} = \frac{73.96}{20} = 3.698$$

3 0.6	4 0.5	2 0.4	5 0.5	1 0.1
5 0.6	1 0.1	4 0.4	3 0.5	2 0.5
2 0.5	3 0.5	5 0.5	1 0.1	4 0.5
1 0.2	2 0.5	3 0.5	4 0.5	5 0.6

B_4 $\sum X_{B4} = 2.1$ $(\sum X_{B4})^2 = 4.41$ $\frac{(\sum x_{B4})^2}{5} = \frac{4.41}{5} = 0.882$

B_3 $\sum X_{B3} = 2.1$ $(\sum X_{B3})^2 = 4.41$ $\frac{(\sum X_{B3})^2}{5} = \frac{4.41}{5} = 0.882$

B_2 $\sum X_{B2} = 2.1$ $(\sum X_{B2})^2 = 4.41$ $\frac{(\sum X_{B2})^2}{5} = \frac{4.41}{5} = 0.882$

B_1 $\sum X_{B1} = 2.3$ $(\sum X_{B1})^2 = 5.29$ $\frac{(\sum X_{B1})^2}{5} = \frac{5.29}{5} = 1.158$

$$SS_B = \frac{(\sum X_{B1})^2}{n_{B1}} + \frac{(\sum X_{B2})^2}{n_{B2}} + \frac{(\sum X_{B3})^2}{n_{B3}} + \frac{(\sum X_{B4})^2}{n_{B4}} - CT$$

$$= \frac{4.41}{5} + \frac{4.41}{5} + \frac{4.41}{5} + \frac{5.29}{5} - 3.698$$

$$= 3.704 - 3.698$$

$$= 0.006$$

Treat.	ជី	Tr (dt/25m^2)	Tr (dt/25m^2)	Tr (dt/ha)
1	NP	0.5	0.125	50
2	NP + K_{60} ①	1.9	0.475	190
3	NP + K_{60} ②*	2.1	0.525	210
4	NP + KT ①*	1.9	0.475	190
5	NP + KT ②*	2.2	0.550	220

Block	B	B (dt/25m^2)	B (dt/ha)
a	2.3	0.46	184
b	2.1	0.42	168
c	2.1	0.42	168
d	2.1	0.42	168

តារាងវិភាគវ៉ារីយ៉ង់ (Variance)

ប្រភពបំរែបំរួល	កំរិតសេរីភាព DF	សរុបការ៉េលំអៀង SS	Variance $S^2 = \frac{SS}{DF}$	F- គណនា	F- តារាង	
					$\alpha = 5\%$	$\alpha = 1\%$
សរុប（Total）	19 (20 –1)	0.522	———			
បច្ច័យ（Treat.）	4 (5 – 1)	0.484	$S_{Tr}^2 = 0.121$	40.33^{**}	3.26	5.41
ប្លុក（ឬ Row ）	3 (4 – 1)	0.006	$S_B^2 = 0.002$	0.67^{ns}	8.74	
លំអៀង（Error）	12(19–4–3)	0.032	$S_E^2 = 0.003$			

តាមតារាងវិភាគវ៉ារីយ៉ង់ យើងបាន $f_{គណនា} > f_{តារាង}$ (40.33 > 5.41) → ការអះអាងយក H_1 ។ មានន័យថា វ៉ារីយ៉ង់ នៃទិន្នផលរវាង Treat.s មានភាពខុសគ្នាជាអត្ថន័យ (Significant) ជាក់លាក់ ។

<u>តើទិន្នផលមធ្យមរវាង Treat. ណាខ្លះ មានភាពខុសគ្នា?</u> → <u>ធ្វើ T - test</u>

វិធីសាស្ត្រសំរាប់ធ្វើការ សាកល្បង ឬគណនាភាពខុសគ្នានៃរង្វាស់មធ្យមដែលប្រើខាងក្រោមនេះគឺ : LSD (Least Significant Difference) ។ គេអាចប្រើវិធីសាស្ត្រនេះក្នុងស្ថានភាពពីរបែប :

- LSD អាចត្រូវប្រើសំរាប់ធ្វើការប្រៀបធៀបជាមួយបច្ច័យកស្សិណ
- LSD អាចត្រូវប្រើ កាលណាលទ្ធផល F-test មានភាពខុសគ្នាអត្ថន័យ（significant）

$$t = \frac{d}{S_d}$$

$$S_{dTr} = \sqrt{\frac{2S_E^{\ 2}}{r_{Tr}}} = \sqrt{\frac{2*0.003}{4}} = 0.039.dt/25.m^2 = 15.6dt$$

LSD$_{5\%}$ ឬ d (5%) = t តារាង x S_{dTr} = t (DF_E = 12, α = 5%) x S_{dp}

= 2.18 x 0.039 = 0.085 dt/25 m^2

$$\frac{0.085\ dt \times 100.00\ m^2}{25\ m^2 \times 100.00\ m^2} = \frac{0.085\ dt \times 400}{ha} = 34\ dt / ha$$

LSD$_{1\%}$ ឬ d (1%) = t តារាង x S_{dTr} = t (DF_E = 12, α = 1%) x S_{dTr}

= 3,05 x 0,039 = 0,119 dt/25 m^2

0,119 x 400 = 47,6 dt / ha

Treat. (បច្ច័យ)	d (ភាពខុសគ្នារវាងទិន្នផលមធ្យមនៃ Treat.)	$t = \frac{d}{S_d}$	t តារាង
1 : 2 1 : 3 1 : 4 1 : 5	50 - 190 = 140 (> 34) 50 - 210 = 160 50 - 190 = 140 50 - 220 = 170	$\frac{140}{15,6}$ = 6,97	t (12,5%) = 2.18

លទ្ធផលខាងលើនេះ យើងបាន Treat. 2, 3, 4 និង 5 មានទិន្នផលខុសគ្នាពី Treat. 1 ជា Significant ក្នុងកំរិត α = 1% ឬ ដោយអត្ថន័យជាក់លាក់ និងមានទិន្នផលខ្ពស់ជាង Treat. 1 ។

<u>តើទិន្នផលមធ្យមរវាង Blocks ណាខ្លះ មានភាពខុសគ្នា ?</u> → **<u>ធ្វើ T - test</u>** វិធីសាស្ត្រប្រើ LSD

$$S_{dB} = \sqrt{\frac{2S_E^{\ 2}}{n_B}} = \sqrt{\frac{2x0.003}{5}} = 0.035.dt/25\ m^2 = 14.dt/ha$$

LSD (5%) = t តារាង x S_{dB} = t (DF_E = 12, α = 5%) x S_{db}

= 2.18 x 0.035 = 0.076 dt/25 m^2

= 30.4 dt / ha

ប្លុក (B)	d (ភាពខុសគ្នារវាងទិន្នផលមធ្យមនៃប្លុក)	$t = \frac{d}{S_d}$	t តារាង
a : b a : c a : d b : c b : d c : d	184 - 168 = 16 (< 30.4) 184 - 168 = 16 184 - 168 = 16		t (DF_E = 12, α = 5%) = 2.18

លទ្ធផលបង្ហាញថា រវាងទិន្នផលមធ្យមនៃប្លុកទាំងអស់ពុំមានភាពខុសគ្នាជាអត្ថន័យទេ ។

៧.១.៣. ការវិភាគកត្តាទោល និងបំរែបំរួលទៅតាមទិសដីពីរ

- ស្រែពិសោធន៍មានរាងជាប្លង់ចតុកោណកែងឡាតាំង
- គេប្រើប្លង់នេះ កាលណាចង់សង្កេតមើលឥទ្ធិពលខុសគ្នានៃដីធ្លី ចំពោះទិសដីទាំងពីរ

ឧទាហរណ៍: ពិសោធន៍ក្នុងការដាក់ជីគីមី ចំពោះដំណាំពោតដែលមាន : 8 Treat. } 8 x 4 កូនស្រែ
4 សា } នៃ Block ពិសោធន៍

ការប្រមូលទិន្នន័យ គឺ ទិន្នផល គិតជា kg/30 m^2 ។ យើងធ្វើការពិសោធន៍ដូចខាងក្រោម :

			X	X^2
Treat. (Tr)1	B_1	I	6	36
N P K	B_2	II	7	49
80/40/0	B_3	IV	6	36
	B_4	III	6	36
Treat. 2	B_1	I	7	49
80/40/40	B_2	IV	8	64
	B_3	III	7	49
	B_4	II	8	64
Treat. 3	B_1	II	8	64
80/40/80	B_2	III	8	64
	B_3	I	8	64
	B_4	IV	8	64
Treat. 4	B_1	II	8	64
80/40/120	B_2	I	8	64
	B_3	IV	9	81
	B_4	III	8	64
Treat. 5	B_1	III	7	49
120/40/0	B_2	II	8	64
	B_3	I	6	36
	B_4	IV	7	49
Treat. 6	B_1	III	8	64
120/40/60	B_2	IV	9	81
	B_3	II	9	81
	B_4	I	9	81
Treat. 7	B_1	IV	10	100
120/40/120	B_2	I	8	64
	B_3	III	8	64
	B_4	II	10	100
Treat. 8	B_1	IV	9	81
120/40/180	B_2	III	10	100
	B_3	II	9	81
	B_4	I	9	81

$\sum X_{Tr1} = 25$ $(\sum X_{Tr1})^2 = 25^2 = 625$

$$\frac{(\sum X_{Tr1})^2}{4} = \frac{625}{4} = 156.25$$

$\sum X_{Tr2} = 30$ $(\sum X_{Tr2})^2 = 30^2 = 900$

$$\frac{(\sum X_{Tr2})^2}{4} = \frac{900}{4} = 225$$

$\sum X_{Tr3} = 32$ $(\sum X_{Tr3})^2 = 32^2 = 1024$

$$\frac{(\sum X_{Tr3})^2}{4} = \frac{1024}{4} = 256$$

$\sum X_{Tr4} = 33$ $(\sum X_{Tr4})^2 = 33^2 = 1089$

$$\frac{(\sum X_{Tr4})^2}{4} = \frac{1089}{4} = 272.25$$

$\sum X_{Tr5} = 28$ $(\sum X_{P5})^2 = 28^2 = 784$

$$\frac{(\sum X_{Tr5})^2}{4} = \frac{784}{4} = 196$$

$\sum X_{Tr6} = 35$ $(\sum X_{Tr6})^2 = 35^2 = 1225$

$$\frac{(\sum X_{P6})^2}{4} = \frac{1225}{4} = 306.25$$

$\sum X_{Tr7} = 36$ $(\sum X_{Tr7})^2 = 36^2 = 1296$

$$\frac{(\sum X_{Tr7})^2}{4} = \frac{1296}{4} = 324$$

$\sum X_{Tr8} = 37$ $(\sum X_{Tr8})^2 = 37^2 = 1369$

$$\frac{(\sum X_{Tr8})^2}{4} = \frac{1369}{4} = 342.25$$

$$SS_{Tr} = \frac{(\sum X_{Tr1})^2}{r_{Tr1}} + \frac{(\sum X_{Tr2})^2}{r_{Tr2}} + \frac{(\sum X_{Tr3})^2}{r_{Tr3}} + \frac{(\sum X_{Tr4})^2}{r_{Tr4}} + \frac{(\sum X_{Tr5})^2}{r_{Tr5}} + \frac{(\sum X_{Tr6})^2}{r_{Tr6}} + \frac{(\sum X_{Tr7})^2}{r_{Tr7}} +$$

$$\frac{(\sum X_{Tr8})^2}{r_{Tr8}} - \frac{(\sum X)^2}{n}$$

SS_{Tr} = 156.25 + 225 + 256 + 272.25 + 196 + 306.25 + 324 + 342.25

= 2078 – 2048

= 30

$$SS_T = \sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{n}$$

= 2088 – 2048
= 40

$SS_T = SS_{Tr} + SS_B + SS_C + SS_E$

$SS_E = SS_T - (SS_P + SS_B + SS_C)$

$\sum X$ = 256 $\qquad \sum X^2$ = 2088 $\qquad (\sum X)^2 = 256^2$

$$= \frac{(\sum X)^2}{n} = \frac{256^2}{32} = 2048$$

	Column I		C II		C III		C IV			$\sum X_B$	X_B	$(\sum X_B)^2$	$\frac{(\sum X_B)^2}{n_B}$
	6	8	2	7	1	4	3	5	**B_4**	65	8.13	4225	528.13
	9	9	8	10	6	8	8	7	**(Row)**				
	3	5	6	8	2	7	1	4	**B_3**	62	7.75	3844	480.5
	8	6	9	9	7	8	6	9					
	4	7	1	5	3	8	2	6	**B_2**	66	8.25	4356	544.5
	8	8	7	8	8	10	8	9					
	1	2	3	4	5	6	7	8	**B_1**	63	7.88	3969	496.13
	6	7	8	8	7	8	10	9					
$\sum X_C$	61		67		62		66						
X_C	7.63		8.38		7.75		8.25						
$(\sum X_C)^2$	3721		4489		3844		4356						
$\frac{(\sum X_C)^2}{n_C}$	465.13		561.13		480.5		544.5						

$$SS_B = \frac{(\sum X_{B1})^2}{n_{B1}} + \frac{(\sum X_{B2})^2}{n_{B2}} + \frac{(\sum X_{B3})^2}{n_{B3}} + \frac{(\sum X_{B4})^2}{n_{B4}} - \frac{(\sum X)^2}{n}$$

= 528.13 + 480.5 + 544.5 + 496.13 – 2048
= 2049.26 – 2048
= 1.26

$$SS_C = \frac{(\sum X_{C1})^2}{n_{C1}} + \frac{(\sum X_{C2})^2}{n_{C2}} + \frac{(\sum X_{C3})^2}{n_{C3}} + \frac{(\sum X_{C4})^2}{n_{C4}} - \frac{(\sum X)^2}{n}$$

= 465.13 + 561.13 + 480.5 + 544.5 – 2048
= 2051.26 – 2048
= 3.26

Treat.	$\sum T_r$	Tr (kg/30m^2)	Tr (dt/ha)	អត្រាធៀបនឹង Tr_1
1	25	6.25	20.8	100
2	30	7.50	25.0	120
3	32	8.00	26.7	128
4	33	8.25	27.5	132
5	28	7.00	23.3	112
6	35	8.75	29.2	140
7	36	9.00	30.0	144
8	37	9.25	30.8	148

តារាងវិភាគ Variance

ប្រភពបំរែបំរួល	ក៏រិតសេរីភាព DF	សរុបលំអៀងការ៉េ SS	Variance S^2 = SS/DF or MS	F-គណនា	F-តារាង α = 5%	α = 1%
សរុប (Total)	31	40	———			
បច្ច័យ (Treat.)	7	30	4.29	14.3 **	2.58	3.85
ប្លុក (Block)	3	1.26	0.42	1.4 n.s	3.16	5.09
Columns	3	3.26	1.08	3.6 *	3.16	5.09
លំអៀង (Error)	18	5.48	0.30			

- តាមតារាងវិភាគ Variance យើងបាន $F_{\text{គណនា}} > F_{\text{តារាង}}$ (14.3 > 2.58) → ការអះអាងយក H_1 ។ មានន័យថា : វ៉ារីយ៉ង់នៃទិន្នផលពោតរវាងបច្ច័យមានភាពខុសគ្នាជាអត្ថន័យ ។
- $F_{\text{គណនា}} < F_{\text{តារាង}}$ → H_0 ។ Variance នៃទិន្នផលពោតរវាងប្លុក គ្មានភាពខុសគ្នាជាអត្ថន័យទេ ។

<u>តើទិន្នផលមធ្យមរវាង Treat. ណាខ្លះ មានភាពខុសគ្នា → T - test</u>

យើងមាន $t = \dfrac{d}{S_d}$

$$S_{dTr} = \sqrt{\frac{2S_E^{\ 2}}{r_{Tr}}} = \sqrt{\frac{2*0.30}{4}} = \sqrt{0.15} = 0.39.kg/30.m^2$$

LSD (5%) = $t_{\text{តារាង}}$ x S_{dTr} = t (DF_E = 18, α = 5%) x S_{dTr}
= 2.10 x 0.39 = 0.82 kg/30 m^2 = <u>2.70 dt/ha</u>

LSD (1%) = 2.88 x 0.39 = 1.12 kg/30 m^2 = <u>3.73 dt/ha</u>

LSD (0.1%) = 3.92 x 0.39 = 1.53 kg/30 m^2 = <u>5.10 dt/ha</u>

Treat.s	1	2	3	4	5	6	7	8
	20.8	25.0	26.7	27.5	23.3	29.2	30.0	30.8
1		**	***	***	n.s.	***	***	***
2			n.s.	n.s.	n.s.	**	**	***
3				n.s.	*	n.s.	*	**
4					**	n.s.	n.s.	*
5						***	***	***
6							n.s.	n.s.
7								n.s.
8								

<u>សញ្ញាសំគាល់</u> :

*** ភាពខុសគ្នាជាអត្ថន័យ (Significant) កាលណា α = 0.1%

** ភាពខុសគ្នាជា អត្ថន័យ (Significant) កាលណា α = 1%

* ភាពខុសគ្នាជា អត្ថន័យ (Significant)កាលណា α = 5%

n.s. គ្មានភាពខុសគ្នាជា អត្ថន័យទេ (Non-Significant)

<u>តើទិន្នផលមធ្យមរវាងប្លុក (Row) និង Columns ណាខ្លះមានភាពខុសគ្នា?</u>

យើងមាន $t = \frac{d}{S_d}$

$$S_{dB,C} = \sqrt{\frac{2S_E^2}{n_{B,C}}} = \sqrt{\frac{2x0.30}{8}} = \sqrt{0.075} = 0.27$$

LSD (5%) = t $_{\text{តារាង}}$ x $S_{dB,C}$ = t (DF_E = 18, α = 5%)
= 2.10 x 0.27 = <u>0.57 kg/30 m^2</u>

LSD (1%) = 2.88 x 0.27 = <u>0.78 kg/30 m^2</u>

LSD (0.1%) = 3.92 x 0.27 = <u>1.06 kg/30 m^2</u>

ប្លុក	d (ភាពខុសគ្នារវាងទិន្នផលមធ្យមនៃប្លុក)					
$B_a : B_b$	7.88	: 8.22	=	0.34	n.s.
$: B_c$		: 7.75	=	0.13	n.s.
$: B_d$		: 8.13	=	0.25	n.s.
$B_b : B_c$	8.25	: 7.75	=	0.50	n.s.
$: B_d$		: 8.13	=	0.12	n.s.
$B_c : B_d$	7.75	: 8.13	=	0.38	n.s.

សន្និដ្ឋាន : រវាងទិន្នផលមធ្យមនៃប្លុកគ្មានភាពខុសគ្នាជាអត្ថន័យទេ ។

COLUMNS	d (ភាពខុសគ្នានៃទិន្នផលមធ្យមរវាង Columns)				
$C_1 : C_{II}$	7.63	: 8.38	=	0.75	*
$: C_{III}$		: 7.75	=	0.12	n.s.
$: C_{IV}$		: 8.25	=	0.62	*
$C_{II} : C_{III}$	8.38	: 7.75	=	0.63	*
$: C_{IV}$		: 8.25	=	0.13	n.s.
$C_{III} : C_{IV}$	7.75	: 8.25	=	0.50	n.s.

