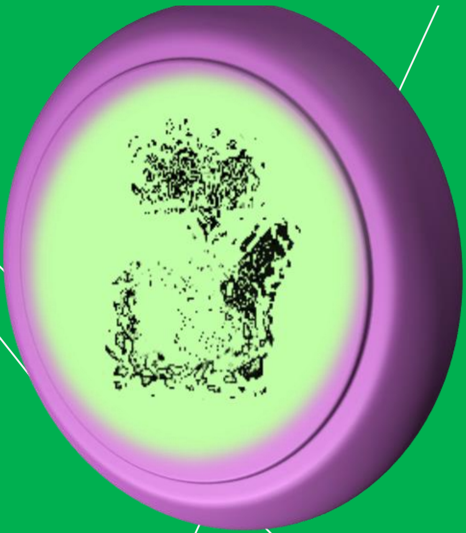
មូលដ្ឋានគ្រឹះស្ថិតិ និងការរៀបចំផែនការពិសោធន៍

Statistic Basic and Experimental Design



រៀបរៀងដោយ

អោ វ៉ាន់ណៃ

ដេប៉ាតឺម៉ង់ក្សេត្រសាស្ត្រ

មករា ២០២១

គាំទ្រថវិកាលើការរៀបរៀងដោយ

មូលនិធិស្រាវជ្រាវ គំនិតច្នៃប្រឌិត និងនវានុវត្តន៍

មូលដ្ឋានគ្រឹះស្ថិតិ និងការរៀបចំផែនការពិសោធន៍

Statistic Basic and Experimental Design

រៀបរៀងដោយ

អេ វ៉ាន់ណៃ

ដេប៉ាតឺម៉ង់ក្សេត្រសាស្ត្រ

មករា ២០២១

គាំទ្រថវិកាលើការរៀបរៀងដោយ

មូលនិធិស្រាវជ្រាវ គំនិតច្នៃប្រឌិត និងនវានុវត្តន៍

គណៈកម្មការត្រួតពិនិត្យ

១. បណ្ឌិត ប៉ិច សៀង	នាយកវិទ្យាស្ថាន (ឯកទេសអប់រំ)	ប្រធាន
២. លោក ចាន់ ភារម្យ	នាយករងវិទ្យាស្ថាន (ឯកទេសក្សេត្រសាស្ត្រ)	អនុប្រធាន
៣. អ្នកស្រី បូ ណារ័ត្ន	គ្រូបង្រៀនឯកទេសវិទ្យាសាស្ត្រកសិកម្ម	សមាជិក

មុខកថា

ដំណើរអភិវឌ្ឍនៃព្រះរាជាណាចក្រកម្ពុជានៅក្នុងយុគសម័យទំនើបនេះ ជាមេរៀនដ៏ជោគជ័យបំផុតមួយដែលចាប់ឫសគល់ចេញពីការបញ្ចប់របបប្រល័យពូជសាសន៍ ការបញ្ចប់សង្គ្រាម ការផ្សះផ្សារជាតិ ការកសាងមូលដ្ឋានរឹងមាំនៃសន្តិភាពនិងស្ថេរភាព និងការអភិវឌ្ឍសេដ្ឋកិច្ច។ នៅក្រោយពេលដែលសន្តិភាពត្រូវបានកើតឡើងដោយបរិបូរណ៍នៅឆ្នាំ១៩៩៨ កម្ពុជាទទួលកំណើនសេដ្ឋកិច្ចខ្ពស់ គឺប្រមាណ ៨% ក្នុងមួយឆ្នាំ។ លើសពីនេះទៀត អត្រានៃភាពក្រីក្រត្រូវបានកាត់បន្ថយពីប្រមាណ៥៣% នៅឆ្នាំ ២០០៤ មកនៅទាបជាង១០% នៅឆ្នាំ២០១៩។ ដំណើរនៃការអភិវឌ្ឍជាតិជាសកម្មភាពដែលបន្តទៅមុខជាប់ជានិច្ច ហើយគោលនយោបាយថ្មីៗដែលមានលក្ខណៈអន្តរវិស័យគ្រប់ដណ្ដប់ ក៏កំពុងលេចរូបរាងឡើង ដើម្បីតម្រង់ទិសកម្ពុជាឆ្ពោះទៅកាន់ប្រទេសមានប្រាក់ចំណូលមធ្យមកម្រិតខ្ពស់នៅឆ្នាំ ២០៣០ និងឈានឡើងជាប្រទេសមានប្រាក់ចំណូលខ្ពស់ នៅឆ្នាំ២០៥០។ ការប្រែប្រួលឆាប់រហ័សនៃនិម្មាបនកម្មពិភពលោកនិងតំបន់ រួមទាំងទំនាក់ទំនងភូមិសាស្ត្រនយោបាយ បានផ្ដល់កាលានុវត្តភាពសម្រាប់ការអភិវឌ្ឍឧស្សាហកម្មនៅកម្ពុជា ដែលត្រូវបានរាជរដ្ឋាភិបាលចាត់ទុកជាមូលដ្ឋានគ្រឹះនៃកំណើនសេដ្ឋកិច្ចកម្ពុជា។ រាជរដ្ឋាភិបាលកម្ពុជាបាន និងកំពុងបន្តពង្រឹង និងអភិវឌ្ឍវិស័យអប់រំឆ្ពោះទៅរកការស្រាវជ្រាវ និងនវានុវត្តន៍ ដើម្បីពង្រឹងសមត្ថភាពនិងជំនាញរបស់ធនធានមនុស្សនៅកម្ពុជា ឱ្យស្របទៅនឹងបរិបទថ្មីនៃការអភិវឌ្ឍ ជាពិសេសការពង្រឹងសហគ្រិនភាពក្នុងការរៀបចំម៉ូដែលធុរកិច្ចថ្មីៗ។ ដើម្បីចាប់យកកាលានុវត្តភាពពីបដិវត្តន៍ឧស្សាហកម្មទី៤ និងសេដ្ឋកិច្ចឌីជីថលដែលកំពុងផុសផុលឡើង ប្រព័ន្ធអេកូឡូហ្ស៊ីដែលបង្កលក្ខណៈអំណោយផលដល់ការបង្កើតថ្មី នវានុវត្តន៍ ការស្រាវជ្រាវ និងអភិវឌ្ឍន៍ត្រូវតែមានការកែលម្អ។

បណ្ដាប្រទេសនៅទ្វីបអាស៊ីកំពុងនាំមុខក្នុងការវិនិយោគលើការស្រាវជ្រាវនិងអភិវឌ្ឍ ដោយមានភាគហ៊ុនប្រមាណ៤៤% នៃការវិនិយោគទាំងមូលរបស់ពិភពលោក។ ប្រទេសចិនកំពុងបន្តកសាងហេដ្ឋារចនាសម្ព័ន្ធនៃការវិនិយោគលើការស្រាវជ្រាវនិងអភិវឌ្ឍ ក៏ដូចជាសមត្ថភាពមនុស្ស។ ផ្ទុយទៅវិញប្រទេសនៅទ្វីបអាមេរិកខាងត្បូង និងអាហ្វ្រិក កំពុងស្ថិតនៅឆ្ងាយពីការវិនិយោគនេះ ហើយជាលទ្ធផលប្រទេសទាំងនោះក៏ពុំមានកំណើនសេដ្ឋកិច្ចគួរឱ្យកត់សម្គាល់ដែរ។ ទុនវិនិយោគសរុបលើការស្រាវជ្រាវនិងអភិវឌ្ឍរបស់ប្រទេសនៅទ្វីបអាមេរិកខាងត្បូងនិងអាហ្វ្រិក មានប្រមាណ៥%នៃការវិនិយោគទាំងមូលរបស់ពិភពលោក ក្នុងពេលដែលតំបន់ទាំង២នេះមានប្រជាជនប្រមាណ២០%នៃប្រជាជនពិភពលោក។ ប្រទេសចំនួន៦ដែលមានលំដាប់ខ្ពស់ជាងគេនៅក្នុងការវិនិយោគលើការស្រាវជ្រាវនិងអភិវឌ្ឍរួមមានសហរដ្ឋអាមេរិក ចិន ជប៉ុន អាល្លឺម៉ង់ ឥណ្ឌា និងកូរ៉េខាងត្បូង ដែលស្មើនឹងប្រមាណ៧០%នៃទុនវិនិយោគសរុបរបស់ពិភពលោក។

តើចំណេះដឹង ផលិតផល និងសេវាកម្មថ្មីទាំងនេះកើតឡើងពីអ្វី? ហើយកើតឡើងដោយរបៀបណា? ព្រះរាជាណាចក្រកម្ពុជាកំពុងតែកសាងមូលដ្ឋានសម្រាប់ការត្រៀមខ្លួនទទួល និងប្រកួតប្រជែងក្នុងយុគសម័យបដិវត្តឧស្សាហកម្មទី៤ នៅក្នុងសេដ្ឋកិច្ចដែលផ្អែកលើពុទ្ធិ ហើយដែលប្រការនេះ

ចាំបាច់តម្រូវឱ្យពលរដ្ឋកម្ពុជា ត្រូវក្លាយខ្លួនជាពលរដ្ឋឌីជីថល ពលរដ្ឋសកល និងពលរដ្ឋដែលប្រកបដោយការទទួលខុសត្រូវ ដែលមានសមត្ថភាពក្នុងការផលិត ចែកចាយ និងប្រើប្រាស់ពុទ្ធិដើម្បីទទួលមនុញ្ញផល និងរួមចំណែកក្នុងកំណើន។ ធនាគារពិភពលោកបានធ្វើការកត់សម្គាល់តាំងពីឆ្នាំ២០០២នូវបម្លាស់ប្តូរនៃមូលដ្ឋានសេដ្ឋកិច្ច ពីសេដ្ឋកិច្ចដែលពឹងផ្អែកលើកម្លាំងពលកម្ម និងធនធានអតិកម្ម (Labour and Resource Based Economy) ទៅកាន់សេដ្ឋកិច្ចដែលពឹងផ្អែកលើពុទ្ធិ (Knowledge Based-Economy) ដែលក្នុងន័យនេះ ពុទ្ធិគឺជាគន្លឹះនៃការអភិវឌ្ឍ។ អាស្រ័យហេតុនេះ នៅលើគន្លងដែលកម្ពុជាកំពុងធ្វើដំណើរឆ្ពោះទៅកាន់សេដ្ឋកិច្ចឌីជីថល សង្គមកម្ពុជាត្រូវតែមានសមត្ថភាពក្នុងការផលិត ជ្រើសរើស បន្សាំ បង្កើតមុខរបរ និងប្រើប្រាស់ពុទ្ធិ ដើម្បីរក្សានិរន្តរភាពនៃកំណើន និងកែលម្អជីវភាពរស់នៅ។ សមត្ថភាពទាំងនេះ អាចកើតឡើងនៅពេលពលរដ្ឋកម្ពុជាមានឱកាសក្នុងការទទួលបានបទពិសោធន៍ពីការស្រាវជ្រាវ ការបណ្តុះគំនិតច្នៃប្រឌិត និងការស្វែងរកនវានុវត្តន៍។

កំណែទម្រង់វិស័យអប់រំ គឺជាការត្រួសត្រាយមាគ៌ាសម្រាប់ដំណើរឆ្ពោះទៅកាន់សង្គមប្រកបដោយពុទ្ធិ និងប្រជាពលរដ្ឋប្រកបដោយភាពរស់រវើក។ តាមរយៈមូលដ្ឋានអប់រំ សង្គមប្រកបដោយពុទ្ធិនឹងប្រមូលផ្តុំ បង្កើត និងចែករំលែក ទៅកាន់សមាជិកក្នុងសង្គមនូវសម្បទាអប់រំ ពិសេសគឺពុទ្ធិសម្បទាក្នុងបុព្វហេតុនៃមនុស្សជាតិនិងឧត្តមប្រយោជន៍នៃប្រទេស។ សង្គមប្រកបដោយពុទ្ធិ គឺពុំគ្រាន់តែជាសង្គមដែលសម្បូរព័ត៌មានប៉ុណ្ណោះទេ តែជាសង្គមដែលប្រជាពលរដ្ឋអាចធ្វើបរិវត្តកម្មពីព័ត៌មានទៅជាមូលធនប្រកបដោយប្រសិទ្ធភាព។ ការរីកចម្រើនទៅមុខជាលំដាប់នៃបច្ចេកវិទ្យានិងតំណភ្ជាប់ បានពង្រីកព្រំដែននៃការចូលទៅកាន់ និងការទទួលបានព័ត៌មានជាសកល ហើយដែលក្នុងន័យនេះ ការអប់រំនឹងបន្តវិវត្តទៅមុខនិងមានការផ្លាស់ប្តូរ។ សង្គមមួយដែលមានអំណាន និងរបាប់ជាបុរេលក្ខខណ្ឌនៃជីវភាពប្រចាំថ្ងៃនៃប្រជាពលរដ្ឋ ពេលនោះបំណិននៃអំណាន និពន្ធ និងការគណនាលេខនព្វន្ត គឺជាចលករនៃការរៀនរបស់សិស្ស។ ធាតុដ៏ចម្បងមួយដែលស្ថិតនៅក្នុងការកសាងសង្គមដែលប្រកបដោយពុទ្ធិគឺសៀវភៅសិក្សា ហើយការរៀបរៀង និពន្ធ និងកែលម្អសៀវភៅសិក្សាជាប្រចាំ គឺជានវានុវត្តន៍នៃវិស័យអប់រំដែលនាំទៅរកការសិក្សាពេញមួយជីវិត ការអភិវឌ្ឍសម្បទាអប់រំ និងការចែករំលែកចំណេះដឹង។ មូលដ្ឋានអប់រំ ជាពិសេសគឺគ្រឹះស្ថានឧត្តមសិក្សាត្រូវមានតួនាទីដែលប្រកបដោយការឆ្លើយតប ចំពោះតម្រូវការខាងលើនេះ។ សាស្ត្រាចារ្យ អ្នកស្រាវជ្រាវ និងបុគ្គលិកអប់រំត្រូវបន្តសិក្សាជាប់ជានិច្ច តាមរយៈការរៀបរៀង និពន្ធ និងកែលម្អសៀវភៅសិក្សា ហើយដែលសៀវភៅសិក្សាទាំងនេះនឹងក្លាយជាស្ពាននៃទំនាក់ទំនងរវាងនវានុវត្តន៍នៃបច្ចេកវិទ្យា និងការរៀននិងបង្រៀននៅក្នុងថ្នាក់រៀន។

សង្គមដែលប្រកបពុទ្ធិ ក៏ជាសង្គមដែលបណ្តុះឱ្យមានរចនាសម្ព័ន្ធទន់នៃសេដ្ឋកិច្ចដែលពឹងផ្អែកលើពុទ្ធិដែរ។ ឧទាហរណ៍ជាក់ស្តែងនៃបែបផែននេះរួមមាន Silicon Valley នៃសហរដ្ឋអាមេរិក សួនឧស្សាហកម្មវិស្វកម្មអាកាសយានយន្តនិងយានយន្តនៅទីក្រុង Munich ប្រទេសអាល្លឺម៉ង់ តំបន់ជីវបច្ចេកវិទ្យានៅក្រុង Hyderabad ប្រទេសឥណ្ឌា តំបន់ផលិតគ្រឿងអេឡិចត្រូនិកនិងសារគមនាគមន៍ឌីជីថលនៅទីក្រុង Seoul ប្រទេសកូរេខាងត្បូង ក៏ដូចជាសួនឧស្សាហកម្មថាមពល និងឥន្ទនគីមីសាស្ត្រនៃប្រទេសប្រេស៊ីល ហើយក៏នៅមានទីក្រុងនៃប្រទេសជាច្រើនទៀតនៅលើពិភពលោក។ លក្ខណៈសម្បត្តិ

នៃទីក្រុងទាំងនេះគឺការប្រើប្រាស់និន្នាការនៃការអភិវឌ្ឍដែលជំរុញ និងតម្រង់ទិសដោយចំណេះដឹង ហើយដែលចំណេះដឹងទាំងនោះកើតចេញជាដំបូងពីការវិនិយោគទៅលើគ្រឹះស្ថានឧត្តមសិក្សា ស្ថាប័នស្រាវជ្រាវ មជ្ឈមណ្ឌលឧត្តមភាពនៃជំនាញជាន់ខ្ពស់ ការប្រកួតប្រជែងដោយគុណាធិបតេយ្យ និងជាពិសេសគឺការបណ្ដុះវប្បធម៌អំណាននិងនិពន្ធសៀវភៅ។ ល្បឿននៃការរីកចម្រើនផ្នែកពុទ្ធិ និងបច្ចេកវិទ្យាកំពុងមានសន្ទុះលឿនជាងអ្វីដែលសិស្ស និងនិស្សិតអាចទទួលបានពីគ្រូនៅគ្រឹះស្ថានសិក្សា ដែលធ្វើឱ្យគោលដៅនៃការអប់រំនៅពេលបច្ចុប្បន្ននេះ មានការប្រឈមខ្លាំងជាងពេលណាទាំងអស់។ ឧទាហរណ៍ ក្នុងមួយឆ្នាំមានសៀវភៅជាង២,២លានចំណងជើង ត្រូវបានសរសេរនិងបោះពុម្ព ដែលក្នុងនោះប្រទេសចិនមាន ៤៤០ពាន់ ចំណែកឯសហរដ្ឋអាមេរិកមាន៣០៥ពាន់ និងប្រទេសរុស្ស៊ីមាន១២០ពាន់ចំណងជើង។

ខណៈពេលដែលបច្ចេកវិទ្យាកំពុងរីកចម្រើនជារៀងរាល់ថ្ងៃ មធ្យោបាយសម្រាប់អំណានក៏មានច្រើនជម្រើសសម្រាប់សិស្ស-និស្សិត និងសាធារណៈជន រួមមានការអានសៀវភៅ ការអានលើឧបករណ៍អេឡិចត្រូនិក ការអានដោយប្រើទូរសព្ទវៃឆ្លាត និងការអានលើកុំព្យូទ័រ ដែលសុទ្ធសឹងជាមធ្យោបាយសំខាន់ៗដែលនាំអ្នកអានទាំងឡាយឱ្យសម្រេចគោលបំណងអានរបស់ខ្លួន។ម្យ៉ាងវិញទៀត អំណានដោយប្រើមធ្យោបាយបច្ចេកវិទ្យាទំនើប ចំណាយពេលតិច ងាយស្រួលអាន និងជួយដល់បរិស្ថានមួយកម្រិតទៀត។ នាពេលបច្ចុប្បន្ន សិស្ស-និស្សិត និងសាធារណៈជនកម្ពុជាដែលស្រឡាញ់អំណានកំពុងតែប្រើប្រាស់មធ្យោបាយអំណានទាំងនេះ។ បើយើងក្រឡេកមើលទៅប្រទេសជឿនលឿន ទោះបីជាបច្ចេកវិទ្យារីកចម្រើនខ្លាំងយ៉ាងណា អំណានតាមរយៈសៀវភៅនៅតែមានសន្ទុះដដែល។ ម្យ៉ាងវិញទៀត បច្ចេកវិទ្យាអានបែបទំនើបតាមរយៈឧបករណ៍ទំនើប អាស្រ័យលើលទ្ធភាពនៃធនធានអប់រំឌីជីថល និងមាតិកាឌីជីថលគ្រប់គ្រាន់ដែលបានផលិត និងបង្ហោះចែកចាយសម្រាប់អំណាន។

ក្នុងបរិបទកម្ពុជា ជាពិសេសក្នុងបរិការណ៍នៃការផ្ទុះរីករាលដាលនៃជំងឺកូវីដ-១៩ ក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡា បានជំរុញឱ្យមានបរិវត្តកម្មឌីជីថលនៅក្នុងអេកូស៊ីស្តែមនៃការអប់រំ ជាពិសេសការអប់រំតាមប្រព័ន្ធអេឡិចត្រូនិក និងការអប់រំពីចម្ងាយដើម្បីលើកកម្ពស់អំណាន តាមរយៈការផលិតមាតិកាឌីជីថលដែលមានភាពចំរុះ ការកសាងសមត្ថភាពផ្នែកតំណភ្ជាប់និងវេទិកាឌីជីថល ការពង្រីកវិសាលភាពនៃមជ្ឈមណ្ឌលទិន្នន័យ និងការលើកកម្ពស់គុណភាពនៃការផលិតធនធានអប់រំឌីជីថល គួបផ្សំជាមួយការចែកសន្លឹកកិច្ចការឱ្យសិស្សយកទៅរៀននៅផ្ទះ និងការចុះទៅជួបជាមួយសិស្សជាបណ្ដុំនៅតាមសហគមន៍។ ក្នុងន័យលើកកម្ពស់អំណាន និងភាពសម្បូរបែបនៃធនធានសៀវភៅសិក្សា ឱ្យកាន់តែមានប្រសិទ្ធភាពនិងភាពសក្តិសិទ្ធិ និងផ្តល់ឱកាសអំណានកាន់តែច្រើនថែមទៀតដល់សិស្សានុសិស្ស និស្សិត និងសាធារណៈជន ក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡាលើកទឹកចិត្តនូវចំណុចមួយចំនួនដូចខាងក្រោម៖

១. សាស្ត្រាចារ្យ អ្នកស្រាវជ្រាវ និងបុគ្គលិកអប់រំ សូមបន្តនិងបង្កើនការបោះពុម្ពស្នាដៃបន្ថែមទៀត ដើម្បីធ្វើឱ្យធនធានសម្រាប់អំណានកាន់តែសម្បូរបែប ជាពិសេសធនធានអំណានជាខេមរភាសា

២. គ្រឹះស្ថានឧត្តមសិក្សា សូមផ្តល់លទ្ធភាពគ្រប់បែបយ៉ាង ដើម្បីឱ្យបុគ្គលិកអប់រំគ្រប់លំដាប់ថ្នាក់ និងនិស្សិតគ្រប់កម្រិតសិក្សាអាចចូលរួមអាន និងសិក្សាស្រាវជ្រាវតាមគ្រប់លទ្ធភាពជាមួយធនធានអំណាន ជាពិសេសការរៀបចំឱ្យមានពេលវេលាសម្រាប់សហសិក្សា និងអំណានក្នុងបណ្ណាល័យ
៣. សាស្ត្រាចារ្យតាមមុខវិជ្ជា និងអ្នកស្រាវជ្រាវតាមជំនាញឬវិស័យ ត្រូវរៀបចំដំណើរការរៀនបង្រៀន និងស្រាវជ្រាវដែលមានដាក់បញ្ចូលកិច្ចការស្វ័យសិក្សា សហសិក្សា ឬការស្រាវជ្រាវបណ្ណាល័យដែលតម្រូវឱ្យនិស្សិត ត្រូវអាននិងស្រាវជ្រាវជាមួយធនធានអំណាន
៤. គ្រឹះស្ថានឧត្តមសិក្សា និងមជ្ឈមណ្ឌលស្រាវជ្រាវ ត្រូវខិតខំឱ្យអស់លទ្ធភាពក្នុងការបង្កើតបណ្ណាល័យ មជ្ឈមណ្ឌលរក្សាឯកសារ ឬមជ្ឈមណ្ឌលអប់រំឌីជីថលជាដើម ដើម្បីឱ្យបុគ្គលិកអប់រំគ្រប់លំដាប់ថ្នាក់និងនិស្សិតគ្រប់កម្រិតសិក្សាអាចទទួលបាន និងស្វែងរកប្រភពសម្រាប់អំណានកាន់តែសម្បូរបែប និងមានភាពបត់បែន ឆ្លើយតបតាមតម្រូវការអ្នកអាន
៥. និស្សិតគ្រប់កម្រិតសិក្សាត្រូវខិតខំនិងចំណាយពេលអាន និងចាត់ទុកវប្បធម៌ និងអកប្បកិរិយាអំណានជាផ្នែកមួយ នៃពេលវេលានិងភាពស៊ីវិល័យនៃជីវិតប្រចាំថ្ងៃ
៦. បងប្អូនជនរួមជាតិ ដែលជាមាតាបិតា ឬអ្នកអាណាព្យាបាល សូមជួយជំរុញនិងបង្កលក្ខណៈកាន់តែច្រើនថែមទៀត ជាពិសេសការលៃលកចំណាយនៅក្នុងគ្រួសារសម្រាប់ការទិញសម្ភារៈសិក្សា សៀវភៅអាន និងឧបករណ៍សម្រាប់អំណានដល់កូនៗ ដែលចាត់ទុកជាការវិនិយោគមួយដ៏សំខាន់ សម្រាប់ បង្កើនចំណេះដឹង និងអនាគតរបស់ពួកគេ។

ដោយមានការគាំទ្រពីក្រសួងសេដ្ឋកិច្ច និងហិរញ្ញវត្ថុ នៅឆ្នាំ២០២០ ក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡា បានបង្កើតមូលនិធិស្រាវជ្រាវ គំនិតច្នៃប្រឌិត និងនវានុវត្តន៍ ដែលហៅកាត់ថា “មូលនិធិ ស.គ.ន.” និងហៅជាភាសាអង់គ្លេសថា The Research Creativity and Innovation Fund ដែលហៅកាត់ជាភាសាអង់គ្លេសថា “RCI Fund”។ គោលដៅចម្បងនៃមូលនិធិនេះ គឺរួមចំណែកលើកកម្ពស់វប្បធម៌នៃការស្រាវជ្រាវ បំផុសគំនិតច្នៃប្រឌិត និងជំរុញការធ្វើនវានុវត្ត ដើម្បីជាប្រយោជន៍ដល់វិស័យអប់រំ យុវជន និងកីឡា ដែលឆ្លើយតបទៅនឹងទីផ្សារពលកម្ម និងសាកលភាវូបនីយកម្ម។ មូលនិធិ ស.គ.ន. បានសម្រេចកំណត់ប្រធានបទ ជាអាទិភាពសម្រាប់ការគាំទ្រដោយមូលនិធិចំនួន៣ រួមមានឌីជីថលនីយកម្មសម្រាប់បដិវត្តឧស្សាហកម្ម៤.០ (Digitalization for IR.4.0) ការស្រាវជ្រាវអនុវត្តលើវិស័យកសិកម្ម (Applied Agricultural Research) និងការស្រាវជ្រាវគរុកោសល្យសតវត្សទី២១ (21st Century Pedagogy Research)។

ដោយមានការធ្វើអាទិភាពវូបនីយកម្មទៅលើទិសដៅ នៃការប្រើប្រាស់ថវិកាមូលនិធិសម្រាប់ឆ្នាំ២០២០ ក្រសួងសេដ្ឋកិច្ច និងហិរញ្ញវត្ថុ និងក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡា បានផ្តល់ការគាំទ្រដល់ការ **រៀបរៀង និពន្ធ និងកែលម្អ សៀវភៅសិក្សា (Text book) ដែលនឹងត្រូវប្រើប្រាស់នៅកម្រិតឧត្តមសិក្សា។** គោលបំណងនៃការរៀបរៀង និពន្ធ និងកែលម្អ សៀវភៅសិក្សានៅកម្រិតឧត្តមសិក្សា គឺដើម្បីបង្កើនបរិមាណ លើកកម្ពស់គុណភាព និងពង្រីកសមធម៌នៃធនធានសិក្សាជាខេមរភាសា ជូនដល់និស្សិត

ដែលកំពុងបន្តការសិក្សា និងត្រៀមខ្លួនធ្វើការស្រាវជ្រាវនៅកម្រិតឧត្តមសិក្សា។ លើសពីនេះទៀត ការរៀបរៀង និពន្ធ និងកែលម្អសៀវភៅសិក្សានៅកម្រិតឧត្តមសិក្សា មានគោលដៅដូចខាងក្រោម ៖

- ឆ្លើយតបជាបន្ទាន់ចំពោះការខ្វះខាតធនធានសិក្សា ដែលជាតម្រូវការសិក្សារបស់និស្សិតនៅកម្រិតឧត្តមសិក្សា
- លើកកម្ពស់ទំនើបភាវូបនីយកម្ម និងឧត្តមានុវត្តន៍នៃការរៀននិងបង្រៀន និងការស្រាវជ្រាវនៅលើមុខវិជ្ជា កម្មវិធីសិក្សា ឬមុខជំនាញជាក់លាក់
- បង្កើនភាពស៊ីជម្រៅក្នុងការកសាងវិជ្ជាជីវៈនិងបទពិសោធន៍សម្រាប់បានសាស្ត្រាចារ្យ និងអ្នកស្រាវជ្រាវ
- រួមចំណែកដល់ការកសាងភាពជាសហគមន៍វិជ្ជាជីវៈ ការចែករំលែកបទពិសោធន៍ និងវប្បធម៌នៃការរៀបរៀង និពន្ធ និងកែលម្អសៀវភៅសិក្សានៅកម្រិតឧត្តមសិក្សា។

ក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡា បានវាយតម្លៃខ្ពស់ចំពោះការបោះជំហានប្រកបដោយមនសិការវិជ្ជាជីវៈនៃគ្រឹះស្ថានឧត្តមសិក្សា និងបុគ្គលិកអប់រំទាំងអស់ ក្នុងការរៀបចំ រៀបរៀង និពន្ធ និងកែលម្អសៀវភៅសិក្សា ដើម្បីបង្កើនបរិមាណ លើកកម្ពស់គុណភាព និងពង្រឹងសមធម៌នៃធនធានសិក្សាជាខេមរភាសា ជូននិស្សិតដែលកំពុងបន្តការសិក្សា និងត្រៀមខ្លួនធ្វើការស្រាវជ្រាវនៅកម្រិតឧត្តមសិក្សា។ សៀវភៅសិក្សាជាផ្នែកមួយនៃការទទួលស្គាល់គុណភាពអប់រំនៃគ្រឹះស្ថានឧត្តមសិក្សា និងជាធនធានសិក្សាដែលជាមូលដ្ឋានមួយដ៏សំខាន់ ក្នុងការគាំទ្រដល់ការបង្រៀន និងរៀន ហើយត្រូវមានបរិមាណគ្រប់គ្រាន់ ឆ្លើយតបទៅនឹងកម្មវិធីអប់រំ និងតម្រូវការសិក្សាស្រាវជ្រាវ។ ជាគោលការណ៍ គ្រឹះស្ថានឧត្តមសិក្សាទាំងអស់ ត្រូវមានសៀវភៅសិក្សាដែលប្រើជាគោលសម្រាប់មុខវិជ្ជានីមួយៗ។ ចំនួនសៀវភៅសិក្សាដែលគ្រប់គ្រាន់សម្រាប់ការស្រាវជ្រាវ និងការសិក្សារបស់និស្សិត ត្រូវមានយ៉ាងតិចមួយចំណងជើងក្នុងមួយមុខវិជ្ជា ហើយត្រូវតម្កល់យ៉ាងតិច២ច្បាប់ នៅក្នុងបណ្ណាល័យ ឬអាចរកបានតាមប្រព័ន្ធអេឡិចត្រូនិក។ ក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡា លើកទឹកចិត្តបន្ថែមទៀតជូនដល់គ្រឹះស្ថានឧត្តមសិក្សារដ្ឋ និងឯកជនដែលបានស្នើសុំថវិកាមូលនិធិរួច សូមចូលរួមបន្ថែមទៀតដើម្បីបង្កើនចំនួនចំណងជើងសៀវភៅ។ ចំណែកគ្រឹះស្ថានឧត្តមសិក្សារដ្ឋ និងឯកជនដែលពុំទាន់បានដាក់ពាក្យស្នើសុំសូមចូលរួម ដើម្បីជាគុណប្រយោជន៍ដល់តម្រូវការដ៏ទទូច និងថ្លៃថ្លានៃនិស្សិតកម្ពុជាក្នុងការសិក្សា និងស្រាវជ្រាវនៅកម្រិតឧត្តមសិក្សា។

សេចក្តីបញ្ជាក់
នៃមូលនិធិស្រាវជ្រាវ គំនិតច្នៃប្រឌិត និងនវានុវត្តន៍

សៀវភៅសិក្សានេះជាលទ្ធផលនៃការស្នើសុំអនុវត្តថវិកាមូលនិធិស្រាវជ្រាវ គំនិតច្នៃប្រឌិត និងនវានុវត្តន៍ ក្នុងគម្រោង**រៀបរៀង និពន្ធ និងកែលម្អសៀវភៅសិក្សា ដែលនឹងត្រូវប្រើប្រាស់នៅកម្រិតឧត្តមសិក្សា។** សៀវភៅសិក្សានេះ ត្រូវបានរៀបរៀង និពន្ធ ឬកែលម្អដោយមានការធានាអះអាងថាជាស្នាដៃរបស់អ្នកនិពន្ធផ្ទាល់ និងបានឆ្លងកាត់ត្រួតពិនិត្យ ផ្តល់យោបល់ និងវាយតម្លៃដោយក្រុមប្រឹក្សាអប់រំ ក្រុមប្រឹក្សាស្រាវជ្រាវ ឬក្រុមប្រឹក្សាដែលមានតម្លៃស្មើនៃគ្រឹះស្ថានឧត្តមសិក្សា និងតាមរយៈកិច្ចសន្យាដែលបានធ្វើឡើង និងដែលបានតម្កល់ទុកនៅមូលនិធិស្រាវជ្រាវ គំនិតច្នៃប្រឌិត និងនវានុវត្តន៍។ រាល់ខ្លឹមសារ ការបកស្រាយ និងរូបភាព គឺជាជំហរនិងទស្សនៈផ្ទាល់របស់អ្នកនិពន្ធ ហើយពុំឆ្លុះបញ្ចាំង ឬជាតំណាងដល់មូលនិធិស្រាវជ្រាវ គំនិតច្នៃប្រឌិត និងនវានុវត្តន៍ នៃក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡាឡើយ។

អារម្ភកថា

សៀវភៅ "មូលដ្ឋានគ្រឹះស្ថិតិ និងការរៀបចំផែនការពិសោធន៍" ជាឯកសារស្រាវជ្រាវ និងរៀបរៀងពាក់ព័ន្ធនឹងការធ្វើការងារពិសោធន៍ ជាពិសេសការងារនៅក្នុងផ្នែកផ្សេងៗ និងត្រួតពិនិត្យដោយ បណ្ឌិត ប៉ិច សៀង លោក ចាន់ ភារម្យ និងលោកគ្រូអ្នកគ្រូដេប៉ាតឺម៉ង់ក្សេត្រសាស្ត្រ។ នេះជាឯកសារមូលដ្ឋានគ្រឹះស្ថិតិ និងការរៀបចំផែនការពិសោធន៍រៀបរៀងជាភាសាខ្មែរដែលបោះពុម្ពផ្សាយសម្រាប់សិស្ស និស្សិត និងសាធារណៈជន ដើម្បីប្រើប្រាស់ជាជំនួយដល់អ្នកពិសោធន៍មួយចំនួនដែលពាក់ព័ន្ធ និងអ្នកគ្មានឱកាសបានសាកសួរ ពិភាក្សាជាមួយអ្នកពិសោធន៍ ឬមានបទពិសោធន៍ខាងផ្នែកស្ថិតិតិចតួច និងអាចមិនប្រាកដចិត្តថាខ្លួនឯងនឹងប្រើគោលការណ៍ស្ថិតិបានយ៉ាងត្រឹមត្រូវ។ ទើបត្រូវការសៀវភៅឯកសារស្ថិតិជំនួយ ព្រោះពិបាករកឯកសារ ឬអានហើយពិបាកនឹងយល់ ដោយមានមុខវិជ្ជាគណិតវិទ្យា ឬមានការពាក់ព័ន្ធជាមួយគណនាធ្វើឱ្យកាន់តែពិបាកយល់ខ្លាំងឡើង។

គោលបំណងរបស់សៀវភៅស្ថិតិនេះ ដើម្បីជំនួយដល់អ្នកពិសោធន៍ ឬអ្នកដែលមានចំណាប់អារម្មណ៍ខាងស្ថិតិក្នុងការរៀបចំផែនការពិសោធន៍ជាមូលដ្ឋានគ្រឹះ ព្រោះមានការអធិប្បាយជាភាសាបែបងាយយល់ ជាសមីការ ឬរូបមន្តផ្សេងៗ ក៏ត្រូវយកមកប្រើប្រាស់ ឬគណនាបានទាន់ពេលវេលាដោយមិនចាំបាច់ត្រូវការកត់ចំណាំឡើយ។

តាមរយៈការចងក្រងនេះ សិស្ស-និស្សិត និងសាធារណៈជននឹងយល់ពីគោលការណ៍ក្នុងការសិក្សាស្ថិតិ និងការរៀបចំផែនការពិសោធន៍នានា ដើម្បីឱ្យដំណើរការសិក្សា និងការរៀបចំផែនការពិសោធន៍មានគុណភាព និងប្រសិទ្ធភាពខ្ពស់។ ទន្ទឹមគ្នានោះគួរឈ្វេងយល់នូវខ្លឹមសារអត្ថបទដែលពាក់ព័ន្ធជាមួយការរៀបចំផែនការពិសោធន៍ឲ្យបានច្រើន។ ដើម្បីធ្វើការប្រៀបធៀបរវាងឯកសារមានស្រាប់ និងឯកសារដែលស្រាវជ្រាវបានមក។

ក្នុងនាមជាអ្នករៀបរៀង និងចងក្រង ព្រមទាំងអ្នកត្រួតពិនិត្យយើងខ្ញុំសង្ឃឹមថាសិស្ស-និស្សិត និងសាធារណៈជននឹងខិតខំទទួលយកនូវចំណេះដឹងថ្មីៗ និងសំខាន់ៗ ដោយទទួលបានភាពជោគជ័យក្នុងកិច្ចការមួយចំពោះឯកសារមូលដ្ឋានគ្រឹះស្ថិតិ និងការរៀបចំផែនការពិសោធន៍មួយនេះ ក៏ដូចជាជួយលើកកម្ពស់ និងពង្រឹងគុណភាពអប់រំខាងផ្នែកវិជ្ជាជីវៈរបស់យើងឲ្យកាន់តែប្រសើរឡើងបន្តទៀត។

មូលន័យសង្ខេបរបស់អ្នកសរសេរ

តាំងពីអ្នកសរសេរចាប់ផ្ដើមបង្រៀនមុខវិជ្ជាមូលដ្ឋានគ្រឹះស្ថិតិ និងការរៀបចំផែនការពិសោធន៍ តាំងពីឆ្នាំ ២០១៥ កន្លងមក និងមានការណែនាំ ប្រឹក្សាស្ដីពីការពិសោធក្នុងផ្នែកផ្សេងៗ បានសង្កេតឃើញថា និស្សិត និងអ្នកពិសោធន៍ភាគច្រើនត្រូវការសៀវភៅដែលអានងាយយល់ ដើម្បីប្រើជាការជំនួយនៃការសរសេរ និងការធ្វើការងារពិសោធន៍ ជាពិសេសការងារនៅក្នុងផ្នែកផ្សេងៗ។ នៅក្នុងបច្ចុប្បន្ន មានអ្នកត្រូវការឯកសារជាភស្តុតាង ឬការអះអាងបញ្ជាក់ដោយអាស្រ័យលើគោលការណ៍ស្ថិតិមកជាជំនួយ ដែលអ្នកពិសោធន៍មួយចំនួនដែលគ្មានឱកាសបានសាកសួរ ពិភាក្សាជាមួយអ្នកពិសោធន៍ ឬមានបទពិសោធន៍ខាងផ្នែកស្ថិតិតិច អាចមិនប្រាកដចិត្តថាខ្លួនឯងនឹងប្រើគោលការណ៍ស្ថិតិបានយ៉ាងត្រឹមត្រូវ ព្រោះបានសិក្សាស្ថិតិតិចតួច ឬមានការភ្លេចភ្លាំងពីវិធីសាស្ត្រខ្លះៗ។ ទើបត្រូវការពីសៀវភៅឯកសារស្ថិតិជំនួយ ព្រោះពិបាករកឯកសារ ឬអានហើយយេពិបាកនឹងយល់ ដោយមានមុខវិជ្ជាគណិតវិទ្យា ឬមានការគណនាចូលមកពាក់ព័ន្ធធ្វើឱ្យកាន់តែពិបាកយល់ខ្លាំងឡើង។

គោលបំណងរបស់សៀវភៅស្ថិតិនេះ ដើម្បីជំនួយដល់អ្នកពិសោធន៍ ឬអ្នកដែលមានចំណាប់អារម្មណ៍ខាងស្ថិតិក្នុងការរៀបចំផែនការពិសោធន៍ជាមូលដ្ឋានគ្រឹះ ព្រោះមានការអធិប្បាយជាភាសាបែបងាយយល់ ជាសមីការ ឬរូបមន្តផ្សេងៗ ក៏ត្រូវយកមកប្រើប្រាស់ឬគណនាបានទាន់ពេលវេលា ដោយមិនចាំបាច់ត្រូវការកត់ចំណាំឡើយ។ ដូចការប្រៀបធៀបរូបមន្តចំណីសត្វដែរ ទោះជាមិនបានធ្លាប់ធ្វើយ៉ាងណា ឬមិនចាំវិធីសាស្ត្រក៏អាចបើកមើលបាន។ គ្រាន់តែឱ្យយល់ថា សម្លស្ងោរជ្រក់ និងសម្លធា មានរសជាតិផ្សេងគ្នាទៅបានហើយ។ ដូច្នេះសៀវភៅឯកសារស្ថិតិនេះ ព្យាយាមប្រើភាសាងាយយល់បំផុត ត្រឹមអ្នកសរសេរអាចធ្វើទៅបាន និងសមស្របបំផុត។ ពាក្យសព្ទមួយចំនួន អ្នកអានខ្លះអាចមិនចូលចិត្ត ឬអាចមិនសមស្រប ដូចជាពាក្យថា "Treatment" សរសេរប្រែថា "បច្ច័យ" ឬ "Local control" សរសេរប្រែថា "ការគ្រប់គ្រងភាពលំអៀងដោយការរៀបចំឯកតាពិសោធន៍" ជាដើម។ ប៉ុន្តែទោះជាយ៉ាងណាក៏ដោយអ្នកសរសេរព្យាយាមសរសេរតាមការយល់ និងបទពិសោធន៍ខ្លួនឯងផ្ទាល់។

សៀវភៅនេះ ជាឯកសារជំនួយដល់ការរៀបចំផែនការពិសោធន៍បែបងាយៗ ដែលសំខាន់បំផុតហើយជាមូលដ្ឋានគ្រឹះដែលពាក់ព័ន្ធជាមួយសហសម្ព័ន្ធ និងរីគ្រេសសិន ដែលជួបប្រទះជានិច្ចក្នុងការពិសោធមួយចំនួន រីឯផែនការពិសោធន៍មានភាពស្រពិចស្រពិលផងដែរ។ ទោះជាយ៉ាងណាក៏ដោយសម្រាប់អ្នកចាប់អារម្មណ៍ក្នុងការងារពិសោធន៍ ទាំងនិស្សិត អ្នកសិក្សាក៏អាចយកមកប្រើប្រាស់ជាឯកសារជំនួយក្នុងការពិសោធ ឬការរៀនស្ថិតិ និងការរៀបចំផែនការពិសោធន៍។