សន្និដ្ឋាន : រវាងទិន្នផលមធ្យមនៃ C_I និង C_{II}, C_{IV}

C_{II} និង C_{III}

គ្មានភាពខុសគ្នាជាអត្ថន័យទេ (Non Significant) ។

ឧទាហរណ៍ : ការវិភាគកត្តាទោល (One –way ANOVA)

អ្នកជីវៈវិទ្យាម្នាក់ធ្វើសង្កេតដោយប្រៀបធៀបទម្ងន់សត្វស្លាប (starlings) ដែលស្ថិតនៅក្នុង សំបុកដែលមានស្ថានភាពខុសគ្នា។ គាត់ចង់ដឹងថា តើមធ្យមទំងន់សត្វស្លាបដែលស្ថិតក្នុងស្ថានភាពសំបុកខុសគ្នា មានភាពខុសគ្នាដែរឬទេ? ។ សំណាក ១ ក្រុមមានសត្វ ១០ ក្បាលដែលយកចេញពីស្ថានភាពនីមួយៗ។

តារាង: ទំងន់សត្វស្លាបដែលយកចេញពីសំបុកស្ថិតក្នុងស្ថានភាពទាំងបួន (គិតជា g)

ស្ថានភាពសំបុក ១ សំណាក ១	ស្ថានភាពសំបុក ២ សំណាក ២	ស្ថានភាពសំបុក ៣ សំណាក ៣	ស្ថានភាពសំបុក ៤ សំណាក ៤	ទាំងអស់
78	78	79	77	
88	78	73	69	
87	83	79	75	
88	81	75	70	
83	78	77	74	
82	81	78	83	
81	81	80	80	
80	82	78	75	
80	76	83	76	
89	76	84	75	
n=10	n=10	n=10	n=10	$n_{T=40}$
X=83.6	X=79.4	X=78.6	X=75.4	
S=4.03	S=2.50	S=3.31	S=4.14	
S^2=16.27	S^2=6.25	S^2=10.96	S^2=17.14	
$\sum x = 836$	$\sum x = 794$	$\sum x = 786$	$\sum x = 754$	$\sum x_T = 3170$
$\left(\sum x\right)^2 = 698896$	$\left(\sum x\right)^2 = 630436$	$\left(\sum x\right)^2 = 617796$	$\left(\sum x\right)^2 = 568516$	
$\sum x^2 = 70036$	$\sum x^2 = 63100$	$\sum x^2 = 61878$	$\sum x^2 = 57006$	$\sum x_T{}^2 = 252020$

១. គណនារង្វាស់នៃសំណាកសំរាប់បច្ច័យនីមួយៗនូវ: មធ្យម (X) គំលាតស្តង់ដា/គំលាតគំរូ (S) វ៉ារីយ៉ង់ (S^2)

$$\sum x, \left(\sum x\right)^2, \sum x^2$$

២. គណនាតំលៃនៃសំណាកនៅក្នុង ជួរ (Column) និមួយៗនូវ: $n_C, \sum x_C, \left(\sum x_C\right)^2$

៣. គណនាកត្តាកែតំរូវ C.F

$$C.F = \frac{\left(\sum x_T\right)^2}{n_T} = \frac{3170^2}{40} = 251222.5$$

៤. គណនាសរុបការ៉េនៃសំណាក

$$SS_T = \Sigma x_T^{\,2} - C.F$$

$$SS_T = 252020 - 251222.5 = 797.5$$

៥. សរុបការ៉េរវាងសំណាក (បច្ច័យ)

$$SS_{between} = \frac{(\Sigma x_1)^2}{n_1} + \frac{(\Sigma x_2)^2}{n_2} + \frac{(\Sigma x_3)^2}{n_3} + \frac{(\Sigma x_4)^2}{n_4} - C.F$$

$$SS_{between} = \frac{698896}{10} + \frac{630436}{10} + \frac{617796}{10} + \frac{568516}{10} - C.F$$

$$SS_{between} = 69889.6 + 63043.6 + 61779.6 + 56851.6 - 251222.5$$

$$SS_{between} = 341.9$$

៦. សរុបការ៉េលំអៀង (SSwithin)

$$SS_T = SS_{between} + SS_{within}$$

$$SS_{within} = (SS_T - SS_{between}) = (797.5 - 341.9) = 455.6$$

Or

$$SS_{W1} = \Sigma x_1^{\,2} - \frac{(\Sigma x_1)^2}{n_1} = 70036 - \frac{698896}{10} = 146.4$$

$$SS_{W2} = \Sigma x_2^{\,2} - \frac{(\Sigma x_2)^2}{n_2} = 63100 - \frac{630436}{10} = 56.4$$

$$SS_{W3} = \Sigma x_3^{\,2} - \frac{(\Sigma x_3)^2}{n_3} = 61878 - \frac{617796}{10} = 98.4$$

$$SS_{W4} = \Sigma x_4^{\,2} - \frac{(\Sigma x_4)^2}{n_4} = 57006 - \frac{568516}{10} = 154.4$$

$$SS_{Within} = 146.4 + 56.4 + 98.4 + 154.4 = 455.6$$

ផ្ទៀងផ្ទាត់មើល

$$SS_T = SS_{between} + SS_{wthin} = 341.9 + 455.6$$

៧. កំណត់កំរិតសេរីភាព (DF)

$$DF.for.SS_T = n_T - 1 = 40 - 1 = 39$$
$$DF.for.SS_{between} = a - 1 = 4 - 1 = 3$$
$$DF.for.SS_{within} = n_T - a = 40 - 4 = 36$$

៨. គណនាវ៉ារីយ៉ង់ (S^2 or MS-Mean of Squares)

$$S^2_{between} = \frac{SS_{between}}{DF_{between}} = \frac{341.9}{3} = 113.97$$
$$S^2_{within} = \frac{SS_{between}}{DF_{within}} = \frac{455.6}{36} = 12.66$$

៩. គណនា F

$$F = \frac{S^2_{between}}{S^2_{within}} = \frac{113.97}{12.66} = 9.002$$

១០. រៀបបញ្ចូលលទ្ធផលដែលបានគណនាទៅក្នុងតារាងវិភាគវ៉ារីយ៉ង់ដោយសង្ខេប

តារាងវិភាគវ៉ារីយ៉ង

ប្រភពបំរែបំរួល	សរុបការ៉េ SS	កំរិតសេរីភាព DF	វ៉ារីយ៉ង់ S^2	$F_{Cal.}$	$F_{Tab.}$
(រវាង) បច្ច័យ (Between)	341.9	3	113.97	9.002 **	5% 2.86 1% 4.38
លំអៀង (Within)	455.6	36	12.66		
សរុប (Total)	797.5	39			

$$CV\% = \frac{\sqrt{S_E^{\,2}}}{\overline{x}} = \frac{\sqrt{12.66}}{79.25} = 4.49\%$$

មធ្យមទំងន់នៃសំណាកទាំងបួន(ក្រុម) ដែលមាន n=១០ ក្នុងក្រុមសំណាកនីមួយៗ មានភាពខុសគ្នាជាអត្ថន័យក្នុងកំរិត $\alpha = 1\%.(F_{3,36} = 9.002, P \succ 0.05)$ ។

១១. ការគណនា **Turkey Test** ត្រូវបានធ្វើបន្ទាប់ពីការធ្វើ F-Tset ក្នុងការវិភាគតាម ANOVA បង្ហាញថា វាមានភាពខុសគ្នាជាអត្ថន័យរវាងមធ្យមនៃក្រុមសំណាក ។

សំណាក	**2**	**3**	**4**
សំណាក ១ $\overline{x}_1$=83.6	$\overline{x}_1 - \overline{x}_2$ 4.2 n.s	$\overline{x}_1 - \overline{x}_3$ 5.0 *	$\overline{x}_1 - \overline{x}_4$ 8.2 *
សំណាក ២ $\overline{x}_2$=79.4		$\overline{x}_2 - \overline{x}_3$ 0.8 n.s	4.0 n.s
សំណាក ៣ $\overline{x}_3$=78.6			$\overline{x}_3 - \overline{x}_4$ 3.2 n.s
សំណាក ៤ $\overline{x}_4$=75.4			

$$T = (q)x\sqrt{\frac{S^2_{within}}{n}}$$

$$T = 3.82x\sqrt{\frac{12.66}{10}} = 4.30$$

q គឺជាតំលៃ នៅក្នុងតារាង ទី ១០ សំរាប់ Turkey Test នៅត្រង់ប្រសព្វរវាង

a=4 (a ជាចំនួនសរុបនៃតំលៃមធ្យមដែលត្រូវប្រៀបធៀប) និង v=DF_E=36

$\alpha = 5\% \rightarrow q = 3.82$ ។ គូរនៃតំលៃមធ្យមណាមានភាពខុសគ្នាធំជាង T=៤.៣០ មានភាពខុសគ្នាជាអត្ថន័យក្នុងកំរិត ៥ ភាគរយ (J.Fowler and L.Cohen,1990) ។

ម៉្យាងវិញទៀត យើងអាចប្រៀបធៀបមធ្យមតាមការគណនា LSD ដោយប្រើតារាងបែងចែក t សំរាប់ $\alpha = 5\%, 1\%. and. 0.1\%$ បានដែរ ។ យើងមាន:

$$t = \frac{d}{S_d}$$

$$S_{d(E)} = \sqrt{\frac{2S_E^{\ 2}}{n}} = \sqrt{\frac{2*12.66}{10}} = 1.591$$

$$LDS(5\%) = t_{Tab.} * S_{d(E)} = t(DF{=}36, \alpha{=}5\%) * S_{d(E)}$$

$$................ = 2.03*1.591 = 3.23$$

$$LSD(1\%) = t_{Tab} * S_{d(E)} = t(DF{=}36, \alpha{=}1\%) * S_{d(E)}$$

$$................ = 2.72*1.591 = 4.33$$

7.2.. ការវិភាគវ៉ារីយ៉ង់តាមលក្ខណ:សាំញ៉ាំ (Complex variance analysis)

7.2..1. ការវិភាគវ៉ារីយ៉ង់ (variance) ពិសោធន៏ ២ កត្តាតាមប្លង់កូនស្រែបំបែក (Split-Plot Design)

យើងធ្វើការពិសោធន៏ ២ កត្តា: ជី និង ពូជ ដោយប្រើប្លង់កូនស្រែបំបែក។

កត្តា ជី N មាន ៥ កំរិតគឺ: N_0, N_1 N_2 N_3 N_4

កត្តា ពូជស្រូវ V មាន ៣ គឺ: V_1 V_2 V_3

ប្លង់សំរេចសំរាប់ពិសោធន៏ ២ កត្តា ៥ X ៣

N_1	N_3	N_2	N_4	N_0
V1	V3	V2	V1	V2
V3	V2	V3	V2	V3
V2	V1	V1	V3	V1

សា ១ ឬ ប្លុក១

N_3	N_0	N_2	N_4	N_1
V1	V2	V3	V1	V2
V2	V3	V2	V2	V3
V3	V1	V1	V3	V1

សា ២ ឬ ប្លុក២

N_4	N_0	N_1	N_3	N_2
V3	V1	V2	V3	V2
V1	V2	V3	V1	V1
V2	V3	V1	V2	V3

សា ៤ ឬ ប្លុក៤

N_0	N_1	N_3	N_2	N_4
V3	V1	V3	V1	V2
V2	V3	V2	V3	V1
V1	V2	V1	V2	V3

សា ៣ ឬ ប្លុក៣

ខាងក្រោមនេះ គឺជា

ទិន្នន័យស្រង់ចេញពីការពិសោធន៍តាមកូនស្រែបំបែកខាងលើ (គិតជា តោន/ហ.ត) ។

ពូជ	សា I	សា II	សា III	សា IV
	ជី N0 (0 kg/ha)			
V1 (CAR 4)	4.43	4.48	3.85	4.25
V2 (CAR 6)	3.94	5.31	3.66	4.30
V3 (ប្រពៃណី)	4.13	4.48	4.84	4.48
	ជី N1 (60 kg/ha)			
V1	5.42	5.17	6.43	5.67
V2	6.50	5.86	5.59	5.98
V3	5.19	4.60	4.65	4.81
	ជី N2 (90 kg/ha)			
V1	6.08	6.42	6.70	6.40
V2	6.01	6.13	6.64	6.26
V3	4.55	5.74	4.15	4.81
	ជី N3 (120 kg/ha)			
V1	6.46	5.06	6.68	6.07
V2	7.14	6.98	6.56	6.89
V3	2.77	5.04	3.64	3.82
	ជី N4 (150 kg/ha)			
V1	7.29	7.85	7.55	7.56
V2	7.68	6.59	6.58	6.95
V3	1.41	1.96	2.77	2.05

នេះជាតារាងទិន្នន័យសន្មតសំរាប់ប្រើប្រាស់ជាឧទាហរណ៍នៃការគណនាតាមស្ថិតិវិទ្យាតែប៉ុណ្ណោះ ។

ជំហ៊ាន ទី ១ (Step 1):

A. តារាងសរុបពីរទិស សា X កត្តា A ក្នុងនោះមានសរុបសា (Replication totals=R) និង សរុបកត្តា A (Factor A totals=A)

តារាង ទិន្នន័យសរុបសា X កំរិតជី N

កំរិតជី (Nitrogen) (A)	ទិន្នផល តោន/ហិកតា				
	សា R I	R II	R III	R IV	សរុបជី N
N0	12.50	14.27	12.35	13.03	52.15
N1	17.11	15.63	16.67	16.46	65.87
N2	16.64	18.29	17.49	17.47	69.89
N3	16.37	17.08	16.88	16.78	67.11
N4	16.38	16.40	16.90	16.56	66.24
សរុបសា (Rep.)	79.00	81.67	80.29	80.30	
សរុបទិន្នន័យទាំងអស់ Grand total-GT					321.26
មធ្យមទិន្នន័យពិសោធន៏ General Mean-GM					5.354

B. តារាងសរុបពីរទិស កត្តា A X កត្តា B ក្នុងនោះមានសរុបកត្តា B ។ សរុបរូបមន្តជី X ពូជ (AB) និង សរុបពូជ (B)

តារាង ទិន្នន័យសរុបរបស់កំរិតជី N X ពូជ

កំរិតជី (Nitrogen)	ទិន្នផល តោន/ហិកតា			
	V1	V2	V3	សរុបជី N (A)
N0	17.01	17.21	17.93	52.15
N1	22.69	23.93	19.25	65.87
N2	25.60	25.04	19.25	69.89
N3	24.27	27.57	15.27	67.11
N4	30.25	27.80	8.19	66.24
សរុបពូជ (B)	119.82	121.55	79.89	

ជំហ៊ាន ទី ២ (Step 2)៖ គណនារកកត្តាកែតំរូវ និងសរុបការ៉េសំរាប់ទិន្នន័យលើកូនស្រែចំបង

- កត្តាកែតំរូវ

$$C.F = \frac{GT^2}{rab} = \frac{321.26^2}{4*5*3} = \frac{103207.98}{60} = 1720.133$$

- សរុបការ៉េរបស់ការពិសោធន៏ទាំងមូល

$$C.F = \frac{GT^2}{rab} = \frac{321.26^2}{4x5x3} = \frac{103207.98}{60} = 1720.133$$

- សរុបការេរបស់ការពិសោធន៍

$$SS_T = \sum x_i^2 - C.F$$

$$......... = 4.43^2 + 3.94^2 + ... + 2.05^2 - 1720.133 = 130.3054$$

- សរុបការេរបស់សា

$$SS_R = \frac{\sum R^2}{ab} - C.F = \frac{79.00^2 + 81.67^2 + 80.29^2 + 80.30^2}{5x3} - C.F$$

$$......... = \frac{2580.563}{5x3} - 1720.133 = 0.2378$$

- សរុបការេរបស់កូនស្រែធំ/កូនស្រែចំបង (កត្តាជី A)

$$SS_A = \frac{\sum A^2}{rb} - C.F$$

$$......... = \frac{52.15^2 + 65.87^2 + ... + 66.24^2}{4x3} - 1720.133$$

$$......... = \frac{20834.5812}{12} - 1720.133 = 16.0821$$

- សរុបការេទាំងអស់របស់សារ កត្តា A

$$SS_{RA} = \frac{\sum (RA)^2}{b} - C.F$$

$$.......... = \frac{12.50^2 + 17.11^2 + ... + 16.56^2}{3} - 1720.133$$

$$.......... = \frac{5213.8846}{3} - 1720.133 = 17.8285$$

- លំអៀង Error (a)

$$SS_{(a)} = SS_{RA} - SS_R - SS_A$$

$$.......... = 17.8285 - 0.2378 - 16.0821 = 1.5086$$

ជំហ៊ាន ទី ៣ (Step 3): គណនាសរុបការេសំរាប់វិភាគទិន្នន័យលើកូនស្រែបំបែក (កូនស្រែតូច) ឬកកត្តា B

- សរុបការេរបស់ពូជ (B)

$$SS_B = \frac{\sum B^2}{ra} - C.F$$
$$........= \frac{119.82^2 + 121.55^2 + 79.89^2}{4x5} - 1720.133$$
$$........= \frac{35513.647}{20} - 1720.133 = 55.5494$$

- សរុបការ៉េរបស់កត្តាជី (A) x ពូជ (B)

$$SS_{(AB)} = \frac{\sum AB^2}{r} - C.F$$
$$...........= \frac{17.01^2 + 22.69^2 + ...+ 8.19^2}{4} - 1720.133$$
$$...........= \frac{7355.266}{4} - 1720.133 = 118.6835$$

- សរុបការ៉េរបស់អន្តរកម្ម A X B

$$SS_{(AXB)} = SS_{AB} - SS_A - SS_B$$
$$.............= 118.6835 - 16.0821 - 55.5494 = 47.052$$

- លំអៀង Error (b)

$$SS_b = SS_T - (SS_R + SS_A + SS_B + SS_{E(a)} + SS_{Ax\mathbf{B}})$$
$$.......= 130.3054 - (0.2378 + 16.0821 + 55.5494 + 1.5086 + 47.052)$$
$$.......= 9.8755$$

ជំហ៊ាន ទី ៤ (Step 4)៖ គណនារកមធ្យមការ៉េ ឬ វ៉ារីយ៉ង់របស់ប្រភពបំរែបំរួលនីមួយៗដោយយកសរុបការ៉េរបស់ប្រភពនីមួយៗចែកនឹងកំរិតសេរីភាពរបស់វា

- មធ្យមការ៉េរបស់សា

- $$MS_R = \frac{SS_R}{r-1} = \frac{0.2378}{4-1} = 0.0793$$

- មធ្យមការេរបស់ជី (កត្តា A)

$$MS_N = \frac{SS_A}{a-1} = \frac{16.0821}{5-1} = 4.0205$$

- មធ្យមការេរបស់ លំអៀង (a)

$$MS_{E(a)} = \frac{SS_{(a)}}{(r-1)(a-1)} = \frac{1.5086}{(4-1)(5-1)} = 0.1257$$

- មធ្យមការេរបស់ពូជ(កត្តា B)

$$MS_B = \frac{SS_B}{b-1} = \frac{55.5494}{3-1} = 27.7747$$

- មធ្យមការេរបស់អន្តរកម្ម A X B

$$MS_{AxB} = \frac{SS_{AxB}}{(a-1)(b-1)} = \frac{47.052}{(5-1)(3-1)} = 5.8815$$

- មធ្យមការេរបស់ លំអៀង (b) (Error (b))

$$MS_{E(b)} = \frac{SS_{E(b)}}{a(r-1)(b-1)} = \frac{9.8755}{5(4-1)(3-1)} = 0.3292$$

ជំហ៊ាន ទី ៥ (Step 5)៖ គណនាតំលៃ F របស់កត្តា A (F value of factor A)

$$F_R = \frac{MS_R}{MS_{E(a)}} = \frac{0.0793}{0.1257} = 0.63$$

$$F_N = \frac{MS_N}{MS_{E(a)}} = \frac{4.0205}{0.1257} = 31.98$$

ជំហ៊ាន ទី ៦ (Step 6)៖ គណនាតំលៃ F របស់កត្តា B និងអន្តរកម្ម A X B (F value of factor B and interaction)

$$F_B = \frac{MS_B}{MS_{E(b)}} = \frac{27.7747}{0.3292} = 84.37$$

$$F_{AxB} = \frac{MS_{AxB}}{MS_{E(b)}} = \frac{5.8815}{0.3292} = 17.87$$

ជំហ៊ាន ទី ៧ (Step 7)៖ ស្រង់តំលៃ F តារាងតាមកំរិតសេរីភាព f_1/f_2 របស់ប្រភពបំរែបំរួលនីមួយៗ

$$\text{Re }plication.......F_{Tab} = \frac{f_1}{f_2} = \frac{3}{12}.........5\% = 3.49............1\% = 5.95$$

$$Maim - Plot.......F_{Tab} = \frac{f_1}{f_2} = \frac{4}{12}.........5\% = 3.26............1\% = 5.41$$

$$Subplot..............F_{Tab} = \frac{f_1}{f_2} = \frac{2}{30}.........5\% = 3.32............1\% = 5.39$$

$$Interaction..AxB..F_{AxB} = \frac{f_1}{f_2} = \frac{8}{30}........5\% = 2.29............1\% = 5.17$$