សូមថ្លែងអំណរគុណចំពោះថ្នាក់ដឹកនាំនាយកវិទ្យាស្ថាន បណ្ឌិត ប៊ុច សៀង និងគណៈកម្មការរៀបចំ និពន្ធ និងរៀបរៀងសៀវភៅដែលលះបង់ពេលវេលាដ៏មានតម្លៃចំពោះការអានសៀវភៅ កែតម្រូវពាក្យពេជ្រ ឃ្លោងឃ្លា និងការណែនាំបានយ៉ាងល្អចំពោះឯកសារនេះ។ ទោះជាយ៉ាងណាក៏ដោយការ

រៀបរៀងសៀវភៅនេះ សូមអធ្យាស្រ័យចំពោះកំហុសឆ្គងពាក្យពេជ្រដោយអចេតនាណាមួយ ឬអានហើយមិនយល់ស្រប។ ខ្ញុំអ្នករៀបរៀងសូមទទួលខុសត្រូវចំពោះពាក្យពេជ្រតែម្នាក់ឯងគត់។ យើងខ្ញុំសង្ឃឹមថាសៀវភៅស្ថិតិនេះនឹងមានប្រយោជន៍ដល់អ្នកអានមិនថាជាប្រយោជន៍ដោយត្រង់ ឬដោយប្រយោលឡើយ។

អោ វ៉ាន់ណៃ

មករា ២០២១

មាតិកា

មេរៀនទី | **ទំព័រ**

១. ដំណាក់កាលរៀបចំផែនការពិសោធន៍ (Steps in Planning Experiment) ១
១.១ ការតាំងវត្ថុបំណងក្នុងការពិសោធឲ្យច្បាស់លាស់ ១
១.២ ការជ្រើសរើសបច្ច័យ (treatment) ដើម្បីប្រើក្នុងការពិសោធ ១
១.៣ ទំហំ ឬខ្នាតនៃការពិសោធ (size of experiment) ២
១.៤ ការជ្រើសរើសសម្ភារៈ ឬវត្ថុធាតុដើមប្រើប្រាស់ក្នុងការពិសោធ (Experimental Material) ៤
១.៥ ការជ្រើសរើសផែនការពិសោធ(Experimental Design)ដែលមានប្រសិទ្ធិភាព ៥
១.៦ ការពិចារណាដល់ការអនុវត្តដែលអ្នកពិសោធន៍ធ្វើបានជាក់ស្តែង ៦
១.៧ ការអនុវត្តការងារកំឡុងពេលពិសោធន៍ ៧
១.៨ ភាពល្អិតល្អន់ក្នុងការអនុវត្តការងារពិសោធន៍ ៧
១.៩ ការប្រមូលទិន្នន័យ ឬការវាស់លទ្ធផលបន្ថែម ដើម្បីឱ្យទិន្នន័យកាន់តែប្រសើរឡើង ៨
១.១០ ការវិភាគទិន្នន័យខាងស្ថិតិ ៨
១.១១ ការសរុប ឬសន្និដ្ឋានការពិសោធ ៩

២. គោលការណ៍សំខាន់ៗ ក្នុងការរៀបចំផែនការពិសោធ(Principle of Experimental Design) ១០
២.១ ការរៀបចំនួនសា (Replication) ១០
២.២ ការពិចារណាចំនួនសា ១២
២.៣ ការគណនារកចំនួនសា ១៣
២.៤ ការចាប់ចៃដន្យ (Randomization) ១៦
២.៥ ការគ្រប់គ្រងភាពលំអៀងដោយការរៀបចំក្រុមឯកតាពិសោធន៍ (Local control or error control by groping experimental unit) ១៧
២.៦ ភាពទំនាក់ទំនងរវាងចំនួនសារ (Replication) ការចាប់ឆ្នោតចៃដន្យ(Randomization) និងការគ្រប់គ្រងភាពលំអៀង ដោយរៀបចំក្រុមឯកតាពិសោធន៍ (Local control) ដែលមានចំពោះការលំអៀងក្នុងការពិសោធ ១៨

៣. ផែនការពិសោធបែបចាប់ឆ្នោតចៃដន្យពេញលេញ (Completely Randomization Design; CRD) ២០
៣.១ គុណសម្បត្តិ និងគុណវិបត្តិរបស់ CRD ២០
៣.២ ការចាប់ចៃដន្យ និងការរៀចចំប្លង់ពិសោធន៍ ២០

៣.៣ ការវិភាគទិន្ន័យខាងស្ថិតិ ២១

៤. ការត្រួតពិនិត្យភាពខុសគ្នារបស់មធ្យមភាគ (Inspection of Mean Difference) ២៦
៤.១ Least significant Difference (LSD) ២៦
៤.២ Duncan´s New Multiple Rang test ៣០
៤.៣ Functional Analysis of Variance ៣៣

៥. ផែនការពិសោធបែបចាប់ឆ្នោតចែដន្យប្លក់ពេញលេញ (Randomized Complete Block Design; RCBD) ៣៩
៥.១ គុណសម្បត្តិ និងគុណវិបត្តិរបស់ RCBD ៣៩
៥.២ ការចាប់ចៃដន្យ និងការរៀចចំប្លង់ពិសោធន៍ ៣៩
៥.៣ ការវិភាគទិន្ន័យខាងស្ថិតិ ៤០

៦. ផែនការពិសោធបែបឡាទីនស្វែ ឬការេឡាតាំង (Latin Square Design; LS) ៤៧
៦.១ គុណសម្បត្តិ និងគុណវិបត្តិរបស់ LS ៤៧
៦.២ ការចាប់ចៃដន្យ និងការរៀបចំប្លង់ពិសោធន៍ ៤៨
៦.៣ ការវិភាគទិន្នន័យខាងស្ថិតិ ៥០
៦.៤ ការប្រៀបធៀបផែនការពិសោធន៍បែប CRD RCBD និង LS ៥៤

៧. ផែនការពិសោធបែបហ្វេកទ័រៀល(Factorial Experiment) ៥៧
៧.១ គុណសម្បត្តិ និងគុណវិបត្តិរបស់ហ្វេកទ័រៀល ៥៩
៧.២ ការវិភាគទិន្នន័យខាងស្ថិតិ ៦០
៧.៣ ប្លង់ពិសោធន៍ ៦០
៧.៤ ដំណាក់កាលវិភាគទិន្នន័យខាងស្ថិតិ ៦០

៨. ផែនការពិសោធន៍បែបស្ពិត-ផ្លត់ (Spit-Plot Design) ៧៤
៨.១ គុណសម្បត្តិ និងគុណវិបត្តិរបស់ស្ព័ត ផ្លត់ ៧៥
៨.២ ការចាប់ចៃដន្យ និងរៀបចំប្លង់ពិសោធន៍ ៧៥
៨.៣ ការវិភាគទិន្នន័យខាងស្ថិតិ ៧៧
៨.៤ ការប្រៀបធៀបបែប ស្ពិត-ផ្លត់ ជាមួយ ហ្វេកទ័រៀល ដោយប្រើផែនការពិសោធន៍បែប RCBD ៨៥

៩. រីក្រេសសិន និងខរីលេសិន (Regression and Correlation) ៨៨
៩.១ រីក្រេសសិននៃបន្ទាត់ត្រង់ ២ លក្ខណៈ (simple linear regression) ៨៨
៩.២ វិធីគណនារីក្រេសសិននៃបន្ទាត់ត្រង់ ២ លក្ខណៈ ៩១
៩.៣ សហសម្ព័ន្ធនៃខ្សែបន្ទាត់ត្រង់ ២ លក្ខណៈ (Simple linear regression) ៩៦

៩.៤ វិធីគណនាសហសម្ព័ន្ធនៃខ្សែបន្ទាត់ត្រង់ ២ លក្ខណៈ ៩៨
៩.៥ សរុបចំណុចសំខាន់នៃរីក្រេសសិន និងសហសម្ព័ន្ធ ១០១

ឧបសម្ព័ន្ធ

ពាក្យសព្ទស្ថិតិក្នុងសៀវភៅ ១០៣

តារាងស្ថិតិសំខាន់ៗ ១០៨

តារាងទី១ តារាង T ១០៨

តារាងទី២ តារាង F ១០៩

តារាងទី៣ តារាង Significant Studentized ranges test ១១៤

តារាងទី៤ តារាង R ១១៧

ឯកសារយោង ១១៨

មេរៀនទី ១
ដំណាក់កាលនៃការធ្វើផែនការពិសោធន៍
(STEPS IN PLANNING EXPERIMENTS)

ចំពោះការពិសោធ អ្នកពិសោធន៍ត្រូវស្វែងយល់ជាមុនសិនថា តើត្រូវសិក្សាអំពីអ្វី? មូលហេតុអ្វីត្រូវជ្រើសរើសបច្ច័យ (treatment) ទាំងនោះ? ហើយលទ្ធផលដែលសង្ឃឹមថាបានយ៉ាងដូចម្ដេច? ឬលទ្ធផលរំពឹងទុក (hypothesis) ត្រូវតាមគោលបំណង ឬចំណុចសង្ស័យដែលបានគិតទុក ឬចម្លើយដែលបានមកពីការពិសោធន៍ដែរទេ? ដូច្នេះត្រូវមានទិន្នន័យ ឬព័ត៌មាន (data or information) ផ្សេងៗ ដើម្បីជាផ្លូវបង្ហាញពីវិធីសាស្ត្រធ្វើផែនការពិសោធន៍ ព្រោះវាជាផ្នែកមួយដ៏មានសារៈសំខាន់ក្នុងពេលដំណើរការពិសោធន៍ ។ *អ្នកពិសោធន៍គួរជៀសវាងការអនុវត្តដដែលៗ ដែលកំពុងពិសោធន៍រហូតដល់បានផល ឬជាទិន្នន័យហើយ។ បន្ទាប់មកត្រូវគិតថា គួរវិភាគទិន្នន័យយ៉ាងដូចម្ដេច?* ការធ្វើដូច្នេះតើខុសពីគោលបំណងក្នុងការពិសោធន៍ដែលបានធ្វើរួចមកហើយ ឬយ៉ាងណា? យើងគួរចាប់ផ្ដើមពីមូលហេតុទៅលទ្ធផល មិនមែនលទ្ធផលទៅរកមូលហេតុនោះទេ ។ ដូច្នេះការងារការសិក្សាពិសោធន៍គ្រប់ៗ ផ្នែក អ្នកពិសោធន៍គួរចាប់ផ្ដើមជាជំហ៊ានៗ ដូចតទៅ៖

១.១ ការកំណត់គោលបំណងក្នុងការពិសោធឲ្យបានច្បាស់លាស់

អ្នកពិសោធន៍ត្រូវយល់ឲ្យបានច្បាស់លាស់ពីបញ្ហាដែលត្រូវពិសោធន៍ និងព្យាយាមគិតអ្វីដែលសំខាន់ៗ ដែលចង់ចេះចង់ដឹងខ្លាំងបំផុតមកពិចារណាមុនគេ។ មិនត្រូវតាំងវត្ថុបំណងទូលំទូលាយពេក ឬហួសដែនកំណត់ ព្រោះមិនអាចសិក្សាគ្រប់យ៉ាង និងឲ្យមានប្រសិទ្ធភាពខ្ពស់ក្នុងពេលតែមួយបានទេ។ ទាំងនេះអាចត្រូវសិក្សាស្វែងរកពីទិន្នន័យចាស់ៗ ឬស្រាវជ្រាវរកពីឯកសារទស្សនាវដ្ដីវិទ្យាសាស្ត្រ (journal) ផ្សេងៗ ដែលមានលក្ខណៈស្រដៀងគ្នាជាមួយការពិសោធដែលកំពុងអនុវត្តន៍ ដើម្បីកាត់បន្ថយទំហំនៃការពិសោធឲ្យកាន់តែតូច ក្រៅពីនោះត្រូវកំណត់វត្ថុបំណងឲ្យបានច្បាស់លាស់អាចវាស់វែងបាន ដែលសំខាន់ និងគិតថាសមរម្យបំផុត។

១.២ ការជ្រើសរើសបច្ច័យ ដើម្បីប្រើប្រាស់ក្នុងការពិសោធ

ចំណាំ៖ បច្ច័យ (treatment) មានន័យថា ជាវត្ថុ សារធាតុ ឬរបស់របរដែលយើងយកមកធ្វើការសិក្សាពិសោធន៍រកលទ្ធផល មានដូចជា ជីផ្សេងៗ ពូជដំណាំផ្សេងៗ ជាដើម ។

ក្នុងការជ្រើសរើសបច្ច័យមានចំនុចដែលត្រូវពិចារណាជាច្រើនយ៉ាងវាអាស្រ័យទៅលើវត្ថុបំណង និងប្រភេទរបស់ការងារពិសោធន៍ជាអាទិ៍មានដូចជា៖

១.២.១ តើត្រូវវាស់លទ្ធផលយ៉ាងដូចម្ដេច?

១.២.២ តើត្រូវការប្រៀបធៀបលទ្ធផលដែលទទួលបានយ៉ាងដូចម្ដេច?

១.២.៣ មានបច្ច័យមាត្រដ្ឋាន ឬរបស់ប្រៀបធៀប (standard, control, or check) ដើម្បីប្រើជារបស់ប្រៀបធៀបលទ្ធផលជាមួយបច្ច័យផ្សេងៗ ឬទេ?

១.២.៤ នៅក្នុងកត្តានីមួយៗ (factor) ដែលត្រូវសិក្សា ដូចជា ពូជដំណាំ និងរូបមន្តជីផ្សេងៗ ដែលសម្រាប់យកទៅធ្វើការសិក្សា តើត្រូវមានការញែកប្រភេទ លំដាប់ (level) ផ្សេងៗ ដែរ ឬទេ? ប្រសិនបើត្រូវញែកជាលំដាប់ផ្សេងៗ ដូចជា ក្នុងការសិក្សាពិសោធន៍ចំពោះជី មានកម្រិតក្នុងការប្រើប្រាស់ជីនៃលំដាប់ (spacing) នីមួយៗ ស្មើរគ្នា ឬទេ? ដូច្នេះហើយទើបវត្ថុបំណងរបស់ការពិសោធនឹងមានចំណែកជួយក្នុងការពិចារណារកហេតុផលទាំងអស់នោះ។

ក្រៅពីនេះគួរមានគំនិតគិតថានឹងមានបច្ច័យដូចម្តេច? មានចំនួនប៉ុន្មាន? ទើបសមល្មម ដែលអាចគ្របដណ្តប់ ឬសមស្របលើវត្ថុបំណងក្នុងការពិសោធនោះ។

១.៣ ទំហំ ឬខ្នាតរបស់ការពិសោធ (size of experiment)

ការកំណត់ខ្នាតក្នុងការពិសោធ (size of experiment) ជាការងារមួយដែលលំបាក ប៉ុន្តែយើងអាចសិក្សាលើការងារពិសោធន៍ចាស់ៗ ឬសើបសួរអ្នកដែលមានបទពិសោធន៍ខាងការងារពាក់ព័ន្ធជាមួយគម្រោងពិសោធន៍របស់យើងដែលកំពុងធ្វើនោះ។ ឧទាហរណ៍ ការងារពិសោធន៍ខាងផ្នែករុក្ខជាតិ អ្នកពិសោធន៍មួយចំនួនអាចមានបទពិសោធន៍ស្រាបផ្នែកដំណាំ ឬអាចមើលទស្សនាវដ្តី (journal) ដែលស្រដៀងគ្នា ឬប្រហាក់ប្រហែលគ្នាឲ្យមានការពាក់ព័ន្ធនឹងរុក្ខជាតិនោះ ឬរុក្ខជាតិដទៃក៏បាន។ ទោះជាយ៉ាងក៏ដោយអ្នកពិសោធន៍អាចមានលក្ខខណ្ឌងាយៗ ជំនួយដល់ការសម្រេចចិត្តមានដូចតទៅ៖

១.៣.១ ការអនុវត្តពិតៗ អ្នកពិសោធន៍អាចធ្វើបានយ៉ាងងាយស្រួល ដូចជា៖ អាចដាំដំណាំចំការត្រូវពិចារណាលើឧបករណ៍ក្នុងការដាំដុះ កម្លាំងពលកម្ម ទំហំផ្ទៃដីដាំដុះ ប្រសិនបើការពិសោធនៅក្នុងរោងកញ្ចក់ (glasshouse or greenhouse) អាចធ្វើឲ្យការពិសោធមានខ្នាតតូច ព្រោះអាចធ្វើឲ្យអ្នកពិសោធន៍ងាយស្រួលក្នុងការគ្រប់គ្រង ឬងាយស្រួលធ្វើការជាងការដាំដុះនៅទីវាល ក្រៅពីនេះត្រូវពិចារណាថា សម្ភារៈឬរបស់របរដែលប្រើប្រាស់ក្នុងការពិសោធ (experimental material) មានច្រើនកម្រិតណា ដូចជា៖ គ្រាប់ពូជអាចមានចំនួនកំណត់ ឬផើងអាចមានមួយចំនួនតិចប៉ុណ្ណោះ ឬរោងកញ្ចក់មានខ្នាតតូច ជាដើម។

១.៣.២ គុណសម្បត្តិរបស់សម្ភារៈ ឬឧបករណ៍ក្នុងការពិសោធ ដូចជា៖ រុក្ខជាតិនីមួយៗ ត្រូវការរយៈប្រវែង និងខ្នាតទំហំឯកតាវេងខុសៗ គ្នា (plot or experimental unit)។

១.៣.៣ ចំនួនបច្ច័យដែលប្រើសម្រាប់ពិសោធន៍ ក្នុងផែនការពិសោធន៍ខាងផ្នែកស្ថិតិមានផែនការមួយចំនួនមានដែនកំណត់។ បច្ច័យគួរមានមិនលើសចំនួនប៉ុន្មាន? ឬតិចជាងប៉ុន្មាន? ដើម្បីឲ្យការពិសោធទាំងនោះមានប្រសិទ្ធភាពខ្ពស់បំផុត។ ក្រៅពីនេះគួរគិតថា គួរជ្រើសរើសលើបច្ច័យពិសោធន៍មានទំហំប៉ុណ្ណាក្នុង ១ ប្លក់ (block) ឬក្នុង ១ សា (replication) ចំពោះការងារពិសោធន៍ទំហំតូច ឬធំ អាស្រ័យលើចំនួនបច្ច័យដែលបានជ្រើសរើសមកប្រើប្រាស់។

១.៣.៤ ការប្រែប្រួលរវាងសម្ភារៈ ឧបករណ៍ ឬវត្ថុធាតុដែលប្រើប្រាស់សម្រាប់ពិសោធន៍ (experimental material) ក្នុងកូនស្រែពិសោធន៍នីមួយៗ (experimental unit) មានចំនួនប៉ុណ្ណាដូចជា សម្រាប់នៅក្នុងរុក្ខជាតិត្រូវគិតលើការប្រែប្រួលរបស់សេនេតិច (genetic variability) ឬភាពខុសប្លែករវាងដើមរុក្ខជាតិពីដើមមួយ និងដើមមួយទៀតនៅក្នុងកូនស្រែពិសោធន៍ដូចគ្នា។ ប្រសិនបើ

ការប្រែប្រួលមានច្រើន ទំហំរបស់ការពិសោធចាំបាច់ត្រូវមានខ្នាតកាន់តែធំដែរ ដូចជា ចំនួនដើមរុក្ខជាតិក្នុងកូនស្រែពិសោធន៍មានច្រើន ជាដើម។

ចំណាំ៖ ឯកតា ឬកូនស្រែពិសោធន៍ (experimental unit) មានន័យថា ឯកតាពិសោធន៍ ដែលជាសម្ភារៈ ឬឧបករណ៍តូចបំផុតក្នុងការពិសោធន៍ ដែលបានពីបច្ច័យនីមួយៗ ហើយនាំយកទិន្នន័យមកសិក្សា។ ឯកតាពិសោធន៍នីមួយៗ អាចជាឯកតាទោល របស់សម្ភារៈពិសោធន៍ ឬអាចជាក្រុមរបស់សម្ភារៈពិសោធន៍ ឧទាហរណ៍ដូចជា៖

កូនស្រែ ឬឯកតាទោល៖

ក. ការពិសោធន៍លើគុណភាពរបស់ម្សៅ ៣ ប្រភេទគឺ ម្សៅពោត ម្សៅអង្ករខ្សាយ និងម្សៅអង្ករសាលី ។ សម្រាប់ធ្វើនំស៊ុកគី មានអ្នកភ្លក្ស ៦ នាក់ ក្នុង ១ នាក់ ភ្លក្សបាននំ ១ នៃប្រភេទនំទាំងបីនោះ បន្ទាប់មកឲ្យពិន្ទុតាមចំណង់ចំណូលចិត្តរបស់ខ្លួនចំពោះរសជាតិរបស់នំនោះ ។ ករណីនេះ នំសុកគី ១ ដុំ គឺគិត ១ ឯកតាពិសោធន៍ និងមានចំនួនឯកតាសរុបទាំអស់ ១៨ ឯកតាពិសោធន៍ ។

ខ. ការរាប់ចំនួនដុំកំពករបស់ឫសសណ្ដែកសៀង ដែលដាំនៅក្នុងផើង ដាំ ១ ផើង ១ ដើម ដោយប្រើមេរោគ Rhizobium 5 strains។ ក្នុង strains នីមួយៗ ដាក់មេរោគ ៥ ផើង (៥ សា)។ ករណីនេះ សណ្ដែកសៀងក្នុងផើងនីមួយៗ គឺ ១ ឯកតាពិសោធន៍ និងមានចំនួនឯកតាសរុបទាំអស់ ២៥ ឯកតាពិសោធន៍។

គ. ការពិសោធន៍រូបមន្តចំណីសត្វ ៤ រូបមន្ត។ ដោយរូបមន្តនីមួយៗ ពិសោធន៍ចំពោះសត្វ ១ ក្បាល ក្នុង ១ ហ្វូង (៤ ក្បាល) ទាំងអស់ធ្វើ ៤ ហ្វូង (៤ សា)។ ករណីនេះ សត្វនីមួយៗ ១ ឯកតាពិសោធន៍ និងមានចំនួនឯកតាសរុបទាំអស់ ១៦ ឯកតាពិសោធន៍។

កូនស្រែ ឬឯកតាជាក្រុម៖

ក. ការរាប់ចំនួនដុំកំពករបស់ឫសសណ្ដែកសៀង ដោយប្រើមេរោគ Rhizobium 5 strains។ ក្នុង strains នីមួយៗ លាយប្រលាក់ជាមួយគ្រាប់សណ្ដែកសៀងដែលបានដាំក្នុងឯកតាពិសោធន៍ ដែលមានដើមសណ្ដែកសៀង ២០ ដើម សរុបទាំងអស់ ៥ សារ។ ករណីនេះ ឯកតាពិសោធន៍ (មានដើមសណ្ដែកសៀង ២០ ដើម) និងមានចំនួនឯកតាសរុបទាំអស់ ២៥ ឯកតាពិសោធន៍។

ខ. ការពិសោធន៍រូបមន្តចំណីសត្វ ៤ រូបមន្ត។ ដោយរូបមន្តនីមួយៗ ពិសោធន៍ចំពោះសត្វ ១ ហ្វូង (៤ ក្បាល) ដូច្នេះក្នុង ១ សារ នឹងប្រើសត្វ ៤ ហ្វូង។ ប្រសិនបើធ្វើ ៤ សារ ចំនួនសត្វទាំងអស់ ៦៤ ក្បាល។ ករណីនេះ ហ្វូងសត្វនីមួយៗ មាន ៤ ក្បាល ក្នុង ១ ឯកតាពិសោធន៍ និងមានចំនួនឯកតាសរុបទាំអស់ ១៦ ឯកតាពិសោធន៍។

១.៣.៥ អ្នកពិសោធន៍មានភាពទៀងត្រង់ (accuracy) ក្នុងការងារពិសោធន៍យ៉ាងណា ប្រសិនបើភាពទៀងត្រង់ខ្ពស់ ទំហំរបស់ការពិសោធក៏ធំដែរត្រូវបន្ថែមចំនួនសារកាន់តែច្រើន។ ដើម្បីឲ្យបានតម្លៃប៉ាន់ស្មាន ឬតម្លៃជំនួស (estimated value) ដែលមានភាពប្រហាក់ប្រហែលជាមួយតម្លៃប្រាកដ(true value) លើអ្វីដែលអាចធ្វើបាន ឬអាចបន្ថែមបច្ច័យដើម្បីឲ្យពិសោធន៍មានភាពដូចគ្នាជា

អត្ថន័យកាន់តែល្អិត ឬមានការឆ្វេសប្រហែស ក្នុងការវាស់ភាពខុសគ្នាដែលកើតឡើង ត្រឹមតែបន្តិចបន្តួចប៉ុណ្ណោះ (sensitive)។ ការបន្ថែមបច្ច័យនេះមានមនុស្សមួយចំនួនអាចនឹងមិនយល់ថា និងបន្ថែមភាពទៀងត្រង់បានយ៉ាងដូចម្តេច? ការបន្ថែមបច្ច័យនឹងធ្វើឲ្យកម្រិតសេរីភាព (degree of freedom) របស់ភាពលម្អៀង (error) កាន់តែខ្ពស់។ ដែលជាធម្មតាមានផលធ្វើឲ្យការពិសោធប្រើប្រាស់តម្លៃ F (F-test) មានការឆ្វេសប្រហែស។ អាចនិយាយបានថា តម្លៃ F ពីតារាងមានតម្លៃថយចុះ។ អ្នកពិសោធន៍អាចវាស់ភាពខុសគ្នារវាងតម្លៃមធ្យមរបស់បច្ច័យបានយ៉ាងលម្អិតថែមទៀត។

មូលហេតុះ សម្រាប់ ២ ពាក្យមានសារៈសំខាន់ គឺ ពាក្យថាទៀងត្រង់ (accuracy) និងពាក្យថាភាពជាក់លាក់ (precision) ពាក្យទាំង ២ នេះត្រូវបានយល់ពីនិយមន័យឲ្យបានច្បាស់លាស់។ សូមអានអត្ថន័យពាក្យទាំងពីររបស់អ្នករៀបរៀង precision v.s. accuracy ដែលបានសរសេរទុកជាព័ត៌មានក្នុងសៀវភៅដំណាំចម្ការ ដេប៉ាតឺម៉ង់ក្សេត្រសាស្ត្រ សាកលវិទ្យាល័យក្សេត្រសាស្ត្រ ឆ្នាំទី១ ច្បាប់ទី១ ខែ សីហា ២៥១៩ ទំព័រ៦-៧។

១.៣.៦ ថវិការប្រើប្រាស់សម្រាប់ពិសោធន៍ (គិតធៀបក្នុងមួយឯកតានៃការពិសោធ) ថាតើប្រើប្រាស់អស់ក្នុងតម្លៃប៉ុន្មាន ។ តាំងពីចាប់ផ្តើមធ្វើការពិសោធរហូតដល់ការវិភាគទិន្នន័យ និងការសរុបការងារទាំងអស់។

១.៤ ការជ្រើសរើសសម្ភារៈ និងឧបករណ៍ប្រើប្រាស់ក្នុងការពិសោធ (experimental material)

សម្ភារៈសម្រាប់ពិសោធន៍មានសារៈសំខាន់ខ្លាំងណាស់ អ្នកពិសោធន៍ត្រូវជ្រើសរើសសម្ភារៈឲ្យបានសមស្រប ដើម្បីអាចយកប្រើប្រាស់បានតាមស្ថានភាពពិតក្នុងការអនុវត្តការងារគម្រោង ជាអាទិ៍ត្រូវការវាស់លទ្ធផលយ៉ាងល្អិតល្អន់ដែលអាចវាយតម្លៃសាកល្បងភាពខុសគ្នារបស់បច្ច័យបានត្រឹមតែបន្តិចបន្តួចប៉ុណ្ណោះ ដូចជា ២% របស់មធ្យមភាគវាមានតម្លៃទាបណាស់ តែសន្និដ្ឋានថា ភាពប្រែប្រួល ឬភាពខុសគ្នាដែលបណ្តាលមកពីសម្ភារៈប្រើប្រាស់សម្រាប់ពិសោធន៍ពីបច្ច័យមួយទៅបច្ច័យមួយទៀតច្រើនជាង ២%។ ករណីនេះនិយាយបានថា ការពិសោធទទួលបានលទ្ធផលមិនសមស្របតាមគោលដៅដែលចង់បាន ព្រោះនឹងមិនអាចញែក ឬឃើញពីភាពខុសគ្នារបស់បច្ច័យដែលមានភាពខុសគ្នាបានបន្តិចបន្តួច ឬក្នុងករណីនេះអ្នកពិសោធន៍អាចជ្រើសរើសសម្ភារៈក្នុងការពិសោធឲ្យបានសមរម្យរឹតតែល្អបំផុត។ ទំហំការពិសោធក៏អាចតូចជាងមុនបាន ប៉ុន្តែលទ្ធផលដែលបានមកពីការពិសោធនោះអាចលំបាកនៅពេលអនុវត្តន៍ពេលក្រោយ។ ជាពិសេសការងារមួយចំនួនដូចជាផ្នែកក្សេត្រសាស្ត្រ ដែលមានភាពប្រែប្រួលផ្សេងៗ កើតឡើងជានិច្ចក្នុងទីវាល (វាលស្រែ, ចម្ការ) ដូចជា៖ ការប្រែប្រួលអាកាសធាតុ ដី និងការបំផ្លាញដោយសារជំងឺ សត្វល្អិត ជាដើម។

ប្រភពការប្រែប្រួលរបស់សម្ភារៈ ឬ របស់របរដែលប្រើប្រាស់ក្នុងការពិសោធអាចញែកបានជាក្រុមធំៗ បានដូចតទៅ៖

១.៤.១ ការប្រែប្រួលដែលបានមកពីលក្ខណៈ ឬ គុណសម្បត្តិរបស់សម្ភារៈ ឬរបស់របរប្រើប្រាស់ក្នុងការពិសោធដោយខ្លួនឯង ដូចជា៖ ដើមរុក្ខជាតិនីមួយៗ ឬសត្វនីមួយៗ មានលក្ខណៈខុស

ប្លែកគ្នា។ អាចបណ្តាលមកពីការប្រែប្រួលរបស់ហ្សែន (genetic variability) ផ្នែកខាងក្នុងខ្លួនរុក្ខជាតិ ឬសត្វ។ ដូច្នេះអ្នកពិសោធន៍ត្រូវដឹងច្បាស់គុណសម្បត្តិទាំងនេះដើម្បីការពារ ឬកាត់បន្ថយការប្រែប្រួល ដូចជា៖ ករណីរុក្ខជាតិលំអងកាត់ (cross pollination crops) ការប្រែប្រួលរបស់ហ្សែនច្រើនជាង រុក្ខជាតិបង្កាត់ខ្លួនឯងជ (self-pollination crops) អ្នកពិសោធន៍ចាំបាច់ត្រូវប្រើឯកត្តាការពិសោធឲ្យ កាន់តែធំ។ ដើម្បីឲ្យបានសំណាក (sample) ឬ ទិន្នន័យដែលស្រដៀងនឹងការពិត។ ក្នុងការពិសោធ នៅទីវាលអាចនឹងមានមូលដ្ឋានពិចារណាការងារនេះ ដែលហៅថា field plot technique។

១.៤.២ ការប្រែប្រួលបណ្តាលមកពីបរិស្ថាន បរិស្ថានជាកត្តាមួយលំបាកណាស់មិនថាការងារ ពិសោធន៍ក្នុងបន្ទប់ពិសោធន៍ ឬក្នុងទីវាលស្រែ ឬករណីផ្សេងៗ ទៀត។ តែទោះជាយ៉ាងណាក្តីអ្នក ពិសោធន៍ត្រូវព្យាយាមរកសារហេតុ ឬដឹងពីប្រភពដើម្បីងាយគ្រប់គ្រងព្រមទាំងព្យាយាមរកវិធីដោះ ស្រាយបញ្ហាដែលឲ្យកើតការប្រែប្រួលទាបបំផុត ដូចជា៖ អាចរៀបចំចំនួនសារឲ្យកាន់តែច្រើនឡើង មិនថាធ្វើនៅក្នុងបន្ទប់ពិសោធន៍តែមួយជាមួយគ្នា ឬកន្លែងផ្សេងគ្នាក៏ដោយ។ ត្រូវធ្វើការជ្រើសរើស ផែនការពិសោធដែលសមស្របជាមួយស្ថានភាពទាំងនោះ។

១.៤.៣ ការប្រែប្រួលដែលបណ្តាលមកពីការមិនស្មើភាពក្នុងការអនុវត្តការពីសោធន ឧទាហរណ៍ងាយៗ ដូចជា៖ ការពិសោធនៅក្នុងវាលស្រែ អ្នកពិសោធន៍អាចប្រើផាលជ្រោយដីមិនបាន ស្មើល្អ ឬ ជ្រោយសព្វល្អ ឬ ប្រើឧបករណ៍ផ្សេងៗ ក្នុងករណីពិសោធន៍ក្នុងបន្ទប់ Lab មិនមានមាត្រដ្ឋាន ដូចគ្នាទាំងអស់នោះទេ ចំពោះឯកសារពិសោធន៍ទាំងនោះ ។ ជាពិសេសអនុវត្តន៍ ដែលមិនបានប្រើ ឧបករណ៍មានការប្រែប្រួលកាន់តែកើនឡើង ដូចជា ការបាចជីដោយដៃ កូនស្រែ ឬឯកតាមួយចំនួន (ចំនួនសារ) អាចបាចបានស្មើគ្នាល្អ ឯកត្តាខ្លះបាចមិនបានស្មើគ្នាល្អ ។ ធ្វើឲ្យបច្ច័យ ឬរូបមន្តជីមាន ភាពខុសគ្នាពីសារទៅសារទៀតដែលនឹកស្មានមិនដល់ (មានភាពលំអៀង, error ខ្ពស់) ជាពិសេស ករណីនេះអនុវត្តន៍ចំពោះបច្ច័យដែលខុសគ្នា ដូចជា រូបមន្តជីខុស ធ្វើឲ្យលិទ្ធផលការពិសោធ ឬ ការ វាយតម្លៃភាពខុសប្លែកគ្នារវាងបច្ច័យគ្មានភាពជាក់លាក់ ឬ មិនអាចយកជាការបាន។

១.៥ ការរៀបចំផែនការពិសោធ (experimental design) ដែលមានប្រសិទ្ធភាព

ការជ្រើសរើសក្នុងការពិសោធឲ្យមានប្រសិទ្ធភាពខ្ពស់បំផុតនោះ គឺអាស្រ័យស្ថានភាព ឬប្រភេទ នៃការប្រែប្រួលរបស់សម្ភារៈឬរបស់របរដែលប្រើប្រាស់ក្នុងការពិសោធនិងឧបករណ៍ផ្សេងៗ ទៀត ដូចជា ស្ថានភាពដី សម្រាប់ការពិសោធក្នុងវាលស្រែជាដើម។ ការជ្រើសរើសផែនការពិសោធន៍ដែលល្អ បំផុតនោះត្រូវគិតភាពលម្អៀងរបស់ការពិសោធ (experimental error) ឲ្យទាបបំផុត។ អាចមានភាព ល្អិតល្អន់ល្មមនឹងញែក ភាពខុសគ្នារវាងបច្ច័យបានល្អ និងសំខាន់បំផុតនោះត្រូវព្យាយាមជ្រើសរើស ផែនការពិសោធន៍ដែលងាយបំផុត ទាំងផែនការ ការអនុវត្តន៍ និងការវិភាគលទ្ធផលតាមស្ថិតិ។ លើក លែងករណីមួយចំនួនដែលយើងប្រើផែនការពិសោធន៍ដែលលំបាកហើយស្មុកស្មាញ។ ទាំងនេះ គឺ ដើម្បីភាពសមស្របចំពោះការងារ ឬការដោះ-ស្រាយបញ្ហា ឬការជៀសវាងស្ថានភាពបរិស្ថានដែលខុស គ្នារវាងឯកតាពិសោធន៍មានតិចបំផុត។ ផែនការពិសោធន៍ទាំងឡាយមានភាពខុសប្លែកគ្នាយ៉ាងច្បាស់ ចំពោះគោលការណ៍ក្នុងរៀបចំបច្ច័យពិសោធន៍ក្នុងឯកតាផ្សេងៗ ទាំងនេះផែនការពិសោធន៍នីមួយៗ

មានគោលការណ៍ដែលព្យាយាមជួយឲ្យគ្រប់គ្រង និងដឹងពីប្រភពនៃការប្រែប្រួលដែលពីសារហេតុផ្សេងៗ ដូចជា ការប្រែប្រួលរវាងសារ (replication) រវាងជួរ (row) រវាងប្លុកខ្លួនឯងជាដើម។ ទើបលទ្ធផលក្នុងការវិភាគខាងស្ថិតិបានយ៉ាងមានប្រសិទ្ធភាព។ អាចនិយាយបានថា និងមានវិធីសាស្ត្រ ឬដំណាក់កាលដែលអាចញែកការប្រែប្រួលដែលដឹងមូលហេតុផ្សេងៗ បានយ៉ាងច្បាស់រហូតនៅសល់តែភាពលម្អៀងដែលមិនអាចញែកមកបានច្បាស់។ តើកើតឡើងមកពីអ្វី? ឬដោយសារហេតុអ្វី (experimental error) កើតពីតម្លៃលម្អៀង ឬ error ។ ទាំងនេះនឹងធ្វើការសាកល្បងពិសោធន៍រកភាពខុសគ្នារវាងបច្ច័យថា មានភាពខុសគ្នាខាងស្ថិតិដែរឬទេ? ឬភាពខុសគ្នាកើតឡើងដោយចៃដន្យ (by chance) មិនមែនកើតពីភាពខុសគ្នាដោយពិតប្រាកដឡើយ។ ជាធម្មតាផែនការពិសោធន៍មួយដែលមានប្រសិទ្ធភាព (efficiency) ខ្ពស់ជាងផែនការពិសោធន៍មួយទៀត។ គឺដោយសារតែការប្រែប្រួលរបស់ភាពលម្អៀងនៃការពិសោធ (experimental error variance) លើកទី ១ ទាបជាងផែនការពិសោធន៍លើកទី ២។

មូលហេតុ៖ តម្លៃលម្អៀងការពិសោធ (experimental error) មានន័យថា ភាពខុសគ្នា ឬការប្រែប្រួលនៃឯកតាពិសោធន៍ (experimental unit) ដែលកើតឡើង ឬវាស់បានពីឯកតាពិសោធន៍ដែលទទួលបានពីការពិសោធជាមួយគ្នាតែប៉ុណ្ណោះ ប៉ុន្តែម្តងមួយលើក ឬម្នាក់មួយសារ (replication) ដោយមានការរៀបចំ ឬកែតម្រូវតម្លៃដែលបណ្តាលមកពីការប្រែប្រួលរវាងសារ ឬប្រភពការប្រែប្រួលផ្សេងៗ ដែលបានដឹងពីមូលហេតុទាំងនោះរួចហើយ។

១.៦ ការត្រិះរិះពិចារណាចំពោះការអនុវត្តដែលអ្នកពិសោធន៍អាចធ្វើបានពិតប្រាកដ

គួពិចារណាចំពោះការអនុវត្តក្នុងន័យនេះសំខាន់ខ្លាំងណាស់ ព្រោះផែនការពិសោធន៍ជាការងារដែលគិតលើចំពោះនវានុវត្តន៍។ ការងារពិសោធន៍ខ្លះដែលឃើញថាល្អនោះតែមិនអាចយកមកអនុវត្តន៍បានក្នុងស្ថានភាពជាក់ស្តែងឡើយ។ តាមពិតចំណុចត្រង់នេះអ្នកពិសោធន៍ អាចដឹងបានល្អជាងអ្នកធ្វើផែនការណ៍ពិសោធន៍តួយ៉ាងដូចជា ការពិសោធន៍វាស់ក្លិនរសជាតិ (flavor) របស់ផលិតផលដោយធ្វើការភ្លក្ស។ ដោយអ្នកភ្លក្ស និងអាចវែកញែកក្លិនរសជាតិ ប្រសិនបើសំណាក (sample) ក្នុងការភ្លក្សមានលើសពីមួយលើក (ជាធម្មតាមិនលើស ៥ - ៦ សំណាក) បើមានសំណាកដែលធ្វើពិសោធន៍ ១៦ សំណាកមិនអាចធ្វើបានក្នុងរយៈពេលមួយថ្ងៃ ឬមួយលើកបានទេ។

ក្នុងករណីនេះយើងឃើញថា ចំពោះការអនុវត្តផែនការពិសោធន៍បែប Randomized complete block ដោយឲ្យអ្នកភ្លក្សធ្វើជាចំនួនសារ ឬប្លុកពេញលេញ (complete block) និងមិនបានលទ្ធផល។ គួរធ្វើបែបប្លុកមិនពេញលេញ (incomplete block) ដោយភ្លក្សម្នាក់តែ ១ ប៉ុណ្ណោះ (incomplete block)។ ទន្ទឹមគ្នានេះ ការពិសោធនេះមានផលប៉ះពាល់ដល់លទ្ធផល (residual effects) បណ្តាលមកពីសំណាកលើកទី១ ចំពោះសំណាកលើកទី២ ក៏សំខាន់ដែរ។ ដូច្នេះបើពិចារណាចំពោះការងារអនុវត្តន៍ និងផលប៉ះពាល់ចំពោះផែនការពិសោធន៍ដែលសមស្របគួរជាការងារ Balanced incomplete block ដូចជា balanced lattices ជាដើម។

គួយ៉ាងសម្រាប់ការពិសោធរុក្ខជាតិដែលច្បាស់លាស់ គឺការពិសោធស្រោចស្រពទឹកក្នុងកម្រិតផ្សេងៗគ្នា ចំពោះពូជស្រូវនីមួយៗ និងបង្ហាញថាផែនការពិសោធន៍សមស្របបំផុតគឺ Split-plot ដោយកម្រិតទឹកជា main plot ឬជាបច្ច័យនៃសារនោះ។ រីឯពូជស្រូវជា Sub-plot ឬជាចំនួនសារនៃបច្ច័យនោះ (ចំនួនសាក្នុងបច្ច័យនោះ)។ ទាំងនេះអ្នកពិសោធន៍នឹងអាចគ្រប់គ្រងកម្រិតទឹកស្រែដែលមានខ្នាតធំស្រួលជាងខ្នាតតូច។ ប្រសិនបើប្រើផែនការពិសោធប្រភេទផ្សេងៗ ដូចជា រៀបចំបច្ច័យបែបហ្វែកទ័ររៀល(factorial arrangement) ផែនការពិសោធន៍បែប Randomized complete block មានការលំបាកព្រោះយើងត្រូវ ខាន់ទប់ភ្លឺស្រែឲ្យមានស្មើៗ គ្នាគ្រប់ចំនួនសា ធ្វើបែបនេះវាងាយស្រួលចំពោះការថែរក្សា និងនាំឲ្យខាតបង់ថវិកាថែមទៀតផង។

១.៧ ការអនុវត្តចំពោះការងារពិសោធន៍

នៅពេលរៀបចំផែនការពិសោធន៍បានល្អ និងសមស្របបំផុតហើយ បន្ទាប់មករៀបចំដំណើរការពិសោធដោយប្រើវិធីសាស្ត្រ និងបច្ចេកទេសផ្សេងៗ ព្រមទាំងសម្ភារៈឲ្យបានសមស្រប និងត្រូវត្រួតពិនិត្យឲ្យបានល្អិតល្អន់។ ជួនកាលត្រូវមានការផ្លាស់ប្តូរវិធីសាស្ត្រ (method) ផងដែរ។ ប្រសិនមានការចាំបាច់ត្រូវមានកត់ត្រាទិន្នន័យផ្សេងៗ ជាពិសេសអ្វីដែលយើងបានដឹង ឬលក្ខណៈផ្សេងៗ និងជួយក្នុងការបកស្រាយ (interpretation) យ៉ាងប្រុងប្រយ័ត្ន។ គួរមានកំណត់ត្រាខ្លះៗ ដើម្បីជួយដល់ការសរុបពិភាក្សាលទ្ធផលការពិសោធ។ ប្រសិនមានភាពមិនប្រក្រតីកើតឡើងដូចជា ក្នុងរដូវកាលពិសោធន៍នោះមានទឹកលិចទីកន្លែងពិសោធន៍ខ្លះ ឬមានជំងឺកើតឡើងទីកន្លែងពិសោធន៍ ជាដើម។ កាន់តែសំខាន់ទៅទៀតនោះ គឺក្នុងកត់ត្រាទិន្នន័យគួរមានយ៉ាងតិច ២ ឈុតដើម្បីការពារការបាត់បង់ (ធ្វើកត់ត្រា ២ ឈុតការពារខូចខាត) បន្ទាប់មកយកមកវិភាគលទ្ធផលខាងស្ថិតិបាន។ ត្រង់ចំនុចដែលអ្នកពិសោធន៍មួយចំនួនអាចមើលមិនឃើញចំណុចសំខាន់ គួរតែមានការការពារទុកជាមុនល្អជាងជាពិសេសការងារដែលមានពេលកំណត់ដូចជា សារណាបទជាដើម។

១.៨ ភាពល្អិតល្អន់ក្នុងអនុវត្តន៍ការងារពិសោធន៍

ដូចដែលបានអធិប្បាយក្នុងចំណុច ១.៤.៣ ថាក្នុងការពិសោធដែលខ្វះភាពសមស្របក្នុងការអនុវត្តធ្វើឲ្យការប្រែប្រួលកើតឡើងបាន ដូច្នេះគួរមានចំនុចការអនុវត្តដូចតទៅៈ

១.៨.១ ក្នុងការពិសោធន៍នីមួយៗ គួរប្រើបច្ច័យផ្សេងៗ ដែលជ្រើសរើសមកសិក្សាឲ្យត្រឹមត្រូវតាមគោលបំណង ដូចជា ការពិសោធន៍សារជាតុគីមី ការពារជំងឺ និងសត្រូវដំណាំ អ្នកពិសោធន៍ត្រូវបាញ់ ឬប្រើសារជាតុគីមីនីមួយៗ ឲ្យមានកម្រិតស្មើៗគ្នាតាមកម្រិតដែលបានកំណត់។ ដើម្បីឲ្យទទួលបានលទ្ធផលផ្សេងៗតាមបច្ច័យនីមួយៗ មិនមែនបានមកពីការអនុវត្តមិនល្អនោះទេ ជាអាទិ៍ បច្ច័យដំបូងប្រើសារជាតុគីមីមិនបានសព្វល្អព្រោះក្បាលបាញ់ស្ទះ អ្នកពិសោធន៍ត្រូវត្រួតពិនិត្យ និងដោះស្រាយបំពង់បាញ់ថ្នាំឲ្យបានល្អមុនយកទៅប្រើបន្តទៀត។

១.៨.២ ព្យាយាមគ្រប់គ្រង ឬការពារបច្ច័យផ្សេងៗ ដែលមិនបានសិក្សាដែលបណ្តាលមានការប្រែប្រួលខុសប្លែកគ្នារវាងឯកតាពិសោធន៍។ ដូច្នេះដើម្បីលទ្ធផលរបស់បច្ច័យបង្ហាញចេញកាន់តែច្បាស់

ដែលមិនបណ្តាលមកពីកត្តាផ្សេងៗ អ្នកពិសោធន៍មិនបាច់វាស់លទ្ធផលដែលគ្មានការពាក់ព័ន្ធយកមកឡើយ។ ក្នុងការប្រៀបធៀបចំពោះពូជពោត គួរមានការដាក់ជីទ្រាប់បាតឲ្យបានសព្វល្អក្នុងបច្ច័យដែលធ្វើការពិសោធន៍នោះ ការដាំដុះដាំឲ្យបានស្មើគ្នា មានប្រវែងដាំ ប្រវែងដើម និងជួរតាមការកំណត់ទុក។

១.៨.៣ ការកត់ត្រាទិន្នន័យ ឬវាស់លទ្ធផលពិសោធន៍ ត្រូវជ្រើសរើសវិធីសាស្ត្រវាស់លទ្ធផលឲ្យបានស្មោះត្រង់ ឬជាក់លាក់មិនមានភាពលំអៀង ដូចជា ការវាស់កម្ពស់របស់ដើមថ្នាំជក់ត្រូវមានការក្តិចត្រួយឲ្យត្រូវតាមវិធីសាស្ត្រគ្រប់ដើមទាំងអស់ បន្ទាប់មកត្រូវវាស់ពីគល់ឡើងទៅចុងដោយឲ្យឈើម៉ែត្រជិតកៀកដើមថ្នាំជក់បំផុត។ ក្រៅពីនេះវាស់លទ្ធផលពិសោធន៍ ឬការកត់ត្រាទិន្នន័យ ត្រូវពិចារណាចំពោះវិធីកត់ត្រានៃប្រភេទទិន្នន័យនីមួយៗ គួរធ្វើបានយ៉ាងដូចម្តេច? ដូចជា ត្រូវជ្រើសសំណាក(sample) មកកត់ត្រាដើម្បីសន្សំពេលវេលា កម្លាំងពលកម្ម និងថវិកា និងគួរពិចារណាចំពោះទិន្នន័យអ្វីខ្លះដែលត្រូវកត់ត្រា ហើយមានប៉ុន្មាននៃឯកតានីមួយៗដែលជាសំណាកល្អបំផុត។

១.៨.៤ ព្យាយាមរកវិធីការពារ ឬកាត់បន្ថយភាពលំអៀង (error) ដែលកើតក្នុងការពិសោធឲ្យមានតិចបំផុតតាមដែលអាចធ្វើបាន ព្រោះថាបើមានភាពលំអៀងខ្លាំងធ្វើឲ្យការពិសោធមានជំនឿជាក់តិចបំផុត (sensitivity) ឬការប្រៀបធៀបនឹងថយចុះ ប៉ុន្តែទាំងនេះអាស្រ័យលើប្រភេទការពិសោធផងដែរ។

១.៩ ការកត់ត្រាទិន្នន័យ ឬវាស់លទ្ធផលបន្ថែម ដើម្បីឲ្យទិន្នន័យការសិក្សាកាន់តែល្អ

ការវាស់លទ្ធផលពិសោធន៍ ឬហៅថាការប្រមូលទិន្នន័យនោះ ជួនកាលត្រូវមានការវាស់លទ្ធផល ឬការកត់ត្រាទិន្នន័យផ្សេង ឬលក្ខណៈផ្សេងៗដែលពាក់ព័ន្ធ ឬអ្វីដែលយើងចាប់អារម្មណ៍ ដូចជា ការសិក្សាផលិតផល គួរប្រមូលទិន្នន័យរបស់សមាសភាគនៃទិន្នផល (yield component) ផងដែរ ដូចជា ដំណាំពោត អាចកត់ត្រាកម្ពស់ដើម កម្ពស់របស់ស្នៀតពោត ខ្នាតស្នៀត ចំនួនស្នៀត ខ្នាតគ្រាប់ ទម្ងន់គ្រាប់ ។ល។

ក្នុងករណីនេះការពិសោធនៅទីវាល អ្នកពិសោធន៍តែងតែជួបប្រទះជានិច្ចនូវគ្រប់ចំនួនសាអាចមានចំនួនដើមមិនគ្រប់ដូចកាលដាំលើកដំបូង ។ ដូច្នេះគួររាប់ចំនួនដើមក្នុងសារនីមួយៗ ឲ្យបានហ្មត់ចត់បំផុត។ នៅពេលវិភាគលទ្ធផលខាងស្ថិតិនឹងអាចវិភាគការប្រែប្រួលរួមដែរ (covariance analysis) គឺទាំងផលិតផល និងចំនួនដើមដែលផ្តល់ផលិតផលនោះ ដើម្បីវាយតម្លៃភាពខុសគ្នារវាងបច្ច័យពិត មិនបណ្តាលពីចំនួនដើមខុសគ្នា ។ ក្រៅពីនេះវាស់លទ្ធផលឬការកត់ត្រាទិន្នន័យមួយចំនួនមិនមែនជាលេខ ។ អ្នកពិសោធន៍អាចរកវិធីសាស្ត្រការប្រៀបធៀប ឬប្តូរទិន្នន័យនោះមកជាតួលេខដើម្បីយកមកវិភាគខាងស្ថិតិបាន ដូចជា ១ តាងឲ្យការធន់រោគល្អបំផុត ក្រៅពីនេះភាពធន់ថយចុះតាមលំដាប់រហូតដល់លេខ ៥ ដែលគ្មានភាពធន់នឹងជំងឺឡើយ ឬការវាស់គុណភាព ដូចជា គុណភាពស្លឹកថ្នាំជក់ដែលអាចកាត់ជាចំណាត់ថ្នាក់ស្លឹកផ្សេង (grad) ក៏ប្រើគោលការណ៍ឲ្យពិន្ទុតាមចំណាត់ថ្នាក់ស្លឹក ហើយគុណទម្ងន់ស្លឹកតាមថ្នាក់របស់ស្លឹកទាំងនោះ។ បន្ទាប់មកបូករួមលទ្ធផលគុណចូលគ្នាទាំងអស់ក្នុងមួយឯកតាពិសោធន៍ ឬរង ឬកូនស្រែ ឬឯកតាផែក និងទម្ងន់ស្លឹកថ្នាំទាំងអស់ក្នុងរង ឬឯកតា

ទាំងនោះ លទ្ធផលដែលទទួលបានគឺ សន្ទស្សន៍បង្ហាញពីគុណភាពស្លឹកថ្នាំ(grade index) របស់ឯកតាទាំងនោះជាដើម។

១.១០ ការវិភាគលទ្ធផលខាងស្ថិតិ

ការវិភាគទិន្នន័យមើលទៅមិនជាពិបាកណាស់ណាទេ អ្នកពិសោធន៍ ឬវិភាគតាមដំណើរការវិភាគលទ្ធផលតាមគោលការណ៍ផ្សេងៗ របស់ផែនការពិសោធន៍ទាំងនោះ។ តាមពិតទៅការវិភាគលទ្ធផលនេះមានសារៈសំខាន់ណាស់ដែរ ព្រោះថាករណីខ្លះអ្នកពិសោធន៍អាចនឹងត្រូវវិភាគលទ្ធផលដោយប្រើវិធីផ្សេងៗ ពីវិធីសាស្ត្រដែលបានគ្រោងទុកមុន ឬអាចត្រូវវិភាគលទ្ធផលបន្ថែមពីលើទៀត ដើម្បីប្រើជាចំណែកក្នុងការពិចារណាសរុបលទ្ធផល និងពិភាក្សាលទ្ធផលពិសោធន៍ដូចជា៖ ដើមឡើយមានការពិសោធ ៦ សារ ប៉ុន្តែខូចខាត ២សារ មានទិន្នន័យមិនគ្រប់ (មិនពេញលេញ) ក្នុងករណីនេះអ្នកវិភាគចាំបាច់ត្រូវកាត់ ២សារចេញ ដោយវិភាគតែ ៤ សា ប៉ុណ្ណោះ។ ការពិសោធមានច្រើនកន្លែង (location) ច្រើនរដូវកាល (season) អាចមានចំនួនសារផ្សេងគ្នា ឬជួនកាលផែនការពិសោធន៍ផ្សេងគ្នា។ នៅពេលវិភាគលទ្ធផលរួម(combined analysis) អ្នកវិភាគអាចប្រើវិធីវិភាគលទ្ធផលដោយតាមផែនការពិសោធន៍ឲ្យសមស្របបំផុត ដូចជា ក្នុងទីកន្លែងមួយប្រើផែនការពិសោធន៍បែបការេឡាតាំង (Latin Square) រីឯ ៣ កន្លែងទៀតប្រើផែនការពិសោធន៍បែប randomized complete block នៅពេលវិភាគលទ្ធផលរួមអាចគិតបែបតាមផែនការពិសោធន៍បែប randomized complete block ទាំង ៤ កន្លែងតែម្តង ជាដើម។

ករណីនេះទិន្នន័យមានការបាត់បង់បន្តិចបន្តួច អ្នកវិភាគអាចប្រើវិធីសាស្ត្រសម្រួលលទ្ធផល ឬប្រើវិធីស្វែងរកទិន្នន័យដែលបានបាត់បង់ (missing) នៅក្នុងតួលេខទាំងអស់នោះ ដែលមាននៅក្នុងវិធិសាស្ត្រពិសោធន៍នីមួយៗនោះ ឬអាចប្រើវិធីវិភាគការប្រែប្រួលរួម (covariance analysis) ប្រសិនបើទិន្នន័យដែលបានបាត់បង់មិនលើស ២០ ទិន្នន័យនៃទិន្នន័យទាំងអស់នោះ។

ក្នុងការវិភាគលទ្ធផលនេះ ប្រសិនបើអ្នកវិភាគលទ្ធផលពិសោធន៍ឃើញថាមានករណីខ្លះខុសពីធម្មតាឬមិនអាចទៅរួច (មិនប្រើជាការបាន) វិធីល្អបំផុតត្រូវមានការត្រួតទិន្នន័យ និងធ្វើការវិភាគទិន្នន័យសារជាថ្មី ដើម្បីឲ្យមានការជឿជាក់ពិតប្រាកដ ។ ព្រោះថាជួនកាលការធ្វេសប្រហែស ឬការកត់ត្រាទិន្នន័យខុសក៏អាចថាបានដែរ ។

១.១១ ការសរុប ឬសន្និដ្ឋានការពិសោធ

ការសរុបលទ្ធផលពិសោធន៍គួរសរសេរឲ្យងាយយល់ អាចពឹងផ្អែកលើតារាង និងក្រាហ្វិកជាចំណែកប្រកបដើម្បីងាយយល់ ព្រោះថាការមើលក្រាហ្វិកងាយយល់ជាងតារាងដែលមានតួលេខពិបាកយល់។ គួរមានកំណត់សម្គាល់ខ្លះៗ ទុកបកស្រាយ ប្រសិនបើអ្នកពិសោធន៍យល់ឃើញថា មានផលប៉ះពាល់ចំពោះការពិសោធ នោះគួរសង្កត់ធ្ងន់លើលទ្ធផលណាដែលមានប្រយោជន៍យ៉ាងដូចម្តេច? មានដំណោះស្រាយដូចម្តេច? ដើម្បីឲ្យអ្នកអាន ឬសិក្សាការងារនោះមានគំនិតងាយយល់បានល្អ ។

មេរៀនទី ២
គោលការណ៍សំខាន់ៗ ក្នុងការធ្វើពិសោធន៍
(PRINCIPLE OF EXPERMENTAL DESIGN)

គោលការណ៍ធំៗ នៃការរៀបចំធ្វើផែនការពិសោធន៍ ត្រូវរៀបចំធ្វើចំនួនសា (replication) ការចាប់ចៃដន្យ (randomization) និងការគ្រប់គ្រងភាពលម្អៀងដោយការចាប់ក្រុមនៃចំនួនសាក្នុងការធ្វើពិសោធន៍ (local control or error control by grouping of experimental units)។

២.១ ការរៀបចំចំនួនសា (replication)

ការរៀបចំនួនសា មានន័យថា អ្នកពិសោធន៍រៀបចំបច្ច័យ (treatment) ពិសោធន៍ នីមួយៗ ដាក់ក្នុងឯកតាពិសោធន៍ ឬកូនស្រែ (experimental unit) ច្រើនជាងមួយ។ ទាំងនេះមិនចាំបាច់រៀបចំនួនបច្ច័យស្មើគ្នានោះទេ។ អាចប្រើចំនួនសារផ្សេងគ្នាក៏បាន គឺអាស្រ័យលើភាពសមស្រប និងការពិចារណារបស់អ្នកពិសោធន៍។ ជាធម្មតាតែងតែប្រើចំនួនសារស្មើគ្នាដើម្បីងាយស្រួលក្នុងការវិភាគទិន្ន័យខាងស្ថិតិ។

មូលហេតុដែលគេត្រូវរៀបចំចំនួនសាមានដូចតទៅ៖

២.១.១ ដើម្បីអាចប៉ាន់ស្មានភាពលម្អៀងនៃការពិសោធ (Experimental Error)

ដូចដែលបាននិយាយមកពីខាងលើហើយថាភាពលម្អៀងនៃការពិសោធអាចវាយតម្លៃបានមកពីការប្រែប្រួល (variability) របស់ក្រុមឯកតាពិសោធន៍ផ្សេងៗ ដែលបានធ្វើការពិសោធដូចគ្នា ឬដែលគេហៅថា(variance; s^2)។ ភាពលម្អៀងនេះ នឹងធ្វើការពិសោធសាកល្បងភាពខុសគ្នារវាងបច្ច័យ (treatment differences) ពិសោធន៍។ ប្រសិនបើការពិសោធរៀបចំចំនួនសាត្រឹមតែមួយសា (ក្នុងករណីណាមួយ) អ្នកពិសោធន៍មិនអាចដឹងថា ភាពខុសគ្នារវាងបច្ច័យទាំងនោះកើតចេញមកពីលទ្ធផល ឬឥទ្ធិពលនៃបច្ច័យទាំងនោះ ឬកើនឡើងដោយសារការប្រែប្រួលដែលមាននៅក្នុងចំនួនសាដែលបានធ្វើការពិសោធទាំងនោះឡើយ។ ការធ្វើផែនការពិសោធមួយចំនួន ដូចជា Randomized Complete Block តាមបែបធម្មតា។ ប្រសិនបើគ្មានការរៀបចំចំនួនសារក៏មិនអាចធ្វើការពិសោធដឹងពីភាពខុសគ្នារវាងបច្ច័យបានឡើយ។ ព្រោះគ្មានអថេរ (សមាសភាគនៃនិទ្ទន័យនីមួយៗ) នៃភាពលម្អៀង (error term)។

២.១.២ ដើម្បីបន្ថែមភាពស្មោះត្រង់ (accuracy) នៃការពិសោធ

នៅក្នុងការពិសោធផ្សេងៗ អ្នកពិសោធន៍ត្រូវប្រាកដថា ទិន្នន័យ ឬតម្លៃលេខផ្សេងៗ ដែលបានកត់ត្រា ឬវាស់បានមកពីការពិសោធទាំងនោះជាតម្លៃរបស់សំណាក (sample) ដែលធ្វើការវាយតម្លៃ (estimator) ជាការវាយតម្លៃពិតប្រាកដរបស់ការប្រែប្រួលនៃប្រជាករ (population) តែប៉ុណ្ណោះ មានដូចជា ការប្រែប្រួលរបស់សំណាកនៃការពិសោធ (sample variance, S^2) ជាការវាយតម្លៃរបស់

ប្រជាករ (population variances; δ^2) ឬតម្លៃមធ្យមភាគរបស់សំណាក (sample Mean; $\bar{y}$) ជាការវាយតម្លៃនៃមធ្យមរបស់ប្រជាករ (population mean; μ) ជាដើម។ ទាំងនោះនៅពេលចំនួនសាមានកាន់តែច្រើន ឬចំនួនសំណាកដែលយកមកគណនាតម្លៃខាងស្ថិតិផ្សេងៗ មានកាន់តែច្រើន ឱកាសតម្លៃលេខខាងស្ថិតិបានមកពីសំណាកនៃតម្លៃលេខនីមួយៗ មានតម្លៃប្រហាក់ប្រហែលតម្លៃលេខរបស់ប្រជាករកាន់ខ្លាំងឡើង ព្រោះបណ្ដាលមកពីការពិសោធទាំងនោះ។ ជាធម្មតាអ្នកពិសោធន៍មិនចាំបាច់នាំយកប្រជាករទាំងអស់មកធ្វើការពិសោធន៍បានឡើយ។ ដូច្នេះការចាប់ចៃដន្យរបស់សំណាកមកពីប្រជាករឲ្យបានច្រើនបំផុតតាមដែលអាចធ្វើទៅបាន។ ព្រោះជាការបន្ថែមភាពជាក់លាក់នៃការពិសោធ ឬជាតម្លៃលេខខាងស្ថិតិផ្សេងៗ ដែលមិនមានភាពលម្អៀង ឬមិនអគតិ (unbias) ធ្វើឲ្យសរុបលទ្ធផលការពិសោធរបស់ប្រជាករទាំងនោះបានយ៉ាងត្រឹមត្រូវ និងមានភាពមិនលម្អៀងកាន់តែច្រើន ទើបការពិសោធទាំងនោះមានភាពជឿជាក់បាន។

២.១.៣ ដើម្បីបន្ថែមភាពជាក់លាក់ (precision) នៃការពិសោធ

ការបន្ថែមចំនួនសារដើម្បីឲ្យមានភាពស្មោះត្រង់ (accuracy) បន្ថែមទៀត និងមានភាពជាក់លាក់ក៏ថែមទៀតផងដែរ ដូចជា ការគណនារកមធ្យមភាគរបស់សំណាក ($\bar{y}$) របស់ប្រជាករណាមួយមកពីសំណាកជាច្រើនក្រុម។ តម្លៃមធ្យមភាគរបស់សំណាកទាំងនោះ អាចមានតម្លៃលេខស្រដៀងគ្នា។ ប្រសិនបើចំនួនសមាជិករបស់សំណាកនៃក្រុមនីមួយៗ មានច្រើន ដូច្នេះការពិសោធក៏មានចំនួនសារច្រើនដែរ។ តែបើមានការពិសោធស្រដៀងគ្នា (repetition) លទ្ធផលដែលទទួលបានក៏ស្រដៀងគ្នាដែរ ឬអាចនិយាយបានថា ការពិសោធនេះមានភាពជាក់លាក់កាន់តែខ្លាំង។ ក្រៅពីនេះនៅពេលបន្ថែមចំនួនសារ ភាពលម្អៀងមាត្រដ្ឋានរបស់មធ្យមភាគសំណាក (standard deviation of sample means ជួនកាលគេអាចហៅថា standard error, $S\bar{y}$) នឹងថយចុះនៅពេល $S\bar{y} = \frac{s}{\sqrt{n}}$ ដែល S គឺជាគម្លាតមាត្រដ្ឋានរបស់សំណាក (standard deviation of sample) ដែលស្មើនឹង $\sqrt{s^2}$ និង n គឺជាចំនួនសារ។ ទាំងនេះបង្ហាញថា $S\bar{y}$ ជាចំណែកនៃឫសទី២ របស់ចំនួនសារ នៅពេលចំនួនសារ ឬ n មានការកើនឡើង តម្លៃ $S\bar{y}$ នឹងថយចុះ។

តម្លៃ $S\bar{y}$ បញ្ជាក់ពីការប្រែប្រួលរបស់មធ្យមភាគសំណាក ($\bar{y}$) របស់បច្ច័យនៃការពិសោធផ្សេងៗ។ ដូច្នេះនៅពេល $S\bar{y}$ ថយចុះ។ តម្លៃមធ្យមភាគរបស់សំណាកនៃបច្ច័យ (treatment) ដែលបានមកនោះក៏មានភាពជឿជាក់ខ្ពស់ និងលទ្ធផលដែលទទួលបានមកពីការពិសោធនោះមានភាពជាក់លាក់កាន់តែខ្ពស់។

២.១.៤ ដើម្បីបន្ថយភាពលម្អៀងនៃការពិសោធ (Experimental Error)

ការបន្ថែមចំនួនសារនិងធ្វើឲ្យ degree of freedom (d.f.) របស់តម្លៃការប្រែប្រួល(error term) កាន់តែកើនឡើង។ ដូច្នេះការបន្ថែមចំនួនសារស្មើនឹងតម្លៃការប្រែប្រួល (variance) របស់ភាពលម្អៀងថយចុះ ដែលធ្វើឲ្យលទ្ធផលការពិសោធភាពវាងវៃ (sensitivity) ក្នុងការវាស់តម្លៃភាពខុសគ្នា

បានយ៉ាងល្អ ឬមានភាពវាងវៃក្នុងការប្រៀបធៀបកាន់តែខ្ពស់ និងអាចវាស់ភាពខុសគ្នាបានបន្តិចបន្តួចរវាងបច្ច័យបានកាន់តែល្អឡើង។

ម្យ៉ាងវិញទៀត ការបន្ថែមចំនួនសារនឹងធ្វើឲ្យភាពលម្អៀងបែបទី១ និង បែបទី២ (type I error and type II error) របស់ការពិសោធ ដែលជាលទ្ធផលធ្វើឲ្យភាពវាងវៃក្នុងការវាយតម្លៃ ឬ sensitivity កើនឡើងដូចដែលបាននិយាយមកពីខាងលើ។

២.១.៥ ការរៀបចំចំនួនសារ និងធ្វើឲ្យការសរុបលទ្ធផលការពិសោធបានយ៉ាងល្អ

ពីព្រោះថាការរៀបចំចំនួនសារជាពិសេសការពិសោធក្នុងទីវាលត្រូវប្រើផ្ទៃដីកាន់តែច្រើន។ នេះជាហេតុផលដែលធ្វើឲ្យទំហំការគ្រប់គ្រងបានគ្រប់ជ្រុងជ្រោយ ឬបានតំណាងតួយ៉ាងរបស់ដី (ដែលមានការប្រែប្រួលខុសគ្នា) បានល្អប្រសើរ។ ក្រៅពីនេះការរៀបចំចំនួនសារជាច្រើនដងក្នុងមួយឆ្នាំ និងច្រើនកន្លែង (location) ធ្វើឲ្យទទួលបានលទ្ធផលកាន់តែច្បាស់លាស់។ ព្រោះថា ពីមួយឆ្នាំទៅមួយឆ្នាំ ទីកន្លែងមានការប្រែប្រួល ឬមានភាពខុសគ្នារហូត។ ប្រសិនបើប្រើទិន្នន័យកន្លែងតែមួយ ឬរដូវតែមួយ អាចនឹងធ្វើឲ្យការសរុបលទ្ធផលការពិសោធកាន់ពិបាក មានចំពោះការពិសោធដែនបាននិយាយមកខាងលើនេះ។ ចំពោះការពិសោធក្នុងបន្ទប់ Lab ដូចគ្នាដែរ ប្រសិនបើមានការរៀបចំចំនួនសារដោយបុគ្គលដទៃ ឬស្ថានភាពទីកន្លែងផ្សេងគ្នាធ្វើឲ្យការសរុបលទ្ធផលកាន់តែល្អប្រសើរ។

២.២. ការពិចារណា ឬវិភាគចំនួនសា

ការពិចារណាចំនួនសារមានគោលការណ៍ដូចតទៅៈ

២.២.១ ភាពស្មោះត្រង់ (accuracy) និងភាពជាក់លាក់ (precision) ដែលមានចំពោះ ការងារពិសោធន៍ ប្រសិនបើបរិមាណនៃភាពខុសគ្នារបស់បច្ច័យមានចំនួនតិចតួច ឬអ្នកពិសោធន៍ត្រូវការវាស់តម្លៃលទ្ធផលភាពខុសគ្នាត្រឹមតែបន្តិចបន្តួច ត្រូវប្រើចំនួនសារកាន់តែច្រើន។ ដូចដែលបាននិយាយក្នុងចំណុច ២.១.២ - ២.១.៤។

២.២.២ គុណសម្បត្តិការជ្រើសរើសដោយចៃដន្យរបស់ឯកតា (sampling unit)ឬខ្នាត ឬជាចំនួនកូនស្រែវាស់ទិន្នន័យ និងចំនួនឯកតាពិសោធន៍ (experimental unit) ប្រសិនបើឯកតាទាំងពីរ ឬការពិសោធមានការប្រែប្រួលកាន់តែខ្លាំង ដូចជា រុក្ខជាតិបង្កាត់ពូជបែបលម្អងកាត់ (cross pollination crops) ឬដីដែលមានការប្រែប្រួលខុសគ្នាខ្លាំងក៏គួរប្រើចំនួនសារកាន់តែច្រើន។ ដើម្បីបានដំណាងរបស់បច្ច័យនីមួយៗ យ៉ាងពិតប្រាកដ ឬអាចវាស់ភាពខុសគ្នារវាងបច្ច័យបានយ៉ាងពិតប្រាកដ ដោយមិនបានបណ្តាលពីកត្តាដទៃ។

២.២.៣ ចំនួនបច្ច័យដែលត្រូវប្រើ ប្រសិនបើបច្ច័យមានតិចចំនួនសារត្រូវមានចំនួនសមល្មមដែលធ្វើឲ្យចំនួនកម្រិតសេរីភាព (degree of freedom; d.f.) របស់ភាពលម្អៀងឲ្យសមស្រប។ ជាធម្មតា d.f. របស់ភាពលម្អៀងមិនគួរតិចជាង១២។ ទាំងនេះប្រសិនបើតម្លៃ d.f. របស់ភាពលម្អៀងទាបប្រសិទ្ធភាពក្នុងការគណនារកភាពខុសគ្នារវាងបច្ច័យពិសោធន៍ក៏ទាបទៀតដែរ។ ព្រោះ

F-ratio របស់តារាងស្ថិតិ (ដែលប្រើសម្រាប់ប្រៀបធៀបតម្លៃ F-ratio ដែលគណនា)និងមានតម្លៃលេខខ្ពស់។ប្រសិនបើ d.f របស់ភាពលម្អៀងមានតម្លៃប្រហាក់ប្រហែលខ្ពស់ និងកាត់បន្ថយកំហុសឆ្គងក្នុងការជ្រើសរើសដោយចៃដន្យ (randomization) ជាផលដែលធ្វើឲ្យមានការប្រែប្រួល (variance) របស់ភាពលម្អៀង ឬតួចែកក្នុងការគណនា F-ratio ថយចុះ។ ដែលជាលទ្ធផលឲ្យ F-ratio ដែលគណនាបានខ្ពស់ឡើង។

២.២.៤ ប្រភេទនៃការធ្វើគម្រូប្លង់ រួមទាំងខ្នាតនិងរូបបែបរបស់កូនស្រែពិសោធន៍ គម្រូការពិសោធប្រភេទនីមួយៗមានគោលការណ៍បែងចែកប្រែប្រួលពីប្រភពផ្សេងៗ និងគោលការណ៍គណនារក d.f របស់ភាពលម្អៀងផ្សេងៗគ្នា។ ប្រសិនបើគម្រូប្លង់ល្អ ខ្នាត និងរូបបែបសមស្រប (ជាពិសេសការងារពិសោធន៍នៅក្នុងស្រែខ្នាតនិងរូបបែបរបស់ប្លង់ពិសោធន៍សំខាន់ណាស់) ចំនួនសាមិនបាច់ច្រើនពេក។

២.២.៥ កត្តាផ្សេងៗ ដូចជា ផ្ទៃដីក្នុងការពិសោធន៍ ថវិកា កម្លាំងពលកម្ម រហូតដល់វត្ថុជាតុដើមក្នុងការពិសោធ។ កត្តាទាំងនេះហើយដែលមានតួកំណត់របស់ការងារពិសោធន៍ផ្ទាល់ថាគួរមានចំនួនសារបានមិនលើសពីប៉ុន្មាន។

២.៣ ការគណនាចំនួនសា

ដូចដែលបាននិយាយពីខាងលើថាចំនួន d.f របស់ភាពលម្អៀងមិនគួរតិចហួសពេកអ្នកពិសោធន៍អាចមានវិធីពិសោធន៍មានចំនួនសារច្រើនជាងវិធីដែលងាយនិយមប្រើវិធី statistic t

លោក W.T Federe (1955) បានស្នើរូបមន្តដូចខាងក្រោម៖

$$r = (2t_\alpha^2 s^2)/d^2 \quad (1)$$

ដែល r = ចំនួនសារ

t_α = តម្លៃ t (t. table) ដែលមើលបានពីតារាងស្ថិតិរបស់ (a)

S^2 = ជាការវាយតម្លៃរបស់តម្លៃ error variance(b^2) ដែលអ្នកពិសោធន៍អាចមើលបានពីការពិសោធមុនៗដែលមានលក្ខណៈប្រហាក់ប្រហែលគ្នា

d = ភាពខុសប្លែករវាងតម្លៃមធ្យមភាគរបស់បច្ច័យដែលអ្នកពិសោធន៍ត្រូវការត្រួតពិនិត្យឲ្យបានហ្មត់ចត់ ប្រសិនបើត្រូវការវាស់វែងឲ្យល្អិតកាន់តែខ្លាំងគឺអាចវាស់ភាពខុសគ្នាបានត្រឹមបន្តិចបន្តួចក៏ត្រូវប្រើតម្លៃ d បន្តិច។ តម្លៃ d នេះអ្នកពិសោធន៍កំណត់ដោយខ្លួនឯង។

លោក W.H Hathaway(1961) បានកែប្រែរូបមន្តដែលណែនាំដោយលោក W.G Cochrane G.H Cox(1957) ដែលមានលក្ខណៈប្រហាក់ប្រហែលគ្នារបស់លោក W.T Federer ដូចតទៅ៖

$$r \geq [2c^2(t_1 + t_2)^2]/d^2 \qquad (2)$$

ដែល r = ជាចំនួនសា

C = Coefficient of variation (C.V) ដែលអ្នកពិសោធន៍បានលើការពិសោធលើកមុន

t_1 = តម្លៃ t (t. table) ដែលលំដាប់អាចទៅបាន (∝) ដោយប្រើ d.f របស់ភាពលម្អៀង (error term)

t_2 = តម្លៃ t មើលពីតារាង ដោយបើកមើលលំដាប់អាចទៅបាន (∝) = 2(1-p)និងប្រើ d.f របស់ភាពលម្អៀងដែល P = Probability ដែលការពិសោធបញ្ជាក់ពីការសាកល្បងនិងបង្ហាញពីភាពខុសគ្នាខាងស្ថិតិ(Significant result)

d = បរិមាណខុសគ្នារវាងបច្ច័យដែលត្រូវពិសោធន៍ដោយប្រើជាភាគរយ (percent) របស់តម្លៃមធ្យមភាគ(mean)។

តាមវិធីរបស់លោក Federer និង Hathaway ដែលបាននិយាយមកខាងលើមានការគណនាប្រហាក់ប្រហែលគ្នាពោលគឺអ្នកពិសោធន៍ដឹងពីតម្លៃលេខផ្សេងៗនៅក្នុងសមីការលើកលែងតែតម្លៃមាន ២ គឺតម្លៃ r និង t ។រីឯចំនួន d.f របស់ភាពលម្អៀងដែលនិងប្រើតម្លៃ t ពីតារាងនោះគឺអាស្រ័យទៅលើចំនួនសារឬតម្លៃrដូច្នេះដំណាក់កាក្នុងការគណនាមានដូចតទៅ៖

២.៣.១ ឧទារហរណ៍ d.f របស់ error ។

២.៣.២ បើកមើលតម្លៃ t ក្នុងតារាងស្ថិតិ (t. table) តាមលំដាប់ដែលអាចទៅបាន (អាល្ហា) តាមតម្រូវការ ដូចជា អាល្ហា = 0.0៥ ដែលមាននៅក្នុងឧទាហរណ៍ចំណុច (២.៣.១)។

២.៣.៣ ជំនួសតម្លៃ tដែលបាននៅក្នុងសមីការនិងបានតម្លៃលំដាប់លេខរបស់ចំនួនសារឬ r_1។

២.៣.៤ ប្រើតម្លៃ r_1 គណនារក d.f របស់ error បន្តទៀត (តាមប្រភេទឬវិធីគណនា) d.f error របស់វិធីពិសោធន៍ទាំងនោះ។

២.៣.៥ បើកមើលតម្លៃ t ពីតារាងស្ថិតិដោយប្រើ d.f ដែលបានមកពីត្រង់ចំណុច (២.៣.៤)។

២.៣.៦ ជំនួសតម្លៃ t ត្រង់ចំណុច (២.៣.៥) នៅក្នុងសមីការ គណនាបានតម្លៃ r_2។

២.៣.៧ ប្រៀបធៀបតម្លៃ r_1 និង r_2 ប្រសិនបើ $r_1 = r_2$ ក៏សរុបចំនួនសារបានដោយភ្លាមៗ ប្រសិនបើ $r_1 \neq r_2$ ក៏គណនារកចំនួន r_3 ដោយគណនាប្រហាក់ប្រហែលនិងការគណនារក r_2 គឺចំណុច ១.៣.៤ - ១.៣.៦។

២.៣.៨ ប្រៀបធៀបតម្លៃ r ដែលអាចគណនាបានមកពីខាងដើមរហូតបានតម្លៃ r ស្មើគ្នា $r_3 = r_2$ ជាដើម។ ជាធម្មតាការគណនារកចំនួនសារនេះនិងប្រើវិធីគណនាប្រហែល៣ដង (r_3) និងបានចំនួនសារដែលសមស្របជាមួយការពិសោធទាំងនោះ។

ឧទាហរណ៍ ១៖ គម្រោងការប្រៀបធៀបពូជពោតប្រើវិធីពិសោធន៍បែបកចាប់ចៃដន្យប្លុកពេញលេញ (Randomize Complete Block Design) ដើម្បីសាកល្បងពូជពោតចំនួន ១០ពូជ។ អ្នកពិសោធន៍ត្រូវការវាស់ភាពខុសគ្នានៃតម្លៃមធ្យមភាគរបស់ទិន្នផលរវាងពូជ មិនទាបជាង ២៥%ឬតម្លៃខុសគ្នាដែលមានតម្លៃប្រហែល ២៥% របស់តម្លៃមធ្យមភាគ ប្រើលំដាប់ដែលអាចទៅបាន អាល្ហា = 0.0៥ ដោយសង្ឃឹមថាឱកាសដែលបានត្រួតពិនិត្យនេះបញ្ជាក់ពីភាពខុសគ្នាខាងស្ថិតិ ៤/៥ លើក (អាល្ហា=

៨៥%) បានមកពីបទពិសោធន៍ក្នុងការពិសោធលើពូជពោតអ្នកពិសោធន៍បង្ហាញថា C.V. មានតម្លៃស្មើ១២%ឲ្យរកចំនួនសារដែលសមស្របក្នុងការពិសោធនេះ។

វិធីគណនាចំនួនសារដែលសមស្របក្នុងការពិសោធ

C	=	12	
d	=	25	
p	=	4/5	= 0.8
ពូជ(បច្ច័យ)	=	10	

លំដាប់ដែលអាចទៅបាន 0.05

ដំណាក់កាលការគណនា

ក. ឧទាហរណ៍តម្លៃ d.f. របស់ error, n

ឧទាហរណ៍តម្លៃ n = 30

ខ. គណនារក t_1

បើកមើលតារាង t_1 ពីតម្លៃស្ថិតិពីលំដាប់ទី d.f. = ៣០ ប្រើលំដាប់ ០.០៥ បានតម្លៃលេខ t_1 = 2.042

គ. គណនារក t_2

ដោយ P = 0.8

ដូចនេះលំដាប់ដែលអាចទៅបានបើកមើលតម្លៃ t_2ពីតារាងគឺ ២(១-០.៨) = ០.៤ នៅលំដាប់ d.f. = ៣០ និងបានតម្លៃ t_2 =០.៨៥៤

ឃ. គណនារក r_1

បានពីសមីការទី ២

$$r \geq [2c^2(t_1 + t_2)^2]/d^2$$

ដូច្នេះ $= [2(12)^2(2.042 + 0.854)^2]/(25)^2$

$= [288(8.386816)]/625 = 3.9$

$r = 3.9 \approx 4$

ង. គណនារក d.f. របស់ error, n

ផែនការពិសោធបែប randomized complete block

n = (ចំនួន treatment - 1)(ចំនួន replication - 1)

ដូច្នេះ n = (10 - 1)(4 - 1) = 27

ច. គណនារក t_1

បើកមើលតម្លៃ t_1ពីតារាង t នៅលំដាប់ដែលអាចទៅបាន 0.05

ប្រើ d.f. = 27

បានតម្លៃ t_1 = 2.052

ឆ. គណនារក t_2

បើកមើលតម្លៃ t_2 ពីតារាង t នៅលំដាប់ដែលអាចទៅបាន 0.4

ប្រើ d.f. = 27

បានតម្លៃ $t_2 = 0.855$

ជ. គណនារក r_2

$r_2 \geq [2(12)^2(2.052 + 0.855)^2]/(25)^2 = 3.9$

$r_2 = 3.9 \approx 4$

ដោយ $r_1 = r_2$

ដូចនេះសរុបបានថាចំនួនសារដែលសមស្របគឺ 4

២.៤ ការចាប់ចៃដន្យ (randomization)

ការចាប់ដោយចៃដន្យជាវិធីមួយ (ជាវិធីសាស្ត្រដ៏ល្អបំផុត) ដែលទទួលស្គាល់បានថាក្នុងបច្ច័យនីមួយៗ ត្រូវរៀបចំដាក់ជាឯកតាបានត្រឹមត្រូវ និងទៀងត្រង់។ ដូច្នេះឥទ្ធិពលដែលមកពីកត្តាផ្សេងៗជាប្រភពរបស់ភាពលម្អៀងចំពោះបច្ច័យនីមួយៗ បានដោយសារការជ្រើសរើសដោយចាប់ចៃដន្យ។ វិធីជ្រើសរើសដោយចាប់ចៃដន្យ និងទីកន្លែង ឬឱកាសនឹងប្រើប្រាស់ចំពោះការជ្រើសរើសដោយចាប់ចៃដន្យអាស្រ័យលើប្រភេទនៃការពិសោធ។

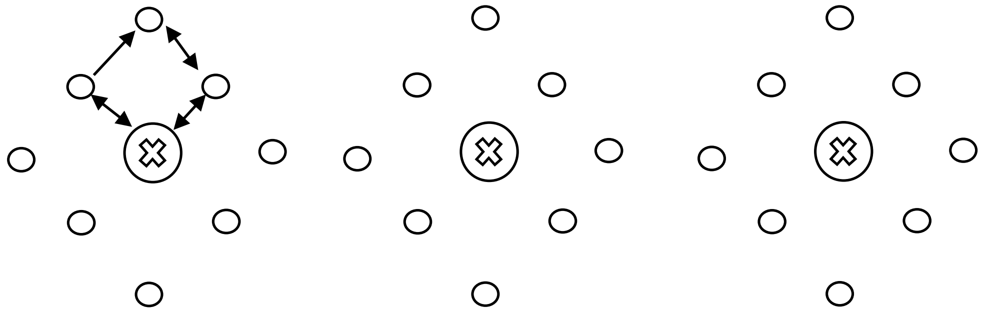
ប្រយោជន៍នៃការជ្រើសរើសដោយចាប់ចៃដន្យអាចសរុបបានដូចតទៅ៖