ជំហ៊ាន ទី ៨ (Step 8)៖ បញ្ចូលទិន្នន័យដែលបានគណនាទាំងអស់ខាងលើទៅក្នុងតារាងវិភាគវ៉ារីយ៉ង់

តារាងវិភាគវ៉ារីយ៉ងរបស់ប្លង់កូនស្រែបំបែក

ប្រភពបំរែបំរួល	កំរិតសេរីភាព DF	សរុបការ៉េ SS	មធ្យមការ៉េ ឬ Variance S^2 (or MS)	f- គណនា	f- តារាង ៥%	f- តារាង ១%
សរុប (Total)	59	130.3054				
សា (Rep.)	3	0.2378	0.0793	0.63	3.49	5.95
កូនស្រែធំ (កត្តា A)	4	16.0821	4.0205	31.98**	3.26	5.41
លំអៀង (a)	12	1.5086	0.1257			
កូនស្រែតូច(កត្តា B)	2	55.5494	27.7747	84.37**	3.32	5.39
អន្តរកម្ម AxB	8	47.052	5.8815	17.87**	2.29	5.17
លំអៀង (b)	30	9.8755	0.3292			

CV(a)=6.62%; CV(b)=10.72 ** មានភាពខុសគ្នាជាអត្ថន័យ ក្នុងកំរិត ១ %

ជំហ៊ាន ទី ៩ (Step 9)៖ កេគុណបំរែបំរួលរបស់ការពិសោធន៍ (Coefficient of Variation CV of the experiment)

$$CV(a) = \frac{\sqrt{MS_{E(a)}}}{Grand.Mean} x100 = \frac{\sqrt{0.1257}}{5.354} x100 = 6.62\%$$

$$CV(b) = \frac{\sqrt{MS_{E(b)}}}{Grand.Mean} x100 = \frac{\sqrt{0.3292}}{5.354} x100 = 10.72\%$$

សំគាល់ (Remark)**:**

តំលៃ CV(a) សំគាល់ពីកំរិតនៃភាពជាក់លាក់របស់កត្តាក្នុងកូនស្រែមេ ឬកូនស្រែធំ ។

តំលៃ CV(b) សំរាប់បង្ហាញពីភាពជាក់លាក់របស់កត្តាក្នុងកូនស្រែបំបែក ហើយនិងអន្តរកម្មរបស់វាជាមួយនឹងកត្តាកូនស្រែធំ ។

តាមធម្មតាតំលៃ CV(a) សង្ឃឹមថានឹងធំជាងតំលៃ CV(b) ពីព្រោះថាកំរិតនភាពជាក់លាក់របស់កត្តាកូនស្រែធំ (ឬកូនស្រែមេ) មានតូចជាងកត្តារបស់កូនស្រែបំបែក ។

7.2..2. ការវិភាគវ៉ារីយ៉ង់ (variance) ពិសោធន៍ ២ កត្តាតាមប្លង់ RCBD

ការពិសោធន៍កត្តាច្រើន (កត្តាពីរ) អាចត្រូវធ្វើដោយប្រើប្លង់ (RCBD) និងប្លង់កូនស្រែបំបែក (Split-plot design)។ ឧទាហរណ៍ យើងពិសោធន៍ពូជស្រូវ ២ (V1, V2) និងជី N ដែលមាន ៤ កំរិត។ ប៉ុន្តែ ជាមួយការពិសោធន៍ប្រើប្លង់ RCBD យើងអាចធ្វើ (១) ការវិភាគវ៉ារីយ៉ង់ជាបច្ច័យគួបផ្សំ (Treatment combination) និង (២) ការវិភាគវ៉ារីយ៉ងច្រើនកត្តា (កត្តាពីរ) ។

១. ការពិសោធន៍កត្តាច្រើន (កត្តាពីរ) ដោយប្រើប្លង់ (RCBD)

បច្ច័យគួបផ្សំរបស់កត្តាទាំងពីរពូជស្រូវ (V) និងជី (N) ។ យើងមាន ៨ បច្ច័យគួបផ្សំ ។

កំរិតជី (N) kg/ha	បច្ច័យគួបផ្សំ	
	V1	V2
N0 (N0)	N0V1	N0V2
N40(N1)	N1V1	N1V2
N70(N2)	N2V1	N2V2
N100(N3)	N3V1	N3V2

ប្លង់ពិសោធន៍ RCBD

	V1	**V2**	**V1**	**V2**	
	N0	N0	N0	N0	
	N1	N1	N1	N1	
RI					RII
	N2	N2	N2	N2	
	N3	N3	N3	N3	
	N0	N0	N0	N0	
	N1	N1	N1	N1	
RIII	N2	N2	N2	N2	RIV
	N3	N3	N3	N3	

តារាង ទិន្នន័យពិសោធន៍ពូជ និង ជី N (ទិន្នន័យសន្មត-Hypothetical data)

កំរិតជី (N) (A) kg/ha	ទិន្នផល តោន/ហិកតា				
	សា R I	R II	R III	R IV	សរុបបច្ច័យគួបផ្សំ
V1					
N0	3.45	2.34	3.45	2.34	11.58
N1	4.56	4.56	4.58	4.60	18.30
N2	4.57	4.57	4.59	3.46	17.19
N3	6.78	5.67	5.67	5.68	23.80
N0	2.88	3.89	4.12	3.48	14.37
N1	4.90	5.23	4.17	5.89	20.19
N2	5.83	5.80	5.18	4.18	20.99
N3	5.76	5.46	6.67	5.57	23.46
សរុបសា (Rep.)	38.73	37.52	38.43	35.20	
សរុបទិន្នន័យទាំងអស់ Grand total-GT					149.88
មធ្យមទិន្នន័យពិសោធន៍ General Mean-GM					4.68

យើងមានការវិភាគវ៉ារីយ៉ង់តាមទំរង់ពីរផ្សេងគ្នារបស់ទិន្នន័យខាងលើនេះ ។ ទំរងទាំងពីរគឺៈ

- ទំរង់នៃការវិភាគវ៉ារីយ៉ង់តាមប្លង់ RCBD នៃបច្ច័យគួបផ្សំ
- ទំរង់នៃការវិភាគវ៉ារីយ៉ង់ពិសោធន៍ច្រើនកត្តាតាមប្លង់ RCBD

ក. តារាង ទំរង់នៃការវិភាគវ៉ារីយ៉ង់តាមប្លង់ RCBD នៃបច្ច័យគួបផ្សំ

ប្រភពបំរែបំរួល	កំរិតសេរីភាព DF	សរុបការ៉េ SS	មធ្យមការ៉េ ឬ Variance S^2 (or MS)	f- គណនា	f- តារាង ៥% ១%
សរុប (Total)	rab-1=31				
សា (R)	r-1=3				
បច្ច័យ (Tr.comb)	ab-1=7				
លំអៀង (Error)	(r-1)(ab-1)=21				

ខ. តារាង ទំរង់នៃការវិភាគវ៉ារីយ៉ង់ពិសោធន៏ច្រើនកត្តាតាមប្លង់ RCBD

ប្រភពបំរែបំរួល	ក៏រិតសេរីភាព DF	សរុបការ៉េ SS	មធ្យមការ៉េ ឬ Variance S^2 (or MS)	f- គណនា	f- តារាង ៥% ១%
សរុប (Total)	rab -1=31				
សា (Rep.)	r- 1=3				
បច្ច័យ (Treat.)	ab –1=7				
ពូជ (A)	a-1=1				
ជី (B)	b-1=3				
អន្តរកម្ម AxB	(a-1)(b-1)=3				
លំអៀង (Error)	(r-1)(ab-1)=21				

ដំណើរការវិភាគវ៉ារីយ៉ង់តាមប្លង់ RCBD នៃបច្ច័យគួបផ្សំ

ជំហ៊ាន ទី ១ (Step 1): គណនារកកត្តាកែតំរូវ និងសរុបការ៉េ

- កត្តាកែតំរូវ

$$C.F = \frac{GT^2}{rab} = \frac{149.88^2}{4x2x4} = \frac{22464.01}{32} = 702.00$$

- សរុបការ៉េរបស់ការពិសោធន៏

$$SS_T = \sum x_i^2 - C.F$$

$$......... = 3.45^2 + 4.56^2 + ... + 5.57^2 - 702.00 = 40.2098$$

- សរុបការ៉េរបស់សា

$$SS_R = \frac{\sum R^2}{ab} - C.F = \frac{38.73^2 + 37.52^2 + 38.43^2 + 35.20^2}{2x4} - C.F$$

$$......... = \frac{5623.67}{2x4} - 702.00 = 0.9585$$

- សរុបការេរបស់បច្ច័យផ្សំ

$$SS_{Tr} = \frac{\sum Tr^2}{r} - C.F$$

$$......... = \frac{11.58^2 + 18.30^2 + ... + 23.46^2}{4} - 702.00$$

$$......... = \frac{2936.007}{4} - 702.00 = 32.0018$$

- លំអៀង Error

$$SS_E = SS_T - SS_R$$

$$........ = 40.2098 - 0.9585 - 32.0018 = 7.2495$$

ជំហ៊ាន ទី ២ (Step 2)៖ កំរិតសេរីភាពរបស់ប្រភពបំរែបំរួលនីមួយៗ

$$DF_R = r - 1 = 4 - 1 = 3$$

$$DF_{Tr} = ab - 1 = (2x4) - 1 = 7$$

$$DF_E = (r-1)(ab-1) = (4-1)[(2*4)-1] = 21$$

ជំហ៊ាន ទី ៣ (Step 3)៖ គណនារកមធ្យមការេ ឬ វ៉ារីយ៉ង់របស់ប្រភពបំរែបំរួលនីមួយៗ

- មធ្យមការេរបស់សា

$$MS_R = \frac{SS_R}{r-1} = \frac{0.9585}{4-1} = 0.3195$$

- មធ្យមការេ របស់បច្ច័យ (Tr)

$$MS_{Tr} = \frac{SS_{Tr}}{ab-1} = \frac{32.0018}{7} = 4.5726$$

- មធ្យមការេ របស់លំអៀង (E)

$$MS_E = \frac{SS_E}{(r-1)(ab-1)} = \frac{4.5726}{21} = 0.2177$$

ជំហ៊ាន ទី ៤ (Step 4)៖ គណនាតំលៃ F (F value)

$$F_R = \frac{MS_R}{MS_E} = \frac{0.3195}{0.2177} = 1.4676$$

$$F_{Tr} = \frac{MS_{Tr}}{MS_E} = \frac{4.5726}{0.2177} = 21.00$$

ជំហ៊ាន ទី ៥ (Step 5)៖ ការស្រង់តំលៃ F ចេញពីតារាងនៃការបែងចែក F (តារាងឧបសម្ព័ន្ធ)

- សំរាប់សា $F_{Tab}\frac{f_1}{f_2} = \frac{3}{21}; F_{5\%} = 3.07, F_{1\%} = 4.87$
- សំរាប់បច្ច័យ $F_{Tab}\frac{f_1}{f_2} = \frac{7}{21}; F_{5\%} = 2.49, F_{1\%} = 3.65$

រៀបបញ្ចូលលទ្ធផលដែលបានគណនាទៅក្នុងតារាងវិភាគវ៉ារីយ៉ង់ដោយសង្ខេប

តារាងវិភាគវ៉ារីយ៉ង់

ប្រភពបំរែបំរួល	សរុបការ៉េ SS	កំរិតសេរីភាព DF	វ៉ារីយ៉ង់ S^2	$F_{Cal.}$	$F_{Tab.}$ 5%	1%
សា	0.9585	3	0.3195	1.4676$^{n..s}$	3.07	4.87
បច្ច័យផ្សំ	32.0018	7	4.5726	21.00**	2.49	3.65
លំអៀង	4.5726	21	0.2177			
សរុប	40.2098	31				

$$CV\% = \frac{\sqrt{S^2}}{\bar{x}} = \frac{\sqrt{0.2177}}{4.68} = 9.97\%$$

** មានអត្ថន័យក្នុងកំរិត ១ % (Significant at 1% level)

$^{n.s}$. គ្មានភាពខុសគ្នាជាអត្ថន័យ (Non Significant)

២. ការវិភាគវ៉ារីយ៉ង់ពិសោធន៍ច្រើនកត្តាតាមប្លង់ RCBD

ជំហ៊ាន ទី ១ (Step 1): រៀបតារាងសរុប សរុបពូជ (A) x ជី (B)

កំរិតជី N	សរុបពូជ (A) x ជី (B)		សរុបជី (B)
	V1	V2	
N0	11.58	14.37	25.95
N1	18.30	20.19	38.49
N2	17.19	20.99	38.18
N3	23.80	23.46	47.26
សរុបពូជ (A)	70.87	79.01	

ជំហ៊ាន ទី ២ (Step 2): គណនារកកត្តាកែតំរូវ និងសរុបការ៉េរបស់ប្រភពបំរែបំរួលទាំងបី

- កត្តាកែតំរូវ $C.F = \frac{GT^2}{rab} = \frac{149.88^2}{4x2x4} = \frac{22464.01}{32} = 702.00$

- សរុបការ៉េពិសោធន៍ សរុបការ៉េរបស់កត្តា ពូជ (A) សរុបការ៉េរបស់កត្តាជី (B) សរុបការ៉េអន្តរអំពើ(AxB)

$$SS_{Tr} = \frac{\sum Tr^2}{r} - C.F$$

$$......... = \frac{11.58^2 + 18.30^2 + ... + 23.46^2}{4} - 702.00 = 32.0018$$

$$SS_A = \frac{\sum A^2}{rb} - C.F$$

$$......... = \frac{(70.87)^2 + (79.01)^2}{4*4} - 702.00$$

$$......... = \frac{11265.1370}{16} - 702.00$$

$$.......... = 2.0711$$

$$SS_B = \frac{\sum B^2}{ra} - C.F$$

$$......... = \frac{\sum (25.95)^2 + (38.49)^2 + (38.18)^2 + (47.26)^2}{4*2} - 702.00$$

$$......... = \frac{5846.1026}{8} - 702.00$$

$$......... = 28.7628$$

$$SS_{AxB} = SS_{Tr} - SS_A - SS_B$$
$$\text{...........} = 32.0018 - 2.0711 - 28.7628$$
$$\text{...........} = 1.1679$$

ជំហ៊ាន ទី ៣ (Step 3): គណនារកកំរិតសេរីភាពរបស់ប្រភពបំរែបំរួលទាំងបី: ពូជ ជី និងអន្តរអំពើ

$$DF_{Tr} = ab - 1 = (2*4) - 1 = 7$$
$$DF_A = a - 1 = 2 - 1$$
$$DF_B = b - 1 = 4 - 1$$
$$DF_{AxB} = (a-1)(b-1) = (2-1)(4-1)$$

ជំហ៊ាន ទី ៤ (Step 4): គណនាមធ្យមការ៉េ (MS) ឬ វ៉ារីយ៉ង់ (S^2)របស់ប្រភពបំរែបំរួលទាំងបី

(មធ្យមការ៉េរបស់កត្តាពូជ (A) សរុបការ៉េរបស់កត្តាជី (B) សរុបការ៉េអន្តរអំពើ(AxB))

$$MS_{Tr} = \frac{SS_{Tr}}{DF_{Tr}} = \frac{32.0018}{7} = 4.5726$$
$$MS_A = \frac{SS_A}{DF_A} = \frac{2.0711}{2-1} = 2.0711$$
$$MS_B = \frac{SS_B}{DF_B} = \frac{28.7628}{4-1} = 9.5876$$
$$MS_{AxB} = \frac{SS_{AxB}}{DF_{AxB}} = \frac{1.1679}{3} = 0.3893$$

ជំហ៊ាន ទី ៥ (Step 5): គណនាតំលៃ F របស់ មធ្យមការ៉េ (MS) ឬ វ៉ារីយ៉ង់ (S^2)

$$F_{Tr} = \frac{MS_{Tr}}{MS_E} = \frac{4.5726}{0.2177} = 21.00$$
$$F_A = \frac{MS_A}{MS_E} = \frac{2.0711}{0.2177} = 9.51$$
$$F_B = \frac{MS_B}{MS_E} = \frac{9.5876}{0.2177} = 44.04$$
$$F_{AxB} = \frac{MS_{AxB}}{MS_E} = \frac{0.3893}{0.2177} = 1.7882$$

ជំហ៊ាន ទី ៦ (Step 6): ការស្រង់តំលៃ F ចេញពីតារាងនៃការបែងចែក F (តារាងឧបសម្ព័ន្ធ)

- សំរាប់សា $F_{Tab}\dfrac{f_1}{f_2}=\dfrac{3}{21}; F_{5\%}=3.07, F_{1\%}=4.87$
- sMrab;bc©½y $F_{Tab}\dfrac{f_1}{f_2}=\dfrac{7}{21}; F_{5\%}=2.49, F_{1\%}=3.65$
- សំរាប់ពូជ $F_{Tab}\dfrac{f_1}{f_2}=\dfrac{1}{21}; F_{5\%}=4.32, F_{1\%}=8.02$
- សំរាប់ជី $F_{Tab}\dfrac{f_1}{f_2}=\dfrac{3}{21}; F_{5\%}=3.07, F_{1\%}=4.87$
- សំរាប់អន្តរអំពើ $F_{Tab}\dfrac{f_1}{f_2}=\dfrac{3}{21}$

រៀបបញ្ចូលលទ្ធផលដែលបានគណនាទៅក្នុងតារាងវិភាគវ៉ារីយ៉ង់ដោយសង្ខេប

តារាងវិភាគវ៉ារីយ៉ង់

ប្រភពបំរែបំរួល	ក៏រិតសេរីភាព DF	សរុបការ៉េ SS	មធ្យមការ៉េ ឬ Variance S^2 (or MS)	f- គណនា	f- តារាង ៥% ១%
សរុប (Total)	rab -1=31	40.2098			
សា (Rep.)	r- 1=3	0.9585	0.3195	1.47$^{n.s}$	3.07 4.87
បច្ច័យ (Treat.)	ab –1=7	32.0018	4.5726	21.00**	2.49 3.65
ពូជ (A)	a-1=1	2.0711	2.0711	9.51**	4.32 8.02
ជី (B)	b-1=3	28.7628	9.5876	44.04**	3.07 4.87
អន្តរកម្ម AxB	(a-1)(b-1)=3	1.1679	0.3893	1.7882$^{n.s}$	3.07 4.87
លំអៀង (Error)	(r-1)(ab-1)=21	7.2495	0.2177		

** មានអត្ថន័យក្នុងក៏រិត ១ % (Significant at 1% level)

$^{n.s}$. គ្មានភាពខុសគ្នាជាអត្ថន័យ (Non Significant)

$$CV\% = \frac{\sqrt{S_E^2}}{\bar{x}} = \frac{\sqrt{0.2177}}{4.68} = 9.97\%$$

7.2..3. ការវិភាគវ៉ារីយ៉ង់ (variance) ពិសោធន៍ ២ កត្តា Two-way ANOVA

ដូចមានគណនាខាងលើក្នុងចំណុច ៧.២.១. ការប្រើបច្ចេកទេស Two-way ANOVA អនុញ្ញាតិឱ្យយើងប៉ាន់ស្មានពីប្រសិទ្ធិភាពនៃអញ្ញត្តិ/កត្តា ករាជ្យពីរទៅលើអញ្ញត្តិអាស្រ័យមួយ។ ឧទាហរណ៍ អញ្ញត្តិអាស្រ័យអាចជាទំងន់ ដែលវាអាស្រ័យលើភេទ និងរដូវ។ សំរាប់ការវិភាគកត្តា ករាជ្យពីរ A និង B យើងមាន:

សរុបការ៉េសរុប=សរុបការ៉េរវាងសំណាក + សរុបការ៉េនៅក្នុងសំណាក

$$SS_{Total}..Or..SS_T = SS_{between} + SS_{within}$$
$$.............................. = (SS_A + SS_B + SS_i) + SS_{within}$$