២.៤.១ ការចាប់ចៃដន្យជួយបន្ថែមប្រសិទ្ធភាពក្នុងការប៉ាន់ស្មានតម្លៃលម្អៀងនៃការពិសោធ (experimental error) ភាពលម្អៀងនៅក្នុងការពិសោធអាស្រ័យលើភាពខុសគ្នា ឬការប្រែប្រួលនៃឯកតាពិសោធន៍ (experimental unit) ផ្សេងៗ ដែលបានមកពីបច្ច័យដូចគ្នា។ ដូចនេះការប៉ាន់ស្មានតម្លៃលម្អៀងនេះនឹងមានប្រសិទ្ធភាពនៅពេលឯកតានៃការពិសោធបានមកពីបច្ច័យតែមួយដែលពង្រាយពាសពេញនៅក្នុងការពិសោធទាំងនោះ។ ដូច្នេះបើគិតជាមធ្យម ឯកតាពិសោធន៍ដែលនៅជិតគ្នា ឬដូចគ្នានឹងមានលទ្ធផលប្រហាក់ប្រហែលគ្នាច្រើនជាងឯកតាដែលនៅឆ្ងាយពីគ្នា ឬដែលខុសគ្នា។ ឧទាហរណ៍៖ កូនទី១ និងកូនពៅ។ ដូច្នេះដើម្បីកាត់បន្ថយបញ្ហាទាំងនេះអ្នកពិសោធន៍គួរជ្រើសរើសការចាប់ចៃដន្យចំពោះបច្ច័យដាក់ក្នុងឯកតាផ្សេងៗ ដើម្បីឲ្យបច្ច័យនីមួយៗ នៅទីណាក៏បានក្នុងតំបន់ដែលយើងពិសោធន៍ (ទាំងនេះដើម្បីព្យាយាមកាត់បន្ថយការប្រែប្រួលពីប្រភពដែលគ្មានការគ្រប់គ្រង ឬមិនបានដឹងមូលហេតុមកពីមុន)។

២.៤.២ ការចាប់ចៃដន្យជួយកំចាត់ភាពលម្អៀង (bias) ឬភាពមិនសមស្របក្នុងបច្ច័យផ្សេងៗ ក្នុងឯកតានៃការពិសោធ ជាធម្មតាប្រសិនបើគ្មានការជ្រើសរើសដោយចាប់ចៃដន្យ ភាពលម្អៀងនឹងកើតមានឡើងជានិច្ច។ ដែលអាចហៅបានថា ភាពមិនសមស្របបណ្តាលមកពីប្រព័ន្ធការរៀបចំ (systematic bias) ដូចជា កូនដំបូងទទួលបានថវិកាចាយមុន រីឯកូនពៅបានទទួលចំណែកដែលនៅសល់។ ដូច្នេះ ដើម្បីឲ្យគ្រប់បច្ច័យមានឱកាសស្មើគ្នាទាំងអស់ដែលមាននៅក្នុងឯកតាណាមួយក៏បាន អ្នកពិសោធន៍ត្រូវប្រើវិធីសាស្ត្រការចាប់ចៃដន្យជាពិសេសការ

ពិសោធដែលមានការធ្វើចំនួនសា។ ការចាប់ចៃដន្យនឹងជួយកាត់បន្ថយភាពលម្អៀង ឬភាពមិនសមស្របបានយ៉ាងច្រើន។

ទោះជាយ៉ាងណាក៏ដោយអ្នកពិសោធន៍ត្រូវស្វែងយល់ពាក់ព័ន្ធនឹងការចាប់ចៃដន្យ ព្រោះការងារពិសោធន៍មួយចំនួននោះមិនអាចប្រើវិធីសាស្ត្រការចាប់ចៃដន្យយ៉ាងសំបូរបែបបានទេ ឬមានការរៀបចំមិនបានសមស្រប។ ឧទាហរណ៍ ក្នុងការសិក្សាប្រព័ន្ធឫសរុក្ខជាតិដែលប្រើប្រវែងដាំផ្សេងៗ គ្នា ដោយប្រើប្រាស់សម្ភារៈចោះដីដែលមានឫសរុក្ខជាតិនោះមកសិក្សាមើលថា ឫសមានការលូតលាស់ទៅកន្លែងណាខ្លះ (ទាំងផ្នែកដេកទាំងផ្នែកឈរ)។ បានបង្ហាញថា មិនអាចចាប់ចៃដន្យបាន ប៉ុន្តែត្រូវធ្វើចោះដោយរៀបចំជាប្រព័ន្ធ គឺ ក្នុងរណ្តៅនីមួយៗ ត្រូវមានគម្លាតឃ្លាតពីគ្នា មានរូបដូចខាងក្រោម៖



រូបទី ២.១ ឧទាហរណ៍បង្ហាញពីការចោះដី ដើម្បីសិក្សាប្រព័ន្ធឫសរុក្ខជាតិ

0 រណ្តៅដែលបានចោះ

X ដើមរុក្ខជាតិ

មានន័យថា កាត់ដើមរុក្ខជាតិរួចហើយធ្វើការចោះរណ្តៅ

ឧទាហរណ៍ នេះបង្ហាញយ៉ាងច្បាស់លាស់អ្នកពិសោធន៍ត្រូវយល់ពីរបៀបក្នុងការពិសោធ និងការចាប់ចៃដន្យឲ្យបានសមស្របនឹងការងារពិសោធន៍នោះ។ លោក W.G Cochran និង G.M cox (1957) បាននិយាយថា ការចាប់ចៃដន្យប្រៀបដូចជា ការធានានូវអាយុជីវិត ឬការធានានូវសុវត្ថិភាព គឺអ្នកធ្វើជានារ៉ាប់រងទុកដើម្បីការពារហេតុការណ៍ដែលកើតឡើង។ ប្រសិនបើហេតុការណ៍នោះកើតឡើងវាមិនធ្ងន់ធ្ងរដែរ។

២.៥ ការគ្រប់គ្រងភាពលម្អៀងដោយការរៀបចំក្រុមឯកតាពិសោធន៍ (local control or error control by grouping of experimental unit)

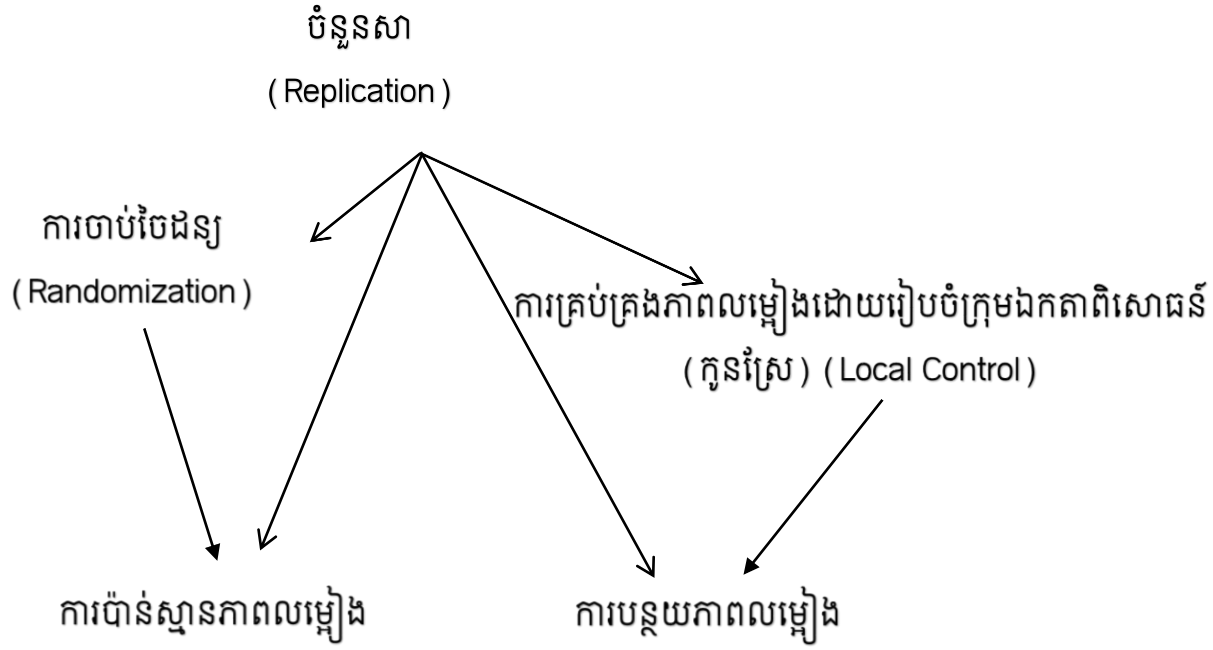
ការគ្រប់គ្រងភាពលម្អៀង (error) ដោយធ្វើការរៀបចំឯកតាពិសោធន៍ក្នុងន័យនេះមានន័យថា ការរៀបចំក្រុមរបស់ឯកតាពិសោធន៍ មានលក្ខខ័ណ្ឌកំណត់មួយចំនួនក្នុងការចាប់ចៃដន្យនៃបច្ច័យនីមួយៗ។ ទាំងនេះដើម្បីអាចគ្រប់គ្រង ឬអាចដឹងពីប្រភពដែលធ្វើឲ្យកើតភាពប្រែប្រួល និងញែកចេញ

ពីភាពលម្អៀងក្នុងការពិសោធឲ្យសល់តែភាពលម្អៀងរបស់ការពិសោធដែលពិតប្រាកដដោយគ្មានការពាក់ព័ន្ធជាមួយកត្តាផ្សេងៗ ដែលមានផលធ្វើឲ្យកើតការប្រែប្រួល និងការពិសោធមានប្រសិទ្ធភាពខ្ពស់។ ប្រសិនបើពិចារណាឲ្យបានល្អឃើញថា ការរៀបចំក្រុមនេះអនុលោមតាមបែបការពិសោធដែលមានលក្ខណៈការរៀបចំបច្ច័យក្នុងឯកតាបែបផ្សេងៗ គ្នា។ មនុស្សមួយចំនួនបាននិយាយថា Local control ជាពាក្យស្រដៀងជាមួយផែនការពិសោធ(experimental design)។

ការរៀបចំក្រុមនៃឯកតាពិសោធន៍វាពាក់ព័ន្ធជាមួយការរៀបចំប្លុក (block)។ ដែល ប្លុក មានន័យថាជាក្រុមរបស់ឯកតាក្នុងការពិសោធមួយក្រុម។ ***ការរៀបចំប្លុកមានគោលបំណងឲ្យឯកតាកពិសោធន៍ប្លុកនីមួយៗ មានកាលានុវត្តភាពបំផុត ឬមានភាពខុសគ្នាតិចបំផុត*** ដូចជា នៅក្នុងវាលស្រែអាចមានផ្ទៃដីមានលក្ខណៈដូចគ្នា ឬមានភាពជម្រាលដូចគ្នា និងចំនួនប្លុកមានភាពខុសគ្នាបាន។ រីឯរវាងប្លុកឲ្យមានភាពខុសគ្នាបាន។ ដូច្នេះភាពខុសគ្នារវាងឯកតាពិសោធន៍នៅក្នុងប្លុកនីមួយៗ គឺបណ្តាលមកពីកត្តាមួយចំនួនដែលមិនអាចគ្រប់គ្រងបាន ឬបានដឹងអាចញែករហូតដល់ញែកបានជាក់ស្តែង ដែលមានរួមជាមួយក្នុងភាពលម្អៀងរបស់ការពិសោធ។ ក្នុងការរៀបចំក្រុមដែលល្អ បង្ហាញថាតម្លៃភាពលម្អៀងនៃការពិសោធនឹងថយចុះជាងករណីរៀបចំក្រុមមិនបានត្រឹមត្រូវ។ ក្នុងការវិភាគលទ្ធផលខាងស្ថិតិដោយវិធីវិភាគការប្រែប្រួល (analyzsis of variance) ឥទ្ធិពលរបស់ប្លុកត្រូវបានញែកចេញពីឥទ្ធិពលរបស់បច្ច័យ និងភាពលម្អៀងរបស់ការពិសោធ ដែលហេតុធ្វើឲ្យអ្នកពិសោធន៍អាចគ្រប់គ្រង ឬញែកភាពលម្អៀងបានល្អប្រសើរ។

ក្នុងការរៀបចំបច្ច័យការពិសោធក្នុងឯកតាពិសោន៍នៃប្លុកនីមួយៗ នោះ មានភាពខុសគ្នា គឺអាស្រ័យលើផែនការពិសោធន៍ (experimental design) ដូចដែលបាននិយាយមកខាងលើ ក្នុងផែនការពិសោធន៍បែបងាយៗ ដូចជា Randomized Complete Block Design ក្នុងប្លុកនីមួយៗ ត្រូវមានគ្រប់បច្ច័យ។ ប្លុកបែបនេះហៅថា " ប្លុកពេញលេញ" (complete block) ក្នុងមួយសារ៉េ មានគ្រប់បច្ច័យ (treatment)។ ផែនការពិសោធន៍ខ្លះមានបច្ច័យមិនគ្រប់ប្លុក ឬក្នុងប្លុកគ្មានបច្ច័យគ្រប់។ ប្លុកប្រភេទនេះហៅថា "ប្លុកមិនពេញលេញ" (incomplete block)។ គេប្រើប្រាស់ប្លុកមិនពេញលេញបែបនេះ គឺមានហេតុផលថា មិនឲ្យខ្នាតរបស់ប្លុកធំហួសពេក ព្រោះធ្វើឲ្យការគ្រប់គ្រងភាពលម្អៀងគ្មានប្រសិទ្ធភាព។

២.៦ សម្ព័ន្ធភាពរវាងការរៀបចំចំនួនសារ (replication) ការចាប់ចៃដន្យ (randomization) និងការគ្រប់គ្រងភាពលម្អៀងដោយការរៀបចំក្រុមឯកតាពិសោធន៍ (Local control) ដែលមានចំពោះភាពលម្អៀងក្នុងការពិសោធ បង្ហាញដូចខាងក្រោម៖



រូបទី២.២ បង្ហាញពីសម្ព័ន្ធភាពនៃការរៀបចំចំនួនសារ ការចាប់ចៃដន្យ និងការគ្រប់គ្រងភាពលម្អៀងដោយការរៀបចំឯកតាពិសោធន៍ (កូនស្រែ) ចំពោះភាពលម្អៀង

បញ្ជាក់ឲ្យឃើញថា ការរៀបចំចំនួនសាមានសារៈសំខាន់យ៉ាងខ្លាំងគឺថែមទាំងអាចប៉ាន់ស្មានភាពលម្អៀងយ៉ាងមានប្រសិទ្ធិភាព និងការកាត់បន្ថយភាពលម្អៀង។ ក្រៅពីនេះក៏មានសម្ព័នភាពក្នុងការចាប់ចៃដន្យនៃឯកតាពិសោធន៍។ ដូច្នេះ អ្នកពិសោធន៍ត្រូវពិចារណាអំពីការរៀបចំចំនួនសាជាពិសេស។ ទោះជាយ៉ាងណាក៏ដោយប្រសិនបើ មានការបន្ថែមចំនួនសាឲ្យកាន់តែច្រើនត្រូវប្រើវត្ថុធាតុដើម ឬឧបករណ៍ក្នុងការពិសោធ (experimental material) កាន់តែច្រើនផងដែរ។ ធ្វើឲ្យការអនុវត្តការងារពិសោធន៍មិនងាយស្រួល ឬមិនមានកាលានុវត្តភាពហើយលទ្ធផលដែលបានមកគ្មានប្រសិទ្ធភាពដូចដែលការប្រើប្រាស់ចំនួនសាសមរម្យ ឬមានចំនួនសាមិនច្រើនពេក។

មេរៀនទី ៣
ផែនការពិសោធន៍បែបចាប់ចៃដន្យពេញលេញ
(COMPLETELY RANDOMIZED DESIGN, CRD)

ផែនការពិសោធន៍នេះជាផែនការពិសោធន៍បែបងាយបំផុត ដោយបច្ច័យនីមួយៗ រៀបចំក្នុងឯកតាពិសោធន៍ ឬកូនស្រែ (experimental unit)។ ទាំងនេះជាផែនការពិសោធន៍បែបចាប់ចៃដន្យពេញលេញ។ ផែនការពិសោធន៍បែប CRD មិនសមស្របចំពោះការងារពិសោធន៍នៅទីវាល (ដំណាំចម្ការ) ឬការងារពិសោធន៍ខ្លះប្រើប្រាស់វត្ថុធាតុដើម ឬឧបករណ៍ការពិសោធ (experimental material) ដែលធ្វើឲ្យមានការប្រែប្រួលខ្លាំងឡើង។

CRD អាចប្រើជាមួយផែនការពិសោធន៍ដែលមានចំនួនបច្ច័យច្រើនបាន និងបច្ច័យនីមួយៗ មិនចាំបាច់ប្រើឯកតាពិសោធន៍ ឬចំនួនសាពិសោធន៍ស្មើគ្នានទេ (តែជាធម្មតាប្រើស្មើគ្នា ងាយស្រួលក្នុងការវិភាគទិន្នន័យខាងស្ថិតិ) ដូច្នេះ នៅក្នុងករណីនេះ អ្នកពិសោធន៍មានសម្ភារៈក្នុងការពិសោធតាមចំនួនកំណត់។ ហើយផែនការស្រាវជ្រាវបែប CRD អាចប្រើជាប្រយោជន៍បានយ៉ាងងាយផងដែរ។

៣.១ គុណសម្បត្តិ និងគុណវិបត្តិ CRD

គុណសម្បត្តិ CRD មានភាពបត់បែនទាំងចំនួនបច្ច័យ និងឯកតាពិសោធន៍ ដែលបានរៀបចំក្នុងបច្ច័យនីមួយៗ។ ការរៀបចំផែនការពិសោធន៍ក៏មានភាពងាយស្រួល និងនៅពេលមានទិន្នន័យបាត់បង់ ឬរក្សាទុកមិនបាន (missing data) ក៏គ្មានផលប៉ះពាល់ចំពោះការពិសោធណាស់ណាដែរ។ ក្រៅពីនេះការវិភាគទិន្នន័យខាងស្ថិតិក៏ងាយស្រួល មានចំនួន degree of freedom របស់ភាពលម្អៀងច្រើនជាងការពិសោធបែបដទៃ។

គុណវិបត្តិ CRD មានការប្រើប្រាស់បានល្អចំពោះសម្ភារៈ ឬឧបករណ៍ពិសោធន៍ ព្រមទាំងឯកតាពិសោធន៍ផ្សេងៗ ទៀត មានកាលានុវត្តភាពយ៉ាងសមស្រប (homogeneous)។

៣.២ ការចាប់ចៃដន្យ និងការរៀបចំប្លង់ពិសោធន៍

ការចាប់ចៃដន្យត្រូវបានពិចារណាចំនួនបច្ច័យដែលមានទាំងអស់ថា មានចំនួនប៉ុន្មាន ? បន្ទាប់មកធ្វើការរៀបចំចំនួនបច្ច័យដាក់ក្នុងឯកតាពិសោធន៍ (ចំនួនឯកតាពិសោធន៍ស្មើនឹងបច្ច័យទាំងអស់) ដោយអាស្រ័យលើតារាងការចាប់ចៃដន្យ ឬសន្លឹកឆ្នោត ជាដើម។

ឧទាហរណ៍៖ អ្នកពិសោធន៍មាន ៤ បច្ច័យ គឺ ក, ខ, គ និង ឃ មានចំនួន ៤ សារ។ ដូច្នេះត្រូវប្រើបច្ច័យទាំងអស់ ១៦ ឯកតាពិសោធន៍ ដោយត្រូវសរសេរលេខ ១ ដល់លេខ ១៦ រីឯបច្ច័យដែលត្រូវប្រើសម្រាប់ការចាប់ចៃដន្យសរសេរអក្សរ ក, ខ, គ និង ឃ ដាក់ក្នុងក្រដាស ឬកំប៉ុងតូច ចំនួន ៤ ឈុត។ បន្ទាប់មកមូលក្រដាសដាក់ក្នុងកំប៉ុង និងក្រឡុកឲ្យសព្វ រួចហើយលូកដៃចាប់សន្លឹកឆ្នោតនោះម្តងមួយៗ សន្លឹក។ សន្លឹកដំបូងត្រូវរៀបចំបច្ច័យដែលបានសរសេរក្នុងសន្លឹកឆ្នោតនោះដាក់ក្នុងឯកតា

ពិសោធន៍លេខ ១ បន្ទាប់មកក៏ចាប់យកសន្លឹកឆ្នោតបន្តទៀត (ចាប់ត្រឹមតែ ១៥ សន្លឹក និងថយចុះជាបន្តបន្ទាប់ តាមលំដាប់) ធ្វើរបៀបនេះរហូតគ្រប់ ១៦ សន្លឹក នឹងបានគ្រប់ឯកតាពិសោធន៍។

ឧទាហរណ៍៖ ប្រសិនបើការងារពិសោធន៍ក្នុងពាងកញ្ចក់ ចំពោះការពិសោធសណ្តែកសៀង ៤ ពូជ គឺ ក, ខ, គ និង ឃ។ ចំពោះទិន្នន័យគិតជាក្រាមក្នុងមួយផើង។

រូបផែនការពិសោធន៍មានដូចខាងក្រោម៖

១	២	៣	៤	៥	→ លេខឯកតាពិសោធន៍
ក	ឃ	ឃ	គ	ក	→ ប្រភេទបច្ច័យ (ពូជ)
១២	១៣	៩	១៦	១៥	→ ទិន្នន័យ (ទិន្នផល)
១០	**៩**	**៨**	**៧**	**៦**	
ខ	**គ**	**ក**	**ឃ**	**ខ**	
២០	**១៧**	**១៤**	**១២**	**១៩**	
១១	១២	១៣			
ខ	ក	គ			
១៨	១៤	១៥			
១៦	**១៥**	**១៤**			
ខ	**គ**	**ឃ**			
២២	**១៣**	**៧**			

រូបទី ៣.១ រូបផែនការពិសោធន៍ ចំពោះទិន្នផល (ក្រាម/ផើង) របស់សណ្តែកសៀង ៤ ពូជ

៣.៣ ការវិភាគទិន្នន័យខាងស្ថិតិ

៣.៣.១ ការរៀបចំទិន្នន័យក្នុងតារាងបែបខាយៗ រៀងតាមពូជ

តារាងទី ៣.១

ទិន្នផល (ក្រាម/ផើង) របស់សណ្តែកសៀង ៤ ពូជ

ពូជ (Treatment)	ទិន្នផល				សរុប (total)	មធ្យមភាគ (mean)
ក	12	15	14	14	55(T1)	13.75($\bar{T}1$)
ខ	20	22	19	18	79(T2)	19.75($\bar{T}2$)
គ	16	17	15	13	61(T3)	15.25($\bar{T}3$)
ឃ	12	13	9	7	41(T4)	10.25($\bar{T}4$)
					236(G.T.)	14.75(G.M.)

៣.៣.២ ការគណនាលទ្ធផលសរុប (total) មធ្យមភាគ (mean) នៃពូជនីមួយៗ លទ្ធផលសរុបក្នុងការពិសោធទាំងអស់ (grand total, G.T.) និងលទ្ធផលមធ្យមភាគសរុបទាំងអស់(grand mean, G.M.)

មធ្យមភាគតួលេខនៅខាងស្តាំដែលបង្ហាញដែលអាចមើលប្រៀបធៀបរវាងភាពខុសគ្នានៃពូជដោយសង្ខេប។ អ្នកវិភាគទិន្នន័យត្រូវពឹងផ្អែកលើគោលការណ៍ខាងស្ថិតិ ដោយធ្វើការសម្រេចចិត្តថាមានភាពខុសគ្នាពិតប្រាកដ ឬបានដោយចៃដន្យ។ តាមធម្មតាវិធីសាស្ត្រដែលនាំគ្នាប្រើគឺ ការវិភាគការប្រែប្រួល (analysis of variance; ANOVA)

៣.៣.៣ ការវិភាគការប្រែប្រួល (ANOVA) តារាងវិភាគការប្រែប្រួលរបស់ CRD មានលក្ខណៈដូចតទៅ៖

តារាងទី ៣.២

តារាងវិភាគការប្រែប្រួលរបស់ CRD

Source of Variation	D.F.	SS	MS	F-ratio
Among treatment or Treatment (ពូជ)	t-1	$\frac{T_1^2+\ldots+T_t^2}{r}$ – C.F	$\frac{treatment\ SS}{(t-1)}$ = M_2	$\frac{M2}{M1}$
Within treatment or error (ភាពលម្អៀង)	t(r-1)	Total SS – Treatment SS	$\frac{Error\ SS}{t(r-1)}$ = M_1	
Total	tr -1	$\sum(each\ valua)^2$ – C.F.		

ការសំគាល់ពាក្យសព្ទក្នុងតារាងមានដូចខាងក្រោម៖

Source of Variation បញ្ជាក់ពីប្រភពការប្រែប្រួលដែលញែកចេញពីការវិភាគ
D.F. គឺ degree of freedom លំដាប់ ឬអង្សារបស់កម្រិតសេរីភាព (independent)
SS គឺ sum of squares លទ្ធផលសរុបជាការេរបស់តម្លៃគម្លាតពីមធ្យមភាគ
MS គឺ mean squares លទ្ធផលមធ្យមសរុបជាការេរបស់តម្លៃគម្លាតពីមធ្យមភាគ

$$MS = \frac{SS}{DF}$$

MS នៅពេលនេះជាតម្លៃប៉ាន់ស្មានរបស់ការប្រែប្រួល (variance) ក្នុងប្រភពនីមួយៗ នៃការប្រែប្រួល។

F គឺតម្លៃ F បានពីការគណនា F-test ឬជាចំណែករបស់ MS 2 តម្លៃ (ដោយរំពឹងទុកថា តម្លៃទាំងពីរស្មើគ្នា ដោយប្រើតម្លៃលេខច្រើនជាងជាតំណាងចែក តម្លៃលេខទាបជាតួចែក) ក្នុងករណីនេះ ប្រើ treatment MS ចែកជាមួយ error MS។

t = គឺ ចំនួនបច្ច័យ (ពេលនេះគឺជាពូជ)
r = គឺ ចំនួនសា

៣.៣.៤. ដំណាក់កាលវិភាគការប្រែប្រួល (ANOVA)

ក. Correction factor, C.F. (ជួនកាលហៅថា correction term, C.T.) ឬតួសម្រួលសម្រាប់តម្លៃលេខសរុបជាការរបស់ទិន្នន័យ ដើម្បីបង្ហាញលទ្ធផលសរុបជាការរបស់តម្លៃគម្លាតពីមធ្យមភាគ។

C.F $= \frac{(\text{លទ្ធផលពិសោធន៍ទាំងអស់})^2}{\text{ចំនួនទិន្នន័យទាំងអស់}}$

$= \frac{(G.F.)^2}{(t)(r)}$

$= \frac{(236)^2}{(4)(4)} = \frac{55696}{16}$

= 3,481

ខ. Sum of squares

Total SS = ផលបូករបស់ (ទិន្នន័យបានពីកូនស្រែពិសោធន៍នីមួយៗ)^2 – C.F

= $(12)^2 + (15)^2 + \ldots + (12)^2 + (7)^2$ – C.F.

= 3712 – 3481

= 231

Treatment SS $= \frac{\text{ផលបូក (លទ្ធផលសរុបរបស់បច្ច័យនីមួយៗ)}^2}{\text{ចំនួនទិន្នន័យដែលជាលទ្ធផលសរុបបច្ច័យនីមួយៗ=ចំនួនសា}} - \text{C.F}$

$= \frac{T_1^2 + \cdots + T_t^2}{R} - \text{C.F}$

$= \frac{(55)^2 + (79)^2 + (61)^2 + (41)^2}{4} - \text{C.F}$

= 3667 – 3481

= 186

Error SS = Total SS – Treatment SS

= 231 - 186

= 45

គ. Mean squares

Treatment MS $= \frac{\text{Treatment SS}}{\text{d.f. treatmeant } (t-1)}$

$= \frac{186}{(4-1) = 3}$

= 62

Error MS $= \frac{\text{Error SS}}{\text{d.f. error } t(r-1)}$

$$= \frac{45}{4\,(4-1) = 12}$$

$= 3.75$

ឃ. F-values

F $= \frac{\text{Treatment MS}}{\text{error MS}}$ មាន d.f. តាម d.f. របស់តំណាងចែក និងតួចែក

$= \frac{62.00}{3.75}$ d.f. 3 និង 12

$F_{3,12}$ $= 16.53$

ង. ការប្រៀបធៀបតម្លៃ $F_{3,12}$ ដែលគណនាបាន ជាមួយ F បានមកពីតារាង d.f. តំណាងចែក 3(n_1) និង d.f. តួចែក 12(n_2)។ ដោយប្រើលំដាប់អាចទៅបាន (level of probability, $\propto$) តាមដែលអ្នកពិសោធន៍បានកំណត់ទុក។ ជាទូទៅគេនិយមប្រើ ២ លំដាប់ គឺ 0.0៥ និង 0.0១។

ប្រសិនបើតម្លៃ F ដែលគណនាបានមានតម្លៃខ្ពស់ជាង F តារាង បញ្ជាក់ថា mean squares ទាំង ២ តម្លៃដែលបានប្រៀបធៀបមិនស្មើគ្នា។ ដោយយោងតាមភាពខុសគ្នារវាងបច្ច័យខាងស្ថិតិ ដែលមានលំដាប់អាចទៅបានទាំងនោះ (significant at $\propto$ level of probability) ដូចជា៖

F គណនា > $F_{0.05}$ ពីតារាងប្រៀបធៀប ធម្មតាប្រើសញ្ញា * (significant at 0.05 level of probability)។

F គណនា > $F_{0.01}$ ពីតារាងប្រៀបធៀប ធម្មតាប្រើសញ្ញា ** (significant at 0.01 level of probability)។

F គណនា < $F_{0.05}$ ពីតារាងប្រៀបធៀប ធម្មតាប្រើសញ្ញា NS (non-significant) ឬជួនកាលទុកធម្មតា មិនបាច់ប្រើសញ្ញាអ្វីក៏បាន (ធម្មតាតម្លៃ F ដែលគណនាបានមានតម្លៃទាបជាង ឬស្មើ "១" បញ្ជាក់ថា NS មិនចាំបាច់បើកតារាងប្រៀបធៀបតម្លៃ F ក៏បាន)។

ច. បន្ទាប់ការសិក្សាពិសោធន៍តម្លៃ F របស់បច្ច័យមក ប្រសិនបើតម្លៃ F បង្ហាញពីភាពខុសគ្នាខាងស្ថិតិ (significance) ក៏បញ្ជាក់ថា ឥទ្ធិពលរបស់បច្ច័យនីមួយៗ មានភាពខុសគ្នាខាងស្ថិតិ ឬមានការប្រែប្រួលខុសប្លែកគ្នារវាងបច្ច័យនានាក្នុងការពិសោធនោះ។ អ្នកពិសោធន៍ក៏មិនដឹងច្បាស់ថា ការប្រែប្រួលខុសគ្នានោះកើតឡើងពីបច្ច័យណាមួយឡើយ។ ដូច្នេះ ត្រូវរកមូលហេតុបន្តទៀតថា ភាពខុសគ្នា (difference) រវាងមធ្យមភាគរបស់បច្ច័យទាំងនោះមានលក្ខណៈយ៉ាងដូចម្ដេច ? គ្រប់បច្ច័យខុសគ្នាទាំងអស់ដែរឬទេ ? វិធីសាស្ត្រពិសោធន៍រកភាពខុសគ្នារវាងមធ្យមភាគរបស់បច្ច័យនឹងអធិប្បាយក្នុងមេរៀនបន្ទាប់។

ឆ. ការគណនារកតម្លៃមេគុណនៃការប្រែប្រួល (coefficient of variation; C.V.) c.v. ជាតម្លៃដែលបញ្ជាក់ពីភាពប្រែប្រួលចំពោះការពិសោធន៍ ដែលមិនដឹងមូលហេតុច្បាស់លាស់ តម្លៃមេគុណនៃការប្រែប្រួលនេះមានប្រយោជន៍ចំពោះការធ្វើផែនការពិសោធន៍ និងការវាយតម្លៃប្រសិទ្ធិភាពរបស់ការពិសោធទាំងនោះថា មានការជឿជាក់កម្រិតណា ? c.v. មានតម្លៃច្រើន ឬតិច គឺអាស្រ័យលើការងារពិសោធន៍ទាំងនោះ។

ចំពោះអ្នកពិសោធន៍ក្នុងផ្នែកនីមួយៗ នឹងបានដឹងច្បាស់ថា c.v. ដែលបានគណនានោះមានតម្លៃច្រើនខុសពីធម្មតា ឬទេ? នៅពេលតម្លៃច្រើនខុសពីធម្មតា ត្រូវធ្វើការត្រិះរិះពិចារណាឲ្យបានគ្រប់ជ្រុងជ្រោយមុននឹងសរុបលទ្ធផលពិសោធន៍ចេញមក។

តម្លៃ c.v. គណនាជាភាគរយរបស់គម្លាតមាត្រដ្ឋាន (standard deviation; S) ចំពោះមធ្យមភាគការ (mean)។

$$\text{c.v.} = \frac{\text{Standard deviation}}{\text{mean}} \text{ x } 100\%$$

$$= \frac{\sqrt{\text{error mean square}}}{\text{grand mean}} \text{ x } 100\%$$

$$= \frac{\sqrt{3.75}}{14.75} \text{ x } 100\%$$

$$= 13.13\ \%$$

ជ. ការបង្ហាញពីការវិភាគការប្រែប្រួលក្នុងតារាង

តារាងទី ៣.៣

ANOVA របស់សណ្តែកសៀង ៤ ពូជ

Source of Variation	DF	SS	MS	$F_{3, 12}$	
				Calculated	Table
Varieties or Treatment (ពូជ)	3	186.00	62.00**	16.52	5.95
Error (ភាពលម្អៀង)	12	45.00	3.75		
Total	15	231.00			

C.V. = 13.13 %

** ភាពខុសគ្នាខាងស្ថិតិក្នុងកម្រិតអាចទៅបាន 0.0១ ឬការប្រែប្រួលខុសរវាងពូជដែលពិសោធន៍ជាក់ស្តែងកម្រិតអាចទៅបាន 0.0១ (៩៩%)

នៅពេលបង្ហាញ ANOVA មិនចាំបាច់បង្ហាញតម្លៃ F ដែលបានគណនាមកទេ។ គ្រាន់តែបង្ហាញពីលទ្ធផលនៃការប្រៀបធៀបជាមួយតម្លៃ F ក្នុងតារាងប៉ុណ្ណោះ។ ដែលប្រើសញ្ញាប្រៀបធៀប *, ** ឬ NS ដូចដែលបាននិយាយមកខាងលើ តម្លៃរបស់ mean square ជាប៉ារ៉ាម៉ែត្រសម្រាប់វាស់លទ្ធផល។

មេរៀនទី ៤
ការត្រួតពិនិត្យភាពខុសគ្នារបស់មធ្យមភាគ
(INSPECTON OF MEAN DIFFERENCES)

ក្នុងមេរៀនមុនបាននិយាយចំពោះតម្លៃ F ដែលបានគណនាមានតម្លៃច្រើនជាងតម្លៃ F ក្នុងតារាងស្ថិតិ។ អ្នកពិសោធន៍ត្រូវវិភាគបន្តទៀត ព្រោះថាភាពខុសគ្នារបស់បច្ច័យទាំងនោះបណ្តាលមកពីបច្ច័យណាមួយ ឬមធ្យមរបស់បច្ច័យនោះខុសគ្នាយ៉ាងដូចម្តេច ? វិធីសាស្ត្រវិភាគទិន្នន័យ ដើម្បីវាស់ភាពខុសគ្នារបស់មធ្យមភាគមានច្រើនវិធី ដែលគេនិយមប្រើប្រាស់ទូទៅ គឺអាចបែងចែកបានជា ៣ ពួក មានខាងក្រោម៖

១. Least significant Difference (LSD)

២. Duncan′s New Multiple Rang test

៣. Functional Analysis of Variance

៤.១ Least significant Difference (LSD)

LSD ជាវិធីសាស្ត្រដែលគេនិយមប្រើប្រាស់យ៉ាងច្រើន ព្រោះងាយស្រួលក្នុងការគណនា។ ទោះជាយ៉ាងណាក៏ដោយគោលបំណងរបស់ LSD ប្រើរកភាពខុសគ្នារវាងមធ្យមភាគ ២ តម្លៃផ្សេងគ្នា ឬមធ្យមភាគគូរណាមួយ។ ក្នុងករណីមានតម្លៃមធ្យមភាគច្រើន ក៏និយមប្រើ LSD ប្រៀបធៀបរវាងតម្លៃមធ្យមភាគដែលនៅជាប់គ្នាម្តងមួយៗ គូរ (នៅពេលតម្លៃមធ្យមភាគទាំងអស់ ត្រូវបានរៀបលំដាប់ថ្នាក់ពីតិចទៅច្រើន ឬពីច្រើនទៅតិច) ដូច្នេះដើម្បីការពារការប្រើប្រាស់ LSD មិនឲ្យមានកំហុសឆ្គងគួរមានគោលការណ៍ដូចតទៅ៖

៤.១.១ ការប្រើ LSD នៅពេល F-test បង្ហាញលទ្ធផលថា មានភាពខុសគ្នាជាអត្ថន័យ (significant difference) រវាងបច្ច័យ គឺតម្លៃ F ដែលបានគណនាមានតម្លៃច្រើនជាងតម្លៃ F ក្នុងតារាងស្ថិតិ។ ក្នុងករណីដែលបានលទ្ធផលថា មានភាពខុសគ្នាក្នុងកម្រិតដែលអាចទៅបាន ០.០៥ ត្រូវគណនាតែ $LSD_{០.០៥}$ តែប៉ុណ្ណោះ។ តែបើមានភាពខុសគ្នាក្នុងកម្រិត ០.០១ ត្រូវគណនាទាំង $LSD_{០.០៥}$ និង $LSD_{០.០១}$។

៤.១.២ កុំប្រើ LSD ប្រៀបធៀបមធ្យមភាគម្តងទាំងអស់ ចំពោះការពិសោធនោះមានចំនួនបច្ច័យច្រើនជាង ៥ បច្ច័យឡើងទៅ (គឺមានមធ្យមភាគ ១០ គូរឡើងទៅ)។

៤.១.៣ ដើម្បីប្រើ LSD ឲ្យមានប្រសិទ្ធិភាព ត្រូវមានផែនការពិសោធន៍ត្រៀមទុកជាមុនថាតើត្រូវការពិសោធន៍រកភាពខុសគ្នារវាងបច្ច័យណាមួយ ជាពិសេសក្នុងករណីមានបច្ច័យមាត្រដ្ឋាន ឬបច្ច័យប្រៀបធៀប (standard or check or control treatment) នៅជាមួយគ្នា។ អ្នកពិសោធន៍និយមប្រៀបធៀបបច្ច័យផ្សេងៗ ជាមួយបច្ច័យមាត្រដ្ឋាន។

រូបមន្តការគណនារកតម្លៃ LSD

$$\text{LSD}_\propto = (t_\propto)(s_{\bar{d}})$$

$$= (t_\propto)\left[\sqrt{\frac{2s^2}{n}}\right]$$

$$= (t_\propto)\left[\sqrt{\frac{\text{2 error mean square}}{n}}\right]$$

ដែល $t_\propto$ បើកពីក្នុងតារាង t ក្នុងកម្រិតដែលអាចទៅបាន ∝ ដោយប្រើ d.f. របស់ភាពលម្អៀង (error)

$s_{\bar{d}}$ គឺតម្លៃភាពលម្អៀងមាត្រដ្ឋានចំពោះការប្រៀបធៀបមធ្យមភាគបច្ច័យ ២ តម្លៃ (standard error of difference between two treatment means)

ដែល $s_{\bar{d}} = \sqrt{\frac{2s^2}{n}}$

n គឺតួចែកក្នុងការគណនារកមធ្យមភាគរបស់បច្ច័យទាំងនោះ (ឬចំនួនទិន្នន័យដែលប្រើសម្រាប់គណនារកមធ្យមភាគ)

ពាក់ព័ន្ធជាមួយនឹងតម្លៃ "**n**" នេះ មានអ្នកពិសោធន៍ជាច្រើនសង្ស័យថា នៅពេលគណនា LSD ជាវិធីសាស្ត្រដែលងាយស្រួល ចំពោះការគណនារកតម្លៃ n គឺនៅពេលគណនាតម្លៃ SS នោះ តួចែកគឺជាអ្វី? តួចែកនោះគឺ n តាមរូបមន្តរបស់ LSD នោះឯង។ ដូចជាមានក្នុង CRD ដែលបានលើកយកពីឧទាហរណ៍ក្នុងមេរៀនមុន។

$$\text{Treatment SS} = \frac{T_1^2 + \cdots + T_t^2}{r} - \text{C.F.}$$

ទាំងនេះ T1, T2,...,T6 ជាលទ្ធផលសរុបរបស់ r ដែលជាឯកតាពិសោធន៍ (កូនស្រែ)

ដូច្នេះ តម្លៃ n នៅពេលគណនា LSD ដូចនេះ r ជាចំនួនសា។ ក្នុងករណីផ្សេងៗ ទៀត អ្នកវិភាគលទ្ធផលក៏ពឹងផ្អែកលើគោលការណ៍ដូចគ្នាដែរ មានដូចខាងក្រោម៖

$$\text{(P) SS} = \frac{P_1^2 + \cdots + P_p^2}{(q)(r)(s)} - \text{C.F.}$$

$$\text{(Q) SS} = \frac{Q_1^2 + \cdots + Q_q^2}{(p)(r)(s)} - \text{C.F.}$$

$$\text{(S) SS} = \frac{S_1^2 + \cdots + S_q^2}{(p)(q)(r)} - \text{C.F.}$$

នៅពេលគណនារកតម្លៃ LSD ដែលនឹងធ្វើការប្រៀបធៀបរវាងមធ្យមភាគដទៃ របស់ P ជាតួចែក ឬ n ជាតួចែក។ ក្នុងរូបមន្ត LSD គឺមាន $(q)(r)(s)$ ។ រីឯ n ក្នុងរូបមន្ត LSD របស់ Q និង S គឺមាន $(p)(r)(s)$ និង $(p)(q)(r)$ តាមលំដាប់។