ឧទាហរណ៍:

អ្នកជីវវិទ្យាម្នាក់ចង់ដឹងថា តើទំងន់សត្វស្លាប រស់នៅក្នុងស្ថានភាពសំបុកខុសគ្នាទាំង ៤ មានភាពខុសគ្នាទេ? ហើយគាត់ចង់ដឹងទៀតថា តើទំងន់សត្វមានការផ្លាស់ប្តូរទេ រវាងខែវិច្ឆិការ និងខែមករា?។ គាត់ក៏មានបំណងចង់ដឹង ប្រសិនបើមានអន្តរអំពើរវាងស្ថានភាពសំបុក និងពេលវេលាដែលយកសំណាកមកថ្លឹង?។ សំណាក ១ ក្រុមមានសត្វស្លាបនេះចំនួន ១០ ក្បាល ដែលយកចេញពីស្ថានភាពសំបុកនីមួយៗ។ ទិន្នន័យដែលប្រមូលបានមានបង្ហាញក្នុងតារាងខាងក្រោម:

តារាង: ការវិភាគ Two way ANOVA ទំងន់សត្វ starlings នៅក្នុងស្ថានភាពសំបុកទាំង ៤ (ក្រោម/ក្បាល)

			Variable B-ស្ថានភាពសំបុកសត្វ				
			ស្ថានភាព ១ ជួរ Column 1	ស្ថានភាព ២ ជួរ Column 2	ស្ថានភាព ៣ ជួរ Column 2	ស្ថានភាព ៤ ជួរ Column 4	សរុប Column
Variable A-ខែ	វិច្ឆិការ ជួរដេក ១ (Row 1)		សំណាក ១	សំណាក ២	សំណាក ៣	សំណាក ៤	
			78 82	78 81	79 78	77 84	
			88 81	78 81	93 80	68 80	
			87 80	85 82	79 78	75 75	
			88 80	81 76	75 83	70 76	
			83 89	78 74	77 84	74 75	
		n	10	10	10	10	
		$\bar{x}$	83.6	79.4	78.6	75.4	
		S	4.03	3.20	3.31	4.53	
		S²	16.24	10.24	10.96	20.52	n_{R1}=40
		$\sum x$	836	794	786	754	$\sum x_{R1} = 3170$
		$(\sum x)^2$	698 896	630 436	617 796	568 516	
		$\sum x^2$	70 036	63 136	61 878	57 036	$\sum x_{R1}^2 = 252086$
	មករា ជួរដេក ២ (Row 2)		សំណាក ៥	សំណាក ៦	សំណាក ៧	សំណាក ៨	
			85 87	84 87	91 88	90 86	
			88 98	88 93	90 92	87 82	
			86 86	91 87	87 96	85 80	
			95 89	96 94	84 83	81 90	n_{R2}=40
			100 94	86 96	86 85	84 77	
		n	10	10	10	10	
		$\bar{x}$	90.80	90.2	88.2	84.2	$\sum x_{R2} = 3534$
		S	5.47	4.37	4.05	4.26	
		S²	29.92	19.10	16.40	18.15	
		$\sum x$	908	902	882	842	$\sum x_{R2}^2 = 313248$
		$(\sum x)^2$	824 464	813 604	777 924	708 964	
		$\sum x$	82 716	81 532	71 060	71 060	
	សរុប R	n_C	20	20	20	20	n_{T}=80
		$\sum x_C$	1744	1696	1668	1596	$\sum x_T = 6704$
		$\sum x_C^2$	152 752	144 668	139 818	128 096	$\sum x_T^2 = 565334$

ដំណើរការវិភាគមានដូចតទៅ:

១. រៀបចំតំលៃទិន្នន័យសំណាកតាមបច្ច័យទៅក្នុងតារាង (ក្នុងករណីខាងលើនេះ ជាតារាង ៤ X ២។

គណនាសំរាប់បច្ច័យនីមួយៗមាន:

$$\overline{x}, S, S^2, \sum x, (\Sigma x)^2, \sum x^2$$

២. គណនាតំលៃសំណាកនៅក្នុងជួរឈរ Column និងជួរដេក Row នីមួយៗនូវ:

$$n_C, \sum x_C, (\Sigma x_C)^2, n_R, \sum x_R, (\Sigma x_R)^2$$

៣. គណនាមេគុណកែតំរូវ (Correction Term-CT)

$$CT = \frac{(\Sigma x_T)^2}{n_T} = \frac{(6704)^2}{80} = 561795.2$$

៤. គណនាសរុបការ៉េ SS_T

$$SS_T = \sum x_T^2 - CT$$
$$SS_T = 565334 - 561795.2 = 3538.8$$

៥. គណនាសរុបការ៉េរវាងសំណាក $SS_{between}$

$$SS_{between} = \frac{(\Sigma x_1)^2}{n_1} + \frac{(\Sigma x_2)^2}{n_2} + \frac{(\Sigma x_3)^2}{n_3} + \ldots\ldots\ldots\ldots + \frac{(\Sigma x_8)^2}{n_8} - CT$$
$$SS_{between} = \frac{(836)^2}{10} + \frac{(794)^2}{10} + \frac{(786)^2}{10} + \frac{(754)^2}{10} + \frac{(908)^2}{10} + \frac{(902)^2}{10} + \frac{(882)^2}{10} + \frac{(842)^2}{10} - CT$$
$$SS_{between} = 564060 - 561795.2 = 2264.8$$

៦. គណនាសរុបការ៉េសំរាប់ អពាតិ A (ខែ) SS_A

$$SS_A = \frac{(\sum x_{R1})^2}{n_{R1}} + \frac{(\sum x_{R2})^2}{n_{R2}} - CT$$
$$SS_A = \frac{(3170)^2}{40} + \frac{(3534)^2}{40} - 561795.2$$
$$SS_A = 563451.4 - 561795.2$$
$$SS_A = 1656.2$$

៧. គណនាសរុបការ៉េសំរាប់ អពាតិ B (ស្ថានភាពសំបុក) SS_B

$$SS_B = \frac{(\sum x_{C1})^2}{n_{C1}} + \frac{(\sum x_{C2})^2}{n_{C2}} + \frac{(\sum x_{C3})^2}{n_{C3}} + \frac{(\sum x_{C4})^2}{n_{C4}} - CT$$

$$SS_B = \frac{(1744)^2}{20} + \frac{(1696)^2}{20} + \frac{(1668)^2}{20} + \frac{(1596)^2}{20} - 561795.2$$

$$SS_B = 574.4$$

៨. គណនាសរុបការ៉េសំរាប់អន្តរអំពើរ i (រវាំងស្ថានភាពសំបុក និងខែ) SS_i

$$SS_i = SS_{between} - (SS_A + SS_B)$$

$$SS_i = 2264.8 - (1656.2 + 574.4)$$

$$SS_i = 34.2$$

៩. គណនាសរុបការ៉េសំរាប់លំអៀងពិសោធនី (ឬខាងក្នុងសំណាក) SS_{within}

$$SS_{within} = SS_T - SS_{between}$$

$$SS_{within} = 3538.8 - 2264.8$$

$$SS_{within} = 1274$$

Or

$$SS_{within} = \sum x_1^{\ 2} - \frac{(\Sigma\, x_1)^2}{n_1} + ... + \sum x_8^{\ 2} - \frac{(\Sigma\, x_8)^2}{n_8}$$

១០. កំណត់ក៏រិតសេរីភាព (DF)សំរាប់សរុបការ៉េនីមួយៗ (SS)

DF_T for $SS_T=(n_T-1)=80-1=79$

DF_{betwen} for $SS_{between}=(a-1)=8-1=7$ (a = ចំនួនក្រុមសំណាក)

DF_A for $SS_A=(r-1)=2-1=1$ (r = ចំនួនជួរដេក)

DF_B for $SS_B=(c-1)=4-1=3$ (c = ចំនួនជួរឈរ)

DF_i for $SS_i=(r-1)(c-1)=1x3=3$

DF_E for $SS_{within}=(n_T-rc)=80-(2x4)=72$

១១. ប៉ាន់ស្មានវ៉ារីយ៉ង់ ដោយចែកសរុបការ៉េទាំងអស់ និងក៏រិតសេរីភាពរបស់វា

$$S_T^{\;2} = \frac{SS_T}{DF_T} = \frac{3538.8}{79} = 44.79$$

$$S_A^{\;2} = \frac{SS_A}{DF_A} = \frac{1656.2}{1} = 1656.2$$

$$S_B^{\;2} = \frac{SS_B}{DF_B} = \frac{574.4}{3} = 191.5$$

$$S_i^{\;2} = \frac{SS_i}{DF_i} = \frac{34.2}{3} = 11.4$$

$$S_E^{\;2} = \frac{SS_{within}}{DF_{within}} = \frac{1274}{72} = 17.69$$

១២. គណនាតំលៃ F សំរាប់ប្រសិទ្ធភាពចំបង

$$F_A = \frac{S_A^{\;2}}{S_E^{\;2}} = \frac{1656.2}{17.69} = 93.62$$

$$F_B = \frac{S_B^{\;2}}{S_E^{\;2}} = \frac{191.5}{17.69} = 10.83$$

$$F_i = \frac{S_i^{\;2}}{S_E^{\;2}} = \frac{11.4}{17.69} = 0.64$$

១៣. តារាងសង្ខេប ដោយស្រង់លទ្ធផលដែលបានគណនាដាក់ទៅក្នុងតារាង ANOVA

តារាងវិភាគវ៉ារីយ៉ង់

ប្រភពបំរែបំរួល	កំរិតសេរីភាព DF	សរុបការ៉េ SS	មធ្យមការ៉េ ឬ Variance S^2 (or MS)	f- គណនា	f- តារាង ៥%	f- តារាង ១%
សរុប (Total)	79	3538.8				
រវាងសំណាក(Treat.)	7	2264.8	323.54	18.28 **	2.14	2.91
ខែ (A)	1	1656.2	1656.20	93.62 **	3.98	7.01
ស្ថានភាពសំបុក (B)	3	574.4	191.50	10.83 **	2.74	4.08
អន្តរកម្ម AxB	3	34.2	11.40	0.64 $^{n.s}$	2.74	4.08
ខាងក្នុងសំណាក (លំអៀង)	72	1274	17.69			

** មានអត្ថន័យក្នុងកំរិត ១ % (Significant at 1% level)

$$CV\% = \frac{\sqrt{S_E^2}}{\bar{x}} = \frac{\sqrt{17.69}}{83.8} = 5.02\%$$

$^{n.s}$. គ្មានភាពខុសគ្នាជាអត្ថន័យ (Non Significant)

ដំណើរការគណនា Turkey Test

ភាពខុសគ្នានៃតំលៃមធ្យមរវាងសំណាក

សំណាក	2	3	4	5	6	7	8
1 $\bar{x}_1 = 83.6$	4.2 $^{n.s}$	5.0 $^{n.s}$	8.2 *	7.2 *	6.6 *	4.6 $^{n.s}$	0.6 $^{n.s}$
2 $\bar{x}_2 = 79.4$		0.8 $^{n.s}$	4.0 $^{n.s}$	11.4 *	10.8 *	8.8 *	4.8 $^{n.s}$
3 $\bar{x}_3 = 78.6$			3.2 $^{n.s}$	12.2 *	11.6 *	9.6 *	5.6 $^{n.s}$
4 $\bar{x}_4 = 75.4$				15.4 *	14.8*	12.8 *	8.8 *
5 $\bar{x}_5 = 90.8$					0.6 $^{n.s}$	2.6 $^{n.s}$	6.6 *
6 $\bar{x}_6 = 90.2$						2.0 $^{n.s}$	6.0 *
7 $\bar{x}_7 = 88.2$							4.0 $^{n.s}$
8 $\bar{x}_8 = 84.2$							

គណនា $$T = (q)\sqrt{\frac{S^2}{n}}$$

យើងមានតំលៃ q ក្នុងតារាង Turkey (ឧបសម្ព័ន្ធទី ១០) ។ ន ជាចំនួនសត្វសង្កេតក្នុងសំណាកនីមួយៗ ។ ក្នុងតារាងឧបសម្ព័ន្ធទី ១០ a ជាចំនួនតំលៃមធ្យមដែលត្រូវប្រៀបធៀប និង v ជាកំរិតសេរីភាព ។ ត្រង់ a=8,v=72 យើងមាន q=4.4(ជាតំលៃប្រហាក់ ប្រហែល) ។

$$T = 4.4\sqrt{\frac{17.69}{10}}$$
$$T = 5.85$$

ក្នុងតារាងខាងលើនេះ មានចំនួន១៥ គូរ នៃតំលៃមធ្យម ដែលមានភាពខុសគ្នាធំជាងតំលៃ ៥.៨៥ និងមានភាពខុសគ្នាជាអត្ថន័យក្នុងកំរិត ៥ភាគរយ ។

6. ការវិភាគទំនាក់ទំនង (Correlation Analysis)

៦.១. អត្ថន័យនៃទំនាក់ទំនង

អត្ថន័យក្នុងជីវៈស្ថិតិ Correlation គឺជានិន្នាការទំនាក់ទំនងរវាងអញ្ញាតពីរ ដែលអញ្ញាតមួយអាស្រ័យលើអញ្ញត្តិមួយទៀត ។ ប្រសិនបើអញ្ញាតទាំងពីរនេះត្រូវបានតាងដោយ Y និង X យើងមាន Y ជាអញ្ញាតអាស្រ័យ និង X ជាអញ្ញាតឯករាជ្យ ។ កំរិតទំនាក់ទំនងរវាងអញ្ញាតទាំងពីរត្រូវបានហៅថាជាមេគុណទំនាក់ទំនង (The correlation coefficient) ។ Correlation ងាយ (The simple correlation) រវាងអញ្ញាតទាំងពីរ Y និង X គឺជាទំនាក់ទំនងជាបន្ទាត់ (Linear correlation) ។ ឧទាហរណ៍ : យើងមាន

- តាមច្បាប់ផ្គត់ផ្គង់ និងតំរូវការ : ទំនាក់ទំនងរវាងថ្លៃទីផ្សារ និងការផ្គត់ផ្គង់ទំនិញ
- សំរាប់ការចិញ្ចឹមសត្វ : ទំនាក់ទំនងរវាងទំងន់ (គ.ក្រ) និងកំពស់សត្វ (ស.ម)
- សារធាតុចិញ្ចឹមនៃដី : ទំនាក់ទំនងរវាងសារធាតុ K និង Mg
- សំរាប់ ដំណាំស្រូវ: ទំនាក់ទំនងរវាងចំនួនដើមបែក និងទិន្នផល ទំនាក់ទំនងរវាងកំពស់ ដើម និងទិន្នផល ។

មេគុណទំនាក់ទំនងត្រូវបានតាងដោយ **r** ។ ជានិច្ចជាកាល r មានតំលៃនៅចន្លោះ (+1) និង (-1) ។ ប្រសិនបើ:

r = +1 មានន័យថា រវាងអញ្ញាតទាំងពីរមានទំនាក់ទំនងជាវិជ្ជមានដាច់ខាត (Perfect positive correlation)

r = 0 មានន័យថា រវាងអញ្ញាតទាំងពីរមាន គ្មានទំនាក់ទំនងគ្នាឡើយ (Zero correlation)

r = -1 មានន័យថា រវាងអញ្ញាតទាំងពីរមានទំនាក់ទំនងអវិជ្ជមានដាច់ខាត (Perfect negative correlation)

អត្ថន័យនៃទំនាក់ទំនង (Correlation) ត្រូវបានកំណត់ដោយតំលៃមេគុណ correlation ។ ប្រសិនបើតំលៃ r ខិតទៅជិត -1 និង + 1 ហើយកាន់តែធំគឺអញ្ញាតទាំងពីរមានទំនាក់ទំនងគ្នាកាន់តែជិតស្និត ។ ប្រសិនបើតំលៃ r ខិតទៅជិត 0 (សូន្យ) ហើយកាន់តែខិតជិត គឺអញ្ញាតទាំងពីរមានទំនាក់ទំនងគ្នាមិនខ្លាំ ឬកាន់តែមិនជិតស្និតរ ។ ភាពខ្លាំងនៃទំនាក់ទំនងរវាងអញ្ញាតពីរមានដូចតទៅ:

ដូច្នេះ ការវិភាគទំនាន់ទំនងសាមញ្ញជាបន្ទាត់ (Analysis of Simple Linear Correlation) គឺជាការប៉ាន់ស្មាននូវកំរិតទាក់ទងគ្នារវាងអញ្ញាត (Variables) ពីរក្រុមគឺក្រុម X និងក្រុម Y តាមរយៈការគណនា ឬសាកល្បងនៃអត្ថន័យរបស់ មេគុណទំនាក់ ទំនង r ។

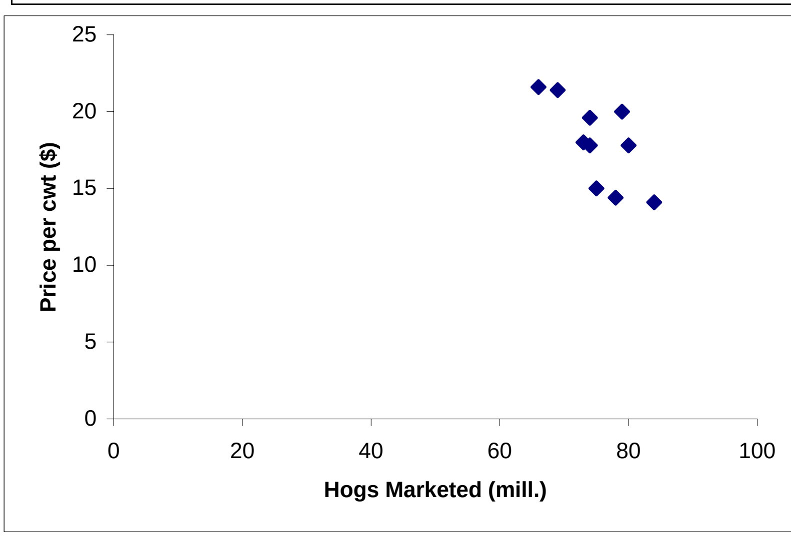
តំលៃនៃមេគុណទំនាក់ទំនង (វិជ្ជមាន ឬអវិជ្ជមាន)	អត្ថន័យ
0.00-0.19	ទំនាក់ទំនងខ្សោយណាស់
0.20-0.39	ទំនាក់ទំនងខ្សោយ
0.40-0.69	ទំនាក់ទំនងមធ្យម
0.70-0.89	ទំនាក់ទំនងខ្លាំង
0.90-1.00	ទំនាក់ទំនងខ្លាំងណាស់

ប្រភព: Jim Lowler and Louis Cohen (1990, p:132)

ឧទាហរណ៍ : ទំនាក់ទំនងនៃការផ្គត់ផ្គង់ចំនួនជ្រូក និងថ្លៃទីផ្សារសាច់ជ្រូកក្នុងកំឡុងឆ្នាំ 1950 – 1959 និង មានបង្ហាញដូចដ្យាក្រាម (Scatter diagram) ខាងក្រោម :