ដូចឧទាហរណ៍ CRD ក្នុងមេរៀនមុន បានតម្លៃ $F^{**}_{variety}$ ឬបង្ហាញតម្លៃ mean square ដែលមិនតម្លៃទាបជាង 0 ឬមានភាពខុសគ្នារវាងពូជក្នុងកម្រិតអាចទៅបាន ០.០១ ។ ដូច្នេះ បើត្រូវគណនារកតម្លៃ $LSD_{0.05}$ និង $LSD_{0.01}$ (តាមគោលការណ៍ក្នុងចំនុច ៤.១.១) ដែលមានដូចតទៅ៖

$$LSD_{0.05} = (t_{0.05,\,12})\left[\sqrt{\frac{2(3.75)}{4}}\right]$$

$$= (2.179)\,(1.369)$$

$$= 2.98 \text{ ក្រាម/ផើង}$$

មូលហេតុ៖ $t_{0.05,\,12}$ មានន័យថាបើកតម្លៃ t ពីក្នុងតារាងនៅលំដាប់ 0.05 និង d.f. = 12 ដែល d.f. ជាតម្លៃរបស់តម្លៃភាពលម្អៀងក្នុងការពិសោធ (experimental error)។

$$LSD_{0.01} = (t_{0.01,\,12})\left[\sqrt{\frac{2(3.75)}{4}}\right]$$

$$= (3.055)\,(1.369)$$

$$= 4.18 \text{ ក្រាម/ផើង}$$

ឯកតារបស់ LSD ដូចនឹងឯកតារបស់មធ្យមភាគទាំងនោះដែរ។ ដូចមាននៅក្នុងឧទាហរណ៍នេះគឺជាឯកតា ក្រាម/ផើង។ បន្ទាប់មកត្រូវគណនារកលទ្ធផលរវាលមធ្យមភាគរបស់បច្ច័យ ២ គូរដែលត្រូវវាស់វែងរកលទ្ធផលនៃភាពខុសគ្នាខាងស្ថិតិ ដូចជា $\bar{T}_1 - \bar{T}_2$ ប្រៀបធៀបលទ្ធផលនេះជាមួយ $LSD_{0.05}$ ប្រសិនបើខ្ពស់ជាង $LSD_{0.05}$ ឲ្យមើលបន្តទៀតថាលទ្ធផលនោះខ្ពស់ជាង $LSD_{0.01}$ ឬទេ? ក្នុងករណីដែលលទ្ធផលខ្ពស់ជាង $LSD_{0.05}$ តែប៉ុណ្ណោះ ឲ្យបញ្ជាក់មធ្យមភាគចំនួន ២ បច្ច័យនោះមានភាពខុសគ្នាក្នុងកម្រិតអាចទៅបាន ០.០៥ ឬឱកាសខុសគ្នាបានដោយចៃដន្យបានត្រឹមតែ ៥ ភាគរយប៉ុណ្ណោះ ក្នុង ១០០ ភាគរយ (0.05 level of probability)។ តែបើខ្ពស់ជាង $LSD_{0.01}$ ក៏មានភាពខុសគ្នាក្នុងកម្រិតអាចទៅបាន ០.០១។

ដូចក្នុងឧទាហរណ៍ CRD ការពិសោធពូជសណ្តែកសៀង ៤ ពូជ។ ឧទាហរណ៍ថា ពូជ **ឃ** ជាពូជប្រៀបធៀប (check variety) ដែលមានលទ្ធផលមធ្យមភាគពិសោធន៍របស់ពូជនីមួយៗ ដូចខាងក្រោម៖

តារាងទី ៤.១

ទិន្នផល (ក្រាម/ផើង) របស់សណ្តែកសៀង ៤ ពូជ និងលទ្ធផលមធ្យមភាគ ៤ សា

ពូជ (Treatment)	ទិន្នផល	លទ្ធផលមធ្យមភាគ
ក (T_1)	55.00	13.75 ($\bar{T}_1$)
ខ (T_2)	79.00	19.75 ($\bar{T}_2$)
គ (T_3)	61.00	15.25 ($\bar{T}_3$)
ឃ (T_4)	41.00	10.25 ($\bar{T}_4$)

ការប្រើ LSD ពិសោធន៍រកភាពខុសគ្នារបស់មធ្យមភាគដែលសម្រាប់សិក្សាគឺ ការប្រៀបធៀបតម្លៃមធ្យមភាគនៃពូជនីមួយៗ ជាមួយពូជប្រៀបធៀប (check variety) ក្នុងចំនុច ៤.១.៣ ដែលមានលទ្ធផលដូចតទៅ៖

$\bar{T}_1 - \bar{T}_4$ = 13.75 – 10.25 = 3.50 > 2.98 ($LSD_{0.05}$)

$\bar{T}_2 - \bar{T}_4$ = 19.75 – 10.25 = 9.50 > 4.18 ($LSD_{0.01}$)

$\bar{T}_3 - \bar{T}_4$ = 15.25 – 10.25 = 5.00 > 4.18 ($LSD_{0.01}$)

ចំណែកឯភាពខុសគ្នារបស់មធ្យមភាគរវាងពូជផ្សេងៗ ក្រៅពីពូជប្រៀបធៀបដែលគួរឲ្យចាប់អារម្មណ៍នោះគឺ រវាងពូជ **ខ** (ខ្ពស់បំផុត) ជាមួយពូជ **គ** (ខ្ពស់លំដាប់ទី ២) (តាមលំដាប់ការប្រើ LSD ប្រៀបធៀបលទ្ធផលរវាងមធ្យមភាគដែលនៅជាប់គ្នាបន្ទាប់ពីរៀងលំដាប់រួច)

$\bar{T}_2 - \bar{T}_3$ = 19.75 – 15.75 = 4.50 > 4.18 ($LSD_{0.01}$)

សរុបលទ្ធផលពិសោធន៍របស់សណ្តែកសៀងគ្រប់ៗ ពូជ (គឺពូជ **ក**, **ខ**, និង **គ**) ផ្តល់ទិន្នផលខ្ពស់ជាងពូជមាត្រដ្ឋាន (ពូជ **ឃ**) និង ពូជ **ខ** ផ្តល់ទិន្នផលខ្ពស់បំផុត។

ពេលបង្ហាញលទ្ធផលពិសោធន៍ គួរបង្ហាញតារាងតាមលំដាប់ដូចតទៅនេះ៖

តារាងទី៤.២

ការវិភាគការប្រែប្រួល (ANOVA)

Source of Variation	DF	SS	MS
Varieties or Treatment (ពូជ)	3	186.00	62.00 * *
Error (ភាពលម្អៀង)	12	45.00	3.75
Total	15	231.00	

* * ភាពខុសគ្នាជាអត្ថន័យខាងស្ថិតិក្នុងកម្រិត 0.0១ ឬ MS នៃ varieties មិនស្មើគ្នានឹង MS នៃ error

មូលហេតុ៖ * * មានអត្ថន័យយ៉ាងពេញលេញ មានដូចជា ការប្រែប្រួលមធ្យមភាគគឺបណ្តាលមកពីពូជ (varieties MS) ខ្ពស់ជាង ឬច្រើនជាងការប្រែប្រួលមធ្យមភាគដែលបណ្តាលមកពីភាពលម្អៀងនៃការពិសោធ (error MS) ក្នុងកម្រិតដែលអាចទៅបាន 0.0១។

តារាងទី ៤.៣

មធ្យមភាគទិន្នផល (ក្រាម/ផើង) របស់សណ្តែកសៀង ៤ ពូជ

ពូជ	ទិន្នផល (ក្រាម/ផើង)	ចំណាត់ថ្នាក់ពីច្រើនទៅតិច
ខ	19.75	1
គ	15.25	2
ក	13.75	3
ឃ	10.25	4
C.V. %	13.13	-
$LSD_{0.05}$	2.98	-
$LSD_{0.01}$	4.18	-

ចំណាំ៖ គួបង្ហាញលទ្ធផលពីច្រើនទៅតិច

៤.២ Duncan's New Multiple Rang Test

វិធីសាស្ត្របែបនេះនិយមប្រើចំពោះការពិសោធដែលមានចំនួនបច្ច័យច្រើន និងត្រូវការប្រៀបធៀបបច្ច័យទាំងអស់ក្នុងពេលតែមួយ។ ចំពោះ LSD វិញមិនអាចប្រើបាន និងគ្មានប្រសិទ្ធភាពឡើយ (នៅពេលសរុបអាចខុស ព្រោះមានការកើតដោយចៃដន្យមានកាន់តែខ្ពស់)។ វិធីសាស្ត្រប្រៀបធៀបអាចបែងចែកជាលំដាប់ថ្នាក់ដូចតទៅ៖

៤.២.១ ការរៀបលំដាប់ថ្នាក់មធ្យមភាគ បានពីឧទាហរណ៍ CRD

លំដាប់ថ្នាក់	១	២	៣	៤
ពូជ	ខ	គ	ក	ឃ
មធ្យមភាគ	១៩.៧៥	១៥.២៥	១៣.៧៥	១០.២៥

៤.២.២ គណនាតម្លៃលម្អៀងមាត្រដ្ឋានរបស់មធ្យមភាគ (standard error, $S_{\bar{y}}$)

$$S_{\bar{y}} = \sqrt{\frac{s^2}{n}}$$

$$= \sqrt{\frac{\text{error mean square}}{n}}$$

n គឺចំនួនទិន្នន័យដែលប្រើគណនារកតម្លៃមធ្យមភាគ។ ការគណនារកតម្លៃ n ដោយអាស្រ័យលើគោលការណ៍ដូចទៅនឹង LSD ដែរ។

បានពីឧទាហរណ៍ CRD n គឺជាចំនួនសារ

$$S_{\bar{y}} = \sqrt{\frac{3.75}{4}}$$

$$= 0.97 \text{ ក្រាម/ផើង}$$

៤.២.៣ ការគណនារកតម្លៃ "least significant ranges" (LSR)

សម្រាប់លំដាប់គម្លាតការប្រៀបធៀបផ្សេងៗ ដោយអាស្រ័យលើតារាង Significant Studentized Ranges (SSR) មាននៅក្នុងសៀវភៅស្ថិតិទូទៅ ដែលមានរូបបែបលក្ខណៈដូចតទៅ៖

តារាងទី ៤.៤

Significant Studentized Ranges for 0.05 and 0.01 level New Multiple Rang Test

Error d.f.	Protection level	P = number of means for range being test					
		2	3	4	5	....	20
1	0.05	18.0	18.0	18.0	18.0		18.0
	0.01	90.0	90.0	90.0	90.0		90.0
2	0.05						
⋮	0.01						
12	0.05	3.08	3.23	3.33	3.36		3.48
⋮	0.01	4.32	4.55	4.68	4.76		5.26
∞	0.05						
	0.01						

P គឺ ចំនួនមធ្យមភាគក្នុងគម្លាតការប្រៀបធៀបដែលស្មើនឹង (លទ្ធផលផ្សេងនៃលំដាប់ + 1) រូបមន្តសម្រាប់គណនារក least significant range (LSR) គឺ

$$LSR_{\propto,\, p} = R_{\propto,\, p} = (SSR_{\propto,\, p})\ (S_{\bar{y}})$$

បានពីឧទាហរណ៍ CRD d.f. របស់ error 12

P	2	3	4
$SSR_{0.05}$	3.08	3.23	3.33
$SSR_{0.01}$	4.32	4.55	4.68
$LSR_{0.05}$	2.99	3.13	3.23
$LSR_{0.01}$	4.19	4.41	4.54

តម្លៃ $LSR_{0.05}$ ក្នុងករណី P = 2 [ដែលមាន ៣ លំដាប់ មានដូចជា លទ្ធផលខុសគ្នារវាងលំដាប់នីមួយៗ លំដាប់ទី១ (ខ) និង២ (គ), លំដាប់ទី២ (គ) និង៣ (ក), និងលំដាប់ទី៣ (ក) និង៤ (ឃ)] ដែលមានដូចតទៅ៖

$$LSR_{0.05} = (SSR_{0.05,\,2})\ (S_{\bar{y}})$$

$$= (3.08)\ (0.97)$$

$$= 2.99$$

មូលហេតុៈ តម្លៃ LSR ដែល P = 2 គឺជាតម្លៃរបស់ LSD នោះឯង។ តម្លៃ LSR ផ្សេងៗ ទៀត ត្រូវគណនារកតាមវិធីសាស្ត្រដែលបានគណនាមកពីខាងលើ។

៤.២.៤ ការប្រៀបធៀបលទ្ធផលខុសគ្នារបស់មធ្យមភាគខ្ពស់បំផុត និងទាបបំផុតជាមួយ LSR ដែល

p = (លទ្ធផលខុសគ្នានៃលំដាប់ + 1)

បានពីឧទាហរណ៍	p = (4-1)+1 = 4	
លំដាប់	១	៤
ពូជ	ខ	ឃ
មធ្យមភាគ	១៩.៧៥	១០.២៥

(១៩.៧៥- ១០.២៥) = ៩.៥០ > ៤.៥៤ ($LSR_{0.01, 4}$)

បង្ហាញថា ពូជ **ខ** ជាមួយ ពូជ **ឃ** មានភាពខុគ្នាខាងស្ថិតិក្នុងកម្រិតអាចទៅបាន 0.0១

៤.២.៥ នៅពេលលទ្ធផលខុសគ្នាក្នុងចំនុច ៤.២.៤ ច្រើនជាងតម្លៃ LSR ត្រូវមើលបន្តទៀត គឺមើលលើលទ្ធផលរវាងមធ្យមភាគខ្ពស់បំផុត ជាមួយមធ្យមភាគរងបន្ទាប់ពីមធ្យមភាគទាបបំផុត។

លំដាប់	**១**	**៣**
ពូជ	ខ	ក
មធ្យមភាគ	១៩.៧៥	១៣.៧៥

(១៩.៧៥- ១៣.៧៥) = ៦.00 > ៤.៤១ ($LSR_{0.01, 3}$)

ក្នុងករណីនេះ p = (3-1)+1 = 3

៤.២.៦ ក្នុងករណីលទ្ធផលខុសគ្នាកាន់តែខ្លាំងតម្លៃ LSR ត្រូវធ្វើរបៀបនេះរើយៗ បន្តទៀត គឺប្រៀបធៀបមធ្យមភាគខ្ពស់បំផុតជាមួយមធ្យមភាគរងបន្ទាប់ទៀតបន្តពីការប្រៀបធៀបលើកដំបូង។ ការបញ្ឈប់ការប្រៀបធៀប លុះត្រាតែលទ្ធផលទាំងនោះទាបជាងតម្លៃ LSR ដែលពាក់ព័ន្ធ និងសរុបលទ្ធផលថា មធ្យមភាគទាំងអស់ដែលមានក្នុងលំដាប់ទាំងនោះគ្មានភាពខុសគ្នា។

៤.២.៧ នៅពេលប្រៀបធៀបមធ្យមភាគខ្ពស់បំផុតជាមួយមធ្យមភាគផ្សេងៗ ទៀតរួចរាល់ហើយ ក៏ត្រូវប្រៀបធៀបមធ្យមភាគរងបន្ទាប់ខ្ពស់បំផុងជាមួយមធ្យមភាគផ្សេងៗ ទៀត ដោយប្រើវិធីសាស្ត្រស្រដៀងគ្នាទៅនឹងចំនុច ៤.២.៤ ដល់ចំនុច ៤.២.៦។

៤.២.៨ បន្ទាប់ពីនោះប្រើមធ្យមភាគខ្ពស់រងបន្ទាប់ ធ្វើរបៀបនេះដូចចំនុច ៤.២.៧

៤.២.៩ ក្នុងករណីមានតម្លៃមធ្យមភាគចំនួនច្រើន ដូចជា ១០ មធ្យមភាគ អ្នកវិភាគទិន្នន័យត្រូវធ្វើតាមវិធីក្នុងចំនុច ៤.២.៤ ដល់ចំនុច ៤.២.៧។ ឧទាហរណ៍ថា មធ្យមភាគដែលខ្ពស់លំដាប់ ៦ គ្មានភាពខុសគ្នាជាមួយមធ្យមភាគដែលទាបបំផុត (លំដាប់ ១០) ត្រូវបញ្ឈប់ការប្រៀបធៀបតែម្តងដោយមិនចាំបាច់ធ្វើទៀត។ ព្រោះថាលទ្ធផលមធ្យមភាគក្នុងលំដាប់ទី ៦ ដល់ទី ១០ គ្មានភាពខុសគ្នាសោះឡើយ។

វិធីសាស្ត្រងាយៗ ម្យ៉ាងវិញទៀតធ្វើទៅនាំឲ្យខាតពេលវេលា ហើយការគណនាតិចជាងវិធីសាស្ត្រខាងលើ។ ជាពិសេសនៅពេលមានមធ្យមភាគប្រៀបធៀបកាន់តែច្រើន ដូចជា មានចំនួន ១០ មធ្យមភាគ។ ឧទាហរណ៍ d.f. នៃ error = 12 គណនា $LSR_{0.05}$ ដែល p = 10 ស្មើ ៤.៤៣

មធ្យមភាគរៀងលំដាប់ពីច្រើនទៅតិច មានដូចខាងក្រោម៖

លំដាប់	១	២	៣	៤	៥	៦	៧	៨	៩	១០
មធ្យមភាគ	៩.០០	៨.៥០	៨.០០	៧.០០	៦.៥០	៦.០០	៥.០០	៤.៥០	៤.០០	៣.០០

ឲ្យយកមធ្យមភាគខ្ពស់បំផុត (លំដាប់ ១) គឺ ៩.០០ ដកដោយ $LSR_{0.05}$ ដែល p = 10 គឺស្មើ ៤.៤៣ មានដូចតទៅ៖

(៩.០០-៤.៤៣) = ៤.៥៧

បន្ទាប់នោះត្រូវមើលថា មធ្យមភាគណាមានតម្លៃខុសពី ៤.៥៧ ដែលមានដូចជានៅលំដាប់ ៨ ដល់ ១០។ អ្នកវិភាគទិន្នន័យអាចសរុបបានថា មធ្យមភាគចាប់ពីលំដាប់ ៨ ចុះមកមានភាពខុសគ្នាជាមួយមធ្យមភាគលំដាប់ ១ ។

៤.២.១០ ការរៀបចំក្រុមនៃធ្យមភាគភាពខុសគ្នា ដោយធ្វើការគូសបន្ទាត់ក្រោមតម្លៃមធ្យមភាគដែលគ្មានភាពខុសគ្នា ជួនកាលគេប្រើតួអក្សរដូចគ្នាជំនួសការគូសបន្ទាត់ពីក្រោម

បានពីឧទាហរណ៍ក្នុងការប្រៀបធៀបពូជសណ្តែកសៀង ៤ ពូជ ដោយប្រើបែប CRD ដូចដែលបានអធិប្បាយមកពីខាងលើ (ដែលបង្ហាញលទ្ធផលរបស់មធ្យមភាគក្នុងចំនុច ៤.២.១) មានដូចតទៅ៖

លំដាប់	១	២	៣	៤
ពូជ	ខ	គ	ក	ឃ
មធ្យមភាគ	១៩.៧៥	<u>១៥.២៥</u>	<u>១៣.២៥</u>	១០.២៥
ឬ	១៩.៧៥a	១៥.២៥b	១៣.២៥b	១០.២៥c
សរុប	១. ពូជ ក ខ និង គ ខុសពី ពូជ ឃ (ពូជប្រៀបធៀប) ខាងស្ថិតិ ២. ពូជ ខ ផ្តល់ទិន្នផលខ្ពស់បំផុងខុសពីពូជផ្សេងៗ ៣. ពូជ ក និង គ គ្មានភាពខុសគ្នាខាងស្ថិតិ			

៤.៣ Functional Analysis of Variance

ក្នុងការវិភាគទិន្នន័យពិសោធន៍ អ្នកវិភាគអាចប្រើ F-test ក្នុងការពិសោធប្រៀបធៀបបច្ច័យមួយចំនួនដែលត្រូវការបែងចែកជាក្រុម (partition) តម្លៃ sum of squares និង d.f. របស់បច្ច័យញែកជាផ្នែកៗ។ តាមការប្រៀបធៀបឃើញថា មានកាលានុវត្តភាពបំផុត វិធីសាស្ត្រនេះជួនកាលហៅថា

"analysis of variance with mean separation" វិធីសាស្ត្រនេះមើលទៅងាយយល់។ បានមកពីឧទាហរណ៍ CRD ដែលឲ្យពូជ **ឃ** ជាពូជប្រៀបធៀប។ ដូចរូបនៅក្នុងតារាងវិភាគការប្រែប្រួល (ANOVA) មានដូចតទៅ៖

តារាងទី ៤.៥

តារាងវិភាគការប្រែប្រួល (ANOVA)

Source of Variation	DF	SS	MS
Varieties or Treatment (ពូជ)	3	186.00	62.00 * *
check vs other (ក ខ និង គ)	1		
within others	2		
ខ vs (ក និង គ)	1		
ក vs គ	1		
Error (ភាពលម្អៀង)	12	45.00	3.75
Total	15	231.00	

៤.៣.១ ការគណនារក sum of squares នៃការប្រៀបធៀបបែបទី ១ (**មើលទិន្នន័យក្នុងតារាងទី ៣.១ ជំនួយដល់ការគណនា**)

របៀបការប្រៀបធៀបបែបទី ១ (check vs others)៖

$$= \frac{(\text{លទ្ធផលសរុបរបស់ check})^2}{\text{ចំនួនទិន្នន័យសរុបទាំងអស់ check=ចំនួនសា}} + \frac{(\text{លទ្ធផលសរុបនៃពូជផ្សេងៗ })^2}{(\text{ចំនួនសា})\ (\text{ចំនួនពូជក្នុងឧទាហរណ៍ខាងលើ})} - \frac{(\text{លទ្ធផលសរុបរបស់ check និងពូជផ្សេងៗ })^2}{(\text{ចំនួនសា})\ (\text{ចំនួនពូជទាំងអស់ឬចំនួនពូជទាំង៤})}$$

$$= \frac{(41)^2}{4} + \frac{(55+79+61)^2}{(4)(3)} - \frac{(41+55+79+61)^2}{(4)(4)}$$

= 420.25 + 3,168.75 – 3,481.00

= 108.00

របៀបការប្រៀបធៀបបែបទី ២ (within vs others)៖

= Varieties SS – (របៀបការប្រៀបធៀបបែបទី ១) SS

= 186 – 108 = 78

មូលហេតុ៖ របៀបការប្រៀបធៀបបែបទី ២ អាចគណនារកតាមរូបមន្ត៖

$$\frac{(\text{លទ្ធផលសរុបពូជ ក})^2+(\text{លទ្ធផលសរុបពូជ ខ})^2+(\text{លទ្ធផលសរុបពូជ គ})^2}{\text{ចំនួនទិន្នន័យសរុបទាំងអស់នៃពូជនីមួយៗ = ចំនួនសា}} - \frac{(\text{លទ្ធផលសរុបនៃពូជ ក ខ និង គ })^2}{(\text{ចំនួនសា})\ (\text{ចំនួនពូជ=3})}$$

របៀបការប្រៀបធៀបបែបទី ៣ (ខ vs ក និង គ)៖

$$\frac{(\text{លទ្ធផលសរុបពូជ ខ})^2}{\text{ចំនួនសា}} + \frac{(\text{លទ្ធផលសរុបពូជ ក + លទ្ធផលសរុបពូជ គ })^2}{(\text{ចំនួនសា})\ (\text{ចំនួនពូជ=2})} - \frac{(\text{លទ្ធផលសរុបនៃពូជ ក, ខ និង គ })^2}{(\text{ចំនួនសា})\ (\text{ចំនួនពូជ=3})}$$

$= \frac{(79)^2}{4} + \frac{(55+61)^2}{(4)(2)} - \frac{(79+55+61)^2}{(4)(3)}$

= 1,560.25 + 1,682.00 + 3,168.75 = 73.50

របៀបការប្រៀបធៀបបែបទី ៤ (ក vs គ)៖

$\frac{(\text{លទ្ធផលសរុបពូជ ក})^2}{(\text{ចំនួនសា})} + \frac{(\text{លទ្ធផលសរុបពូជ គ})^2}{(\text{ចំនួនសា})} - \frac{(\text{លទ្ធផលសរុបពូជ ក} + \text{លទ្ធផលសរុបពូជ គ})^2}{(\text{ចំនួនសា})\ (\text{ចំនួនពូជ}=២)}$

$= \frac{(55)^2}{4} + \frac{(61)^2}{4} - \frac{(55+61)^2}{(4)(2)}$

= 756.25 + 930.25 + 1,682.00

= 4.50

របៀបក្នុងការប្រៀបធៀបបែបទី ៤ នេះ អ្នកវិភាគអាចគណនារក SS បានដោយងាយមានដូចតទៅ៖

= របៀបការប្រៀបធៀបបែបទី ២ (within others) SS - របៀបការប្រៀបធៀបបែបទី ៣ (ខ vs ក និង គ) SS

= 78.00 – 73.50

= 4.50

៤.៣.២ វិធីគណនាតម្លៃ sum of squares នៃការប្រៀបធៀបទាំង ២ បែប ជាវិធីគណនារក SS បែបខ្លីៗ គឺប្រើគោលការណ៍ដែលហៅថា orthogonal comparison ដែលមានដូចតទៅ៖

១) គូសតារាងដែលមានសមាសភាគបច្ច័យផ្សេងៗ លទ្ធផលសរុបនៃបច្ច័យនីមួយៗ ចំនួនសារដែលពាក់ព័ន្ធជាមួយបច្ច័យនីមួយៗ និងតម្លៃមេគុណ (coefficient) ក្នុងប្រៀបធៀបរហូតដល់តំណាងចែក និងតួចែក។ ក្នុងការគណនារកតម្លៃ SS នៃការប្រៀបធៀប មានដូចតទៅ៖

តារាងទី ៤.៦

តារាងការប្រៀបធៀបរវាងបច្ច័យផ្សេងៗ

បច្ច័យ លទ្ធផលសរុប (T_j) ចំនួនសារ (r_j)	A B.......... T_1 T_2........T_j r_1 r_2..........r_j	L_i $(\Sigma_j l_{ij} T_j)$	តួចែក $(\Sigma_j r_j l_{ij}^2)$	SS $\frac{(L_i)^2}{(\Sigma_j r_j l_{ij}^2)}$
ការប្រៀបធៀប ការប្រៀបធៀបបែបទី១ ការប្រៀបធៀបបែបទី២ ការប្រៀបធៀបបែបទី៣ ⋮ ការប្រៀបធៀបបែបទី i	(តម្លៃមេគុណ) l_{11} l_{12} l_{1j} l_{21} l_{22} l_{2j} l_{31} l_{32} l_{3j} l_{i1} l_{i2} l_{ij}			

២) គោលការណ៍ក្នុងការគណនារកតម្លៃមេគុណ (coefficient, l_{ij}) ដែលពាក់ព័ន្ធជាមួយការប្រៀបធៀប មានគោលការណ៍ដូចតទៅ៖

ក. លទ្ធផលសរុបនៃមេគុណក្នុងការប្រៀបធៀប (តាមជួរនីមួយៗ) ឲ្យស្មើ 0 ក្នុងករណីនេះយើងហៅការប្រៀបធៀបនេះថា "contrast " ដែលមានរូបមន្តដូចខាងក្រោម៖

$$l_{i1} + l_{i2} + \ldots + l_{ij} = 0$$

l_{ij} មានន័យថា មេគុណនៃការប្រៀបធៀបគឺ i និងបច្ច័យគឺ j ឧទាហរណ៍ l_{11} គឺមេគុណនៃការប្រៀបធៀបទី១ និងបច្ច័យទី១។ l_{32} គឺមេគុណនៃការប្រៀបធៀបទី៣ និងបច្ច័យទី២ ជាដើម។

i គឺលំដាប់ការប្រៀបធៀប

j គឺលំដាប់របស់បច្ច័យ

វិធីគណនាតម្លៃមេគុណបែបងាយៗ ត្រូវពិនិត្យការប្រៀបធៀបនៃក្រុមនីមួយ ដូចជា check vs others ក្រុមនីមួយមានប៉ុន្មាន? ហើយអ្នកវិភាគត្រូវប្រើវិធីគណនា ពហុគុណរួមតិចបំផុត ដែលមានតម្លៃទាបបំផុតមកកំណត់តម្លៃមេគុណទាំងពីរក្រុម ដោយឲ្យក្រុមទី១ ជាសញ្ញា បូក (+) ក្រុមទី២ ជាសញ្ញា ដក (-)។ បានពីឧទាហរណ៍ CRD ប្រៀបធៀបពូជមាត្រដ្ឋាន ១ ពូជ ជាមួយពូជដ៏ទៃ ៣ ពូជ។ ដែលបានពហុគុណរួមតិចបំផុត = 3 បន្ទាប់មកគុណពូជមាត្រដ្ឋានជាមួយលេខ ៣ និងគុណជាមួយពូជផ្សេងៗ ទៀត ជាមួយលេខ ១។ តាមគោលការណ៍ លទ្ធផលសរុបនៃមេគុណក្នុងការប្រៀបធៀបត្រូវស្មើ 0 ។ ដូច្នេះ ទើបប្តូនិមិត្តសញ្ញាមេគុណរបស់ពូជមាត្រដ្ឋានជាសញ្ញា ដក (-) ឬផ្ទុយគ្នាក៏បាន។ ដែលមានលទ្ធផលការប្រៀបធៀបដូចខាងក្រោម៖

ការប្រៀបធៀបទី១ ពូជមាត្រដ្ឋានជាមួយពូជដ៏ទៃ

	ពូជមាត្រដ្ឋាន	ពូជ ក	ពូជ ខ	ពូជ គ
	-3	+1	+1	+1
ឬ	+3	-1	-1	-1

រីឯបច្ច័យផ្សេងៗ ដែលគ្មានការពាក់ព័ន្ធការប្រៀបធៀបក្នុងក្រុមនោះ ឲ្យតម្លៃមេគុណស្មើ 0 ដូចជា ការប្រៀបធៀបរវាង ពូជ ខ ជាមួយ ក និង គ ។ ដែលបានពីឧទាហរណ៍ CRD មានដូចខាងក្រោម៖

ការប្រៀបធៀបទី២ ពូជមាត្រដ្ឋានជាមួយដ៏ទៃ

	ពូជមាត្រដ្ឋាន	ពូជ ក	ពូជ ខ	ពូជ គ
	0	+1	-2	+1
ឬ	0	-1	+2	-1

ខ. ក្នុងករណីប្រៀបធៀបម្តងមួយឈុតដែលមិនពាក់ព័ន្ធគ្នា ឬមានសេរីភាពចំពោះគ្នា ហៅថា "orthogonal" ប្រើគោលការណ៍ក្នុងចំនុច ១ ដែលបាននិយាយកន្លងមក។ ទោះបីជាយ៉ាងណាក៏ដោយ លទ្ធផលសរុបរបស់ផលគុណរវាងមេគុណក្នុងបច្ច័យដូចគ្នាទាំងពីរការប្រៀបធៀប (២ ជួរ) ត្រូវស្មើ 0 ទើបការប្រៀបធៀបមានសេរីភាពចំពោះគ្នា។ សរសេរជារូបមន្តដូចខាងក្រោម៖

$(l_{11})(l_{21}) + (l_{12})(l_{22}) + \ldots + (l_{1j})(l_{2j}) = 0$

បានពីសមីការខាងលើបង្ហាញថា ការប្រៀបធៀបទី ១ ស្មើការប្រៀបធៀបទី ២ មានសេរីភាពចំពោះគ្នា។ ឧទាហរណ៍ ទាំង២ ការប្រៀបធៀបក្នុងចំនុច ក យើងបាន៖

លទ្ធផលសរុប = (-3)(0)+(1)(1)+(1)(-2)+(1)(1)

= 0 + 1 – 2 + 1

= 0

៣) ពេលបានតម្លៃមេគុណទាំងអស់ហើយ អាចគណនារក SS នៃតម្លៃការប្រៀបធៀបដែលមានរូបមន្តដូចខាងក្រោម៖

SS (របស់តម្លៃការប្រៀបធៀបនីមួយៗ) = $\frac{(L_i)^2}{(\Sigma_j r_j l_{ij}^2)} = \frac{(\Sigma_j l_{ij} T_j)^2}{(\Sigma_j r_j l_{ij}^2)}$

ដែល $L_i = \Sigma_j l_{ij} T_j$ ឬផលបូកទាំងអស់នៃផលគុណរវាងតម្លៃមេគុណជាមួយលទ្ធផលសរុបរបស់បច្ច័យនីមួយៗ ។ តួចែក = $\Sigma_j r_j l_{ij}^2$ ឬផលបូកទាំងអស់នៃផលគុណរវាងចំនួនសាជាមួយតម្លៃមេគុណលើកជាការេនៃបច្ច័យនីមួយៗ ។

៤) ពេលបានតម្លៃ SS នៃការប្រៀបធៀបនីមួយៗ រួចហើយ នឹងទទួលបានតម្លៃ MS តែម្តង (ដែលស្មើតម្លៃ SS នោះឯង) ពីព្រោះថាការប្រៀបធៀបនីមួយៗ មាន d.f. ស្មើ ១ ឬម្យ៉ាងវិញទៀត ការប្រៀបធៀបនោះមានត្រឹម ២ បច្ច័យ គឺ ក្រុមបូក (+) និងក្រុមដក (-) ដូចខាងក្រោម៖

d.f. = 2 – 1= 1

បានពីឧទាហរណ៍ការប្រៀបធៀបសណ្តែកសៀង ៤ ពូជ (ក, ខ, គ និង ឃ) បែប CRD មានចំនួន ៤ សា មានដូចខាងក្រោម៖

តារាងទី ៤.៧

តារាងការប្រៀបធៀបផ្សេងៗ នៃសណ្តែកសៀង ៤ ពូជ

ពូជ	ក	ខ	គ	ឃ(check)			
លទ្ធផលសរុប	55(T1)	79(T2)	61(T3)	41(T4)	Li	តួចែក	SS
ចំនួនសារ	4(r1)	4(r2)	4(r3)	4(r4)			
ការប្រៀបធៀប							
១.ពូជមាត្រដ្ឋាន និងពូជផ្សេងៗ	+1	+1	+1	-3	72	48	108
២. ខ vs ក និងគ	+1	-2	+1	0	-42	24	73.50
៣. ក និង គ	+1	0	-1	0	-6	8	4.50

ដែល Li = (1)(55)+(1)(79)+(1)(61)+(-3)(41)

= 72

តួចែករបស់ការប្រៀធៀបទី ១ = $(4)(1)^2+(4)(1)^2+4(1)^2+(4)(-3)^2$

= 48

SS ការប្រៀបធៀបទី ១ $= \frac{(72)^2}{48}$

$= 108$

រីឯការប្រៀបធៀបទី ២ និង ៣ ក៏ប្រើវិធីគណនាដូចគ្នាដែរ។

លទ្ធផលវិភាគការប្រៀបធៀបក្នុងពិសោធន៍មានដូចខាងក្រោម៖

តារាងទី ៤.៥

តារាងវិភាគការប្រែប្រួល (ANOVA)

Source of Variation	DF	SS	MS
Varieties (ពូជ)	3	186.00	62.00**
ពូជមាត្រដ្ឋាន vs ពូជផ្សេងៗ	1	108.00	108.00**
ខ vs ក និង គ	1	73.50	73.50**
ក vs គ	1	4.50	4.50
Error (ភាពលម្អៀង)	12	45.00	3.75
Total	15	231.00	

** មានភាពខុសគ្នាខាងក្នុងកម្រិតអាចទៅបាន 0.0១

ការប្រៀបធៀបនីមួយៗ ពិសោធន៍បែប F-test ជាមួយ error mean squares (ដោយមាន error MS ជាតួចែក)។

មូលហេតុ៖ ឲ្យសង្កេតថា លទ្ធផលសរុប SS នៃការប្រៀបធៀបនីមួយៗ ត្រូវមានតម្លៃស្មើបច្ច័យ SS (Varieties SS)។ ប្រសិនបើមានតម្លៃមិនស្មើគ្នាបង្ហាញថា មានកំហុសឆ្គងកើតឡើង អាចបណ្តាលមកពីតម្លៃមេគុណមិនត្រឹមត្រូវ ឬគណនាខុសក្នុងដំណាក់កាលណាមួយ (លើកលែងមានទស្សភាគជួនកាលអាចខុសគ្នាបន្តិចបន្តួចក្រោយក្បៀសនៃទស្សភាគ)

តាមតារាងការវិភាគការប្រែប្រួលសរុបបានដូចខាថក្រោម៖

១. ពូជ **ក ខ** និង **គ** ផ្តល់ទិន្នផលខ្ពស់ជាងពូជមាត្រដ្ឋាន **ឃ** (ក្នុងកម្រិតអាចទៅបាន 0.0១)

២. ពូជ **ខ** ផ្តល់ទិន្នផលខ្ពស់ជាងពូជ **ក** និង **គ** (ក្នុងកម្រិតអាចទៅបាន 0.0១)

៣. ពូជ **ក** និង **គ** ផ្តល់ទិន្នផលប្រហាក់ប្រហែលគ្នា ឬគ្មានភាពខុសគ្នាខាងស្ថិតិ

មូលហេតុ៖ គោលការណ៍ទាំងអស់ដែលបាននិយាយមកក្នុង orthogonal comparison ប្រើជាមួយករណីដែលចំនួនសា (r) ស្មើគ្នា។ ប្រសិនបើចំនួនសាមិនស្មើគ្នា គោលការណ៍នេះត្រូវមានផ្លាស់ប្តូរបន្តិចបន្តួច គឺ

contrast : $r_1 l_{i1} + r_2 l_{i2} + ... + r_j l_{ij} = 0$

orthogonal : $r_1 l_{11} l_{21} + e_2 l_{12}\, l_{22} + ... + r_j l_{1j} l_{2j} = 0$

មេរៀនទី ៥
ផែនការពិសោធន៍បែបចាប់ចែដន្យប្លុកពេញលេញ
(RANDOMIZED COMPIETE BLOCK DESIGN; RCBD)

ផែនការពិសោធន៍បែបចែដន្យប្លុកពេញលេញ ការពិសោធនេះគេនិយមប្រើក្នុងការពិសោធលើទីវាល ដែលផ្ទៃដីទាំងនោះតែងតែមានការកែប្រែប្រួល។ ប៉ុន្តែអ្នកពិសោធន៍អាចដឹងទិសដៅនៃការពិសោធ ដើម្បីឲ្យដឹងពីទិសដៅការប្រែប្រួលទាំងនោះ។ គោលបំណងរបស់ RCBD អាស្រ័យទៅលើការរៀបចំឯកតាពិសោធន៍ ឬកូនស្រែពិសោធន៍ (experimental unit) ដាក់នៅក្នុងប្លុក មិនថាទីកន្លែងពិសោធន៍ ឬវត្ថុផ្សេងៗ ក៏ដោយ និងក្នុងប្លុកត្រូវមានភាពស្មើគ្នា ឬឲ្យមានការប្រែប្រួលរវាងចំនួនឯកតាពិសោធន៍ (កូនស្រែ) នៃក្នុងប្លុកនីមួយៗ ឲ្យតិចបំផុត។ ផែនការពិសោធន៍បែប RCBD នៅក្នុងប្លុកនីមួយៗ មានគ្រប់បច្ច័យពិសោធន៍។ ដូច្នេះ ១ ប្លុករបស់ RCBD គឺ ១ សា (replicate)។ បើសិនការពិសោធទាំងនោះមានប៉ុន្មានប្លុក ឬមានប៉ុន្មានសាក៏ដោយ គឺអាស្រ័យលើភាពសមស្របនៃការពិសោធទាំងនោះ។

៥.១. គុណសម្បត្តិ និងគុណវិបត្តិ RCBD

គុណសម្បត្តិ RCBD មានចំណុចល្អត្រង់ចំនួនបច្ច័យ និងប្លុក ហើយអាចគ្រប់គ្រងការប្រែប្រួលនៃការពិសោធបានមួយចំណែកដែរ (one direction variability control)។ រីឯការវាស់ឥទ្ធិពលរបស់បច្ច័យបានកាត់តែល្អឡើង ឬកាន់តែល្អិតល្អន់ ជួយកាត់បន្ថយការប្រែប្រួលរបស់ភាពលម្អៀង (error variance) ក្រៅពីនេះងាយស្រួលធ្វើការវិភាគទិន្នន័យខាងស្ថិតិ។

គុណវិបត្តិ RCBD ប្រសិនបើមានចំនួនបច្ច័យច្រើនហួសពេកនៅក្នុងប្លុកនីមួយៗ ពុំសូវមានភាពសមស្រប ឬព្រោះប្លុកនីមួយៗ មិនងាយមានភាពស្មើគ្នា។ ប្រសិនបើចំនួនកូនស្រែនៃការពិសោធសមស្របគ្នាល្អពេកនឹងធ្វើឲ្យខូចប្រសិទ្ធភាព។ ព្រោះ CRD អាចមានប្រសិទ្ធភាពជាង (មាន d.f. របស់ភាពលម្អៀងខ្ពស់ជាង ឬម្យ៉ាងវិញទៀតអាចមាន variance របស់ភាពលម្អៀងទាបជាង) ក៏បាន។

៥.២ ការចាប់ចែដន្យ និងការរៀបចំប្លង់ពិសោធន៍

ការចាប់ចែដន្យ និងការរៀបចំប្លង់ពិសោធន៍អាចធ្វើបានងាយៗ ដូច CRD ដែរ គឺឲ្យតួលេខនៅក្នុងឯកតាពិសោធន៍ ឬកូនស្រែនីមួយៗ។ បន្ទាប់មកត្រូវសរសេរបច្ច័យពិសោធន៍ (ឬលេខរៀងដែលអ្នកពិសោធន៍ដាក់នៅក្នុងបច្ច័យទាំងអស់) ដាក់នៅក្នុងក្រដាសម្វរ និងយកមកដាក់ក្នុងប្រអប់រួចក្រឡុក ធ្វើការចាប់យកម្តងមួយៗសន្លឹក។ បច្ច័យដែលត្រូវចាប់លើកដំបូង ត្រូវដាក់ក្នុងឯកតាពិសោធន៍ ឬកូនស្រែក្នុងលេខរៀងទីមួយ។ បន្ទាប់មកទៀតចាប់យកសន្លឹកទី២ រៀបចំយកសន្លឹកទី២ដាក់ក្នុងកូនស្រែទី២ ធ្វើរបៀបនេះឲ្យគ្រប់បច្ច័យក្នុងប្លុក។ ក្រោយមកទៀតអ្នកពិសោធន៍ត្រូវចាប់ចែដន្យសារជាថ្មីរហូតគ្រប់ប្លុកនីមួយៗ។

ឧទាហរណ៍៖ ការពិសោធស្រដៀងទៅនឹង CRD គឺការពិសោធពូជសណ្តែកសៀង ៤ ពូជ នៅក្នុងផើង ក្នុងរោងកញ្ចក់ ដោយប្រើផ្នែកបណ្តោយរបស់តុនីមួយៗ ជាប្លុក។ ដូចមានខាងក្រោម៖

ទិសដៅនៃការប្រែប្រួល

(ប្រវែងរបស់តុនីមួយៗ)

Block I

១	២	៣	៤
ក	ឃ	គ	ខ
១២	១២	១៦	២០

→ លេខរៀងឯកតាពិសោធន៍

→ ប្រភេទរបស់បច្ច័យ

→ ទិន្នន័យដែលទទួលបាន (ទិន្នផល គិតជាក្រាម/ផើង)

Block II

៨	៧	៦	៥
គ	ក	ខ	ឃ
១៧	១៥	២២	១៣

Block III

៩	១០	១១	១២
គ	ឃ	ខ	ក
១៥	៩	១៩	១៤

Block IV

១៦	១៥	១៤	១៣
ខ	គ	ក	ឃ
១៨	១៣	១៤	៧

រូបទី ៥.១ ប្លង់ពិសោធន៍ និងទិន្នផល (ក្រាម/ផើង) របស់សណ្តែកសៀង ៤ ពូជ

មូលហេតុ៖ ១. ការពិសោធនៅទីវាលស្រែជាធម្មតាគេព្យាយាមរៀបចំប្លុកជាលក្ខណៈបួនជ្រុងជានិច្ច។ រីឯទីកន្លែងការអនុវត្តការងារពិសោធន៍ ឬឯកតាពិសោធន៍ (កូនស្រែ) មានរាងជាចតុកោណ។

២. លេខរៀងសម្រាប់ដាក់ប្រចាំកូនស្រែពិសោធន៍អាចរៀបចំទៅតាមស្ថានភាពសមស្រប។ ឧទាហរណ៍ ដូចជាលេខ ១០១ ជាកូនស្រែសម្រាប់ពិសោធន៍នៃសា ឬប្លុកទី ១ ជាដើម។

៥.៣. ការវិភាគលទ្ធផលខាងស្ថិតិ (Statistics Analysis)

៥.៣.១ ការរៀបចំទិន្នន័យនៅក្នុងតារាង

តារាងទី ៥.១

តារាងផលផលិត (ក្រាម/ផើង) របស់សណ្តែកសៀង ៤ ពូជ

ពូជ (Treatment)	សា (Block) 1	2	3	4	សរុប	មធ្យមភាគ
ក	12	15	14	14	55(T1)	13.75($\bar{T}1$)
ខ	20	22	19	18	79(T2)	19.75($\bar{T}2$)
គ	16	17	15	13	61(T3)	15.25($\bar{T}3$)
ឃ	12	13	9	7	41(T4)	10.25($\bar{T}4$)
សរុបសា	60(R1)	67(R2	57(R3)	52(R4)	236(G.T)	14.75(G.M)

ចំណាំ T_1,.....,T_4 លទ្ធផលសរុបរបស់បច្ច័យ

$\bar{T}_1$,...... $\bar{T}_4$ មធ្យមភាគរបស់បច្ច័យ

R_1........R_4 លទ្ធផលសរុបរបស់សា ឬប្លុក

៥.៣.២. ការគណនាលទ្ធផលសរុប (T) **និងមធ្យមភាគ** ($\bar{T}$) **របស់ពូជនីមួយៗ លទ្ធផលសរុបរបស់សារនីមួយៗ** (R) **លទ្ធផលសរុបទាំងអស់** (grand total, G.T.) **និងលទ្ធផលមធ្យមភាគសរុបទាំងអស់** (grand mean, G.M.)

៥.៣.៣. ការវិភាគការប្រែប្រួល (ANOVA)

តារាងទី ៥.២

តារាងការវិភាគការប្រែប្រួលរបស់ RCBD

Source of Variation	d.f	SS	MS	F
Replication (R)	r-1	$\frac{R1^2+\cdots+Rr^2}{t} - C.F.$	$\frac{(R)SS}{r-1}=M_3$	$\frac{M3}{M1}$
Treatment (T)	t-1	$\frac{T1^2+\cdots+Tt^2}{r} - C.F.$	$\frac{(T)SS}{t-1}=M_2$	$\frac{M2}{M1}$
Error (R x T)	(r-1)(t-1)	Total SS - (R)SS - (T)SS	$\frac{Error SS}{(r-1)(t-1)} = M_1$	
Total	tr -1	$\sum (\text{each valua})^2 - C.F.$		

t = គឺចំនួនបច្ច័យ

r = គឺចំនួនសា

៥.៣.៤. ដំណាក់កាលការវិភាគការប្រែប្រួល (ANOVA)

ក. C.F. $= \frac{(\text{លទ្ធផលសរុបនៃការពិសោធ})^2}{\text{ចំនួនទិន្នន័យទាំងអស់}}$

$= \frac{(G.F)^2}{(t)(r)} = \frac{(236)^2}{(4)(4)} = \frac{55696}{16}$

= 3,481

ខ. Sum of squares

Total SS = ផលបូកនៃ (តួលេខបានពីកូនស្រែពិសោធន៍នីមួយៗ)^2 – C.F.

$= (12)^2 + (15)^2 + \ldots + (7)^2 -$ C.F.

= 3712 – 3481

= 231

Replication SS $= \frac{\text{ផលបូកនៃ (លទ្ធផលសរុបរបស់សានីមួយៗ)}^2}{\text{ចំនួនទិន្នន័យបានពីសានីមួយៗ = ចំនួនបច្ច័យ}}$ - C.F.

$= \frac{R_1^2 + \cdots + R_r^2}{t}$ – C.F.

$= \frac{(60)^2 + (67)^2 + (57)^2 + (52)^2}{4}$ – C.F.

= 3510.5 – 3481.0

= 29.5

Treatment SS $= \frac{\text{ផលបូកនៃ (លទ្ធផលសរុបរបស់បច្ច័យ)}^2}{\text{ចំនួនទិន្នន័យបានពីបច្ច័យនីមួយៗ = ចំនួនសា}}$ – C.F.

$= \frac{T_1^2 + \cdots T_t^2}{r}$ – C.F

$= \frac{(55)^2 + (79)^2 + (61)^2 + (41)^2}{4}$ – C.F

= 3667 – 3481

= 186

Error SS = Total SS – Rep. SS – Treat. SS

= 231 - 29.5 -186

= 15.50

គ. Mean squares

Replication MS, (M_3) $= \frac{\text{Replication SS}}{\text{d.f. replications } (r-1)}$

$= \frac{29.50}{(4-1) = 3}$

$= 9.83$

Treatment MS, (M_2) $= \frac{\text{Treatment SS}}{\text{d.f. treatments (t−1)}}$

$= \frac{186.00}{(4-1) = 3}$

$= 62.00$

Error MS, (M1) $= \frac{\text{Error SS}}{\text{d.f. error (r−1) (t−1)}}$

$= \frac{15.50}{(4-1)\,(4-1) = 9}$

$= 1.72$

ឃ. F-values

F (Rep.) $= \frac{\text{Rep. MS}}{\text{error MS}}$ d.f. (r-1) និង (r-1) (t-1)

$= \frac{9.83}{1.72}$ d.f. 3 និង 9

$F\,(\text{Rep.})_{3,\,9} = 5.72$

F (Treat.) $= \frac{\text{Treat. MS}}{\text{error MS}}$ d.f. (r-1) និង (r-1) (t-1)

$= \frac{62.00}{1.72}$ d.f. 3 និង 9

$F\,(\text{Treat.})_{3,\,9} = 36.05$

ង. ការប្រៀបធៀបតម្លៃ F ដែលបានមកពីការគណនាជាមួយតម្លៃ F បានមកពីតារាង

$F\,(\text{Rep.})_{3,\,9} = 5.72^{*} > 3.86\ [F\ 0.05_{(3,\,9)}]$

$F\,(\text{Treat.})_{3,\,9} = 36.05^{**} > 6.99\ [F\ 0.01_{(3,\,9)}]$

ច. លទ្ធផលការវិភាគការប្រែប្រួលក្នុងតារាង

តារាងទី ៥.៣

ANOVA របស់ទិន្នផលសណ្តែកសៀង ៤ ពូជ

Source of Variation	d.f.	SS	MS
Replication	3	29.50	9.83*
Treatment (varieties)	3	186.00	62.00**
Error	9	15.50	1.72
Total	15	231.00	

ចំណាំ * មានភាពខុសគ្នាជាអត្ថន័យខាងស្ថិតិក្នុងកម្រិត 0.0៥

* * មានភាពខុសគ្នាជាអត្ថន័យខាងស្ថិតិក្នុងកម្រិត 0.0១

ឆ. ការគណនារកភាពខុសគ្នារបស់មធ្យមភាគបច្ច័យ ដោយប្រើ LSD

$$LSD\propto = (t\propto)\left[\sqrt{\frac{2\ \text{Error MS}}{n}}\right]$$

$$LSD_{0.05}\ (\text{treatment}) = (t_{0.05,\,9})\left[\sqrt{\frac{2\ \text{Error MS}}{n}}\right]$$

(n ពេលនេះជាចំនួនសា គឺស្មើ ៤ សា)

$$= (2.262)\left[\sqrt{\frac{2(1.72)}{4}}\right]$$

$$= (2.262)(0.927)$$

= 2.10 ក្រាម/ផើង

$$LSD_{0.01}\ (\text{treatment}) = (t_{0.01,\,9})\left[\sqrt{\frac{2(1.72)}{4}}\right]$$

$$= (3.250)(0.927)$$

= 3.01 ក្រាម/ផើង

ជ. គណនាតម្លៃ C.V.

$$C.V. = \frac{\sqrt{\text{Error MS}}}{\text{grand mean}} \times 100\%$$

$$= \frac{\sqrt{1.72}}{14.75} \times 100\%$$

$$= 8.89\ \%$$

ឈ. បង្ហាញពីមធ្យមភាគទិន្នផល និងភាពខុសគ្នារវាងមធ្យមភាគ

តារាង៥.៤

មធ្យមភាគទិន្នផល (ក្រាម/ផើង) របស់សណ្តែកសៀង ៤ ពូជ

ពូជ	ទិន្នផល	លំដាប់ពីច្រើនទៅតិច
ខ	19.75	1
គ	15.25	2
ក	13.75	3
ឃ (check)	10.25	4
C.V. (%)	8.89	
$LSD_{0.05}$	2.10	
$LSD_{0.01}$	3.01	

៣. សរុបលទ្ធផលពិសោធន៍

ក្រោយពីការពិសោធទិន្នផលសណ្តែកសៀង ៤ ពូជ បានបង្ហាញថា ពូជ **ក**, **ខ** និង **គ** ផ្តល់មធ្យមភាគទិន្នផលខ្ពស់ជាងពូជមាត្រដ្ឋាន (ពូជ **ឃ**) និងពូជ **ខ** ផ្តល់ផលផលិតខ្ពស់បំផុត។

មេរៀនទី ៦
ផែនការពិសោធន៍បែបការេឡាតាំង ឬឡាទីនស្វែរ
(LATIN SQUARE DESING, LS)

ផែនការពិសោធន៍បែបការេឡាតាំង គេនិយមប្រើនៅពេលដែលអ្នកពិសោធន៍ដឹងពីប្រភព ឬទិសដៅនៃការប្រែប្រួល (variation) ចំនួន 2 ប្រភព (ខុសពី RCBD ដឹងពីប្រភព ឬទិសដៅតែមួយ) ដូច្នេះដើម្បីអាចគ្រប់គ្រងការប្រែប្រួល ឬញែកការប្រែប្រួលចេញពីភាពលម្អៀងក្នុងការពិសោធន៍ (experimental error) ឲ្យសល់តែផ្នែកដែលមិនអាចដឹងពីប្រភព ឬគ្រប់គ្រងមិនបានជាក់ស្តែង ឬទាំង ២ ប្រការ ត្រូវធ្វើការរៀបចំក្រុមឯកតាពិសោធន៍ជា ២ ក្រុម តាមប្រភពនៃការប្រែប្រួលនោះ។ ម្យ៉ាងវិញទៀតពេលវិភាគលទ្ធផលខាងស្ថិតិក៏មានភាពងាយស្រួលដែរ។ ទើបគេហៅក្រុមមួយថា ជួរ (row) ជាក្រុមទិន្នន័យនៅក្នុងជួរដេកនៃតារាងបង្ហាញលទ្ធផល។ រីឯមួយក្រុមទៀត គេហៅថា ខលលិមន៍ (column) ជាក្រុមទិន្នន័យនៅក្នុងជួរឈរនៃតារាងបង្ហាញលទ្ធផល។ ទាំង ជួរដេក និង ខលលិមន៍ (ជួរឈរ) ត្រូវមានគ្រប់បច្ច័យ គឺបែបប្លុកពេញលេញ (complete block)។ គោលបំណងនៃការរៀបចំក្រុមនេះ ដូចទៅនឹងការរៀបចំប្លុក RCBD ដែរ គឺអាចញែកការប្រែប្រួលចេញពីភាពលម្អៀងបាន។ មិនត្រឹមតែប៉ុណ្ណោះនឹងជួយឲ្យអ្នកពិសោធន៍អាចវាស់វែងឥទ្ធិពលរបស់បច្ច័យនីមួយៗ បានយ៉ាងមានប្រសិទ្ធិភាព។

៦.១ គុណសម្បត្តិ និងគុណវិបត្តិ LS

គុណសម្បត្តិ LS អាចគ្រប់គ្រងការប្រែប្រួល (variation) បានល្អជាង CRD និង RCBD ប្រសិនបើការប្រែប្រួលកើតឡើង ២ ផ្នែក ឬទិសដៅ។ ផែនការរៀបចំ ឬគ្រប់គ្រងការប្រែប្រួលនេះ វាតែងតែមានផលឲ្យ mean square នៃភាពលម្អៀង (error mean square) មានតម្លៃថយចុះតិច។

គុណវិបត្តិ LS ចំនួនបច្ច័យត្រូវឲ្យសមស្រប ប្រសិនបើច្រើនពេកនឹងធ្វើឲ្យតុល្យភាពនៃក្រុមនីមួយៗ (row និង column) មានភាពមិនពេញលេញ។ ជាធម្មតាចំនួនបច្ច័យដែលប្រើគួមានចន្លោះពី ៤ ដល់ ១០ បច្ច័យ។ ព្រោះថា អ្នកពិសោធន៍ត្រូវប្រើចំនួនប្លុកស្មើនឹងចំនួនបច្ច័យ (គឺចំនួនជួរ និងខលលិមន៍ត្រូវស្មើគ្នាជាមួយចំនួនបច្ច័យ)។ ដូច្នេះ ប្រសិនបើចំនួនបច្ច័យច្រើនពេក ធ្វើឲ្យទំហំការពិសោធមានខ្នាតធំ ដែលធ្វើឲ្យមិនសមស្រប។ ផ្ទុយទៅវិញ បើមានបច្ច័យតិចពេក ប្រសិទ្ធិភាពនៃការពិសោធក៏ទាបដែរ គឺ d.f. នៃ error ក៏ទាបហួសពេក។ ជាពិសេស ប្រសិនបើមានបច្ច័យត្រឹម ២ បច្ច័យ (២ treatment) នឹងគ្មានភាពលម្អៀង (error term) (មើលលើរូបមន្តការគណនារក d.f. ទំព័របន្ទាប់)។

៦.២ ការចាប់ចៃដន្យ និងការរៀបចំប្លង់ពិសោធន៍

៦.២.១ ការចាប់ចែដន្យត្រូវពិចារណាចំពោះបច្ច័យដែលបានរៀបចំប្រើទាំងនោះ ដូចជា៖ ប្រសិនបើប្រើ ៤ បច្ច័យ ត្រូវជ្រើសរើសផែនការពិសោធន៍បែប LS ជាលក្ខណៈ ៤ x ៤ ដែលបានមើលពីសៀវភៅជាច្រើនក្បាល ដូចជា សៀវភៅ Experimental Design (1957) រៀបរៀងដោយ W.G. Cochron and G.M. Cox ទំព័រ ១៤៥ និង សៀវភៅ Statistical Tables (1963) រៀបរៀងដោយ R.A. Fisher and F. Yates ទំព័រ ៨៦។ ដែលមានផែនការរៀបចំបច្ច័យរហូតដល់ (១២ x ១២) ឬអាចប្រើគោលការណ៍ថា ពេលមើលបច្ច័យក្នុងជួរដេក (row) និងជួរឈរ (column) ឲ្យប្រដកថា ក្នុងជួរនីមួយៗ មានបច្ច័យគ្រប់ជួរ ហើយត្រូវមានគ្រប់បច្ច័យនៅលើជួរទាំងពីរ (row and column) ផ្ទៃក ឬក្នុងចិត្តត្រូវប្រាកដថាគ្រប់បច្ច័យមិនជាន់គ្នានៅក្នុងជួរដេក និងជួរឈរតែមួយឡើយ។

៦.២.២ ពេលបានផែនការរៀបចំបច្ច័យរួចរាល់ហើយ ជារអាទិ៍

ការពិសោធសណ្តែកសៀង ៤ ពូជ (ក ខ គ និង ឃ) ត្រូវរៀបចំផែនការ (៤ x ៤)។ ឧទាហរណ៍ថា ការរៀបចំផែនការមានដូចខាងក្រោម៖

row \ column	1	2	3	4
I	A	B	C	D
II	B	A	D	C
III	C	D	A	B
IV	D	C	B	A

អ្នកពិសោធន៍អាចចាប់ចៃដន្យ row មុនសិន (ឬចាប់ចៃដន្យ column មុនក៏បាន)។ ធ្វើតាមវិធីចាប់ឆ្នោតបែបងាយៗ ឧទាហរណ៍ថា បាន row II, I, IV និង III ដែលមានផែនការដូចខាងក្រោម៖

row \ column	1	2	3	4
II	B	A	D	C
I	A	B	C	D
IV	D	C	B	A
III	C	D	A	B

៤.២.៣ ការចាប់ចៃដន្យ column ឧទាហរណ៍ថា បាន ២, ៤, ១ និង ៣ ដែលមានផែនការដូចខាងក្រោម៖

row \ column	2	4	1	3
II	A	C	B	D
I	B	D	A	C
IV	C	A	D	B
III	D	B	C	A

ផែនការនេះ ជាដំណាក់កាលចុងក្រោយដែលប្រើសម្រាប់រៀបចំបច្ច័យ

៦.២.៤ ការចាប់ចៃដន្យអក្សរ A, B, C និង D ជាតំណាងរបស់បច្ច័យនីមួយៗ មានឧទាហរណ៍ដូចខាងក្រោម៖

A = ពូជ ខ

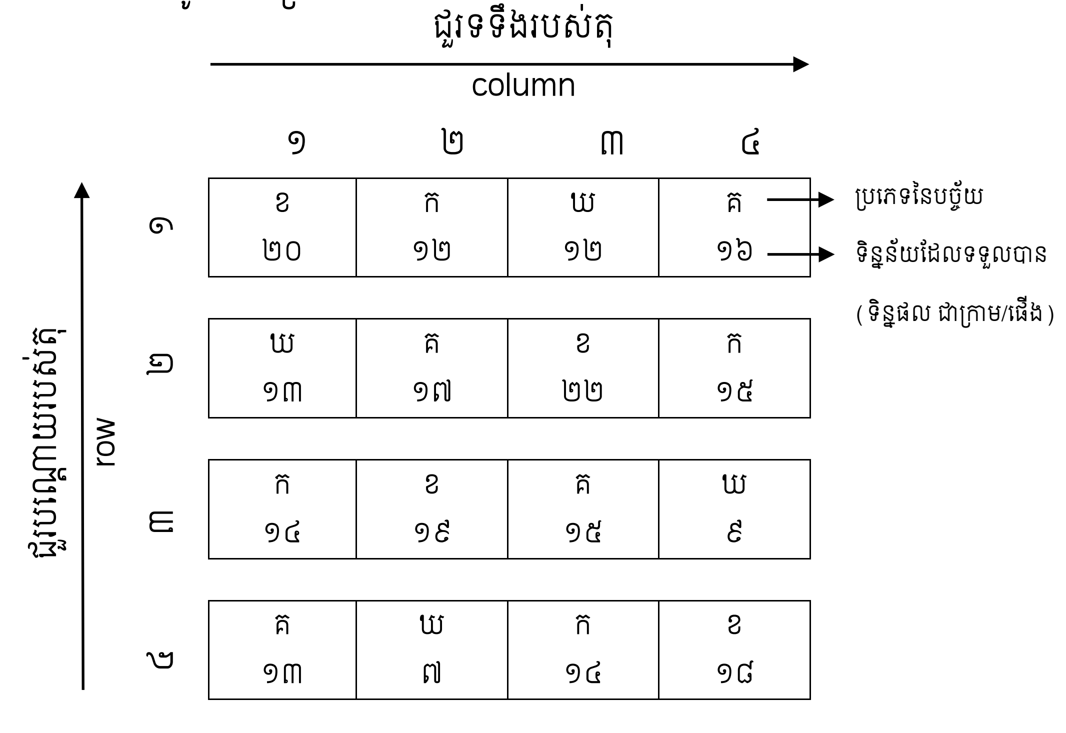
B = ពូជ ឃ

C = ពូជ ក

D = ពូជ គ

៦.២.៥រូបផែនការពិសោធន៍ ដោយលើកឧទាហរណ៍របស់សណ្តែកសៀង ៤ ពូជ

ផែនការពិសោធន៍ស្រដៀងបែបផែនការ CRD និង RCBD ដែលបានដាំក្នុងផើងនៅក្នុងរោងកញ្ចក់។ ដោយអ្នកពិសោធន៍បានដឹងថាការប្រែប្រួលកើតឡើងទាំងជួរបណ្តោយ និងជួរទទឹងរបស់តុដែលដាក់ផើងនោះ។ ដោយឲ្យជួរបណ្តោយជា row និងជួរទទឹងជា column (ឬផ្ទុយគ្នាក៏បាន)។ រូបផែនការពិសោធន៍មានដូចខាងក្រោម៖



រូបទី ៦.១ រូបផែនការពិសោធន៍ និងទិន្នផល (ក្រាម/ផើង) របស់សណ្តែកសៀង ៤ ពូជ

៦.៣ ការវិភាគទិន្នន័យខាងស្ថិតិ

៦.៣.១ ការរៀបចំទិន្នន័យក្នុងតារាង បង្ហាញពីលទ្ធផលរបស់ row និង column ព្រមទាំងលទ្ធផលសរុបទាំងអស់ (grand total, G.T.) មានដូចខាងក្រោម៖

តារាងទី ៦.១

ទិន្នផល (ក្រាម/ផើង) របស់សណ្តែកសៀង ៤ ពូជ

Row	Column				លទ្ធផលសរុប row
	1	2	3	4	
1	20(ខ)	12(ក)	12(ឃ)	16(គ)	60(R_1)
2	13(ឃ)	17(គ)	22(ខ)	15(ក)	67(R_2)
3	14(ក)	19(ខ)	15(គ)	9(ឃ)	57(R_3)
4	13(គ)	7(ឃ)	14(ក)	18(ខ)	52(R_4)
លទ្ធផលសរុប column	60(C_1)	55(C_2)	63(C_3)	58(C_4)	236(G.T.)

៦.៣.២ លទ្ធផលសរុប និងមធ្យមភាគនៃបច្ច័យ (ពូជ) រៀបចំក្នុងតារាង

តារាងទី ៦.២

លទ្ធផលសរុប និងមធ្យមភាគទិន្នផល (ក្រាម/ផើង) របស់សណ្តែកសៀង ៤ ពូជ

ឯកតា	ពូជ			
	ក(T_1)	ខ(T_2)	គ(T_3)	ឃ(T_4)
លទ្ធផលសរុប	៥៥.០០	៧៩.០០	៦១.០០	៤១.០០
មធ្យមភាគ	១៣.៧៥	១៩.៧៥	១៥.២៥	១០.២៥

សរុបមធ្យមភាគទាំងអស់ G.M. = 14.75

៦.៣.៣. វិភាគការប្រែប្រួល (ANOVA)

តារាងទី ៦.៣

តារាងការវិភាគការប្រែប្រួលរបស់ LS

Source of Variation	D.F.	SS	MS	F
Row	t-1	$\frac{(R_1)^2+...+(R_t)^2}{t}$ – C.F	$\frac{\text{Row SS}}{t-1}=M_4$	$\frac{M4}{M1}$
Column	t-1	$\frac{(C_1)^2+...+(R_t)^2}{t}$ – C.F	$\frac{\text{Column SS}}{t-1}=M_3$	$\frac{M3}{M1}$
Treatments	t-1	$\frac{(T1)^2+...+(Tt)^2}{t}$ – C.F	$\frac{\text{Treatment SS}}{t-1}=M_2$	$\frac{M2}{M1}$
Error (RxT)	(t-1)(t-2)	Total SS – Rows SS - Columns SS – Treatment SS	$\frac{\text{Error SS}}{(t-1)(t-2)}=M_1$	
Total	(t^2 -1)	$\sum(\text{each valua})^2$ – C.F		

t គឺចំនួនបច្ច័យដែលស្មើជាមួយចំនួន row និង column

៦.៣.៤. ជំណាក់កាលការវិភាគការប្រែប្រួល (ANOVA)

ក. C.F. $= \frac{(\text{លទ្ធផលពិសោធន៍ទាំងអស់})^2}{\text{ចំនួនទិន្នន័យទាំងអស់}}$

$= \frac{(G.F)^2}{t^2} = \frac{(236)^2}{4^2} = \frac{55696}{16}$

= 3,481

ខ. Sum of squares

Total SS = ផលបូករបស់(បានពីកូនស្រែនៃការពិសោធនីមួយៗ)^2 – C.F

$= (20)^2 + (12)^2 + \ldots (18)^2 - C.F$

= 3712 – 3481

= 231

Row SS $= \frac{\text{ផលបូករបស់ (លទ្ធផលសរុបរបស់ជួរដេកនីមួយៗ)}^2}{\text{លទ្ធផលនៃជួរដេកនីមួយៗ=ចំនួនបច្ច័យ}}$ - CF

$= \frac{(R_1)^2 + \cdots + (R_t)^2}{t} - C.F$

$= \frac{(60)^2 + (67)^2 + (57)^2 + (52)^2}{4} - C.F$

= 3,510.5 – 3,481.0

= 29.5

Column SS $= \frac{\text{ផលបូករបស់ (លទ្ធផលសរុបរបស់ជួរឈរនីមួយៗ)}^2}{\text{លទ្ធផលនៃជួរឈរនីមួយៗ=ចំនួនបច្ច័យ}}$ - CF

$= \frac{(C_1)^2 + \cdots + (C_t)^2}{t} - C.F$

$= \frac{(60)^2 + (55)^2 + (63)^2 + (58)^2}{4} - C.F$

= 3,489.5 – 3,481.0

= 8.5

Treatment SS $= \frac{\text{ផលបូក(លទ្ធផលសរុបរបស់បច្ច័យនីមួយៗ)}^2}{\text{លទ្ធផលបច្ច័យនីមួយៗ=ចំនួនសារ}} - C.F$

$= \frac{(T_1)^2 + \cdots + (T_t)^2}{t} - C.F$

$$= \frac{(55)^2+(79)^2+(61)^2+(41)^2}{4} - \text{C.F}$$

$= 3,667 - 3,481$

$= 186$

Error SS = Total SS – Rows SS - Columns SS – Treatment SS

$= 231.0 - 29.50 - 8.50 - 186.0$

$= 7.0$

គ. Mean squares

Rows MS, (M4) $= \frac{\text{Rows SS}}{\text{d.f. row, (t−1)}}$

$= \frac{29.50}{(4-1) = 3}$

$= 9.83$

Columns MS, (M3) $= \frac{\text{Column SS}}{\text{d.f. column (t−1)}}$

$= \frac{8.50}{(4-1) = 3}$

$= 2.83$

Treatment MS, (M2)$= \frac{\text{Treatment SS}}{\text{d.f. treatment (t−1)}}$

$= \frac{186.00}{(4-1) = 3}$

$= 62.00$

Error MS, (M1) $= \frac{\text{Error SS}}{\text{d.f. error (r−1) (t−2)}}$

$= \frac{15.50}{(4-1)\ (4-2) = 6}$

$= 1.17$

ឃ. F-values

F (Rows.) $= \frac{\text{Rows MS}}{\text{error MS}}$ d.f. (t-1) និង (t-1) (t-2)

$= \frac{9.83}{1.17}$ d.f. 3 និង 6

$F\ (\text{Rows.})_{3,\,6}$ $= 8.40$

F (Columns.) $= \frac{\text{column MS}}{\text{error MS}}$ d.f. (t-1) និង (t-1) (t-2)

$= \frac{2.83}{1.17}$ d.f. 3 និង 6

F (Column.)$_{3, 6}$ = 2.42

F (Treatments) $= \frac{\text{Treatments MS}}{\text{error MS}}$ d.f. (t-1) និង (t-1) (t-2)

$= \frac{62.00}{1.72}$ d.f. 3 និង 6

F (Treatments)$_{3, 9}$ = 52.99

ង. ការប្រៀបធៀបតម្លៃ F ដែលបានមកពីការគណនាជាមួយតម្លៃ F បានមកពីតារាង

F (Rows.)$_{3, 6}$ = 8.40 * > 4.76 [F 0.05 $_{(3, 6)}$]

F (Columns.)$_{3, 6}$ = 2.42 < 4.76 [F 0.05 $_{(3, 6)}$]

F (Treatments)$_{3, 6}$ = 52.99 ** > 9.78 [F 0.01 $_{(3, 6)}$]

ច. លទ្ធផលការវិភាគការប្រែប្រួលក្នុងតារាង

តារាងទី ៦.៤

ANOVA របស់ទិន្នផលសណ្តែកសៀង ៤ ពូជ

Source of Variation	D.F.	SS	MS
Rows	3	29.50	9.83 *
Columns	3	8.50	2.83
Treatment (varieties)	3	186.00	62.00 * *
Error	6	7.00	1.17
Total	15	231.00	

ចំណាំ * មានភាពខុសគ្នាជាអត្ថន័យខាងស្ថិតិ ក្នុងកម្រិត 0.0៥

* * មានភាពខុសគ្នាជាអត្ថន័យខាងស្ថិតិ ក្នុងកម្រិត 0.0១

ឆ. ការគណនាសាកល្បងរកភាពខុសគ្នារបស់មធ្យមភាគបច្ច័យ ដោយប្រើ LSD

LSD∝ $= (t\propto, n) \left[\sqrt{\frac{2 \text{ Error Ms}}{n}} \right]$

LSD$_{0.05}$ (treatment) $= (t_{0.05, 6}) \left[\sqrt{\frac{2 \text{ Error Ms}}{n}} \right]$

(n ពេលនេះគឺចំនួនសារ គឺ ៤ សារ)

$= (2.447) \left[\sqrt{\frac{2(1.17)}{4}} \right]$

= (2.447) (0.765)

= 1.87 ក្រាម/ផើង

LSD$_{0.01}$ (treatment) $= (t_{0.01, 6}) \left[\sqrt{\frac{2(1.17)}{4}} \right]$

= (3.707) (0.765)

= 2.84 ក្រាម/ផើង

ជ. គណនាតម្លៃ C.V.

C.V. $= \frac{\sqrt{\text{Error MS}}}{\text{grand mean}}$ x 100%

$= \frac{\sqrt{1.17}}{14.75}$ x 100%

= 7.33 %

ឈ. បង្ហាញពីមធ្យមភាគទិន្នផល និងភាពខុសគ្នារវាងមធ្យមភាគ

តារាងទី ៦.៥

មធ្យមភាគទិន្នផល (ក្រាម/ផើង) របស់សណ្តែកសៀង ៤ ពូជ

ពូជ	ទិន្នផល	ចំណាត់ថ្នាក់ពីច្រើនទៅតិច
ខ	19.75	1
គ	15.25	2
ក	13.75	3
ឃ	10.25	4
C.V. (%)	7.32	
$LSD_{0.05}$	1.87	
$LSD_{0.01}$	2.84	

ញ. សរុបលទ្ធផលការពិសោធ លើទិន្នផលសណ្តែកសៀង ៤ ពូជ គឺ **ក, ខ, គ** និង **ឃ** (ពូជ

មាត្រដ្ឋាន) បានបង្ហាញថា ពូជ **ក, ខ** និង **គ** ផ្តល់ទិន្នផលជាមធ្យមខ្ពស់ជាងពូជមាត្រដ្ឋាន (ពូជ **ឃ**) និងពូជ **ខ** ជាពូជផ្តល់ទិន្នផលខ្ពស់ជាងគេបំផុត។

៦.៤ ការប្រៀបធៀបផែនការពិសោធន៍បែប CRD, RCBD និង LS ពីការពិសោធសណ្តែកសៀង ៤ ពូជ (ក ខ គ និង ឃ) ក្នុងរោងកញ្ចក់

៦.៤.១ រូបផែនការពិសោធន៍

CRD

ក	ឃ	ឃ	គ	ក
ខ	គ	ក	ឃ	ខ
ខ	ក	គ		
ខ	គ	ឃ		

RCBD

Block/Rep.				
I	ក	ឃ	គ	ខ
II	គ	ក	ខ	ឃ
III	គ	ឃ	ខ	ក
IV	ខ	គ	ក	ឃ

LS

rows \ column	1	2	3	4
1	ខ	ក	ឃ	គ
2	ឃ	គ	ខ	ក
3	ក	ខ	គ	ឃ
4	គ	ឃ	ក	ខ

រូបទី ៦.២ បង្ហាញពីរៀបចំឯកតាពិសោធន៍ក្នុងពិសោធន៍បែប CRD, RCBD និង LS

សង្កេតឃើញថា ផែនការបែប CRD ពូជនីមួយៗ ដាក់នៅកន្លែងណាក៏បានគឺ រៀបចំដាក់នៅផើងយ៉ាងពេញលេញលើផ្ទៃតុនោះ។ រីឯ RCBD រៀបចំឲ្យគ្រប់ពូជនៅក្នុងប្លុក/សានីមួយៗ មានគ្រប់ទាំង ៤ ពូជ។ ចំពោះ LS វិញរៀបចំឲ្យគ្រប់ៗ ពូជនៅក្នុង row និង column ដោយមិនឲ្យមានពូជជាន់គ្នាឡើយនៃ row និង column នីមួយៗ។

៦.៤.២ តារាងការវិភាគការប្រែប្រួល

បានពីតារាង ANOVA បង្ហាញថា៖

១) CRD ជាផែនការពិសោធន៍ដែលមាន d.f. នៃភាពលម្អៀង (error) ខ្ពស់បំផុត (d.f. = 12) RCB = 9 និង LS = 6 ។ មាន d.f. របស់ភាពលម្អៀងថយចុះតាម d.f. នៃការរៀបចំក្រុម គឺ RCB ថយចុះ 3 (d.f. នៃចំនួនសារ) LS ថយចុះរហូតដល់ 6 (d.f. របស់ row + d.f. របស់ column)។

២) ប្រសិនបើការរៀបចំក្រុមបានត្រឹមត្រូវ គឺមានន័យថា គេដឹងពីការប្រែប្រួល ហើយធ្វើការរៀបចំបានពេញលេញបំផុតនៃក្រុមនីមួយៗ ឬការប្រែប្រួលរវាងឯកតាពិសោធន៍នៃក្រុមនីមួយៗ មានតិចបំផុត។ បង្ហាញបានថា mean square របស់ភាពលម្អៀង error mean square ថយចុះតាមលំដាប់។

៣) បើមើលមេគុណនៃការប្រែប្រួល C.V. ឃើញថា C.V. របស់ LS < RCB < CRD តាមលំដាប់។

តារាងទី ៦.៦

ANOVA របស់ទិន្នផលសណ្តែកសៀង ៤ ពូជ ដោយប្រើផែនការពិសោធន៍បែប CRD, RCBD និង LS

CRD				RCBD				LS			
Source of Variation	d.f.	SS	MS	Source of Variation	d.f.	SS	MS	Source of Variation	d.f.	SS	MS
								Rows	3	29.50	9.83*
				Replication	3	29.50	9.83*	Columns	3	8.50	2.83
Varieties	3	186.00	62.00**	Varieties	3	186.00	62.00**	Varieties	3	186.00	62.00**
Error	12	45.00	3.75	Error	9	15.50	1.72	Error	6	7.00	1.17
Total	15	231.00		Total	15	231.00		Total	15	231.00	
C.V.(%)		23.13		C.V.(%)		8.89		C.V.(%)		7.32	

មេរៀនទី ៧
ផែនការពិសោធន៍បែបហ្វែកទ័រៀល
(FACTORIAL EXPERIMENT)

ផែនការពិសោធន៍បែបហ្វែកទ័រៀល ឬជួនកាលហៅថា ការរៀបចំ (បច្ច័យ) បែបហ្វែកទ័រៀល (factorial arrangement) គេនិយមប្រើផែនការពិសោធន៍នេះស្ទើរគ្រប់ផ្នែក។ ព្រោះអ្នកពិសោធន៍អាចសិក្សាពីលទ្ធផលបណ្ដាលមកពីកត្តា (factor) ជាច្រើននៅក្នុងកត្តាការពិសោធន៍ជាមួយគ្នា។ ក្រៅពីនេះ កត្តានីមួយៗ អាចញែកចេញបានជាច្រើនកម្រិត (level) ក្នុងលក្ខណៈបរិមាណ (quantitative characters)។ កម្រិតមានន័យថា អត្រាផ្សេងៗ ដូចជា ជីអាសូត (N) ដែលមានអត្រា ៦ គីឡូក្រាម/rai (១៦០០ ម៉ែត្រការេ) គឺអាចនិយាយបានថា ជាកម្រិតមួយនៃកត្តាជីអាសូត និងអត្រា ១២ គីឡូក្រាម/rai គឺអាចនិយាយបានថា ជាកម្រិតមួយទៀត។ ចំពោះលក្ខណៈគុណភាព (qualitative characters) កម្រិតមានន័យថា ជាចំណែក ឬជាសមាជិករបស់កត្តាពាក់ព័ន្ធទាំងនោះ ដូចជា ពូជស្រូវអាចមានពូជ ក ខ ១, ពូជលឿងប្រាក់លីវ ១២៣ ។ល។ ពូជនីមួយៗ ក៏ជាចំណែក ឬសមាជិករបស់កត្តាពាក់ព័ន្ធជាមួយពូជស្រូវដែរ។

គោលបំណងដែលសំខាន់នៃការរៀបចំផែនការពិសោធន៍បែបហ្វែកទ័រៀលនោះ ក្រៅពីសិក្សាអំពីឥទ្ធិពលរបស់កត្តានីមួយៗ ហើយក៏អាចសិក្សាពីអន្តរកម្មរវាងកត្តា (interaction) ដែលកើតពីការរួមចូលគ្នា (combination) ផ្សេងៗ ទៀតរបស់កម្រិតរវាងបច្ច័យទាំងអស់ ជាអាទិ៍ ការពិសោធជីអាសូត ដែលមាន កម្រិត ០, ៦ និង ១២ គីឡូក្រាមរបស់ជីអាសូត/rai ជាមួយ ស្រូវពូជ ក ខ ១ និងពូជលឿងប្រាក់លីវ ១២៣។

ការពិសោធនេះ ហៅថា ៣ x ២ ឬ ២ x ៣ factorial ដែលមានការរួមចូលគ្នា combination ទាំងអស់។ មានដូចខាងក្រោម៖

កត្តា (factor)			**កម្រិត** (level)
ពូជស្រូវ			២ ពូជ
អត្រាជីអាសូត			៣ អត្រា (ratio)
ចំនួនការរួមចូលគ្នា	២ x ៣	=	៦

ក្នុងករណីការពិសោធបែបហ្វែកទ័រៀលនេះ ចំនួនបច្ច័យ (treatment) គឺមានចំនួនការរួមចូលគ្នា ឬ combination នោះឯង។ បានពីឧទាហរណ៍ខាងលើមានបច្ច័យទាំងអស់ស្មើ ៦។

ដូចដែលបាននិយាយមកហ្វែកទ័រៀលប្រើសម្រាប់សិក្សាអន្តរកម្មរវាងកត្តា ក្នុងន័យនេះគឺមានន័យថា សម្ព័នភាពរវាងកម្រិតផ្សេងៗ នៃកត្តាទាំងអស់យ៉ាងដូចម្ដេច? ពោលគឺ កម្រិតមួយរបស់កត្តាទីមួយរួមចូលគ្នាជាមួយកម្រិតទៀតរបស់កត្តាទីពីរ អាចផ្ដល់ផលឲ្យមានអន្តរកម្មដូចគ្នា ឬមានភាព

ខុសគ្នាជាមួយការរួមចូលគ្នានៃកត្តាដទៃដែរឬទេ? ប្រសិបើការពិសោធនោះមាន ២ កត្តា ដូចឧទាហរណ៍ក្នុងជីអាសូត និងពូជស្រូវ ឬអាចនិយាយបានថា អ្នកពិសោធន៍ត្រូវដឹងថា ជីអាសូតកម្រិតណាទើបសមស្របជាមួយពូជស្រូវនីមួយៗ និងបច្ច័យណាមួយផ្តល់លទ្ធផលល្អបំផុត។ ជាធម្មតាអន្តរកម្មពូជរវាងកត្តា និយមសរសេរជាលក្ខណៈគុណ ដូចជា ពូជស្រូវ x អត្រាជីអាសូត (V x N) ជាដើម។

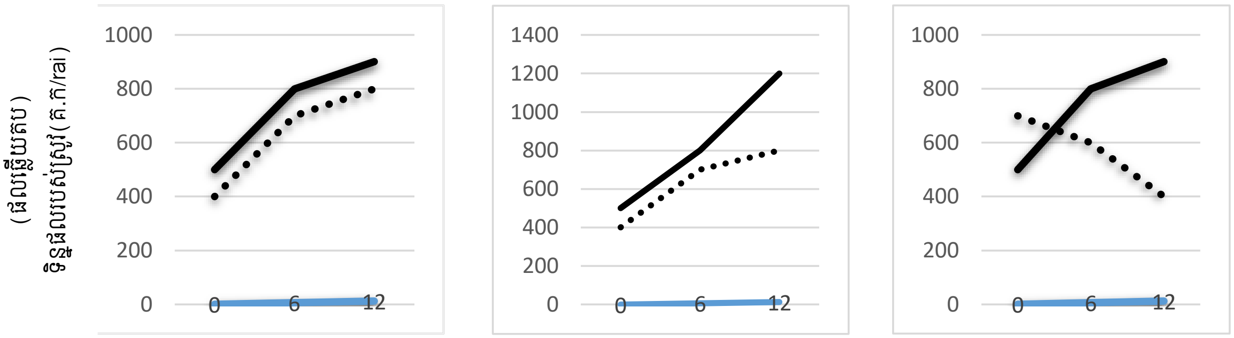
ប្រភេទ និងនិយមន័យនៃអន្តរកម្មរវាងកត្តានោះ អាចមើលពីឧទាហរណ៍នៃការពិសោធ ជីអាសូត ៣ អត្រា ជាមួយពូជស្រូវ ២ ពូជ ។ មានឧទាហរណ៍ ៣ ករណី ដូចមាននៅក្នុងតារាង និងក្រាបខាងក្រោម៖

តារាងទី ៧.១

ផលឆ្លើយតបរបស់ស្រូវ ២ ពូជចំពោះជីអាសូត ៣ អត្រា

អត្រាជីអាសូត គក N/rai	ទិន្នផល (គក/rai)					
	ករណី ១		ករណី២		ករណី៣	
	លឿងប្រាក់លីវ ១២៣	ក ខ ១	លឿងប្រាក់លីវ ១២៣	ក ខ ១	លឿងប្រាក់លីវ ១២៣	ក ខ ១
0	400	500	400	500	700	500
6	700	800	700	800	600	800
12	800	900	800	1200	400	900