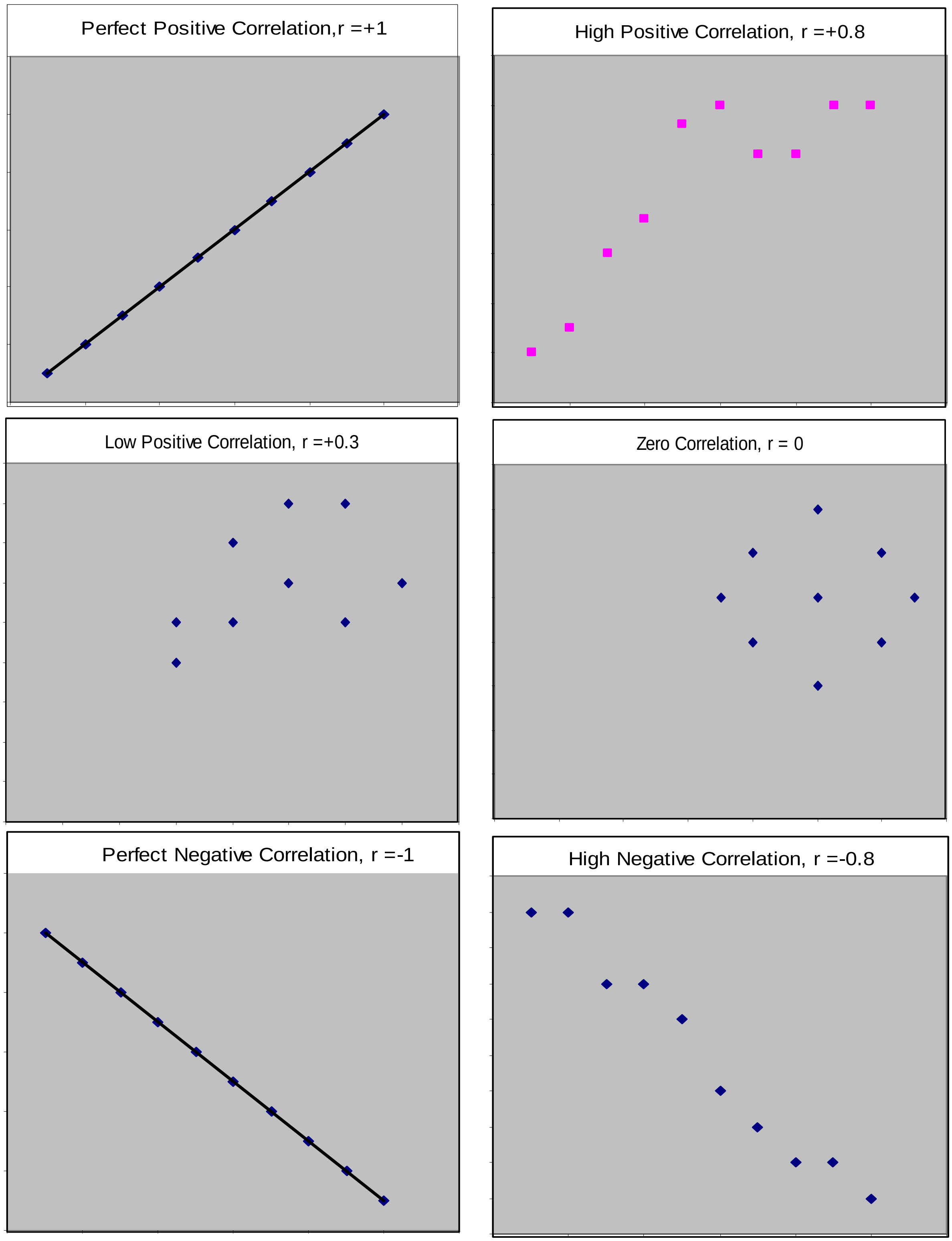
តារាង: ការផ្គត់ផ្គង់ជ្រូក និងថ្លៃទីផ្សារសាច់ជ្រូក (Hog supplies and prices)

Year	Hogs Marketed (Millions) (X)	Price per cwt (dollars) (Y)
1950	73	18.0
1951	79	20.0
1952	80	17.8
1953	69	21.4
1954	66	21.6
1955	75	15.0
1956	78	14.4
1957	74	17.8
1958	74	19.6
1959	84	14.1



ដ្យាក្រាម Scatter diagram បង្ហាញទំនាក់ទំនងរវាងថ្លៃសាច់ជ្រូក និងបរិមាណជ្រូកដែលផ្គត់ផ្គង់ទីផ្សារ

តាមរូបភាព Scatter diagram ខាងលើនេះបង្ហាញទំនាក់ទំនងរវាងថ្លៃសាច់ជ្រូក និងការផ្គត់ផ្គង់ជ្រូកមានទំនាក់ទំនងជាអវិជ្ជមានពីមធ្យមទៅខ្លាំង។ ប្រភេទដ្យាក្រាមផ្សេងៗ (Other types of scatter diagrams) មានបង្ហាញខាងក្រោម ដើម្បីបកស្រាយពីទំនាក់ទំនងរវាងអញ្ញាតទាំងពីរ និងមេគុណទំនាក់ទំនង (r) ។



ខ្នាតនៅលើអ័ក្សអាប់ស៊ីស គឺជាចន្លោះនៃតំលៃអញ្ញាតឯករាជ្យ (Independent variable)។ តំលៃលើអ័ក្សអ័រដោណេគឺជាតំលៃអញ្ញាតអាស្រ័យ (Dependent variable)។ ការគូសដ្យាក្រាមនៃទិន្នន័យមានសារៈប្រយោជន៏ណាស់ដល់ការធ្វើការវិភាគទំនាក់ទំនង (Correlation)។

៦.២. វិធីសាស្ត្រវិភាគទំនាក់ទំនង (Correlation)

ភាពខុសគ្នារវាងការវិភាគវ៉ារីយ៉ង់ និង ការវិភាគ Correlation

ការវិភាគ Variance	និង	ការវិភាគ Correlation
↓		↓
ការវិភាគតែលក្ខណៈក្សេត្រវិទ្យាមួយ រវាងក្រុមសំណាក (បច្ច័យ)		ទំនាក់ទំនងរវាងលក្ខណៈក្សេត្រវិទ្យាពីរនៃសំណាក

ក្នុងការវិភាគ Correlation យើងមាន n ជាចំនួនគូរនៃលក្ខណៈក្សេត្រវិទ្យា ឬអញ្ញាតថែដន្យ ដែល n - 2 = DF (កំរិតសេរីភាព)។ មានវិធីសាស្ត្រ (Methods) បីបែបខុសៗគ្នា សំរាប់គណនាមេគុណទំនាក់ទំនង (r)។ វិធីសាស្ត្រទាំងបីនោះគឺ:

1- វិធីសាស្ត្រតាមបែបលោក Fechner "Fechner - Test"

$$r_{Fech.} = \frac{\sum U - \sum N}{\sum U + \sum N}$$

Ü = តំលៃគូររបស់សំណាកនីមួយៗ<u>យល់ព្រមគ្នា</u>

N = តំលៃគូររបស់សំណាកនីមួយៗ<u>មិនយល់ព្រមគ្នា</u> (មើលឧទាហរណ៏ខាងក្រោម)

2- វិធីសាស្ត្រតាមបែប Spearman Rank Correlation Coefficient (r_S)

$$r_S = 1 - \frac{6\sum d^2}{n(n^2 - 1)}$$

d = ជាភាពខុសគ្នានៃលេខរៀងរបស់តំលៃទាំងពីរ (ឬអញ្ញាតទាំងពីរ) របស់សំណាកនីមួយៗ

3- វិធីសាស្ត្រ Standard របស់លោក Bravais

វិធីសាស្ត្រនេះត្រូវបានស្គាល់ច្បាស់ជា The product-moment method សំរាប់មេគុណនៃទំនាក់ទំនងជាបន្ទាត់ (the coefficient of linear correlation)។ យើងបានបង្ហាញប្រាប់ថា គំលាតនៃតំលៃ x នីមួយៗពីតំលៃមធ្យមដែលតាងដោយ $(x-\bar{x})$ ។ ដូចគ្នានេះយើងអាចប្រើសញ្ញា y សំរាប់ $(y-\bar{y})$ ។

រូបមន្តសំរាប់មេគុណទំនាក់ទំនង (Coefficient of correlation) អាចសរសេរជាទំរង់ផ្សេងៗ។ ជាការងាយ យើងសរសេរមុនដំបូង r^2 ។ បន្ទាប់មកយើងគណនាឬសការ៉េនៃ ដើម្បីឱ្យបានមេគុណ r ។

$$r^2=\frac{\left[\sum(x-\bar{x})(y-\bar{y})\right]^2}{\sum(x-\bar{x})^2\sum(y-\bar{y})^2}$$

$$r^2=\frac{\left[\sum xy-\frac{\sum x\sum y}{n}\right]^2}{\left[\left(\sum x^2-\frac{\left(\sum x\right)^2}{n}\right)\left(\sum y^2-\frac{(\sum y)^2}{n}\right)\right]}$$

$$r_{Br}=\frac{\sum(x-\bar{x})(y-\bar{y})}{\sqrt{\sum(x-\bar{x})^2\sum(y-\bar{y})^2}}$$

$$r_{Br}=\frac{\sum xy-\frac{\sum x\sum y}{n}}{\sqrt{\left[\left(\sum x^2-\frac{\left(\sum x\right)^2}{n}\right)\left(\sum y^2-\frac{\left(\sum y\right)^2}{n}\right)\right]}}$$

ឧទាហរណ៍១៖ អ្នកសិក្សាពីសុខភាព និងអាហារូបត្ថម្ភម្នាក់បានធ្វើការសង្កេតតាមរយៈការវាស់វែង និង ថ្លឹងក្រុមមនុស្សដែលបានជ្រើសរើសជាសំណាក ក្នុងគោលបំណងវិភាគពីទំនាក់ទំនងរវាងកំពស់ និងទំងន់ដងខ្លួនមនុស្ស (ទិន្នន័យមានបង្ហាញដូចតារាងខាងក្រោម)។ ដើម្បីវិភាគទំនាក់ទំនងរវាងអញ្ញាតទាំងពីរ (កំពស់ និងទំងន់) យើងអាចជ្រើសរើសវិធីសាស្ត្រណាមួយក៏បានក្នុងចំណោមវិធីសាស្ត្រទាំងបី ។

តារាង: ទិន្នន័យកំពស់ និងទំងន់មនុស្ស

ល.រ សំណាក	កំពស់ (cm) X	ទំងន់ (kg) Y
1	174	64
2	162	58
3	173	55
4	174	60
5	167	88
6	165	59
7	180	72
8	173	65
9	158	51
10	174	74
11	170	60
12	165	55
13	167	57
14	184	75
15	180	70
16	179	80
17	165	72
18	188	80

១. វិធីសាស្ត្រតាមបែបលោក Fechner ឬ "Fechner - test"

ការវិភាគទំនាក់ទំនងរវាងកំពស់ និងទំងន់មនុស្ស(ដែលបានជ្រើសរើសជាសំណាក) ត្រូវបានធ្វើដោយចាប់ផ្តើមគណនាតំលៃមធ្យមនៃអញ្ញាតនីមួយៗ។ បន្ទាប់មក គឺជាការប្រៀបធៀបតំលៃអញ្ញាតរបស់សំណាកនីមួយៗ និងតំលៃមធ្យម ។ ប្រសិនបើតំលៃអញ្ញាតទាំងពីររបស់សំណាកធំជាង (+) ឬតូចជាង (-)តំលៃមធ្យម យើងបានតំលៃទាំងពីរនោះ "យល់ព្រមគ្នា " ដែលតាងដោយអក្សរ **U**។ ប៉ុន្តែ ប្រសិនបើតំលៃអញ្ញាតទាំងពីរ មានមួយធំជាងតំលៃមធ្យម ហើយតំលៃមួយទៀតតូចជាងតំលៃមធ្យម យើងបានតំលៃទាំពីរនោះ " មិនយល់ព្រមគ្នាទេ " ដែលតាងដោយអក្សរ **N**។ ជាទីបញ្ចប់ យើងរាប់ចំនួន **U** និង **N**។

តារាង: ទិន្នន័យកំពស់ និងទំងន់មនុស្ស

ល.រ សំណាក	កំពស់ (cm) X		ទំងន់ (kg) Y		ទំនាក់ទំនង	
1	174	+	64	–	N	
2	162	–	58	–		Ü
3	173	+	55	–	N	
4	174	+	60	–	N	
5	167	–	88	+	N	
6	165	–	59	–		Ü
7	180	+	72	+		Ü
8	173	+	65	–	N	
9	158	–	51	–		Ü
10	174	+	74	+		Ü
11	170	–	60	–		Ü
12	165	–	55	–		Ü
13	167	–	57	–		Ü
14	184	+	75	+		Ü
15	180	+	70	+		Ü
16	179	+	80	+		Ü
17	165	–	72	+	N	
18	188	+	80	+		Ü
n = 18	∑x = 3098		∑y = 1195		∑N=6	∑ü = 12

DF = 18 – 2 = 16

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} = \frac{3098}{18} = 172.1.cm$$

$$\bar{y} = \frac{\sum y}{n} = \frac{1195}{18} = 66.4.kg$$

$$r_{Fech.} = \frac{\sum U - \sum N}{\sum U + \sum N} = \frac{12-6}{12+6} = \frac{6}{18} = 0.33$$

តាមតារាងទ្រឹស្តីក្នុងឧបសម្ព័ន្ធ យើងមាន $r_{\text{តារាង}}$ (DF=16, α = 0.05) = 0.468 ។ យើងបាន $r_{Fech.} < r_{\text{តារាង}}$

សន្និដ្ឋាន : វាគ្មានទំនាក់ទំនងគ្នាជាអត្ថន័យទេរវាងកំពស់ និងទំងន់ (ដងខ្លួន) ។ អាចនិយាយបានថា ទំនាក់ទំនងរវាងកំពស់ និងទំងន់មានភាពខ្សោយ ។

២.គណនាមេគុណ r_S តាម Rank Correlation របស់លោក Spearman

ការវិភាគទំនាក់ទំនងរវាងកំពស់ និងទំងន់មនុស្ស ត្រូវបានធ្វើដោយចាប់ផ្តើមពីយកទិន្នន័យពីបញ្ជីដំបូងមករៀបឱ្យទៅតាមលំដាប់ពីធំបំផុតទៅតូចបំផុត ឬផ្ទុយទៅវិញពីតូចបំផុតទៅធំបំផុត។ ការរៀបលំដាប់ត្រូវបានធ្វើតែតំលៃនៃអញ្ញាតណាមួយក្នុងចំណោមអញ្ញាតទាំងពីរ។ តំលៃអញ្ញាតិមួយទៀតត្រូវស្ថិតនៅដដែលដោយរក្សាតំលៃគូរនៃសំណាក។ នៅក្នុងជួរឈរដែលមានអក្សរ **d** គឺជាភាពខុសគ្នារវាងលេខគូរនៃលំដាប់។ បន្ទាប់មក គឺជាការធ្វើផលបូកការ៉េនៃភាពខុសគ្នា **(Σd^2)**។

បញ្ជីដំបូង (Primary list)		លេខរៀង ឬ លេខលំដាប់ (Rank number)			
X	Y	X	Y	d	d^2
188	80	1	2.5	1.5	2.25
184	75	2	4	2	4
180	72	3.5	6.5	3	9
180	70	3.5	8	4.5	20.25
179	80	5	2.5	2.5	6.25
174	74	7	5	2	4
174	64	7	10	3	9
174	60	7	11.5	4.5	20.25
173	65	9.5	9	0.5	0.25
173	55	9.5	16.5	7	49
170	60	11	11.5	0.5	0.25
167	88	12.5	1	11.5	132.25
167	57	12.5	15	2.5	6.25
165	72	15	6.5	8.5	72.25
165	59	15	13	2	4
165	55	15	16.5	1.5	2
162	58	17	14	3	9
158	51	18	18	0	0

$\Sigma d^2 = 350.5$

$$r_S = 1 - \frac{6\sum d^2}{n(n^2 - 1)}$$

$$r_S = 1 - \frac{6 * 350.5}{18(18^2 - 1)} = 1 - \frac{2103}{5814} = 1 - 036 = 0.64$$

តាមតារាងទ្រឹស្តីក្នុងឧបសម្ព័ន្ធ យើងមាន $r_{\text{តារាង}}$ (DF=16, α = 0.05) = 0.468។

យើងបាន $r_S > r_{\text{តារាង}}$ ។ សន្និដ្ឋានៈ រវាងកំពស់ និងទំងន់ (ដងខ្លួន) មានទំនាក់ទំនងជាវិជ្ជមាននឹងគ្នាជាអត្ថន័យ។ ដូច្នេះ ការគណនា r តាមបែប Fechner - Test មានភាពពុំច្បាស់លាស់ទេ។

ឧទាហរណ៍ ២: ការពិសោធន៍ ឬសិក្សារកទំនាក់ទំនងរវាងបរិមាណសារធាតុគីមី K និង Mg នៅក្នុងដី?។ យើងមានសំណាកដី ចំនួន ៣៣ ដែលយកមកពីកន្លែងផ្សេងៗ ចំនួន ៣៣ កន្លែង។ ទិន្នន័យវិភាគដីដែលទទួលបានពីការសង្កេត មានបង្ហាញក្នុងតារាងខាងក្រោម ក្នុងជួរឈទី ២ និងទី ៣។

តារាង:បរិមាណសារធាតុគីមី K និង Mg នៅក្នុងដី (ម.ក្រ)

បញ្ជីទិន្នន័យដំបូង		
ល.រ សំណាក	K (mg) (X)	Mg (mg) (Y)
1	8	5
2	12	6
3	15	8
4	9	7
5	12	8
6	8	7
7	11	5
8	8	4
9	10	6
10	12	7
11	7	6
12	8	6
13	8	6
14	7	6
15	7	6
16	8	5
17	8	6
18	12	6
19	7	5
20	6	4
21	3	3
22	7	5
23	5	4
24	8	5
25	7	4
26	4	3
27	6	4
28	6	5
29	6	4
30	13	6
31	9	7
32	10	7
33	8	5

តារាងៈការវិភាគទំនាក់ទំនងរវាងបរិមាណសារធាតុគីមី K និង Mg នៅក្នុងដី

បញ្ជីទិន្នន័យដំបូង			ការប្រៀបធៀបនឹងតំលៃមធ្យម		លេខរៀង Rank number		ភាពខុសគ្នានៃលេខរៀង	
			សំរាប់វិភាគ $r_{Fech.}$		សំរាប់វិភាគ r_S			
ល.រ សំណាក	K (mg) (X)	Mg (mg) (Y)	X		X	Y	d	d^2
1	8	5	3 –	– 3	1	1.5	– 0.5	0.25
2	12	6	4 –	– 3	2	1.5	0.5	0.25
3	15	8	5 –	– 4	3	5.5	– 2.5	6.25
4	9	7	6 –	– 4	5.5	5.5	0	
5	12	8	6 –	– 4	5.5	5.5	0	
6	8	7	6 –	– 4	5.5	5.5	0	
7	11	5	6 –	– 5	5.5	12.5	– 7	49
8	8	4	7 –	– 4	10.5	5.5	5	25
9	10	6	7 –	– 5	10.5	12.5	– 2	4
10	12	7	7 –	– 5	10.5	12.5	– 2	4
11	7	6	7 –	+ 6	10.5	21.5	–11	121
12	8	6	7 –	+ 6	10.5	21.5	–11	121
13	8	6	7 –	+ 6	18	21.5	–11	121
14	7	6	8 –	– 4	18	5.5	12.5	156.25
15	7	6	8 –	– 5	18	12.5	5.5	30.25
16	8	5	8 –	– 5	18	12.5	5.5	30.25
17	8	6	8 –	– 5	18	12.5	5.5	30.25
18	12	6	8 –	– 5	18	12.5	5.5	30.25
19	7	5	8 –	+ 6	18	21.5	– 3.5	12.25
20	6	4	8 –	+ 6	18	21.5	– 3.5	12.25
21	3	3	8 –	+ 6	18	21.5	– 3.5	12.25
22	7	5	8 –	+ 7	18	29	–11	121
23	5	4	9 +	+ 7	23.5	29	– 5.5	30.25
24	8	5	9 +	+ 7	23.5	29	– 5.5	30.25
25	7	4	10+	+ 6	25.5	21.5	4	16
26	4	3	10+	+ 7	25.5	29	– 3.5	12.25
27	6	4	11+	– 5	27	12.5	14.5	210.25
28	6	5	12+	+ 6	29.5	21.5	8	64
29	6	4	12+	+ 6	29.5	21.5	8	64
30	13	6	12+	+ 7	29.5	29	0.5	0.25
31	9	7	12+	+ 8	29.5	32.5	– 3	9
32	10	7	13+	+ 6	32	21.5	10.5	110.25
33	8	5	15+	+ 8	33	32.5	0.5	0.25