ករណីទី១ ដីមានជីវជាតិទាប ករណីទី២ ដីមានជីវជាតិមធ្យម ករណីទី៣ ដីមានជីវជាតិខ្ពស់



រូបទី ៧.១ លទ្ធផលឆ្លើយតបរបស់ស្រូវ ២ ពូជ ចំពោះជីអាសូត ៣ អត្រា ដាក់លើដីមានជីវជាតិផ្សេងៗគ្នា

.... ពូជលឿងប្រាក់លីវ ១២៣ ———— ពូជ ក ខ ១

ករណីទី១ ពេលធ្វើការពិសោធនៅលើដីដែលមានជីជាតិទាប លទ្ធផលដែលទទួលបានបង្ហាញថា គ្មានអន្តរកម្មរវាងជីអាសូតជាមួយពូជស្រូវ (no interaction) គឺផលឆ្លើយតប ឬផ្តល់ទិន្នផលមាន

អត្រាស្មើគ្នាទាំង ២ ពូជ ពេលបន្ថែមអត្រាជីអាសូតពី 0 គ.ក N/rai ទៅ ៦គ.ក N/rai និង ១២ គ.ក N/rai តាមលំដាប់ ទិន្នផលរបស់ស្រូវទាំង ២ ពូជ ផ្តល់ទិន្នផលនៃខ្សែក្រាបស្រដៀងគ្នា។

ករណីទី២ ធ្វើការពិសោធនៅលើដីដែលមានជីវជាតិមធ្យម បង្ហាញថា មានអន្តរកម្មរវាងជីអាសូតជាមួយពូជស្រូវ។ តែផលឆ្លើយតបនៃពូជស្រូវទាំង ២ ពូជ ចំពោះជីអាសូតផ្តល់ទិន្នផលមិនស្មើគ្នា (change in-rate interaction) ពោលគឺ ផលឆ្លើយតបរបស់ពូជស្រូវ ក ខ ១ ផ្តល់អត្រាផលឆ្លើយតបខ្ពស់ជាងពូជស្រូវលឿងប្រាក់លីវ ១២៣ ជាពិសេសនៅពេលបន្ថែមអត្រាជីពី ៦ គ.ក N/rai ទៅ ១២ គ.ក N/rai។

ករណីទី៣ ធ្វើការពិសោធនៅលើដីដែលមានជីវជាតិគ្រប់គ្រាន់ (ដីមានជីវជាតិខ្ពស់) បង្ហាញថា មានអន្តរកម្មរវាងទាំង ២ កត្តា។ តែផលឆ្លើយតបនៃពូជស្រូវចំពោះជីអាសូតមានលក្ខណៈផ្ទុយគ្នា (complete reversal interaction)។ សម្រាប់ពូជលឿងប្រាក់លីវ ១២៣ ពេលបន្ថែមអត្រាជីអាសូតកាន់តែច្រើនទិន្នផលក៏កាន់តែថយចុះតាមលំដាប់។ ប៉ុន្តែពូជស្រូវ ក ខ ១ វិញផ្តល់ទិន្នផលកាន់តែច្រើនតាមអត្រាជីអាសូត (N)។

ការពិសោធន៍បែបហ្វេកទ័ររៀលនេះ មានមនុស្សជាច្រើនយល់ខុសថាជាផែនការពិសោធន៍ (design) តាមពិតជាវិធីរៀបចំបច្ច័យ (treatment arrangement) ក្នុងការផែនការពិសោធន៍បែបផ្សេងៗ. ដូច្នេះ អ្នកពិសោធន៍អាចប្រើផែនការពិសោធន៍ អ្វីក៏បានដែលសមស្របជាមួយការងារពិសោធន៍នោះ ដូចជា CRD, RCBD, LS និងផែនការពិសោធន៍បែបមិនពេញលេញ (incomplete block design) ព្រោះថា ការរៀបចំបច្ច័យក្នុងឯកតាពិសោធន៍ផ្សេងៗ នោះ រៀបចំបែបហ្វេកទ័ររៀល ឬការរួមចូលគ្នា (combination) នៃកត្តាផ្សេងៗ តែប៉ុណ្ណោះ។

៧.១ គុណសម្បត្តិ និងគុណវិបត្តិ Factorial

គុណសម្បត្តិ ការរៀបចំបច្ច័យបែបហ្វេកទ័ររៀលនេះ ធ្វើឲ្យមានសិក្សាបានច្រើនកត្តាក្នុងការពិសោធពេលតែមួយ ព្រមទាំងអាចសិក្សាអន្តរកម្មរវាងកត្តាផ្សេងៗ បាន។ ព្រោះងាយស្រួលសរុបលទ្ធផលបានយ៉ាងទូលំទូលាយ។ ក្រៅពីនេះ ការពិសោធក៏មានប្រសិទ្ធិភាពខ្ពស់ ព្រោះគ្រប់ឯកតាពិសោធន៍ (experimental unit) ដែលនាំយកមកសិក្សាវាយតម្លៃបានគ្រប់កត្តាទាំងអស់។

គុណវិបត្តិ មិនអាចសិក្សាបានល្អិតល្អន់គ្រប់កត្តា។ ក្នុងករណីមានកត្តា និងអត្រាផ្សេងៗ នៃបច្ច័យច្រើនពេក ធ្វើឲ្យការពិសោធន៍មានខ្នាតធំ និងធ្វើឲ្យកើតមានការប្រែប្រួល (variation) ក្នុងសម្ភារៈ ឬឧបករណ៍ពិសោធន៍ (experimental material) ព្រមទាំងការប្រែប្រួលរវាងឯកត្តាពិសោធន៍ (experimental unit) កាន់តែច្រើន។ ជាពិសេសការងារពិសោធន៍នៅទីវាល (វាលស្រែ) ក្រៅពីនេះ ការវិភាគទិន្នន័យខាងស្ថិតិ និងការសរុបលទ្ធផល (interpretation) ក៏មានការពិបាកដែរ។ ក្នុងករណីមានច្រើនកត្តា និងកត្តានីមួយៗ មានច្រើនអត្រាគួរបែងចែកការពិសោធឲ្យបានសមស្រប និងទទួលបានលទ្ធផលល្អចំពោះការអនុវត្ត ការសរុបលទ្ធផលត្រូវតាមគោលការណ៍នៃការរៀបចំផែនការពិសោធន៍បានល្អ។

៧.២ ការវិភាគទិន្នន័យខាងស្ថិតិ

គោលការណ៍នៃការវិភាគទិន្នន័យខាងស្ថិតិក្នុងការពិសោធបែបហ្វេកទ័រៀលនេះ អាស្រ័យលើផែនការពិសោធន៍ដែលត្រូវរៀបចំ។ ប៉ុន្តែបើវិភាគបន្ថែម គឺសមាសភាគរបស់បច្ច័យ (treatment) ដែលញែកចេញមក(partition) ជាកត្តាផ្សេងៗ ដែលពាក់ព័ន្ធ ព្រមទាំងអន្តរកម្មរវាងកត្តាទាំងនោះ។

ឧទាហរណ៍ដែលប្រើក្នុងឯកសារនេះ ប្រើផែនការពិសោធន៍បែប RCBD រៀបចំចំនួន ៣ សា ដោយប្រើឧទាហរណ៍ដូចដែលបាននិយាយមកខាងដើម គឺពិសោធន៍ជីអាសូត ៣ អត្រា គឺ 0, ៦ និង ១២ គ.ក N/rai (ប្រើសញ្ញា ដូចជា N_0, N_1 និង N_2 តាមលំដាប់ និងប្រើពូជស្រូវ ២ ពូជ គឺ លឿងប្រាក់លីវ ១២៣ និង ក.ខ ១ ប្រើសញ្ញា V_0 និង V_1)

មូលហេតុ៖ ១. អក្សរធំភាសាអង់គ្លេស មានន័យថា កត្តាផ្សេងៗ ដូចជា N មានន័យថា អត្រាជីអាសូត។

២. តួលេខធ្លាក់ចុះក្រោម (subscript) មានន័យថា កម្រិតរបស់កត្តានីមួយៗ ដូចជា N_1 មានន័យថា កម្រិតទី២ នៃការប្រើជីអាសូត (N)។

៣. " 0 " មានន័យថា លំដាប់ទាបបំផុតក្នុងករណីកត្តានោះជាលក្ខណៈបរិមាណមិនមែនមានន័យថា " សូន្យ " ទេ ចំពោះតម្លៃផ្សេងៗ។ រីឯមួយករណីទៀតមានកត្តាជាលក្ខណៈគុណភាពអាចប្រើជំនួសសមាជិក ឬសមាសភាគណាមួយក៏បាននៃកត្តាទាំងនោះ។ ដូចឧទាហរណ៍ដែលប្រើ V_0 ជំនួសពូជស្រូវលឿងប្រាក់លីវ១២៣ ជាដើម។

៧.៣ រូបផែនការពិសោធន៍

រូបផែនការពិសោធន៍បែបចាប់ចៃដន្យ ដោយប្រើផែនការស្រាវជ្រាវបែប RCBD ចំនួន ៣ សា មានដូចខាងក្រោម៖

Rep. I	V_1N_1	V_0N_2	V_0N_0	V_1N_2	V_0N_1	V_1N_0 → ប្រភេទនៃបច្ច័យ
	600	600	350	1200	650	500 → ទិន្នន័យដែលទទួលបាន (ទិន្នផលស្រូវ គក/rai)
Rep. II	V_1N_0	V_1N_1	V_0N_2	V_1N_2	V_0N_0	V_0N_1
	600	1000	1000	1300	450	750
Rep. III	V_0N_2	V_1N_1	V_0N_1	V_1N_0	V_1N_2	V_0N_0
	800	800	700	400	1100	400

រូបទី ៧.២ រូបផែនការពិសោធន៍ និងទិន្នផលស្រូវ (គ.ក/rai) នៃការពិសោធពូជស្រូវ ២ ពូជ ជាមួយជីអាសូត ៣ អត្រា

មូលហេតុ៖ និយមន័យរបស់លេខកូដ (code) មានដូចតទៅ៖ V_1N_1 របស់សារទី១ (Rep. I) មានន័យថា បច្ច័យនៃពូជស្រូវ ក ខ ១ និងដាក់ជីអាសូតអត្រា ៦ គ.ក N/rai។

៦.៤ ដំណាក់កាលវិភាគលទ្ធផលខាងស្ថិតិ

៧.៤.១ រៀបចំទិន្នន័យដាក់ក្នុងតារាងមើលបែបងាយៗ និងគណនាលទ្ធផលសរុបនៃកត្តា និងសារនីមួយៗ ព្រមទាំងគណនាលទ្ធផលសរុបទាំងអស់ ដែលមានដូចខាងក្រោម៖

តារាងទី ៧.២

ទិន្នផល (គ.ក/rai) របស់ស្រូវ ២ ពូជ ចំពោះការប្រើជីអាសូត ៣ អត្រា

បច្ច័យ	សា			លទ្ធផលសរុបបច្ច័យ	លទ្ធផលសរុប
	I	II	III		
V_0N_0	350	450	400	1,200(T_1)	
V_0N_1	650	750	700	2,100(T_2)	5,700(V_0)
V_0N_2	600	1,000	800	2,400(T_3)	
V_1N_0	500	600	400	1,500(T_4)	
V_1N_1	600	1,000	800	2,400(T_5)	7,500(V_1)
V_1N_2	1,200	1,300	1,100	3,600(T_6)	
លទ្ធផលសរុបសានីមួយៗ	3,900(R_1)	5,100(R_2)	4,200(R_3)		13,200(G.T.)

តារាងទី ៧.៣

ទិន្នផល (គ.ក/rai) របស់ស្រូវ ២ ពូជ ចំពោះការប្រើជីអាសូត ៣ អត្រា ចំនួន ៣ សា និងមធ្យមភាគ

ពូជ	អត្រាជីអាសូត			លទ្ធផលសរុបនៃពូជ	មធ្យមភាគនៃពូជ
	0	6	12		
លឿងប្រាក់លីវ១២៣	1,200	2,100	2,400	5,700(V_0)	633.33
ក ខ ១	1,500	2,400	3,600	7,500(V_1)	833.33
លទ្ធផលសរុបនៃអត្រាជី	2,700(N_0)	4,500(N_1)	6,000(N_2)	13,200(G.T.)	
មធ្យមភាគនៃអត្រាជី	450	750	1,000	733.33(G.M.)	

៧.៤.២ ការវិភាគការប្រែប្រួល វិភាគតាមផែនការពិសោធន៍ ដូចជា ក្នុងឧទាហរណ៍ RCBD ដែលមានសមាសភាគការវិភាគនៃបច្ច័យកាន់តែកើនឡើង

តារាងទី ៧.៤

តារាងការវិភាគការប្រែប្រួល (ANOVA) នៃការរៀបចំការពិសោធបែប factorial នៅក្នុងផែនការពិសោធន៍បែប RCBD មាន ២ កត្តា (V និង N) ជាសមាសភាគរបស់បច្ច័យ

Source of Variation	d.f	SS	MS	F
Replication(R)	r-1	$\frac{(R_1)^2+\cdots+(R_r)^2}{t=vn}-C.F.$	$\frac{\text{Rep. SS}}{r-1}$=$M_6$	$\frac{M6}{M1}$
Treatment(T)	t-1 or vn – 1	$\frac{(T_1)^2+\cdots+(T_t)^2}{r}-C.F.$	$\frac{\text{Treat. SS}}{t-1}$ =M_5	$\frac{M5}{M1}$
Varieties(V)	v – 1	$\frac{(V_0)^2+\cdots+(V_v)^2}{rn}-C.F.$	$\frac{\text{(V) SS}}{V-1}$=$M_4$	$\frac{M4}{M1}$
Nitrogen(N)	n - 1	$\frac{(N_0)^2+\cdots+(N_n)^2}{rv}-C.F.$	$\frac{\text{(N) SS}}{n-1}$=$M_3$	$\frac{M3}{M1}$
V x N	(n-1)(v-1)	Treat.SS-(V)SS-(N)SS	$\frac{\text{(VxN) SS}}{(r-1)(n-1)}$=$M_2$	$\frac{M2}{M1}$
Error(RxT)	(r-1)(t-1)	Total SS – Rep. SS – Treat. SS	$\frac{ErrorSS}{(r-1)(t-1)}$ = M_1	
Total	tr -1 or vnr-1	$\sum(\text{each valua})^2$ – C.F		

r គឺចំនួនសា = 3

t គឺចំនួនបច្ច័យ និង t = v x n = 2 x 3 =6

v គឺចំនួនសមាជិកក្នុងកត្តាពូជ = 2

n គឺចំនួនសមាជិក ឬលំដាប់ក្នុងកត្តាអត្រាជីអាសូត = 3

ក. C.F. (ទិន្នន័យក្នុងតារាង ៧.២) $=\frac{(\text{លទ្ធផលពិសោធន៍ទាំងអស់})^2}{\text{ចំនួនទិន្នន័យទាំងអស់}}$

$$= \frac{(G.T.)^2}{rt=rvn}$$

$$= \frac{(13,200)^2}{3x2x3} = \frac{174,240,000}{18}$$

$$= 9,680,000$$

ខ. Sum of squares

Total SS = ផលបូករបស់(ទិន្នន័យបានពីកូនស្រែនៃការពិសោធ)^2 – C.F.

$$= (350)^2 + (450)^2 + \ldots + (1100)^2 - C.F.$$

$$= 11,070,000 - 9,680,000$$

$$= 1,390,000$$

Replication SS $= \frac{\text{ផលបូករបស់(លទ្ធផលសរុបរបស់សានីមួយៗ)}^2 - C.F}{\text{លទ្ធផលនៃសានីមួយៗ=ចំនួនបច្ច័យ}}$

$$= \frac{(R_1)^2 + \cdots + (R_r)^2}{t=vn} - C.F.$$

$$= \frac{(3,900)^2 + (5,100)^2 + (4,200)^2}{2 \times 3 = 6} - C.F.$$

$$= 9,810,000 - 9,680,000$$

$$= 130,000$$

Treatment SS $= \frac{\text{ផលបូករបស់(លទ្ធផលសរុបរបស់បច្ច័យនីមួយៗ)}^2}{\text{លទ្ធផលនៃបច្ច័យនីមួយៗ=ចំនួនសា}} - C.F.$

$$= \frac{(T_1)^2 + \cdots (T_t)^2}{r} - C.F.$$

$$= \frac{(1,200)^2 + \cdots + (3,600)^2}{3} - C.F.$$

$$= 10,860,000 - 9,680,000$$

$$= 1,180,000$$

Error SS = Total SS – Rep. SS –Treat. SS

= 1,390,000 – 130,000 – 1,180,000

= 80,000

គ. ការញែក treatments SS ចេញមក (partition) កត្តានីមួយៗ និងអន្តរកម្មរវាងកត្តាផ្សេងៗ មានដូចខាងក្រោម៖

Varieties, (V) SS $= \frac{\text{ផលបូករបស់ (លទ្ធផលសរុបរបស់ពូជនីមួយៗ)}^2}{\text{ចំនួនទិន្នន័យជាផលបូកនៃពូជនីមួយៗ=(ចំនួនសា)(ចំនួនអត្រាជី)}}$ – C.F.

$= \frac{(V_0)^2 + \cdots + (V_V)^2}{rn}$ – C.F.

$= \frac{(5{,}700)^2 + (7{,}500)^2}{3 \text{ x } 3 = 9}$ – C.F.

= 9,860,000 – 9,680,000

= 180,000

Nitrogen, (N) SS $= \frac{\text{ផលបូករបស់ (លទ្ធផលសរុបរបស់អត្រាជីនីមួយៗ)}^2}{\text{ចំនួនទិន្នន័យជាផលបូកនៃអត្រាជីនីមួយៗ=(ចំនួនសា)(ចំនួនពូជ)}}$ – C.F.

$= \frac{(N_0)^2 + \cdots + (N_n)^2}{rv}$ – C.F.

$= \frac{(2{,}700)^2 + (4{,}500)^2 + (6{,}000)^2}{3 \text{ x } 2 = 6}$ – C.F.

= 10,590,000 – 9,680,000

= 910,000

(V x N) = Treatment SS – Varieties SS – Nitrogen SS

= 1,180,000 – 180,000 - 910,000

= 90,000

ឃ. Mean squares

Replication MS (M_6) $= \frac{\text{Replication SS}}{\text{d.f. replication} = (r-1)}$

$= \frac{130{,}000}{(3-1) = 2}$

= 65,000

Treatment MS (M_5) $= \frac{\text{Treatment SS}}{\text{d.f. treatments} = (t-1)}$

$= \frac{1{,}180{,}000}{(6-1) = 5}$

= 236,000

Error MS, (M_1) $= \frac{\text{Error SS}}{\text{d.f. error} = (r-1)\,(t-1)}$

$= \frac{80{,}000}{(3-1)\,(6-1) = 10}$

= 8,000

Varieties MS(M_4) $= \frac{\text{Varieties SS}}{\text{d.f. varieties} = (v-1)}$

$= \frac{180{,}000}{(2-1) = 1}$

= 180,000

Nitrogen MS(M_3) $= \frac{\text{Nitrogen SS}}{\text{d.f. nitrogen} = (n-1)}$

$= \frac{910{,}000}{(3-1) = 2}$

= 455,000

(V x N) MS (M_2) $= \frac{\text{(V x N) SS}}{\text{d.f. (v x n)} = (v-1)\,(n-1)}$

$= \frac{80{,}000}{(2-1)\,(3-1) = 2}$

= 45,000

ង. F-values

F (Rep.) $= \frac{\text{Replication MS}}{\text{error MS}}$ d.f. (r-1) និង (r-1) (t-1)

$= \frac{65{,}000}{8{,}000}$ d.f. 2 និង 10

$F\,(\text{Rep.})_{2,\,10}$ = 8.12

F (Treat.) $= \frac{\text{Treatment MS}}{\text{error MS}}$ d.f. (t-1) និង (r-1) (t-1)

$= \frac{236{,}000}{8{,}000}$ d.f. 5 និង 10

$F\,(\text{Treat.})_{5,\,10}$ = 29.50

F (Varieties) $= \frac{\text{varieties MS}}{\text{error MS}}$ d.f. (v-1) និង (r-1) (t-1)

$= \frac{180{,}000}{8{,}000}$ d.f. 1 និង 10

$F\,(\text{Varieties})_{1,\,10}$ = 22.50

F (Nitrogen) $= \frac{\text{Nitrogen MS}}{\text{error MS}}$ d.f. (n-1) និង (r-1) (t-1)

$= \frac{455{,}000}{8{,}000}$ d.f. 2 និង 10

$F\,(\text{Nitrogen})_{2,\,10}$ = 56.88

F (Interaction, V x N) $= \frac{(VxN)\ MS}{error\ MS}$ d.f. (v-1)(n-1) និង (r-1) (t-1)

$= \frac{45,000}{8,000}$ d.f. 2 និង 10

$F\,(V \times N)_{2,\,10} = 5.62$

ង. ការប្រៀបធៀបតម្លៃ F ដែលបានមកពីការគណនាជាមួយតម្លៃ F បានមកពីតារាង

$F\,(Rep.)_{2,\,10} = 8.12^{**} > 7.56\ [F_{0.01\ (2,\,10)}]$

$F\,(Treat.)_{5,\,10} = 29.50^{**} > 5.64\ [F_{0.01\ (5,\,10)}]$

$F\,(Varieties)_{1,\,10} = 22.50^{**} > 10.04\ [F_{0.01\ (1,\,10)}]$

$F\,(Nitrogen)_{2,\,10} = 56.88^{**} > 7.56\ [F_{0.01\ (2,\,10)}]$

$F\,(V \times N)_{2,\,10} = 5.62^{*} > 4.10\ [F_{0.05\ (2,\,10)}]$

ច. លទ្ធផលវិភាគការប្រែប្រួលក្នុងតារាង

តារាងទី ៧.៥

ANOVA របស់ទិន្នផលសណ្តែកសៀង ៤ ពូជ

Source of Variation	d.f	SS	MS
Replications	2	130,000	65,000 * *
Treatments	5	1,180,000	236,000 * *
Varieties (V)	1	180,000	180,000 * *
Nitrogen (N)	2	910,000	455,000 * *
V x N	2	90,000	45,000 *
Error (V x N)	10	80,000	8,000
Total	17	1,390,000	

* មានភាពខុសគ្នាជាអត្ថន័យខាងស្ថិតិក្នុងកម្រិត 0.0៥

* * មានភាពខុសគ្នាជាអត្ថន័យខាងស្ថិតិក្នុងកម្រិត 0.0១

ឆ. ការគណនាសាកល្បងរកភាពខុសគ្នារបស់មធ្យមភាគបច្ច័យនៃទិន្នផលស្រូវក្នុងកត្តានីមួយៗ និងអន្តរកម្មរវាងកត្តា ដោយប្រើ LSD

$$LSD\alpha = (t\alpha)\left[\sqrt{\frac{2\ Error\ MS}{n}}\right]$$

បច្ច័យ៖ $LSD_{0.05}\,(treatment) = (t_{0.05,\,10})\left[\sqrt{\frac{2\ Error\ MS}{r}}\right]$

$$= (2.228)\left[\sqrt{\frac{2\,(8,000)}{3}}\right]$$

$= 162.71$ គ.ក/rai

$LSD_{0.01}$ (treatment) $= (t_{0.01, 10}) \left[\sqrt{\frac{2 \text{ Error MS}}{r}} \right]$

$= (3.169)(73.030)$

$= 231.43$ គ.ក/rai

ពូជស្រូវ៖ $LSD_{0.05}$ (varieties) $= (t_{0.05, 10}) \left[\sqrt{\frac{2 \text{ Error MS}}{rn}} \right]$

$= (2.228) \left[\sqrt{\frac{2\ (8{,}000)}{3x3}} \right]$

$= 93.94$ គ.ក/rai

$LSD_{0.01}$ (varieties) $= (t_{0.01, 10}) \left[\sqrt{\frac{2 \text{ Error MS}}{rn}} \right]$

$= (3.169)\ (42.164)$

$= 133.62$ គ.ក/rai

អត្រាជីអាសូត៖ $LSD_{0.05}$ (nitrogen) $= (t_{0.05, 10}) \left[\sqrt{\frac{2 \text{ Error MS}}{rv}} \right]$

$= (2.228) \left[\sqrt{\frac{2\ (8{,}000)}{3x2}} \right]$

$= 115.05$ គ.ក/rai

$LSD_{0.01}$ (nitrogen) $= (t_{0.01, 10}) \left[\sqrt{\frac{2 \text{ Error MS}}{rn}} \right]$

$= (3.169)\ (51.640)$

$= 163.65$ គ.ក/rai

ជ. ការគណនាតម្លៃ C.V.

C.V. $= \frac{\sqrt{\text{Error MS}}}{\text{grand mean}} \times 100\%$

$= \frac{\sqrt{8{,}000}}{733.33} \times 100\%$

$= 12.20\ \%$

ឈ. បង្ហាញពីមធ្យមភាគទិន្នផលរបស់ស្រូវ និងភាពខុសគ្នារវាងមធ្យមភាគ

តារាងទី ៧.៦

មធ្យមភាគទិន្នផល (គ.ក/rai) របស់ស្រូវ ២ ពូជ ចំពោះការប្រើជីអាសូត ៣ អត្រា

ពូជ	អត្រាជីអាសូត(គ.ក N/rai)			មធ្យមភាគនៃពូជ
	0	6	12	
លឿងប្រាក់លីវ១២៣	400	700	800	633.33
ក ខ ១	500	800	1,200	833.33
មធ្យមភាគនៃអត្រាជី	450	750	1,000	

C.V.	12.20 %
$LSD_{0.05}$ (បច្ច័យ)	162.71 គ.ក/rai
$LSD_{0.01}$ (បច្ច័យ)	231.43គ.ក/rai
$LSD_{0.05}$ (ពូជ)	93.94 គ.ក/rai
$LSD_{0.01}$ (ពូជ)	133.62គ.ក/rai
$LSD_{0.05}$ (អត្រាជី N)	115.05គ.ក/rai
$LSD_{0.01}$ (អត្រាជី N)	163.65គ.ក/rai

ញ. សរុបលទ្ធផលពិសោធន៍

ឆ្លងតាមរយៈការពិសោធបង្ហាញថា ពូជស្រូវនីមួយៗ និងអត្រាជីអាសូតនីមួយៗ មានភាពខុសគ្នាខាងស្ថិតិនៃទិន្នផលស្រូវ។ ដោយពូជស្រូវ ក ខ ១ ផ្តល់ទិន្នផលខ្ពស់ជាងពូជស្រូវលឿងប្រាក់លីវ ១២៣ រហូតដល់ ២០០ គ.ក/rai។ នៅពេលមានការបន្ថែមអត្រាជីអាសូតពី 0 ទៅ ៦ និង ១២ គ.ក N/rai ធ្វើឲ្យការផ្តល់ទិន្នផលកើនឡើងតាមលំដាប់។ ជាពិសេសនៅអត្រាជី ១២ គ.ក N/rai ពូជស្រូវ ក ខ ១ ផ្តល់ទិន្នផលខ្ពស់រហូតដល់ ១,២០០ គ.ក/rai ។ តើគួតែធ្វើការវិភាគបន្តទៀតថាតើមានអន្តរកម្មយ៉ាងដូចម្តេច?

៧.៤.៣ ការវិភាគអន្តរកម្មរវាងកត្តា (interaction)

១). ការពិចារណាពីការញែកសមាសភាគរបស់កត្តា ឬអន្តរកម្ម ចំពោះការបង្ហាញតម្លៃខុសគ្នាខាងស្ថិតិប៉ុណ្ណោះ។ ដែលក្នុងឧទាហរណ៍នេះ ទាំងពូជ និងអត្រាជីអាសូតបង្ហាញភាពខុសគ្នាខាងស្ថិតិ រួមទាំងបង្ហញពីអន្តរកម្មរវាងទាំងពីរកត្តានោះ ដូច្នេះមានសមាសភាគដែលអាចទៅបាន មានដូចខាងក្រោម៖

ពូជ (V)៖

ការប្រៀបធៀបទី ១ លឿងប្រាក់លីវ ១២៣ ជាមួយពូជ ក ខ ១ (V_0 vs N_1)

អាត្រាជីអាសូត (N)៖

ការប្រៀបធៀបទី ២ N_1 vs (N_1 + N_2)

ការប្រៀបធៀបទី ៣ N_1 vs N_2

អន្តរកម្មរវាងពូជនិងជីអាសូត (V x N)

ការប្រៀបធៀបទី ៤ (1) x (2) ឬ [លឿងប្រាក់លីវ ១២ ជាមួយ ពូជ ក ខ ១] [N_0 vs (N_1 + N_2)]

ការប្រៀបធៀបទី ៥ (1) x (3)

មូលហេតុ៖ ជាធម្មតាក្រុមកត្តាដែលរៀបចំជាលក្ខណៈបរិមាណ (quantitative character) គួរតែញែកការប្រៀបធៀបចេញជាប្រភេទទំនោការប្រៀបធៀប (trend comparison) ពោលគឺ នៅក្នុងឧទាហរណ៍នេះ គួរមើលថាផលឆ្លើយតបរបស់ពូជស្រូវចំពោះអត្រាជីអាសូតផ្សេងៗ ដែលមានជាលក្ខណៈខ្សែត្រង់ (linear), ខ្សែកោង (curvilinear) ។ល។ ដែលការប្រៀធៀបហៅថា orthogonal polynomial នឹងនិយាយចំណុច ៧.៤.៤ ដូចតទៅ៖

៧.៤.៤ សរុបលទ្ធផលចុងក្រោយ

២). ការគណនារក SS នៃការប្រៀបធៀបនីមួយៗ

តារាងទី ៧.៧

បង្ហាញតម្លៃមេគុណ និងតម្លៃ SS នៃការប្រៀបធៀបផ្សេងៗ

បច្ច័យ	លទ្ធផលសរុបនៃបច្ច័យនីមួយៗមាន ៣ សារ(T)	តម្លៃមេគុណនៃការប្រៀបធៀបផ្សេងៗ (l_{ij})				
		1	2	3	4	5
		V0 vs N1	N0 vsN1+N2	N1+N2	(1)x(2)	(1)x(3)
V0N0	1,200	-1	-2	0	2	0
V0N1	2,100	-1	1	-1	-1	1
V0N2	2,400	-1	1	1	-1	-1
V1N0	1,500	1	-2	0	-2	0
V1N1	2,400	1	1	-1	1	-1
V1N2	3,600	1	1	1	1	1
តំណាងចែក:$(\Sigma l_{ij}T)^2$		$(1,800)^2$	$(5,100)^2$	$(1,500)^2$	$(900)^2$	$(900)^2$
តួចែក: $\Sigma r l_{ij}$		18	36	12	36	12
SS : តំណាងចែក/តួចែក		180,000	722,500	187,500	22,500	67,500

ការប្រៀបធៀបនីមួយៗ មាន d.f. ស្មើ ១ ដូច្នេះ តម្លៃ MS = SS នៅពេលយកមកប្រៀបធៀបជាមួយ error mean square មានដូចខាងក្រោម៖

៣) F-values

F ដែលបានគណនាមកពីការប្រៀបធៀបនីមួយៗ យកមកប្រៀបធៀបជាមួយតម្លៃ F ក្នុងតារាង d.f. 1 និង 10

F ការប្រៀបធៀបទី $(១)_{1,\,10} = \frac{180,000}{8,000} = 22.5^{**}$

F ការប្រៀបធៀបទី $(២)_{1,\,10} = \frac{722,500}{8,000} = 90.31^{**}$

F ការប្រៀបធៀបទី $(៣)_{1,\,10} = \frac{187,000}{8,000} = 23.44^{**}$

F ការប្រៀបធៀបទី (៤)$_{1,10}$ $= \frac{22,500}{8,000} = 2.81$

F ការប្រៀបធៀបទី (៥)$_{1,10}$ $= \frac{67,500}{8,000} = 8.44$*

៤) បង្ហាញលទ្ធផលវិភាគក្នុងតារាង

តារាងទី ៧.៨

តារាងវិភាគការប្រែប្រួល

Source of Variation	d.f	SS	MS
Replications	2	130,000	65,000**
Treatments	5	1,180,000	236,000**
Varieties(V) [V_0vsV_1]	1	180,000	180,000**
Nitrogen(N)	2	910,000	455,000**
N0vsN1+N2	1	722,500	722,500**
N1vsN2	1	187,500	187,500**
V x N	2	90,000	45,000*
(V0vsV1)(N0vsN1+N2)	1	22,500	22,500
(V0vsV1)(N1vsN2)	1	76,500	67.500*
Error(V x N)	10	80,000	8,000
Total	17	1,390,000	

* មានភាពខុសគ្នាជាអត្ថន័យខាងស្ថិតិក្នុងកម្រិត 0.0៥

** មានភាពខុសគ្នាជាអត្ថន័យខាងស្ថិតិក្នុងកម្រិត 0.0១

៥) សរុបលទ្ធផលការវិភាគអន្តរកម្មក្នុងតារាងទី ៧.៥ ខាងលើបង្ហាញថា ភាពខុសគ្នារវាងពូជជាមួយអត្រាជីនោះ លទ្ធផលនៃការវិភាគញែកអន្តរកម្មបង្ហាញថា ភាពខុសគ្នានៃផលឆ្លើយតបចំពោះជីអាសូតក្នុងការផ្តល់ទិន្នផលពូជស្រូវលឿងប្រាក់លីវ ១២៣ ជាមួយពូជស្រូវ ក ខ ១ នោះកើតឡើងនៅពេលបន្ថែមអត្រាជីអាសូត ៦ គ.កN/rai ទៅ ១២ គ.កN/rai។ ការពិសោធ F (F-test) បង្ហាញថា មានអន្តរកម្ម(interation) រវាងពូជស្រូវ និងជីអាសូត។ ក្នុងអំឡុងពេលបន្ថែមអត្រាជីពី 0 គ.កN/rai ទៅលំដាប់ ៦ គ.កN/rai នោះការឆ្លើយតបនៃស្រូវទាំង ២ ពូជក្នុងដំណាក់កាលអត្រាដូចគ្នា (មើលក្នុងតារាង ៧.៦ ជាជំនួយ) ឃើញថា ទិន្នផលរបស់ស្រូវនីមួយៗ កើនឡើង ៣00 គ.ក/rai ពេលបន្ថែមអត្រាជីអាសូតពី 0 ទៅ ៦ គ.កN/rai។ ប៉ុន្តែពេលបន្ថែមអត្រាជីពី ៦ ទៅ ១២ គ.កN/rai ពូជស្រូវលឿងប្រាក់លីវ ១២៣ មានទិន្នផលកើតឡើងត្រឹមតែ ១00 គ.ក/rai និងពូជ ក ខ ១ កើនឡើងដល់ ៤00 គ.ក/rai។

៧.៤.៤ ការវិភាគសមាសភាគ ឬសមាជិករបស់បច្ច័យដោយធ្វើការញែក (partition) កត្តាដែលមានលក្ខណៈបរិមាណ (quantitative character) ប្រើវិធី orthogonal polynomial

ការប្រើវិធី orthogonal polynomial មានគោលការណ៍យ៉ាងសំខាន់ដែលអាចសរសេរបានច្រើនវិធី ប៉ុន្តែអ្នកពិសោធន៍សរសេរតែកត្តាដែលត្រូវនឹងញែក (partition) ប៉ុណ្ណោះ មានដូចជាគម្លាត

ឬរយៈរវាងកម្រិតស្មើគ្នា (equal intervals or spacing) ពោលគឺ ពេលបន្ថែមអត្រាជីពីកម្រិតមួយទៅកម្រិតមួយទៀតស្មើគ្នា ដូចជា៖ បានពីរឧទាហរណ៍អត្រាការបន្ថែមនៃជីអាសូតបន្ថែមពី 0 ទៅ ៦ និងពី ៦ ទៅ ១២ គ.កN/rai ឬដែលមានរយៈគម្លាតរវាងកម្រិតស្មើ ៦ ។

គោលការណ៍គណនាបែបវិធី orthogonal polynomial ស្រដៀងជាមួយ orthogonal comparison គឺត្រូវមានតម្លៃមេគុណ (coefficient) នៃការប្រៀបធៀប (comparison) នីមួយៗដើម្បីយកមកគណនារកតម្លៃ SS នៅក្នុងដំណាក់កាលបន្ទាប់។ ប៉ុន្តែចំពោះការប្រៀបធៀបមានប៉ុណ្ណាអាស្រ័យលើចំនួនរបស់កម្រិតកត្តាទាំងនោះ ពោលគឺ ចំនួនការប្រៀបធៀប = (ចំនួនកម្រិត - 1) ដូចជា បើសិនមាន ៣ កម្រិត ក៏មានចំនួនការប្រៀបធៀប = (3 - 1) = 2 ការប្រៀបធៀប។ ការប្រៀបធៀបមានតាមលំដាប់ដូចខាងក្រោមនេះ៖

Linear

Quadratic

Cubic

Quartic

Ete

គឺនៅក្នុងលក្ខណៈការឆ្លើយតបនឹងចាប់ផ្ដើមពីខ្សែត្រង់ (linear) ខ្សែកោង(quadratic)។ល។ ដែលមានការត្រួតពិនិត្យខាងស្ថិតិថា ជាការឆ្លើយតបបែបណា? ក្នុងគណនា orthogonal polynomial ជាបែបមានរយៈគម្លាតរបស់កម្រិតស្មើគ្នា។ អ្នកវិភាគនឹងគណនាតម្លៃមេគុណក្នុងការប្រៀបធៀបបានងាយៗ ដោយផ្អែកលើតារាងតម្លៃមេគុណក្នុងការប្រៀបធៀបដែលមើលក្នុងឯកសារខាងស្ថិតិរបស់បរទេសដូចជា Statistical Methods របស់ W.G Cochra (1967) ដែលគេបង្ហាញក្នុងទំព័រ ៣៥១ មានដូចខាងក្រោម៖

តារាងទី ៧.៩

តម្លៃមេគុណសម្រាប់ orthogonal polynomial ដែលមានរយៈរវាងលំដាប់ស្មើគ្នា

អង្សារបស់ polynomial	ការប្រៀបធៀប	ចំនួនរបស់លំដាប់						
		1	2	3	4	5	6	7
1	linear	-1	1					
2	linear	-1	0	1				
	quadratic	1	-2	1				
3	linear	-3	-1	1	3			
	quadratic	1	-1	-1	1			
	cubic	-1	3	-3	1			
4	linear	-2	-1	0	1	2		
	quadratic	2	-1	-2	-1	2		
	cubic	-1	2	0	-2	1		
	quartic	1	-4	6	-4	1		
5	linear	-5	-3	-1	1	3	5	
	quadratic	5	-1	-4	-4	-1	5	
	cubic	-5	7	4	-4	-7	5	
	quartic	1	-3	2	2	-3	1	
	quantic	-1	5	-10	1	-5	1	

6	linear	-3	-2	-1	0	1	2	3
	quadratic	5	0	-3	-4	-3	0	5
	cubic	-1	1	1	0	-1	-1	1
	quartic	3	-7	1	6	1	-7	3
	quantic	-1	4	-5	0	5	-4	1
	sextic	1	-6	15	-20	15	-6	1

ការប្រើតារាង ៧.៩ នេះ ប្រើតាមចំនួនកម្រិតរបស់កត្តាការវិភាគនោះ ដូចជា នៅក្នុងឧទាហរណ៍ អត្រាជីអាសូតមាន ៣ កម្រិត ឲ្យមើលមេគុណក្នុងគម្លាតទី ២ ឬមានអង្សារបស់ polynomial ២ (ឬចំនួនការប្រៀបធៀបស្មើ = (3 - 1) = 2 នោះឯង) ក្នុងករណីនេះនឹងមានការប្រៀបធៀបដំបូងគឺ linear មានមេគុណនៃលំដាប់ដំបូង = -1 មេគុណនៃលំដាប់ទី 2 = 2 និងមេគុណនៃលំដាប់ទី 3 = 1 ជាដើម។

១) ការញែក (partition) បច្ច័យចេញពីគ្នា ជាការប្រៀបធៀបបែប orthogonal នៅក្នុងកត្តាគុណភាព និងការប្រៀបធៀបបែប orthogonal polynomial ក្នុងកត្តាបរិមាណ ព្រមទាំងគណនារកអន្តរកម្មរវាងកត្តា។

ពូជ (V)៖

ការប្រៀបធៀបទី ១ (V_0 vs V_1)

អាត្រាជីអាសូត (N)៖

ការប្រៀបធៀបទី ២ N_{linear}

ការប្រៀបធៀបទី ៣ $N_{quadratic}$

អន្តរកម្មរវាងពូជនិងអត្រាជីអាសូត (V x N)៖

ការប្រៀបធៀបទី ៤ (1) x (2) ឬ $(V_0 \text{ vs } V_1)(N_{linear})$

ការប្រៀបធៀបទី ៥ (1) x (3) $(V_0 \text{ vs } V_1)(N_{quadratic})$

២) ការគណនារក SS នៃការប្រៀបធៀបនីមួយៗ

តារាងទី ៧.១០

បង្ហាញតម្លៃមេគុណ និងតម្លៃ SS នៃការប្រៀបធៀបផ្សេងៗ

បច្ច័យ	លទ្ធផលសរុបនៃបច្ច័យនីមួយៗមាន ៣ សារ(T)	តម្លៃមេគុណនៃការប្រៀបធៀបផ្សេងៗ (l_{ij})				
		1	2	3	4	5
		V_0 vs V_1	N_{linear}	$N_{quardratic}$	(1)x(2)	(1)x(3)
V_0N_0	1,200	-1	-1	1	1	-1
V_0N_1	2,100	-1	0	-2	0	2
V_0N_2	2,400	-1	1	1	-1	-1
V_1N_0	1,500	1	-1	1	-1	1
V_1N_1	2,400	1	0	-2	0	-2
V_1N_2	3,600	1	1	1	1	1
តំណាងចែក:$(\Sigma l_{ij}T)^2$		$(1,800)^2$	$(3,300)^2$	$(-300)^2$	$(900)^2$	$(900)^2$
តួចែក: $\Sigma r l_{ij}$		18	12	36	12	36
SS : តំណាងចែក/តួចែក		180,000	907,500	2,500	67,500	22,500

ការប្រៀបធៀបនីមួយៗ មាន d.f. ស្មើ ១ ដូច្នេះ តម្លៃ MS = SS នៅពេលយកមកប្រៀបធៀបជាមួយ error mean square (d.f = 10) មានដូចខាងក្រោម៖

៣) F-values

F ដែលបានគណនាមកពីការប្រៀបធៀបនីមួយៗ យកមកប្រៀបធៀបជាមួយតម្លៃ F ក្នុងតារាង d.f. 1 និង 10