$n = 33$

$DF = 33 - 2 = 31$

$\sum x = 275, \bar{x} = \frac{\sum x}{n} = \frac{275}{33} = 8.3$

$\sum y = 181, \bar{y} = \frac{\sum y}{n} = \frac{181}{33} = 5.5$

$U = 25, NU = 8$

$\sum d^2 = 1433.5$

តាមតារាងមេគុណ r ក្នុងឧបសម្ព័ន្ធ យើងមាន៖

$r_{តារាង}$ (DF = 31, α = 5%) $\simeq$ 0.35

$r_{តារាង}$ (DF = 31, α = 1%) $\simeq$ 0.45

$r_{តារាង}$ (DF = 31, α = 0.1%) $\simeq$ 0.55

1) $r_{Fech.} = \frac{\Sigma Ü - \Sigma NÜ}{\Sigma Ü + \Sigma NÜ} = \frac{25 - 8}{25 + 8} = \frac{17}{33} = \underline{\underline{0.515 ^{**}}}$

2) $r_S = 1 - \frac{6\,\Sigma d^2}{n(n^2-1)} = 1 - \frac{6 \times 1433.5}{33(33^2-1)} = 1 - \frac{8601}{35901} = 1 - 0.24 = \underline{\underline{0.76 ^{***}}}$

$r_S > r_{តារាង}$ មានន័យថា ៖ វាមានទំនាក់ទំនងជាវិជ្ជមាន និងមានអត្ថន័យខ្ពស់ណាស់ (Very high significant) ឬវាមានទំនាក់ទំនងជាវិជ្ជមាន និងមានអត្ថន័យជាក់លាក់បំផុតរវាងបរិមាណសារធាតុ K និង Mg នៅក្នុងដី ។

3) **គណនា** **r តាមលោក** **Bravais**

ការគណនាទិន្នន័យក្នុងបញ្ជីដំបូង

លេ.រ សំណាក	K (mg)	Mg (mg)			
	X	Y	X^2	Y^2	XY
1	8	5	64	25	40
2	12	6	144	36	72
3	15	8	225	64	120
4	9	7	81	49	63
5	12	8	144	64	96
6	8	7	64	49	56
7	11	5	121	25	55
8	8	4	64	16	32
9	10	6	100	36	60
10	12	7	144	49	84
11	7	6	49	36	42
12	8	6	64	36	48
13	8	6	64	36	48
14	7	6	49	36	42
15	7	6	49	36	42
16	8	5	64	25	40
17	8	6	64	36	48
18	12	6	144	36	72
19	7	5	49	25	35
20	6	4	36	16	24
21	3	3	9	9	9
22	7	5	49	25	35
23	5	4	25	16	20
24	8	5	64	25	40
25	7	4	49	16	28
26	4	3	16	9	12
27	6	4	36	16	24
28	6	5	36	25	30
29	6	4	36	16	24
30	13	6	169	36	78
31	9	7	81	49	63
32	10	7	100	49	70
33	8	5	64	25	40
n = 33	$\Sigma x = 275$	$\Sigma y = 181$	$\Sigma x^2 = 2517$	$\Sigma y^2 = 1047$	$\Sigma xy = 1592$

$$r_{Br}=\frac{1592-\frac{275*181}{33}}{\sqrt{\left[2517-\frac{275^2}{33}\right]\left[1047-\frac{181^2}{33}\right]}}=\frac{1592-1508}{\sqrt{(2517-2292)(1047-993)}}=\frac{84}{\sqrt{225*54}}=\frac{84}{110.23}$$

$$r_{Br}=0.76^{***}>r_{Tab}(DF=31,\alpha=0.1\%)$$

ការវិភាគទំនាក់ទំនង (Correlation analysis)តាម R_S និង R_{Br} ផ្តល់លទ្ធផលដូចគ្នា ។

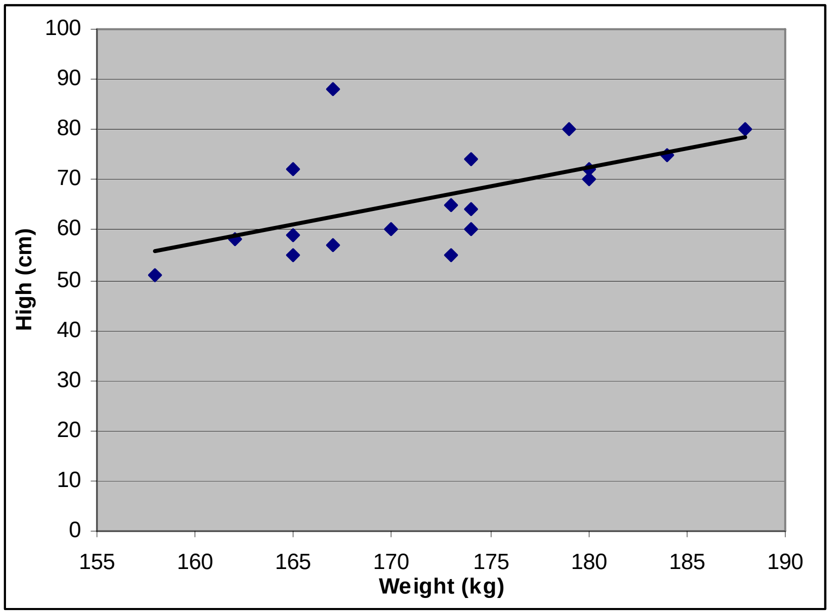
សន្និដ្ឋានៈ លទ្ធផលវិភាគបង្ហាញថា រវាង K និង Mg មានទំនាក់ទំនងវិជ្ជមានទឹងគ្នាជាអត្ថន័យជាក់លាក់បំផុត ។ ប្រសិនបើបរិមាណសារធាតុ K នៅក្នុងដីកើនឡើង ១ ឯកតា នោះបរិមាណ Mg ក៏កើនឡើងដែរ ។

ភាពអាស្រ័យជាក់លាក់រវាងអញ្ញាតទាំងពីរ （The precise dependent） នឹងត្រូវសិក្សាតាមការវិភាគ Regression បន្ថែមទៀត ។ Regression គឺជាបរិមាណបំរែបំរួលនៃអញ្ញាតមួយ ដែលទាក់ទងទៅនឹងបំរែបំរួលមួយឯកតានៃអញ្ញាតមួយទៀត (Regression is the amount of change in one variable associated with a unit change in the other variable) ។

.

៧. ការវិភាគ Regression (Regression Analysis)

យើងបានលើកជាឧទាហរណ៍ពីទំនាក់ទំនងរវាងទំងន់ និងកំពស់របស់សំណាកមួយដែលមនុស្ស ១៨ នាក់។ យើងអាចបង្ហាញជាដ្យាក្រាមពង្រាយ (Scattergram)។ ក្នុងការបង្ហាញជាដ្យាក្រាមពង្រាយ វាអាចជួយដល់ការគូសបន្ទាត់មួយកាត់តាមចំណុចពង្រាយ ដែលជាមធ្យោបាយមួយពិពិណនាពីទំនាក់ទំនងជាមធ្យម (រូបភាពខាងក្រោម)។



រូបភាព: ដ្យាក្រាមពង្រាយ និងបន្ទាត់ Regression

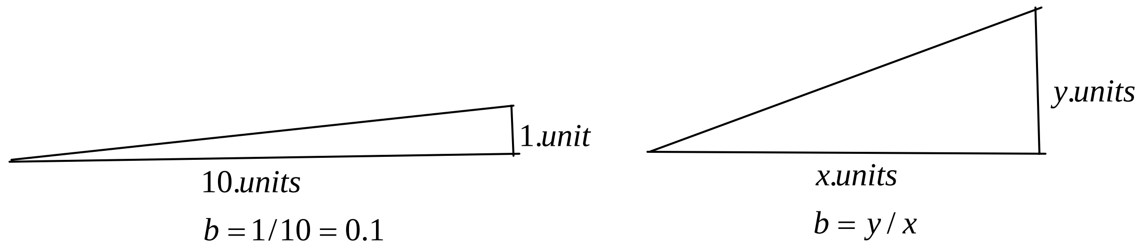
៧.១. ជំរាល និងសមីការ (Gradient and equation)

ជំរាលនៃចំណោតភ្នំមួយដែលត្រូវបានបញ្ជាក់ថា១ ក្នុង ១០។ នេះមានន័យយ៉ាងងាយថាសំរាប់គ្រប់១០ឯកតាចំងាយ មានរយៈកំពស់ ១ឯកតា។ ជំរាលត្រូវបានតាងដោយ b និងក្នុងករណីនេះ b=1/10=0.1។ ក្នុងករណីទូទៅ ជំរាលស្មើនឹង y ចែកនឹង x (រូបខាងក្រោម)។

ប្រសិនបើយើងដឹងតំលៃ b យើងអាចប្រើវាដើម្បីគណនាកំពស់ដែលទទួលបានពីចំងាយដែលមាន។

កំពស់ដែលទទួលបាន=ជំរាល x ចំងាយ ដែលធ្វើដំណើរបាន

ជាទូទៅ គេអាចសរសេរ **y = bx**



រូបភាព: ជំរេលនៃចំណោត: ជំរេល = y ឯកតា/ x ឯកតា

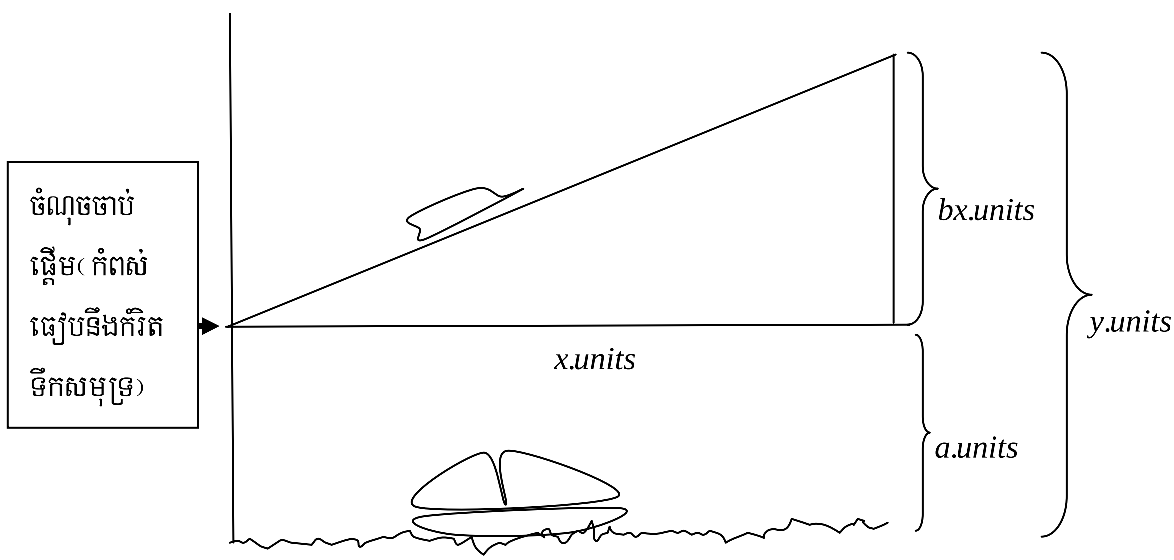
ប្រសិនបើយើងចង់ដឹងកំពស់ពិតចុងក្រោយជាជាងកំពស់ដែលទទួលបាន យើងត្រូវស្គាល់កំពស់នៃចំណុចចាប់ផ្តើមនៅលើកំរិតធៀបមួយ អាចនិយាយថាជាកំរិតទឹកសមុទ្រ។ ប្រសិនបើកំពស់នេះតាងដោយ ១ ឯកតា កំពស់ពិតចុងក្រោយនឹងមានះ

កំពស់ពិតចុងក្រោយ=កំពស់នៃចំណុចចាប់ផ្តើម + (ជំរេល x ចំងាយ ដែលធ្វើដំណើរបាន)

ឬ ជាទូទៅ គេសរសេរ y =a + bx

សមីការ y =a + bx គឺជាសមីការបន្ទាត់ត្រង់។ ការវិភាគ Regression គឺពាក់ព័ន្ធនឹងការដោះស្រាយតំលៃ a និង b ក្នុងសមីការទទួលបានពីបញ្ជីទិន្នន័យសំណាកដែលមានបំរែបំរួលពីរ។

ដូច្នេះ a និង b គឺជាមេគុណ Regression ។ ទោះបីជាយ៉ាងណា ជាទូទៅ មេគុណ Regression មានន័យជាចំណោត នៃបន្ទាត់ Regression, b ។



រូបភាព: កំពស់ចុងក្រោយនៃឡានធៀបកំរិតទឹកសមុទ្រ =a + bx ដែលមាន b គឺជាជំរេល។

៧.២. អញ្ញាតអាស្រ័យ និងអញ្ញាតឯករាជ្យ (Dependent and independent variables)

មានចំនួនគូរនៃអញ្ញាត ដែលអាចស្គាល់បាន ហើយអញ្ញាតិមួយអាស្រ័យលើអញ្ញាតមួយទៀត។ ឧទាហរណ៍ យើងតែងតែគិតថាតង់ស៊ីតេនៃសត្វកណ្តូបកើតឡើងលីវាលស្មៅអាស្រ័យលើពេលវេលាចាប់តាំងពីមានការប្រើប្រាស់ថ្នាំកសិកម្ម។ ចំនួនសត្វល្អិតមានវគ្គមានអាស្រ័យលើសីតុណ្ហភាពកើនឡើង។ ក្នុងករណីនេះ តង់ស៊ីតេនៃសត្វកណ្តូប និងចំនួនសត្វល្អិត គឺជាអញ្ញាតអាស្រ័យ (Dependent variable)។ ចំណែកឯអញ្ញាតមួយទៀតគឺជាអញ្ញាតឯករាជ្យ (Independent variable) ។ នៅក្នុងរូបភាពជាដ្យាក្រាមពង្រាយ (Scattergram) ឬក្នុងការវិភាគ regression យើងសន្មតដាក់អញ្ញាតអាស្រ័យលើអ័ក្សអ័រដោណេ y និងដាក់អញ្ញាតឯករាជ្យ លើអ័ក្សអាប់ស៊ីស x ។ វាអាចមានផងដែរដែលថាអញ្ញាតទាំងពីរឯករាជ្យទាក់ទងទៅនឹងអញ្ញាតទីបីដែល មិនបាន ធ្វើអត្តសញ្ញាណ។

ជួនកាល វាមានការលំបាក់នឹងកំណត់ថា មួយណាជាអញ្ញាតអាស្រ័យ និងមួយណាជាអញ្ញាតឯករាជ្យ។ ដូចជាទំនាក់ទំនងរវាងបរិមាណសារធាតុចិញ្ចឹមប៉ូតាស្យូម (K) និងម៉ាញ៉េស្យូម (Mg) នៅក្នុងដី ។ ប្រសិនបើ យើងប្រើបន្ទាត់ regression ដើម្បីប៉ាន់ស្មានតំលៃអញ្ញាតមួយពីការវាស់វែងអញ្ញាតមួយទៀត នោះយើងដាក់អញ្ញាតដែលប្រើសំរាប់ប៉ាន់ស្មានអញ្ញាតមួយទៀតលើអ័ក្សអាប់ស៊ីស x និងអញ្ញាតដែលត្រូវប៉ាន់ស្មានលើអ័ក្សអ័រដោណេ y ។ ដំណើរការវិភាគ regression អាចចែកដោយទៅលើចំនួនអញ្ញាតដែលពាក់ព័ន្ធ និងទំរង់ទំនាក់ទំនងរវាងអញ្ញាតអាស្រ័យ និងអញ្ញាតឯករាជ្យ។ ដំណើរការវិភាគងាយ ប្រសិនបើមានអញ្ញាតតែពីរ ដែលមួយជាអញ្ញាតអាស្រ័យ និងមួយទៀតជាអញ្ញាតឯករាជ្យ។ ការវិភាគម្យ៉ាងទៀតជាការវិភាគពហុ (Multiple)។ ដំណើរការវិភាគមានទំរង់ជាបន្ទាត់ និងមិនមែនជាបន្ទាត់។ ដូច្នេះ ការវិភាគ regression អាចចែកជា ៤ បែបផ្សេងគ្នា:

១. regression ជាបន្ទាត់ និងងាយ (simple linear regression)

២. regression ជាបន្ទាត់ និងពហុ (multiple linear regression)

៣. regression មិនមែនជាបន្ទាត់ និងងាយ (simple nonlinear regression)

៤. regression មិនមែនជាបន្ទាត់ និងពហុ (multiple nonlinear regression)

ប៉ុន្តែខាងក្រោមនេះ យើងលើកយកតែការវិភាគជាបន្ទាត់ និងងាយមកសិក្សាតែប៉ុណ្ណោះ។

៧.២. ទំនាក់ទំនងជាបន្ទាត់ឥតខ្ចោះ (A perfect linear relationship)

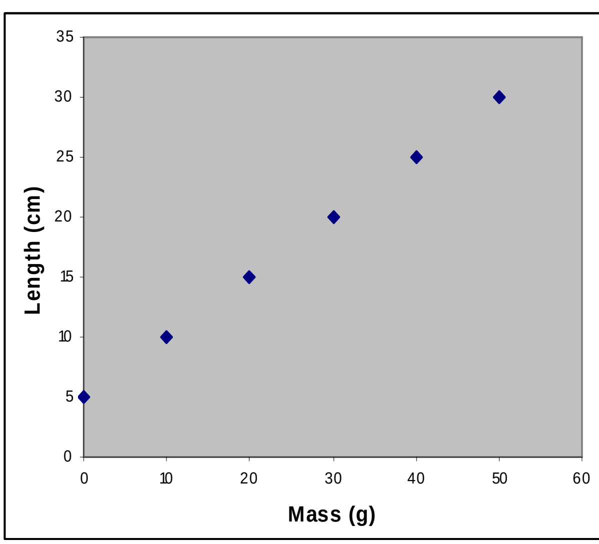
ទំនាក់ទំនងរវាងអញ្ញាតពីរជាបន្ទាត់ប្រសិនបើបំរែបំរួលមានភាពថេរ ។ ឧទាហរណ៍ អ្នកស្រាវជ្រាវម្នាក់បានវាស់វែង និងថ្លឹងទំងន់សត្វល្អិត ដែលមានទិន្នន័យដូចខាងក្រោម:

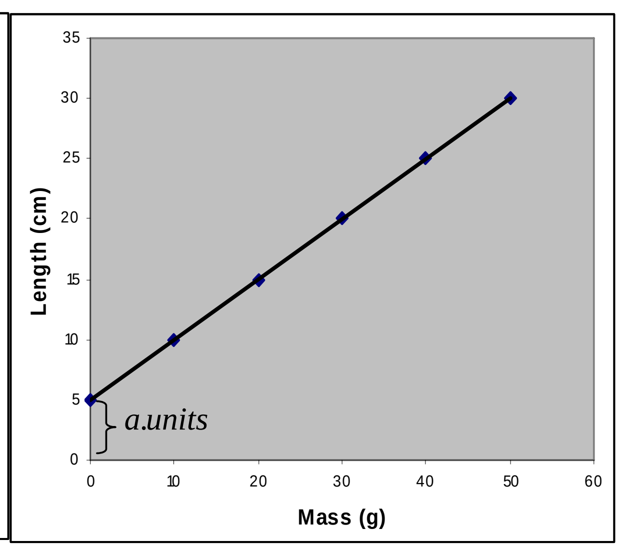
ទំងន់ X (ក្រាម)	ប្រវែង Y (ស.ម)
10	10
20	15
30	20
40	25
50	30

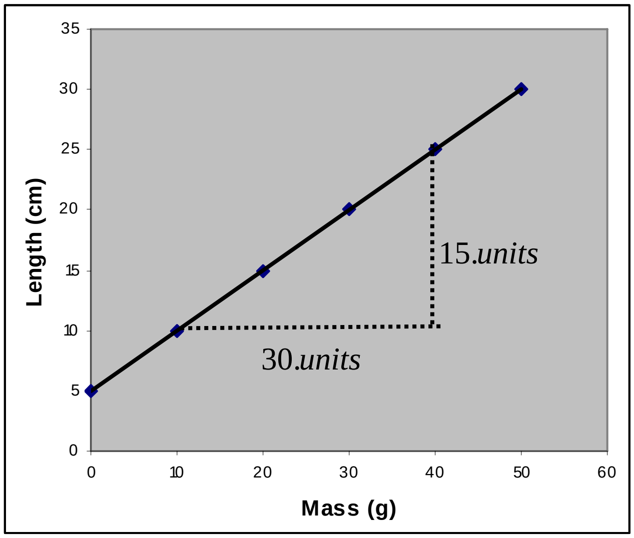
ប្រសិនបើច្បាស់ជា ប្រវែងសត្វគឺអាស្រ័យទៅលើទំងន់ យើងមិនលំបាកក្នុងការកំណត់ទំងន់ជា អញ្ញាត X និងប្រវែងជាអញ្ញាត Y ឡើយ ។ ដ្យាក្រាមពង្រាយ (Regression) តាងឱ្យទិន្នន័យមានបង្ហាញដូខាងក្រោម ។ យើងឃើញថា ចំណុចទាំងអស់រត់លើបន្ទាត់មួយ និងបន្ទាត់ regression អាចគូសតាមចំណុចទាំងអស់នេះដោយមិនចាំបាច់មានការគណនាតាមគណិតវិទ្យាឡើយ ។ ពេលដែលបន្ទាត់កាត់អ័ក្ស y ត្រង់ចំណុច a ។ នេះគឺជាកាត់លើអ័ក្ស y ដែលហៅថា **Intercept** (រូបភាពខាងក្រោម) ។ នៅលើអ័ក្ស y a មានតំលៃស្មើនឹង ៥ ស.ម ។ ដូច្នេះ ចំនួនក្នុងសមីការ y= a + bx ត្រូវបានកំណត់ ។

ដើម្បីគណនា មេគុណមួយទៀត b យើងមាន b= y/x ឬ b=15/30=0.5

យើងមានចំនួនទាំងពីរ (មេគុណ) នៅក្នុងសមីការ **y = a +bx** ។ ដូច្នេះ y= 5 +0.5x ។







រូបភាព: ទំនាក់ទំនងជាបន្ទាត់ឥតខ្ចោះ

ដោយប្រើសមីការនេះ យើងអាចប៉ាន់ស្មានប្រវែងសត្វល្អិតបាន ពេលណាទំងន់ត្រូវបានសន្មតឱ្យ។ យើងអាចផ្ទៀងផ្ទាត់សមីការនេះសំរាប់តំលៃមួយដែលយើងបានស្គាល់។ ទិន្នន័យអង្កេតក្នុងតារាងខាងលើបង្ហាញថា ទំងន់សត្វមាន ៥0 ក្រ ធ្វើឱ្យសត្វល្អិតមានប្រវែង ៣0 ស.ម ។

y = 5+ (0.5 x 50) = 5+ 25

y = 30 ស.ម

ប្រសិនបើទំងន់សត្វល្អិតមាន ២៥ ក្រ យើងអាចប៉ាន់ស្មានប្រវែងវាមាន

y = 5 + (0.5x 25) = 17.5 ស.ម

តាមមធ្យោបាយនេះ យើងអាចគណនាស៊េរីមួយនៃតំលៃ y ដើម្បីផលិតជាខ្នាតតាមកំរិតមួយ។

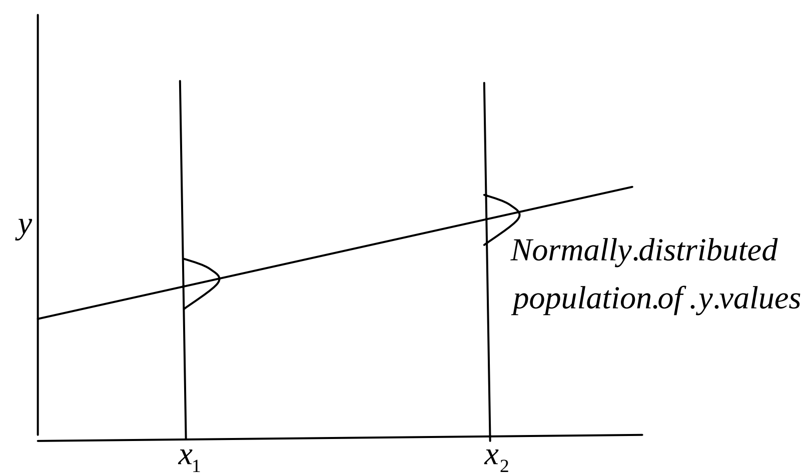
៧.៣. ទំនាក់ទំនងជាបន្ទាត់មានលក្ខណៈងាយ (Simple linear regression)

ការវិភាគទំនាក់ទំនងជាបន្ទាត់មានលក្ខណៈងាយ គឺជាការប៉ាន់ស្មាន និងសាកល្បងនៃអត្ថន័យដែលទាក់ទងនឹងប៉ារ៉ាម៉ែត្រពីរ a និង b នៅក្នុងសមីការ y=a+bx ។ លក្ខខណ្ឌសំខាន់ៗដែលគួរមានការកត់សំគាល់គឺៈ

១. មានទំនាក់ទំនងជាបន្ទាត់មួយ រវាងអញ្ញាតអាស្រ័យ y មួយ និងអញ្ញាតឯករាជ្យ x មួយដែលមានបញ្ជាក់ជាអនុគមន៍ ។

២. អញ្ញាត x មិនមែនជាអញ្ញាតចៃដន្យទេ ប៉ុន្តែជាអញ្ញាតស្ថិតក្រោមការត្រួតពិនិត្យនៃអ្នកអង្កេត ។ ដូច្នេះ regression ត្រូវបានប្រើសំរាប់អនុវត្តការងារពិសោធន៍ ។ ក្នុងការពិសោធន៍នេះ ជាឧទាហរណ៍ តំលៃអញ្ញាត y គឺប្រើសំរាប់កំណត់រយៈពេល សីតុណ្ហភាព បរិមាណសារធាតុគីមីដែលបានប្រើប្រាស់ ។ល ។

៣. សំរាប់អញ្ញាត x នីមួយៗដែលបានសង្កេត មានប្រជាករជាទ្រឹស្តីនៃតំលៃ y ។ តាមធម្មតា ប្រជាករគឺជារបាយ ហើយវ៉ារីយ៉ង់នៃប្រជាករផ្សេងៗនៃតំលៃ y វាត្រូវគ្នាទៅនឹងតំលៃ x ផ្ទាល់នីមួយៗ ដូចគ្នា (រូបភាពខាងក្រោម) ។

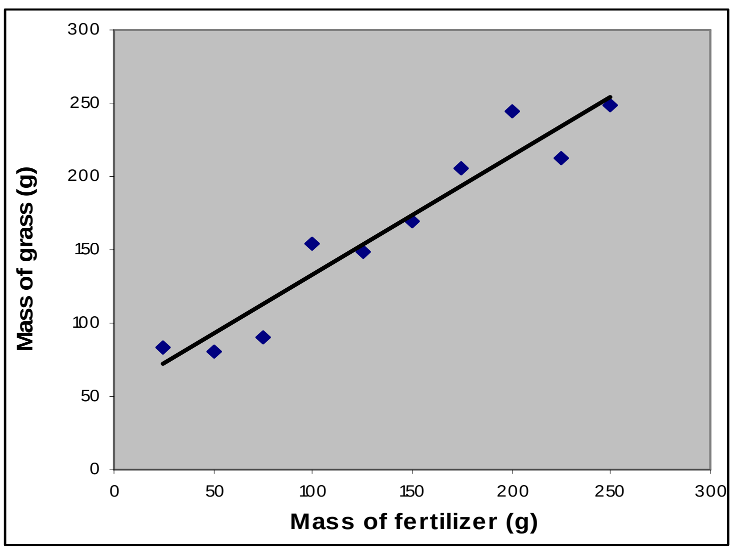


ឧទាហរណ៍ ១:

អ្នកកសិកម្មម្នាក់សិក្សាពីប្រសិទ្ធិភាព (The effect) នៃការប្រើប្រាស់បរិមាណជីគីមីលើទិន្នផលស្មៅលើដីដែលបោះបង់ចោល ។ គ្រាប់ពូជស្មៅត្រូវបានព្រោះលើដីនោះ ។ ក្បាលដីទំហំ ១ ម² ចំនួន ១០ កន្លែងត្រូវបានជ្រើសរើសដោយចៃដន្យ ហើយត្រូវបានព្រោះគ្រាប់ពូជ ដោយមានបរិមាណខុសៗ គ្នា ។ រយៈពេលពីរខែក្រោយមក ស្មៅត្រូវបានច្រូតពីក្បាលដីនីមួយៗ ហាលឱ្យស្ងួត ហើយថ្លឹង ។ លទ្ធផលពិសោធន៍មានបង្ហាញដូចខាងក្រោម ។

អញ្ញាត x បរិមាណជីប្រើ (g/m²)	25	50	75	100	125	150	175	200	225	250
អញ្ញាត y ទិន្នផលស្មៅ (g/m²)	84	80	90	154	148	169	206	244	212	248

ដ្យាក្រាមពង្រាយ (Scattergramm) នៃទិន្នន័យខាងលើនេះ មានទំនាក់ទំនងគ្នា។ នៅក្នុងការពិសោធន៏នេះ វាបង្ហាញយ៉ាង ច្បាស់ថា ទិន្នផលស្មៅអាស្រ័យលើបរិមាណជីគីមីដែលបានប្រើបាស់ ហើយទំនាក់ទំនងជាអនុគមន៏ត្រូវបានសន្មត ។ ការសង្កេតទិន្នន័យលើអ័ក្សអាប់ស៊ីសត្រូវបានធ្វើដោយអ្នកពិសោធន៏ និងទំនាក់ទំនងមានភាពសមស្របជាបន្ទាត់ ។ គួរកត់សំកាល់ថា x មិនមានជារបាយទេ x មានចន្លោះតំលៃពី ២៥ ទៅ ២៥0 ក្រាម ។



ពតិមានដែលត្រូវការដើម្បីគណនា ា និង ប គឺដូចគ្នានឹងការគណនាមេគុណទំនាក់ទំនង Correlation ដែរ ។ យើងត្រូវចាប់ផ្តើមគណនាមធ្យមនៃ x ($\bar{x}$) និង មធ្យមនៃ y ($\bar{y}$) ។ យើងមាន:

$\bar{x} = 137.5$ $\qquad$ $\bar{y} = 163.5$ $\qquad$ $n = 10$

$\sum x = 1375$ $\qquad$ $\sum y = 1635$ $\qquad$ $\sum xy = 266650$

$\left(\sum x\right)^2 = 1890625$ $\qquad$ $\left(\sum y\right)^2 = 2673225$

$\sum x^2 = 240625$ $\qquad$ $\sum y^2 = 304157$

ដើម្បីគណនាមេគុណ a និង b មុនដំបូងយើងគណនា b ហើយបន្ទាប់មកទើបគណនា a ។

$$b = \frac{n\sum xy - \sum x \sum y}{n\sum x^2 - \left(\sum x\right)^2}$$
$$b = \frac{(10*266650) - (1375*1635)}{(10*240625) - 1890625} = \frac{418375}{515625}$$
$$b = 0.8114$$

យើងមាន y=a+bx

ឬ

$$a = y - bx$$
$$a = \overline{y} - b\overline{x}$$
$$a = 163.5 - (0.8114*137.5)$$
$$a = 163.5 - 111.5675$$
$$a = 51.933$$

យើងបាន សមីការទំនាក់ទំនងជា Regression គឺ:

$$y = 51.933 + 0.8114$$

យើងអាចប្រើសមីការដើម្បីព្យាករ (ទាយ) ទិន្នផលស្មៅដោយការប្រើប្រាស់ជីគីមី ។ ដូច្នេះ សំរាប់ការប្រើប្រាស់ជីគីមីចំនួន ១១៥ ក្រាម យើងព្យាករទិន្នផលស្មៅមាន:

ទិន្នផលស្មៅ (ក្រ) $= 51.93 + (0.8114*115)$

$= 145.2g$

វាមានភាពត្រឹមត្រូវក្នុងការព្យាករណ៍នៅក្នុងចន្លោះតំលៃ x ដែលបានសង្កេត ។ ជាការពិតណាស់ ទិន្នផលស្មៅអាចធ្លាក់ចុះ ពេលណាបរិមាណជីប្រើប្រាស់កើនឡើងច្រើន ដោយការពុល ។ ដូច្នេះ គ្មានការសង្ស័យឡើយដែលថា បន្ទាត់ទំនាក់ទំនង ឬ បន្ទាត់ Regression ធ្លាក់ចុះ ។

៧.៤. ការគូសបន្ទាត់ Regression (ទំនាក់ទំនង) នៅក្នុងដ្យាក្រាមពង្រាយ (Fitting the rgression line to the scattergram)

ដើម្បីគូសបន្ទាត់ Regression (ទំនាក់ទំនង)មួយ យើងត្រូវមានទីតាំងចំណុចពីរលើបន្ទាត់ ។ ចំណុចទាំងពីរនេះ អាចគណនាពីសមីការ Regression, y=a+bx ។ តំលៃ x ពីរត្រូវបានជ្រើសរើសដើម្បីគណនាតំលៃ y ។ យើងមានតំលៃ x ពីរគឺ x= 25g និង x=250g ។

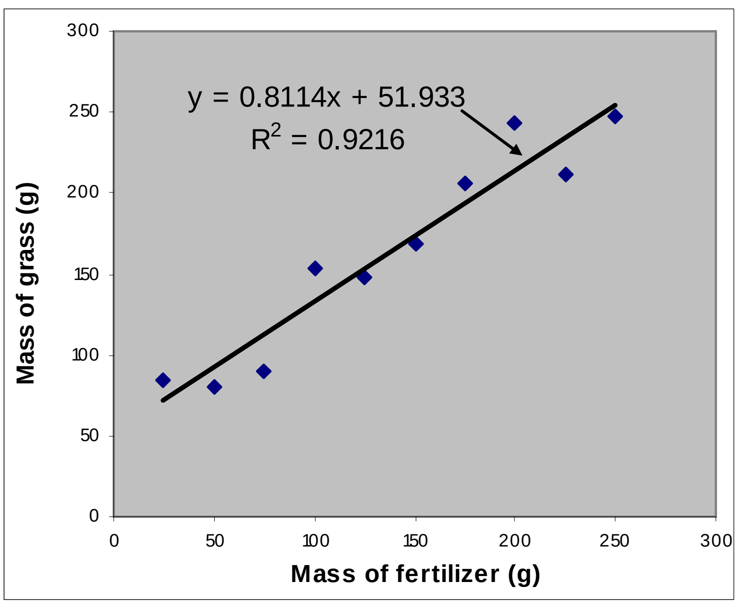
x= 25 g, y= 51.93 + (0.8114*25)=72.2
x= 250 g, y= 51.93 + (0.8114*250)=254.8

ដូច្នេះ យើងបាន

ចំណុច ១ មានកោអ័រដោណេ x= 25 , y= 72.2

ចំណុច ២ មានកោអ័រដោណេ x= 250 , y= 254.8

បន្ទាប់មកយើងគូសបន្ទាត់មួយភ្ជាប់ចំណុចទាំងពីរ ។

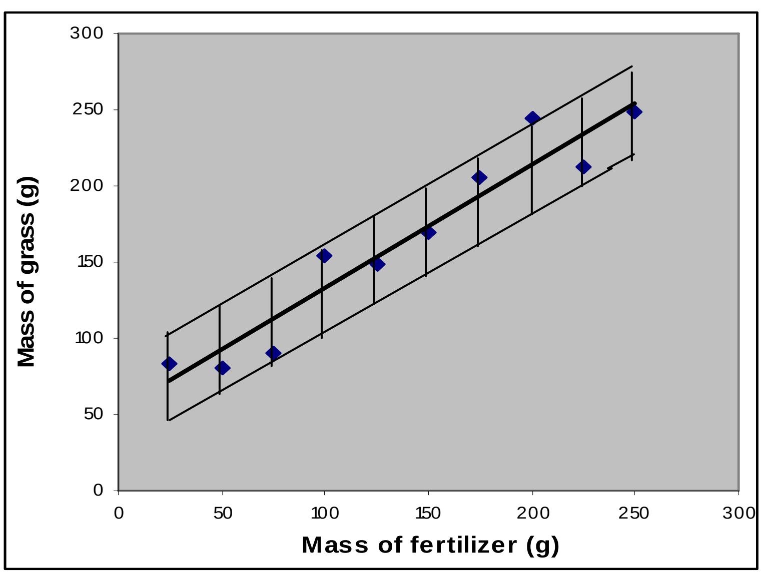


៧.៥. លំអៀងបន្ទាត់ Regression (ទំនាក់ទំនង) (The error of a regression line)

សំរាប់សមីការ y=a+bx និងតាមឧទាហរណ៍ខាងលើ យើងប៉ាន់ស្មានថាជាមួយការប្រើប្រាស់ជីគីមី ១១៥ ក្រាម នឹងផ្តល់ទិន្នផលស្មៅ ១៤៥.២ ក្រាមក្រោមលក្ខខ័ណ្ឌគំរូ។ តើអាចឱ្យយើងនិយាយបានថាការប៉ាន់ស្មាននេះត្រឹមត្រូវដែរឬទេ ? ។ យើងទទួលស្គាល់ថា បន្ទាត់ Regression ត្រូវបានគណនាពីទិន្នន័យសំណាក ដែលជាប្រធានបទនឹងប្រភេទដូចគ្នានៃលំអៀងសំណាក ក្នុងការប៉ាន់ស្មានមធ្យម ឬប៉ារ៉ាម៉ែត្រឯទៀតនៃប្រជាករ ។ ឧបមាថា យើងប្រើប្រាស់ជីគីមី ១១៥ ក្រាមដាក់កូនស្រែចំនួន ១000 ដែលកូនស្រែនីមួយៗមានទំហំ ១ម² ។ ទិន្នផលស្មៅដែលច្រូតពីកូនស្រែបង្កើតជារបាយធម្មតាមួយនៃតំលៃ y ត្រូវគ្នានឹងតំលៃ x ១១៥ ក្រាម ។ មធ្យមនៃរបាយគឺជាអ័ក្សអ័រដោណេ y ដែលឆ្លងកាត់ដោយបន្ទាត់ Regression ដោយគ្មានលំអៀង។ គំលាតគំរូនៃរបាយគឺជា **លំអៀងគំរូ** (Standard Error-SE) **នៃការប៉ាន់ស្មាន** ។ យើងមានការទុកចិត្ត ៩៥ % ដែលតំលៃប្រជាករនៅ ចន្លោះ $\pm(t*SE)$ នៃការប៉ាន់ស្មានលើបន្ទាត់ Regression សំណាក។

ដូច្នេះ អ័ក្ស អ័រដោណេ y នៃបន្ទាត់ Regression ពិតដែលតំលៃ x=115 g នៅក្នុងចន្លោះ $145.2\pm(t*S.E)$ ។ យើងមានតំលៃ t យោលតាមកំរិតសេរីភាពក្នុងតារាងទ្រីស្តី (ឧបសម្ព័ន្ធ)។ ដូច្នេះ ចន្លោះទុកចិត្តអាចមានតំលៃខាងលើ និងខាងក្រោមបន្ទាត់ Regression ដែល x=115 g ។

តាមរយៈការគណនាឡើងវិញសំរាប់តំលៃ x ជាច្រើន **តំបន់ទុកចិត្ត**មួយត្រូវបានបង្កើតឡើងនៅសងខាងបន្ទាត់ Regression ។



រូបភាព: តំបន់ទុកចិត្តនៃបន្ទាត់ Regression (ទំនាក់ទំនង)

មុនគណនាលំអៀងគំរូ (SE) ត្រូវគណនា Residual variance (s^2_r) ។ តាមឧទាហរណ៍ខាងលើ យើងបាន:

$$s_r^2 = \frac{1}{n-2} * \left(sum.of.squares.of.y - \frac{(sum.of.products)^2}{sum.of.squares.of.x} \right) .Or$$

$$s_r^2 = \frac{sum.of.squares.of.y - \dfrac{(sum.of.products)^2}{sum.of.squares.of.x}}{n-2}$$

(១) សរុបផលិតផលនៃ x និង y (sum of product <u>or</u> sum of products of x and y សរសេរកាត់ជា $SP_{x,y}$)

$$SP_{x,y} = \sum xy - \frac{\sum x \sum y}{n} \quad \text{ដែលមាន} \quad \sum xy = \sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})$$

$$SP_{x,y} = 266650 - \frac{1375 * 1635}{10} = 41837.5$$

$$(SP_{x,y})^2 = 41837.5^2 = 1750376406$$

(២) សរុបការ៉េនៃ y (SS_y)

$$SS_y = \sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n} = 304157 - \frac{2673225}{10} = 36834.5$$

(៣) សរុបការ៉េនៃ x (SS_x)

$$SS_x = \sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n} = 240625 - \frac{1890625}{10} = 51562.5$$

(៤) គណនា Residual variance (s^2_r)

$$s_r^2 = \frac{1}{8} * \left(36834.5 - \frac{1750376406}{51562.5} \right) = \frac{1}{8} * 2887.806 = 360.98$$

ដើម្បីគណនាលំអៀងគំរូ (SE) នៃចំណុចមួយលើបន្ទាត់ Rgression ដើម្បីប៉ាន់ស្មាន y ដែលទទួលបានតាមរយៈការឱ្យតំលៃ x (ជា x') ។ រូបមន្តគណនា SE គឺ:

$$SE = \pm\sqrt{s_r^2 * \left[\frac{1}{n} + \frac{(x' - \bar{x})^2}{SS_x}\right]}$$

$$SE = \pm\sqrt{360.98 * \left[\frac{1}{10} + \frac{(115 - 137.5)^2}{51562.5}\right]}$$

$$SE = \pm\sqrt{360.98 * 0.10982}$$

$$SE = \pm 6.296$$

ដើម្បីបំលែងលំអៀងគំរូទៅជាចន្លោះទុកចិត្ត ៩៥% (P=0.05) នៅខណៈដែល DF=n-2=10-2=8 និង t តារាង= 2.306 ។

ក៏រិតទុកចិត្ត 95% $= 145.2 \pm 2.306 * 6.296$

$= 145.2 \pm 14.519$

$= 159.72(upper.\lim it).and.130.68.(lower.\lim it)$

ដូច្នេះ ក្នុងចន្លោះជឿជាក់ ៩៥ ភាគរយ ទិន្នផលស្មៅ (y) ដែលទទួលបានដោយការប្រើប្រាស់ជីគីមី (x)=១១៥ ក្រាម គឺស្ថិតក្នុងចន្លោះ ១៥៩.៧២ និង ១៣០.៦៨ ក្រាម ។

ការគណនាក្នុងក៏រិតជឿជាក់ ៩៥ % សំរាប់តំលៃ x ជាច្រើន នឹងអាចបង្កើតជា **តំបន់ជឿជាក់** (រូបភាពខាងលើ) ។

៧.៦. អត្ថន័យនៃបន្ទាត់ Regression (ទំនាក់ទំនង) (Significance of the regression line)

ប្រសិនបើការពង្រាយចំណុចស្ដីពីបន្ទាត់ Regression ត្រូវបានយកចិត្តទុកដាក់ និងមេគុណ regression (b) មានតំលៃទាប ។ វាអាចមានភាពចាំបាច់ក្នុងការសាកល្បងអត្ថន័យនៃទំនាក់ទំនង (regression) ។ អត្ថន័យនេះប្រាប់យើងពីតំលៃប្រូបាបីលីតេ (ប្រហាក់ប្រហែល) នៃទំនាក់ទំនងរវាងអញ្ញាត x និង y សំរាប់ប្រជាករ ។ ដូច្នេះ វាទាមទារឱ្យមានការគណនាតំលៃ t ហើយធ្វើការប្រៀបធៀបជាមួយតំលៃ t តារាង ។ ការគណនាមាន ៣ ជំហ៊ានដូចតទៅ:

១. គណនាលំអៀងគំរូនៃមេគុណ b

$$SE_b = \sqrt{\frac{residual.\mathrm{var}\,iance}{sum.of\,.squares.of\,.x}}$$

$$SE_b = \sqrt{\frac{360.98}{51562.5}}$$

$$SE_b = 0.08367$$

២. គណនាតំលៃ t

$$t = \frac{b}{SE_b} = \frac{0.8114}{0.08367} = 9.698$$ ជាមួយកំរិតសេរីភាព DF=n-2=10-2=8

៣. ប្រៀបធៀបតំលៃ t គណនា និងតំលៃ t ក្នុងតារាង (ក្នុងឧបសម្ព័ន្ធ)

កំរិតសេរីភាព DF=8 ហើយ P=0.01 (1%) $t_{1\%} = 3.355$

កំរិតសេរីភាព DF=8 ហើយ P=0.05 (5%) $t_{5\%} = 2.228$

យើងមាន t គណនា= 9.698 ធំជាងតំលៃ t តារាង = 3.355 ។ ដូច្នេះទំនាក់ទំនងជាបន្ទាត់រវាងអញ្ញាត y និង x មានអត្ថន័យខ្ពស់ ។

ម៉្យាងវិញទៀត យើងអាចធ្វើការសាកល្បងភាពជាអត្ថន័យនៃទំនាក់ទំនង (regression) តាមការវិភាគវ៉ារីយ៉ង់បានដែរ ។ ការគណនាមាន ៤ ជំហ៊ានដូចតទៅ:

១. គណនាសរុបការ៉េសំរាប់ទំនាក់ទំនង (regression)

$$SS_{\mathrm{Re}\,gression} = \frac{(sum.of.products)^2}{sum.of.squares.of.x}$$

$$SS_{\mathrm{Re}\,gression} = \frac{(41837.5)^2}{51562.5} = 33946.694$$

គណនាសរុបការ៉េសំរាប់ទំនាក់ទំនង (regression) មានកំរិតសេរីភាពស្មើ ១ ជានិច្ច ។ ដូច្នេះ វ៉ារីយ៉ង់ទំនាក់ទំនង (regression) ស្មើនឹងសរុបការ៉េទំនាក់ទំនង ។

២. គណនា Residual variance (s^2r)

$$s_r^{\,2} = \frac{1}{8} * \left(36834.5 - \frac{1750376406}{51562.5}\right) = \frac{1}{8} * 2887.806 = 360.98$$

៣. គណនា F ដោយចែកវ៉ារីយ៉ង់ទំនាក់ទំនង (regression) និង Residual variance

$$F_{1,8} = \frac{33946.694}{360.98} = 94.04$$

៤. តាមការគណនា យើងបានតំលៃ F $_{គណនា}$ =94.04 ។ ដោយក៏រិតសេរីភាពមាន ១ និង ៨ យើងមានតំលៃ F $_{តារាង}$ = 11.26 សំរាប់ P=0.01 ។ F $_{គណនា}$ ធំជាង F $_{តារាង}$ ។ យើងសន្និដ្ឋានថា ទំនាក់ទំនង (regression) មានអត្ថន័យខ្ពស់ ។ លទ្ធផលនេះដូចគ្នានឹង លទ្ធផលតាម T-Test ។

ឧទាហរណ៏ ២: គណនាសមីការទំនាក់ទំនងជា Simple Linear Regression រវាងទិន្នផលស្រូវ និង ក៏រិតជីអាសូត (N) នៅក្នុងការពិសោធន៏ប្រើជី N លើដំណាំស្រូវ ។ ការគណនាចែកជាជំហ៊ានដូចតទៅ:

ជំហ៊ាន ១.

យើងមាន:

$$y = a + bx$$

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

$$\bar{y} = \frac{\sum y}{n}$$

តារាង: គណនាសមីការ សមីការ Simple Linear Regression រវាងទិន្នផលស្រូវ និង ក៏រិតជី អាសូត (N)

	ក៏រិតជី អាសូត N (kg/ha)	ទិន្នផលស្រូវ (kg/ha)	គំលាតពីមធ្យម		ការ៉េនៃគំលាត		ផលិតផលនៃគំលាត
	(x)	(y)	$x_i - \bar{x}$	$y_i - \bar{y}$	$(x_i - \bar{x})^2$	$(y_i - \bar{y})^2$	$(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$
	0	4,230	-75	-1,640.75	5,625	2,692,061	123,056
	50	5,442	-25	-428.75	625	183,827	10,719
	100	6,661	25	790.25	625	624,495	19,756
	150	7,150	75	1,279.25	5,625	1,636,481	95,944
សរុប	300	23,483.00	0	0	12,500	5,136,864	249,475
បធ្យម	75	5,870.75					

ជំហ៊ាន ២. គណនាមេគុណទំនាក់ទំនង (Regression) a និង b

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

$$b = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum (x_i - \bar{x})^2}$$

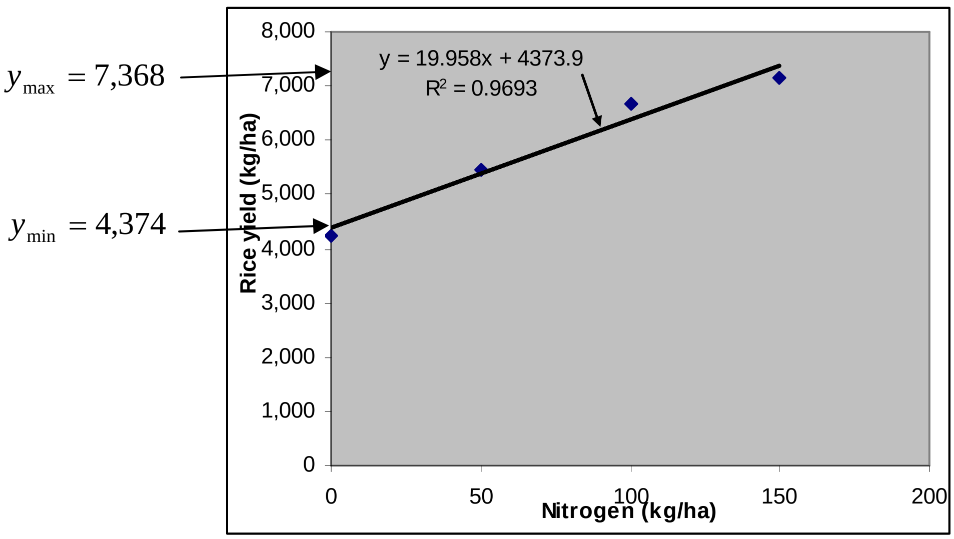
$$b = \frac{249,475}{12,500} = 19.96$$

$$a = 5,870.75 - 19.96 * 75 = 4,374$$

$$y = a + bx$$

$$y = 4,374 + 19.96x..for.0 \le x \le 150$$

ជំហ៊ាន ៣. គូសក្រាហ្វិកតាងសមីការ Regression



រូបភាពៈ ទំនាក់ទំនង (Regression) ដែលប៉ាន់ស្មានរវាងទិន្នផល (y) និងកំរិតជីអាសូត (x)

គណនាៈ

$$y_{\min.} = a + b(x_{\min})$$

$$y_{\max.} = a + b(x_{\max.)}$$

សំរាប់ឧទាហរណ៏របស់យើង មានៈ

តំលៃ x អប្បរមា $x_{\min} = 0kg.N / ha$

តំលៃ x អតិបរមា $x_{\max} = 150kg.N / ha$

ទិន្នផលប៉ាន់ស្មានអប្បរមា $y_{\min} = 4,374 + 19.96(0) = 4,374.kg / ha$

ទិន្នផលប៉ាន់ស្មានអតិបរមា $y_{\max} = 4,374 + 19.96(150) = 7,368.kg / ha$

ដាក់ចំណុចពីរ $(x_{\min}, y_{\min})$ និង $(x_{\max}, y_{\max})$ លើផ្ទៃ (x, y) គូសបន្ទាត់ភ្ជាប់ចំណុចទាំងពីរ (រូបភាពខាងក្រោម) ។ បន្ទាត់តាងទំនាក់ទំនង (Regression) មានលក្ខណៈដូចតទៅ:

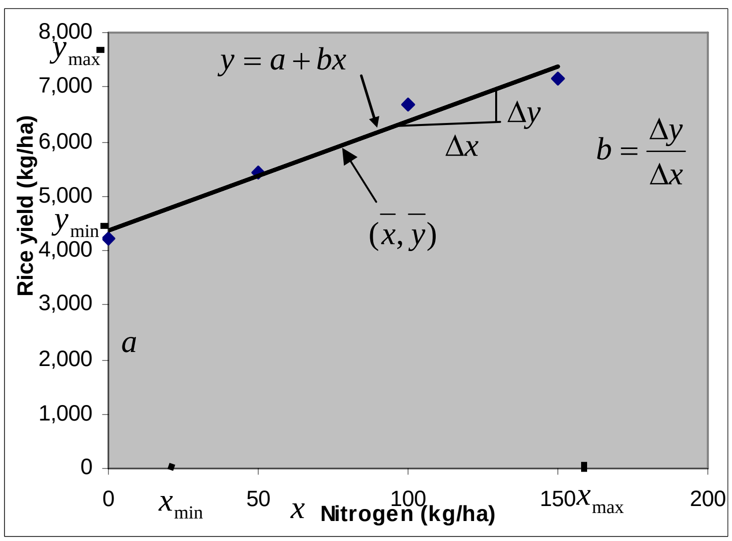
១. បន្ទាត់ត្រូវតែគូសក្នុងចន្លោះតំលៃ x អប្បរមា និង x អតិបរមា ។ វាគ្មានតំលៃសំរាប់បកស្រាយបន្ទាត់នៅក្រៅចន្លោះតំលៃនេះឡើយ ។

២. បន្ទាត់ត្រូវតែឆ្លងកាត់ចំណុច $\overline{x}, \overline{y}$ ដែលជាតំលៃមធ្យមនៃអញ្ញាត x និង y

៣. ចំណោតបន្ទាត់គឺ b

៤. បន្ទាត់ (ប្រសិនបើបន្លាយ ត្រូវកាត់អ័ក្ស y ត្រង់តំលៃ y នៃ a ហើយ x ស្មើសូន្យ ។ a ជា Intercept ។

សំរាប់ឧទាហរណ៏របស់យើង ចំណុចទាំងពីរមានទីតាំង ដែលមានអ័ក្សអាប់ស៊ីស និងអ័ក្សអ័រដោណេ (0, 4374) និង (150,7368) ។



រូបភាព: ការតាងបន្ទាត់ទំនាក់ទំនង (Regression) ដែលប៉ាន់ស្មាន : y=a +bx

ជំហ៊ាន ៤. ការសាកល្បងជាអត្ថន័យ

- គណនា Residual mean square (or residual variance)

$$S_{y.x}^2 = \frac{\sum (y_i - \overline{y})^2 - \frac{\sum (x_i - \overline{x})(y_i - \overline{y})}{\sum (x_i - \overline{x})^2}}{n-2} = \frac{5136864 - \frac{(249475)^2}{12500}}{4-2} = 78921$$

- គណនា t_b

$$t_b = \frac{b}{\sqrt{\frac{S^2_{y.x}}{\sum(x_i - \bar{x})^2}}} = \frac{19.96}{\sqrt{\frac{78921}{12500}}} = 7.94$$

ប្រៀបធៀបតំលៃ t_b ដែលបានគណនាទៅនឹង $t_{តារាង}$ ក្នុងឧបសម្ព័ន្ធ ដែលមានកំរិតសេរីភាពស្មើនឹង n-2=2 ។

ប្រសិនបើ $t_{b គណនា} \geq t_{តារាង}$ ទំនាក់ទំនងមានភាពជាអត្ថន័យ ។

នៅពេលដែល កំរិតជាអត្ថន័យ $\alpha = 5\%, \alpha = 1\%$ ហើយកំរិតសេរីភាព DF=2 (n-2) តំលៃ $t_{តារាង}$=4.303 និង 9.925 ។

ដោយសារ $t_{5\%} = 4.303 \prec t_{b.cal.} = 7.94 \prec t_{1\%} = 9.925$ ដូច្នេះសមីការបន្ទាត់តាងទិន្នន័យស្រូវមានបំរែបំរួលអាស្រ័យទៅលើកំរិតជីអាសូតដែលប្រើប្រាស់ ក្នុងចន្លោះតំលៃពី 0 ទៅ ១៥0 គ.ក្រ/ហ.ត ជាអត្ថន័យ។ អាចថាអញ្ញាតទាំងពីរទិន្នផលស្រូវ (y) និង កំរិតជីអាសូត (x) មានទំនាក់ទំនងគ្នាជាអត្ថន័យ ។

ជំហ៊ាន ៥. ចន្លោះជឿជាក់ (Confidence Interval-CI)

$$CI = b \pm t_\alpha \sqrt{\frac{S^2_{y.x}}{\sum(x_i - \bar{x})^2}}$$

$$CI(95\%) = b \pm t_{0.05} \sqrt{\frac{S^2_{y.x}}{\sum(x_i - \bar{x})^2}}$$

$$............... = 19.96 \pm 4.303\sqrt{\frac{78921}{12500}}$$

$$............... = 19.96 \pm 10.81$$

$$............... = 9.15.........30.77$$

ដូច្នេះ យើងសង្ឃឹមថា ទិន្នផលស្រូវកើនឡើងចន្លោះពី ៩.១៥ ទៅ ៣០.៧៧ គ.ក្រ/ហ.ត ដោយសាររាល់កំណើនបរិមាណជីអាសូតប្រើប្រាស់ ១ គ.ក្រ/ហ.ត ក្នុងចន្លោះបរិមាណជីប្រើពី 0 ទៅ ១៥0 គ.ក្រ/ហ.ត ។ ក្តីសង្ឃឹមមានកំរិត ៩៥ ភាគរយ ។

តារាង ទី 2 : Distribution of t (Fisher and Yater a us A. Mudra, 1952)

t -distribution for α = 5%, 1% and 0,1%

DF	α = 5%	α = 1%	α = 0,1%	DF	α = 5%	α = 1%	α = 0,1%
1	12,71	63,66	636,62	26	2,06	2,78	3,71
2	4,30	9,93	31,60	27	2,05	2,77	3,69
3	3,18	5,84	12,94	28	2,05	2,76	3,67
4	2,78	4,60	8,61	29	2,04	2,76	3,66
5	2,57	4,03	6,86	30	2,04	2,75	3,65
6	2,45	3,71	5,96	35	2,03	2,72	3,59
7	2,37	3,50	5,41	40	2,02	2,70	3,55
8	2,31	3,36	5,04	45	2,01	2,69	3,52
9	2,26	3,25	4,78	50	2,01	2,68	3,49
10	2,23	3,17	4,59	60	2,00	2,66	3,46
11	2,20	3,11	4,44	70	1,99	2,65	3,43
12	2,18	3,06	4,32	80	1,99	2,64	3,41
13	2,16	3,01	4,22	90	1,99	2,63	3,40
14	2,15	2,98	4,14	100	1,98	2,63	3,39
15	2,13	2,95	4,07	120	1,98	2,62	3,37
16	2,12	2,92	4,02	140	1,98	2,61	3,36
17	2,11	2,90	3,97	160	1,98	2,61	3,35
18	2,10	2,88	3,92	180	1,97	2,60	3,35
19	2,09	2,86	3,88	200	1,97	2,60	3,34
20	2,09	2,84	3,85	300	1,97	2,59	3,32
21	2,08	2,83	3,82	400	1,97	2,59	3,32
22	2,07	2,82	3,79	500	1,96	2,59	3,31
23	2,07	2,81	3,77	1000	1,96	2,58	3,30
24	2,06	2,80	3,75	∞	1,96	2,58	3,29
25	2,06	2,79	3,73				

ស្ថិតិអនុវត្តន៍

សំរាប់ការស្រាវជ្រាវកសិកម្ម (ប៊ីយ៉ូមេទ្រី) (ពង្រាង)

PRACTICAL STATISTICS
FOR AGRICULTURAL EXPERIMENTATION
or BIOMETRY (DRAFT)

រៀបរៀងដោយៈ ប៉ិល សុខា (អនុបណ្ឌិតកសិកម្ម សាស្ត្រាចារ្យឧត្តមសិក្សា)

Prepared by: Pel Sokha (MSc Agr, Lecturer of RUA)

Phnom Penh, January 2011