F ការប្រៀបធៀបទី (១)$_{1,\,10}$ $= \frac{180,000}{8,000} = 22.5^{**}$

F ការប្រៀបធៀបទី (២)$_{1,\,10}$ $= \frac{907,500}{8,000} = 113.44^{**}$

F ការប្រៀបធៀបទី (៣)$_{1,\,10}$ $= \frac{2,500}{8,000} = 0.31$

F ការប្រៀបធៀបទី (៤)$_{1,\,10}$ $= \frac{67,500}{8,000} = 8.44^{*}$

F ការប្រៀបធៀបទី (៥)$_{1,\,10}$ $= \frac{22,500}{8,000} = 2.81$

៤) បង្ហាញលទ្ធផលវិភាគក្នុងតារាង

តារាងទី ៧.១១

តារាងវិភាគការប្រែប្រួល

Source of Variation	d.f	SS	MS
Replications	2	130,000	65,000 * *
Treatments	5	1,180,000	236,000 * *
Varieties (V) [V_0vsV_1]	1	180,000	180,000 * *
Nitrogen (N)	2	910,000	455,000 * *
N_{linear}	1	907,500	907,500 * *
$N_{quadratic}$	1	2,500	2,500
V x N	2	90,000	45,000 *
V x N_{linear}	1	67,500	67,500 *
V x $N_{quadratic}$	1	22,500	22.500
Error	10	80,000	8,000
Total	17	1,390,000	

* មានភាពខុសគ្នាជាអត្ថន័យខាងស្ថិតិ ក្នុងកម្រិត 0.0៥

* * មានភាពខុសគ្នាជាអត្ថន័យខាងស្ថិតិ ក្នុងកម្រិត 0.0១

៥) សរុបលទ្ធផលការវិភាគ

តារាងទី ៧.១១ បង្ហាញថា ទាំងពូជស្រូវ និងកម្រិតជីអាសូតនីមួយៗ មានភាពខុសគ្នាជាអត្ថន័យនៃការផ្តល់ទិន្នផលស្រូវ។ ដោយពូជស្រូវ ក ខ ១ ផ្តល់ទិន្នផលល្អជាងស្រូវលឿងប្រាក់លីវ ១២៣។ រីឯផលឆ្លើយតបនៃការបន្ថែមអត្រាជីអាសូតពី 0 ទៅ ៦ និង ១២ គ.កN/rai ទិន្នផលស្រូវមានការកើនឡើនជាលក្ខណៈខ្សែត្រង់។ ដូច្នេះ ទិន្នផលស្រូវនៅមានការកើនឡើងជាបន្តទៀត។

ប្រសិនបើបន្ថែមអត្រាជីអាសូតច្រើនជាងនេះ អន្តរកម្មរវាងពូជស្រូវជាមួយអត្រាជីអាសូត បង្ហាញថា ពូជលឿងប្រាក់លីវ ១២៣ និងពូជ ក ខ ១ ផលឆ្លើយតបចំពោះការបន្ថែមអត្រាជីអាសូតក្នុងលក្ខណៈ ខ្សែត្រង់។ ពោលគឺ ពេលបន្ថែមកម្រិតអត្រាជីកើនឡើងទិន្នផលក៏មានកើនឡើងរើយៗ ដែរ។ តែអត្រាការឆ្លើយតបចំពោះជីអាសូតនៃពូជស្រូវ ក ខ ១ ច្រើនជាងអត្រាការឆ្លើយតបនៃពូជស្រូវលឿងប្រាក់លីវ ១២៣ ជាពិសេសពេលកម្រិតអត្រាជីកាន់តែខ្ពស់ឡើង។

មេរៀនទី ៨
ផែនការពិសោធន៍បែបស្ព្លីតផ្លត់

(SPIT-PLOT DESIGN)

ផែនការពិសោធន៍បែបស្ព្លីតផ្លត់នេះមានប្រយោជន៍ជាច្រើននៅក្នុងផ្នែកផ្សេងៗ អ្វីដែលសំខាន់ដែលគេពេញនិយមប្រើផែនការពិសោធន៍នេះ គឺឲ្យសមស្របសម្រាប់ការអនុវត្តជាក់ស្តែង។ មួយវិញទៀតជាការងារមួយដែលមានការសិក្សាជាច្រើនកត្តា ដែលផែនការពិសោធន៍បែបផ្សេងៗ មិនអាចអនុវត្តបាន។ផែនការពិសោធន៍បែបស្ព្លីតផ្លត់មានសមាភាគ ២ ផ្នែកគឺ៖

ក. Main plot ឬ whole plot ជាសមាសភាគដែលធំ។ main plot រៀបចំក្នុងរូបបែបការពិសោធអ្វីក៏បាន ដូចជា RCBD, LS ជាដើម។ ជាធម្មតាមានភាពចាំបាច់ ឬលក្ខណៈនៃការពិសោធ main plot មានខ្នាតធំ និងសិក្សាចំពោះកត្តាមានសារៈសំខាន់តិចតួច ឬអាចដឹងពីវិធិសាស្ត្រនៃភាពខុសគ្នារវាងកត្តាទាំងនោះ ព្រមទាំងកត្តាដែលប្រើក្នុងឯកតាពិសោធន៍ (experimental unit) ខ្នាតធំ ដូចជា ការភ្ជួររាស់ជ្រោយដោយប្រើគ្រឿងចក្រ កម្រិតទឹកក្នុងការស្ទូងស្រូវ ជាដើម។

ខ. Sub-plot ត្រូវបានបែងចែកចេញពី main plot គឺជាផ្នែកតូចៗ ឬម្យ៉ាងវិញទៀត sub- plot គឺមានសមាសភាគរបស់ main plot ដែរ។ Sub plot ជាផ្នែកដែលប្រើសម្រាប់សិក្សាកត្តាដែលមានសារៈសំខាន់ ឬត្រូវការសិក្សាយ៉ាងល្អិតល្អន់ ជាងកត្តានៅក្នុង main plot។

ទាំងកត្តា main plot និង/ឬ កត្តាក្នុង sub-plot អាចរៀបចំការពិសោធបែបហ្វែកទ័រៀល (factorial) ក៏បាន។ ពោលគឺ ទាំង main plot និង sub-plot មិនមែនត្រឹមតែការរៀបចំកម្រិតផ្សេងៗ របស់កត្តាតែម្យ៉ាងនោះទេ អាចជាការរួមចូលគ្នា ឬ combination របស់កត្តាផ្សេងៗ ក៏បាន ដូចជា ការពិសោធការភ្ជួររាស់ជ្រោយដី ៣ វិធី និងដាក់ជី ៣ អត្រា ឬ 3^2 factorial (៣×៣ factorial) អាចរៀបចំជា main plot រីឯប្រវែងដាំ (spacing) ៤ កម្រិត (level) រៀបចំជា sub plot ។

ឧទាហរណ៍ពីផែនការពិសោធន៍បែបស្ព្លីតផ្លត់ ដែលបញ្ជាក់ច្បាស់ថា ការពិសោធពូជស្រូវឡើងទឹកផ្សេងៗ គ្នា ជាមួយកម្រិតទឹកច្រើនកម្រិត បង្ហាញថា ដើម្បីងាយស្រួលគ្រប់គ្រងកម្រិតទឹក អ្នកពិសោធន៍គួរធ្វើស្រែឲ្យមានទំហំធំ សម្រាប់សិក្សាកត្តាកម្រិតទឹក ឬរៀបចំកម្រិតទឹកជា main plot រីឯពូជស្រូវរៀបជា sub-plot តួយ៉ាងក្នុងបន្ទប់ពិសោធន៍ដែលអ្នកពិសោធន៍ត្រូវការដឹងអត្រាល្បឿននៃការក្រឡុក (សារធាតុគីមី) ថា នឹងមានលទ្ធផលចំពោះការប្រតិកម្មសារធាតុនៃការពិសោធផ្សេងៗ (ដែលចាប់អារម្មណ៍)បានកម្រិតណា។ បង្ហាញថា គួរប្រើម៉ូទ័រក្រឡុក (shakers) ដែលនឹងក្រឡុកក្នុងអត្រាល្បឿនផ្សេងៗ ជា main plot រីឯដបកែវរាងជាឡៅ (flask) ដែលដាក់សារធាតុការពិសោធជា sub-plot។ ព្រោះការកំណត់អត្រាល្បឿនរបស់ម៉ូទ័រក្រឡុកម្តងៗ អ្នកពិសោធន៍អាចដាក់កែវលើម៉ូទ័រក្រឡុកបានច្រើនកែវ រហូតដល់គ្រប់ចំនួនសារធាតុពិសោធន៍។

បើសង្កេតឲ្យហ្មត់ចត់ ឃើញថា ផែនការពិសោធន៍ស្ព្លីតផ្លត់ មានលក្ខណៈស្រដៀងការពិសោធន៍បែបហ្វែកទ័រៀលដែរ។ ខុសគ្នាត្រង់ចំនុចថា គោលការណ៍រៀបចំឯកតាពិសោធន៍

(experimental unit) ផ្សេងៗ គ្នា។ អ្នកខ្លះអាចហៅថា ការពិសោធន៍បែបស្លឹតផ្លត់ថា ជាការពិសោធបែបហ្វែកទ័ររៀល ដោយមានកត្តា main plot មានឥទ្ធិពលច្របូកច្របល់ (confounded) គ្នាជាឥទ្ធិពលរបស់ផ្លត់ (plot) (គឺអ្នកពិសោធន៍មិនអាចញែកភាពខុសគ្នារវាងកត្តាក្នុង main plot ថាតើកើតចេញពីឥទ្ធិពលរបស់កត្តាខ្លួនឯង ឬជាលទ្ធផលសរុបដែលបណ្តាលមកពីឥទ្ធិពលកត្តាទាំងនោះជាមួយភាពខុសគ្នាបណ្តាលពីប្លុក ឬ main plot ខ្លួនឯង) ។

៨.១ គុណសម្បត្តិ និងគុណវិបត្តិ

គុណសម្បត្តិ ងាយស្រួល និងសមស្របចំពោះការអនុវត្តដាក់ស្តែង និងកត្តាក្នុង sub-plot អាចសិក្សាវាស់លទ្ធផលបានត្រឹមត្រូវជាងការពិសោធបែបផ្សេងៗ ដូចជា RCBD ដែលមានបច្ច័យបែបហ្វែកទ័ររៀល។ ក្រៅពីនេះវាស់វែងលទ្ធផលនៃអន្តរកម្មរវាងកត្តាបានយ៉ាងត្រឹមត្រូវគួរសមដែរ។

គុណវិបត្តិ កត្តាក្នុង main plot អាចសិក្សាបានល្អិតល្អន់ ឬមានភាពទៀងត្រង់តិចតួចជាងការរៀបចំការពិសោធបែកហ្វែកទ័ររៀលធម្មតា។ ព្រោះបណ្តាលពីឥទ្ធិពលរបស់កត្តា និងឥទ្ធិពលបណ្តាលមកពី main plot ឬប្លុក មានការច្របូកច្របល់ (confounded) គ្នានៅឡើយ។ កត្តាដែល sub-plot មានភាពទៀងត្រង់ខ្ពស់ ប៉ុន្តែអ្នកពិសោធន៍ត្រូវបន្ថយភាពទៀងត្រង់របស់កត្តាក្នុង main plot គឺកត្តាក្នុង sub-plot ក្នុងប្លុក ឬ main plot ដែលមានភាពសមស្របល្អ (uniform) គុណវិបត្តិរបស់ស្លឹតផ្លត់ មួយវិញទៀតនោះ គឺ ការវិភាគខាងស្ថិតិមានការពិបាក ជាពិសេសក្នុងករណីមានច្រើនកត្តា។

៨.២ ការចាប់ចៃដន្យ និងការរៀបចំប្លង់ពិសោធន៍

៨.២.១ ការចាប់ចៃដន្យក្នុង main plot មានការចាប់ចៃដន្យកត្តាតាមប្រភេទរបស់ផែនការពិសោធន៍ដែលបានរៀបចំនោះ គឺ ប្រសិនបើ main plot ជា RCBD ត្រូវធ្វើកាតចាប់ចៃដន្យកត្តាក្នុង main plot តាមគោលការណ៍របស់ RCBD ជាដើម។

រីឯកត្តានៅក្នុង sub-plot មានការរៀបចំចាប់ចៃដន្យកត្តាផ្សេងៗ បានយ៉ាងពេញលេញក្នុង main plot នីមួយៗ ឬ main plot នីមួយៗ នឹងចាប់ចៃដន្យកត្តាដែលរៀបចំក្នុង sub-plot បានយ៉ាងពេញលេញ។

រូបប្លង់ផែនការពិសោធន៍ បានពីឧទាហរណ៍មុនក្នុងការពិសោធបែបហ្វែកទ័ររៀល គឺការពិសោធស្រូវ ២ ពូជ គឺ លឿងប្រាក់លីវ ១២៣ និង ក ខ ១ និងប្រើជីអាសូត ៣ អត្រា គឺ 0, ៦, និង ១២ គ.ក. N/rai ។ ដោយឲ្យពូជស្រូវជាកត្តាក្នុង main plot រៀបចំការពិសោធបែប RCBD រីឯលំដាប់ជីអាសូតជាកត្តាក្នុង កនsub-plot រៀបចំទាំងអស់ ៣ សា មានដូចខាងក្រោម៖

លំដាប់របស់កត្តា B (អត្រាជីអាសូត)

Rep. I	V1	N_1 600	N_0 500	N_2 1,200
	V0	N_0 350	N_1 650	N_2 600

លំដាប់របស់កត្តា A (ពូជ)

ទិន្នន័យ (ផលផលិត គក./rai)

Rep. II	V1	N_2 1,300	N_1 1,000	N_0 600
	V0	N_1 750	N_2 1,000	N_0 450

Rep. III	V0	N_2 800	N_0 400	N_1 700
	V1	N_0 400	N_1 800	N_2 1,100

រូបទី ៨.១ រូបផែនការពិសោធន៍ និងទិន្នផលស្រូវ (គ.ក/rai) នៃការពិសោធពូជស្រូវ ២ ពូជ ជាមួយជីអាសូត ៣ អត្រា

មូលហេតុ៖ ជាធម្មតាដើម្បីភាពងាយស្រួលគេតែងតែហៅកត្តាក្នុង main plot ជាកត្តា A និងកត្តាក្នុង sub-plot ជាកត្តា B

៨.៣ ការវិភាគទិន្នន័យខាងស្ថិតិ

៨.៣.១ ការរៀបទិន្នន័យដាក់ក្នុងតារាង

តារាងទី ៨.១

ទិន្នផល (គ.ក/rai) របស់ពូជស្រូវ ២ ពូជ ចំពោះការប្រើជីអាសូត ៣ អត្រា

បច្ច័យ	សារ I	សារ II	សារ III	លទ្ធផលសរុបបច្ច័យ	
V_0N_0	350	450	400	1,200(T_1)	
V_0N_1	600	750	700	2,100(T_2)	
V_0N_2	650	1,000	800	2,400(T_3)	
លទ្ធផលសរុប (V_0R)	1,600(V_0R_1)	2,200(V_0R_2)	1,900(V_0R_3)	5,700(V_0)	លទ្ធផលសរុបពូជ លឿងប្រាក់លីវ ១២៣
V_1N_0	500	600	400	1,500(T_4)	
V_1N_1	600	1,000	800	2,400(T_5)	
V_1N_2	1,200	1,300	1,100	3,600(T_6)	
លទ្ធផលសរុប (V_1R)	2,300(V_1R_1)	2,900(V_1R_2)	2,300(V_1R_3)	7,500(V_1)	លទ្ធផលសរុបពូជ ក ខ ១
លទ្ធផលសរុបសានីមួយៗ	3,900(R_1)	5,100(R_2)	4,200(R_3)	13,200(G.T.)	លទ្ធផលសរុបទាំងអស់

៨.៣.២ ការគណនាលទ្ធផលសរុប និងមធ្យមរបស់ពូជស្រូវ និងអត្រាជីអាសូតដាក់ក្នុងតារាង

តារាងទី ៨.២

ទិន្នផល (គ.ក/rai) របស់ស្រូវ ២ ពូជ ចំពោះការប្រើជីអាសូត ៣ អត្រា ចំនួន ៣ សារ និងមធ្យមភាគ

ពូជ	អត្រាជីអាសូត(គ.ក N/rai)			លទ្ធផលសរុបនៃពូជ	មធ្យមភាគនៃពូជ
	0	6	12		
លឿងប្រាក់លីវ ១២៣	1,200	2,100	2,400	5,700(V_0)	633.33
ក ខ ១	1,500	2,400	3,600	7,500(V_1)	833.33
លទ្ធផលសរុបនៃអត្រាជី	2,700(N_0)	4,500(N_1)	6,000(N_2)	13,200(G.T.)	
មធ្យមភាគនៃអត្រាជី	450	750	1,000	733.33(G.M.)	

៨.៣.៣ ការវិភាគការប្រែប្រួល

តារាងទី ៨.៣

តារាងការវិភាគការប្រែប្រួល នៃការរៀបចំការពិសោធន៍បែប spit-plot ដោយរៀបចំ main plot បែប RCBD

Source of Variation	d.f	SS	MS	F
Replication(R)	r-1	$\frac{(R_1)^2+...+(R_r)^2}{vn}$ – C.F	$\frac{\text{Rep. SS}}{r-1}$=M6	$\frac{M6}{M4}$
Varieties(V)	v – 1	$\frac{(V_0)^2+...+(V_V)^2}{rn}$ – C.F	$\frac{\text{(V) SS}}{V-1}$=M5	$\frac{M5}{M4}$
Error (a)	(r-1)(v-1)	$\frac{(V_0R_1)^2+...+(V_VR_r)^2}{n}$	$\frac{\text{Error (a)SS}}{(r-1)(v-1)}$=M4	
Nitrogen (N)	n - 1	$\frac{(N_0)^2+...+(N_n)^2}{rv}$ – C.F	$\frac{\text{(N) SS}}{n-1}$=M3	$\frac{M3}{M1}$
V x N	(v-1)(n-1)	$\frac{(V_0N_0)^2+...+(V_VN_n)^2}{r}$ - C.F. – Var.SS- Nitrogen SS	$\frac{\text{(VxN) SS}}{(v-1)(n-1)}$=M2	$\frac{M2}{M1}$
Error (b)	v(r-1)(n-1)	Total SS – orther SS	$\frac{\text{Error(b)SS}}{v(r-1)(n-1)}$ = M1	
	vnr-1	$\sum(each\ valua)^2$ – C.F.		

r គឺចំនួនសា

v គឺចំនួនពូជស្រូវ

n គឺចំនួនអត្រាជីអាសូត

ក. C.F. (ទិន្នន័យក្នុងតារាង ៨.១)= $\frac{(\text{លទ្ធផលសរុបការពិសោធ})^2}{\text{ចំនួនទិន្នន័យទាំងអស់}}$

$= \frac{(G.T.)^2}{vnr}$

$= \frac{(13,200)^2}{2x3x3} = \frac{174,240,000}{18}$

= 9,680,000

ខ. Sum of squares

Total SS = ផលបូករបស់ (ទិន្នន័យបានពីកូនស្រែនីមួយៗ)^2 – C.F.

(ទិន្នន័យក្នុងតារាង ៨.១) = (350)^2+…+(1,100)^2 – C.F.

= 11,070,000 – 9,680,000

= 1,390,000

Replication SS $= \dfrac{\text{ផលបូករបស់ (លទ្ធផលសរុបរបស់សានីមួយៗ)}^2}{\text{លទ្ធផលនៃសារនីមួយៗ=(ចំនួនពូជ)(ចំនួនអត្រាជី)}} - \text{C. F.}$

(ទិន្នន័យក្នុងតារាង ៨.១) $= \dfrac{(R_1)^2 + \cdots + (R_r)^2}{vn} - \text{C.F}$

$= \dfrac{(3{,}900)^2 + (5{,}100)^2 + (4{,}200)^2}{2 \text{ x } 3 = 6} - \text{C.F}$

= 9,810,000 – 9,680,000

= 130,000

Varieties SS $= \dfrac{\text{ផលបូករបស់ (លទ្ធផលសរុបរបស់ពូជនីមួយៗ)}^2}{\text{លទ្ធផលសរុបពូជនីមួយៗ =(ចំនួនសា)(ចំនួនអត្រាជី)}} - \text{C.F}$

(ទិន្នន័យក្នុងតារាង ៨.១ ឬ ៨.២)

$= \dfrac{(V_0)^2 + \cdots + (V_v)^2}{rn} - \text{C.F.}$

$= \dfrac{(5{,}700)^2 + \cdots + (7{,}500)^2}{3\text{x}3 = 9} - \text{C.F}$

= 9,860,000 – 9,680,000

= 180,000

Error (a) SS $= \dfrac{\text{ផលបូករបស់ (លទ្ធផលសរុបរបស់ពូជ)}^2}{\text{លទ្ធផលសរុបពូជនីមួយៗ = ចំនួនអត្រាជី}} - \text{C.F. – Var.SS – Rep.SS}$

$= \dfrac{(V_0R_1)^2 + \cdots + (V_vR_r)^2}{n} - \text{C.F. – Var.SS – Rep.SS}$

= 10,000,000 – 9,680,000 – 180,000 – 130,000

= 10,000

Nitrogen, (N) SS $= \dfrac{\text{ផលបូករបស់ (លទ្ធផលសរុបរបស់អត្រាជីនីមួយៗ)}^2}{\text{ចំនួនទិន្នន័យជាផលបូកនៃអត្រាជីនីមួយៗ=(ចំនួនសា)(ចំនួនពូជ)}} - \text{C.F.}$

$= \dfrac{(N_0)^2 + \cdots + (N_n)^2}{rv} - \text{C.F.}$

$= \dfrac{(2{,}700)^2 + (4{,}500)^2 + (6{,}000)^2}{3 \text{ x } 2 = 6} - \text{C.F.}$

= 10,590,000 – 9,680,000

= 910,000

` (V x N) SS $= \dfrac{\text{ផលបូករបស់ (លទ្ធផលសរុបរបស់ពូជនីមួយៗក្នុងអត្រាជីនីមួយៗ)}^2}{\text{លទ្ធផលសរុបរបស់ពូជនីមួយៗក្នុងអត្រាជីនីមួយៗ = ចំនួនសា}} - \text{C.F. – Var.SS – Nitrogen SS}$

$= \dfrac{(V_0N_0)^2 + \cdots + (V_vR_n)^2}{r} - \text{C.F. – Var.SS – Nitrogen SS}$

$= \dfrac{(1{,}200)^2 + \cdots + (3{,}600)^2}{3} - \text{C.F. – Var.SS – Nitrogen SS}$

= 10,860,000 - 9,680,000 - 180,00 - 910,000

= 90,000

Error (b) SS = Total SS – Rep. SS – Var. SS – E(a)SS – Nitrogen SS – (V x N) SS

= 1,390,000 – 130,000 – 180,000 – 10,000 – 910,000 – 90,000

= 70,000

ฅ. Mean squares

Replication MS (M_6) $= \frac{\text{Replication SS}}{\text{d.f. replication} = (r-1)}$

$= \frac{130{,}000}{(3-1) = 2}$

= 65,000

Varieties MS (M_5) $= \frac{\text{Varieties SS}}{\text{d.f. varieties} = (v-1)}$

$= \frac{180{,}000}{(2-1) = 1}$

= 180,000

Error (a)MS, (M_4) $= \frac{\text{Error(a) SS}}{\text{d.f. error(a) } (r-1)\ (v-1)}$

$= \frac{80{,}000}{(3-1)\ (2-1) = 2}$

= 5,000

Nitrogen MS(M_3) $= \frac{\text{Nitrogen SS}}{\text{d.f. nitrogen} = (n-1)}$

$= \frac{910{,}000}{(3-1) = 2}$

= 455,000

(V x N) MS (M_2) $= \frac{\text{(V x N) SS}}{\text{d.f. (v x n)} = (v-1)\ (n-1)}$

$= \frac{80{,}000}{(2-1)\ (3-1) = 2}$

= 45,000

Error (b) MS, (M_1) $= \frac{\text{Error (b) SS}}{\text{d.f. error(b) } (r-1)\ (n-1)}$

$= \frac{70{,}000}{2(3-1)\ (3-1) = 8}$ = 8,750

ឃ. F-values

F (Rep.) $= \frac{\text{Replication MS}}{\text{error (a) MS}}$ d.f. (r-1) និង (r-1) (v-1)

$= \frac{65,000}{5,000}$ d.f. 2 និង 2

$F(\text{Rep.})_{2,2} = 13.00$

F (Var.) $= \frac{\text{Var. MS}}{\text{error (a) MS}}$ d.f. (v-1) និង (r-1) (v-1)

$= \frac{180,000}{5,000}$ d.f. 1 និង 2

$F(\text{Var.})_{1,2} = 36.00$

F (Nitrogen) $= \frac{\text{Nitrogen MS}}{\text{error (b) MS}}$ d.f. (n-1) និង v(r-1) (n-1)

$= \frac{455,000}{8,750}$ d.f. 2 និង 8

$F(\text{Nitrogen})_{2,8} = 52.00$

F (Interaction, V x N) $= \frac{\text{(VxN) MS}}{\text{error MS}}$ d.f. (v-1)(n-1) និង v(r-1) (n-1)

$= \frac{45,000}{8,750}$ d.f. 2 និង 8

$F(V \times N)_{2,8} = 5.14$

ង. ការប្រៀបធៀបតម្លៃ F ដែលបានមកពីការគណនាជាមួយតម្លៃ F បានមកពីតារាង

$F(\text{Rep.})_{2,2} = 13.00 < 19.00\ [F_{0.05\ (2,2)}]$

$F(\text{Var.})_{1,2} = 36.00^{*} > 18.51\ [F_{0.05\ (1,2)}]$

$F(\text{Nitrogen})_{2,8} = 52.00^{**} > 8.65\ [F_{0.01\ (2,8)}]$

$F(V \times N)_{2,8} = 5.14^{*} > 4.46\ [F_{0.05\ (2,8)}]$

ច. លទ្ធផលវិភាគការប្រែប្រួលក្នុងតារាង

តារាងទី ៨.៤

តារាងវិភាគការប្រែប្រួល

Source of Variation	d.f	SS	MS
Replications	2	130,000	65,000
Varieties(V)	1	180,000	180,000 *
Error(a)	2	10,000	5,000
Nitrogen(N)	2	910,000	455,000 * *
V x N	2	90,000	45,000 *
Error(b)	8	70,000	8,750
Total	17	1,390,000	

* មានភាពខុសគ្នាជាអត្ថន័យខាងស្ថិតិ ក្នុងកម្រិត 0.0៥

** មានភាពខុសគ្នាជាអត្ថន័យខាងស្ថិតិ ក្នុងកម្រិត 0.0១

ឆ. ការគណនាសាកល្បងរកភាពខុសគ្នារបស់មធ្យមភាគ ដោយប្រើ LSD

$$LSD_{\propto} = (t_{\propto, n}) \left[\sqrt{\frac{2 \text{ Error (a) MS}}{rn}} \right]$$

តួចែក ២ error MS ពេលនេះគឺ r x n ឬ(ចំនួនសារ)(ចំនួនអត្រាជី) (មើលគោលការណ៍ត្រួតពិនិត្យភាពខុសគ្នារបស់មធ្យមភាគ LSD ក្នុងមេរៀនទី ៤)

$$LSD_{0.05} \text{ (var.)} = (t_{0.05, 2}) \left[\sqrt{\frac{2\ (5{,}000)}{3x3}} \right]$$

$$= (4.303) \left[\sqrt{\frac{2\ (5{,}000)}{9}} \right]$$

$$= (4.303)\ (33.33)$$

= 143.43 គ.ក/rai

$$LSD_{0.05} \text{ (nitrogen)} = (t_{0.05, 8}) \left[\sqrt{\frac{2 \text{ Error(b) MS}}{rv}} \right]$$

តួចែកនៃ ២ error MS ពេលនេះគឺ r x v ឬ(ចំនួនសារ)(ចំនួនពូជ)

$$= (2.306) \left[\sqrt{\frac{2\ (8{,}7500)}{3x2}} \right]$$

= 124.54 គ.ក/rai

$$LSD_{0.05} \text{ (nitrogen)} = (t_{0.01, 8}) \left[\sqrt{\frac{2 \text{ Error(b) MS}}{rv}} \right]$$

$$= (3.355) \left[\sqrt{\frac{2\ (8{,}750)}{3x2}} \right]$$

= 181.19 គ.ក/rai

LSD ដើម្បីវាស់លទ្ធផលផ្សេងគ្នារបស់មធ្យមភាគ ២ អត្រា ដែលប្រើលើពូជស្រូវនីមួយៗ ដូចជា $V_1N_2 - V_1N_1$ ឬ $V_0N_1 - V_0N_0$

គណនារក LSD ដូចខាងក្រោម៖

$$t_{\propto}\text{ ,d.f. error (b)} \left[\sqrt{\frac{2 \text{ Error(b) MS}}{r}} \right]$$

LSD ដើម្បីវាស់លទ្ធផលផ្សេងគ្នារបស់មធ្យមភាគពូជស្រូវទាំងពីរ នៃអត្រាជីនីមួយៗ ឬអត្រាដូចគ្នា ដូចជា $V_1N_2 - V_0N_1$ ឬ $V_1N_2 - V_0N_2$

គណនារក LSD ដូចខាងក្រោម៖

$$(t_\alpha^*)\left[\sqrt{\frac{2\ \text{Error(b) MS}}{\text{rn}}}\right]$$

t_α^* ដែលមានរូបមន្តគណនាដូចខាងក្រោម៖

$$t_\alpha^* = \frac{(n-1)\text{Error(b)}[t_\alpha,\text{d.f.Error(b)}]+\text{Error}_a[t_\alpha,\text{d.f.Error(a)}]}{(n-1)\ \text{Error(b)}+\text{Error(b)}}$$

ជ. ការគណនាតម្លៃ C.V.

ផែនការពិសោធន៍បែបស្លឹតផ្លត់ មានគណនាតម្លៃ C.V. 2 តម្លៃ គឺ C.V. (a) និង C.V. (b)។ C.V. (a) បង្ហាញដល់វិធីការប្រែប្រួលដែលពាក់ពាន់ជាមួយ main plot និង C.V. (b) បង្ហាញដល់វិធីការប្រែប្រួលដែលពាក់ពាន់ជាមួយ sub-plot។

$$\text{C.V.(a)} = \frac{\sqrt{\text{Error(a) MS}}}{\text{grand mean}} \times 100\%$$

$$= \frac{\sqrt{5{,}000}}{733.33} \times 100\%$$

$$= 9.64\ \%$$

$$\text{C.V.(b)} = \frac{\sqrt{\text{Error(b) MS}}}{\text{grand mean}} \times 100\%$$

$$= \frac{\sqrt{8{,}750}}{733.33} \times 100\%$$

$$= 12.76\ \%$$

ឈ. បង្ហាញពីមធ្យមភាគទិន្នផលរបស់ស្រូវ និងភាពខុសគ្នារវាងមធ្យមភាគ

តារាងទី ៨.៥

មធ្យមភាគទិន្នផល (គ.ក/rai) របស់ពូជស្រូវ ២ ពូជ ចំពោះការប្រើជីអាសូត ៣ អត្រា

ពូជ	អត្រាជីអាសូត (គ.ក N/rai)			មធ្យមភាគនៃពូជ
	0	6	12	
លឿងប្រាក់លីវ១២៣	400	700	800	633.33
ក ខ ១	500	800	1,200	833.33
មធ្យមភាគនៃអត្រាជី	450	750	1,000	

C.V.(a)	9.64 %
C.V.(b)	12.76 %
$LSD_{0.05}$ (ពូជ)	143.43 គ.ក/rai
$LSD_{0.05}$ (ជី)	124.54 គ.ក/rai
$LSD_{0.01}$ (ជី)	181.19 គ.ក/rai

៣. សរុបលទ្ធផលការពិសោធ

ពូជស្រូវ ក ខ ១ ផ្តល់ទិន្នផលខ្ពស់ជាងពូជស្រូវលឿងប្រាក់លីវ ១២៣ រហូតដល់ ២០០ គ.ក/rai មានភាពខុសគ្នាជាអត្ថន័យខាងស្ថិតិក្នុងកម្រិត ០.០៥។ នៅពេលមានការបន្ថែមអត្រាជីអាសូតធ្វើឲ្យទិន្នផលស្រូវទាំង ២ ពូជ កើនឡើងតាមលំដាប់។ ពេលបន្ថែមពី ០ ទៅ ៦ និង ១២ គ.ក N/rai។ ការពិសោធនេះបង្ហាញថា អន្តរកម្ម (interaction) រវាងពូជស្រូវ និងកម្រិតអត្រាជី គឺផលឆ្លើយតបរបស់ពូជស្រូវទាំង ២ ពូជ ជាមួយកម្រិតអត្រាជីផ្សេងៗ មានកម្រិតមិនស្មើគ្នា។ ជាពិសេសពូជស្រូវ ក ខ ១ ផ្តល់ទិន្នផលខ្ពស់រហូតដល់ ១,២០០ គ.ក/rai នៅពេលបន្ថែមកម្រិតអត្រាជី ១២ គ.ក N/rai។

៨.៤ ការប្រៀបធៀបផែនការពិសោធន៍បែបស្ព្លីតផ្លត់ និងផែនការពិសោធន៍បែបហ្វែកទ័រៀល

បានពីឧទាហរណ៍ក្នុងការពិសោធពូជស្រូវ ២ ពូជ (ពូជស្រូវ ក ខ ១ ជាមួយពូជស្រូវលឿងប្រាក់លីវ ១២៣) ជាមួយអត្រាជីអាសូត ៣ កម្រិត (០ ទៅ ៦ និង ១២ គ.ក N/rai)។

៨.៤.១ រូបប្លង់ពិសោធន៍

ឲ្យ V_0 = ពូជស្រូវលឿងប្រាក់លីវ ១២៣

V_1 = ពូជស្រូវ ក ខ ១

N_0 = អត្រាជីអាសូត ០ គ.ក N/rai

N_1 = អត្រាជីអាសូត ៦ គ.ក N/rai

N_2 = អត្រាជីអាសូត ១២ គ.ក N/rai

ការពិសោធបែបហ្វែកទ័រៀល ក្នុង RCBD

Rep. I	V_1N_1	V_0N_2	V_0N_0	V_1N_2	V_0N_1	V_1N_0
Rep. II	V_1N_0	V_1N_1	V_0N_2	V_1N_2	V_0N_0	V_0N_1
Rep. III	V_0N_2	V_1N_1	V_0N_1	V_1N_0	V_1N_2	V_0N_0

ការពិសោធបែបស្ព្លីតផ្លត់

Rep. I	N_1	N_0	N_2	V_1
	N_0	N_1	N_2	V_0
Rep. II	N_2	N_1	N_0	V_1
	N_1	N_2	N_0	V_0
Rep. III	N_2	N_0	N_1	V_0
	N_0	N_1	N_2	V_1

រូបទី ៨.២ បង្ហាញការរៀបចំឯកតាពិសោធន៍បែបស្ព្លីតផ្លត់ និងការពិសោធបែបហ្វែកទ័រៀល

បង្ហាញថា សានីមួយៗ (replication) នៃផែនការពិសោធន៍បែបហ្វែកទ័រៀល ក្នុង RCBD មានការចាប់ចៃដន្យនៃបច្ច័យ គឺពូជ និងជីបានយ៉ាងពេញលេញ។ រីឯផែនការពិសោធន៍បែបស្លីតប្លត់វិញនោះ ត្រូវមានចាប់ចៃដន្យពូជ (main plot) ជាមុន ទើបមានចាប់ចៃដន្យអត្រាជី (sub-plot) ក្នុងពូជនីមួយៗ នៅពេលក្រោយ។

៨.៤.២ តារាងវិភាគការប្រែប្រួល

បន្ទាប់ពីបានវិភាគការប្រែប្រួលបានបង្ហាញថា ការពិសោធបែបស្លីតផ្លត់មានការញែក error term ចេញជា ២ ផ្នែក គឺ error (a) និង error (b) ដែល error (a) + error (b) បានជា error term។ ក្នុងផែនការពិសោធន៍បែបហ្វែកទ័រៀល ក្នុង RCBD [error (a) SS + error (b) SS = error SS ក្នុង RCBD]។ ដូច្នេះ ផែនការពិសោធន៍បែបហ្វែកទ័រៀលមាន d.f. របស់ error term ថយចុះ។ តែផ្ទុយទៅវិញ ការរៀបចំឯកតាពិសោធន៍កាន់តែល្អ ព្រោះថា មានការញែកជា main plot ដែលនៅក្នុង main plot (ដែលនៅក្នុងឧទាហរណ៍មានខ្នាតកាន់តែតូចពាក់កណ្តាលក្នុងប្លុក RCBD) នីមួយៗ មានភាពសមស្រប (uniform) ល្អជាងឯកតាពិសោធន៍នៅក្នុងប្លុកនីមួយៗ របស់ RCBD។

តារាងទី ៨.៦
តារាងវិភាគការប្រែប្រួលរបស់ទិន្នផលពូជស្រូវ ២ ពូជ ចំពោះការប្រើជីអាសូត ៣ អត្រា

ផែនការពិសោធន៍បែបហ្វែកទ័ររៀល ក្នុង RCBD

Source of Variation	d.f	SS	MS
Replications	2	130,000	65,000 * *
Treatments	5	1,180,000	236,000 * *
Varieties(V)	1	180,000	180,000 * *
Nitrogen(N)	2	910,000	455,000 * *
V x N	2	90,000	45,000 *
Error(V x N)	10	80,000	8,000
Total	17	1,390,000	
C.V. (%)	12.20		

ផែនការពិសោធន៍បែបស្ព្លីតផ្លត់

Source of Variation	d.f	SS	MS
Replications	2	130,000	65,000
Varieties (V)	1	180,000	180,000 *
Error(a)	2	10,000	5,000
Nitrogen (N)	2	910,000	455,000 * *
V x N	2	90,000	45,000 *
Error(b)	8	70,000	8,750
Total	17	1,390,000	
C.V. (%)	9.64		
C.V. (%)	12.76		

មេរៀនទី ៩
រីគ្រេសសិន និងខរីលេសិន
(REGRESSION AND CORRELATION)

ក្នុងការងារពិសោធន៍ដែលពាក់ព័ន្ធជាមួយការវាស់វែងនូវលទ្ធផល ឬការកត់ត្រាទិន្នន័យមានច្រើនសមាសភាគ ឬច្រើនលក្ខណៈ។ អ្នកពិសោធន៍អាចចាប់អារម្មណ៍ចំពោះសហសម្ព័នរបស់សម្ភារៈពាក់ព័ន្ធទាំងនោះ។ ក្នុងករណីដែលចាប់អារម្មណ៍ចំពោះភាពស្និតស្នាលរបស់សហសម្ព័ន (closeness of the relationship) រវាងលក្ខណៈ ឬសម្ភារៈដែលវាស់វែងលទ្ធផលនោះ។ ដោយមិនចាំបាច់គិតដល់ហេតុផល ឬរូបបែបរបស់សហសម្ព័ន (nature of the relationship) ត្រូវប្រើវិធីសាស្រ្តដែលត្រូវសិក្សា ហៅថា "correlation" ឬជួនកាលគេហៅថា "សហសម្ព័ន" ដូចជា ការសិក្សាសម្ព័នភាពរវាងផលផលិតរបស់ពោតជាមួយចំនួនស្មៀត ឬសម្ព័នភាពរវាងចំនួនស្មៀតជាមួយខ្នាតរបស់ស្មៀត ឬសម្ព័នភាពរវាងកម្ពស់ដើមជាមួយកម្ពស់ស្មៀត ជាដើម។

ក្នុងករណីដែលអ្នកពិសោធន៍ត្រូវការស្គាល់ពីសម្ព័នភាពនោះមានលក្ខណៈបែបណា ឬត្រូវការដឹងពីហេតុផលត្រូវប្រើវិធីសាស្រ្តដែលត្រូវសិក្សា ហៅថា រីគ្រេសសិន (regression) ដែលសម្ភារៈជាហេតុផល ឬជាលក្ខណៈហេតុផល ហៅថា ជាតួប្រែប្រួលឯករាជ (independent variable, X)។ រីឯម្យ៉ាងវិញទៀតសម្ភារៈហេតុផល ឬជាលក្ខណៈហេតុផលដែរនោះ ហៅថា ជាតួប្រែប្រួលតាម ឬមិនឯករាជ (dependent variable, Y) តួប្រែប្រួលឯករាជអាចមានច្រើនសមាសភាគ ដូចជា អត្រាជី ថ្ងៃដាំ អត្រាការដាំ កម្តៅនៃពន្លឺរបស់ព្រះអាទិត្យ ។ល។ អាចមានផលចំពោះទិន្នផលរបស់ពោត។ ទិន្នផលរបស់ពោតនៅក្នុងឧទាហរណ៍នេះ គឺតួប្រែប្រួលតាម (មិនឯករាជ,Y) នោះឯង។

នៅក្នុងឯកសារនេះ នឹងបរិយាយតែរីគ្រេសសិន និងខរីលេសិន ២ លក្ខណៈប៉ុណ្ណោះ simple regression និង simple correlation ដែលមានភាពងាយស្រួលបំផុត។

៩.១ រីគ្រេសសិនខ្សែត្រង់ ២ លក្ខណៈ (simple linear regression)

សមីការនៃខ្សែត្រង់រីគ្រេសសិន (linear regression) នេះ មានលក្ខណៈស្រដៀងនឹងសមីការខ្សែត្រង់ផ្សេងៗ ទៀតដែរ គឺមានដូចខាងក្រោម៖

សមីការខ្សែត្រង់៖

$$Y = a + bX \qquad (1)$$

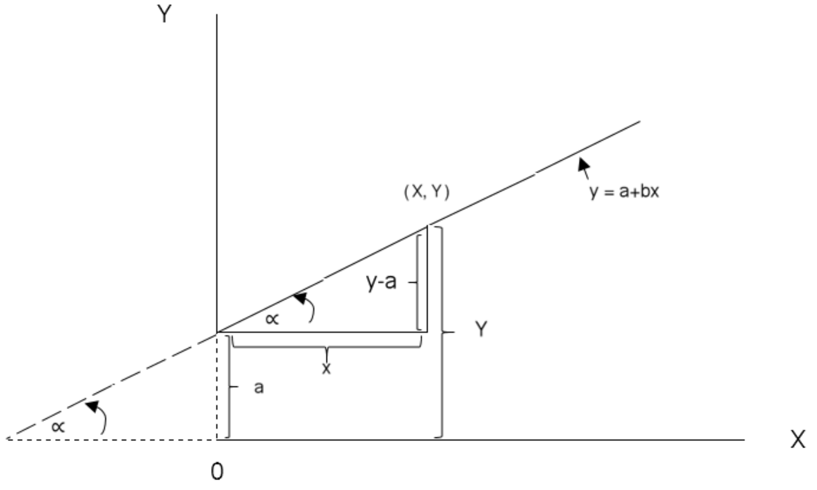
ដែល

Y = តួប្រែប្រួលតាម (dependent variable)

a = ខ្សែកាត់ (intercept) របស់ខ្សែត្រង់រីក្រេសសិនជាមួយអ័ក្សឈរ (Y) (បើយើងមើលក្រាប គឺតម្លៃរបស់ Y ពេល X = 0)

b = ខ្សែជម្រេល (slope) របស់ខ្សែត្រង់រីក្រេសសិន ឬន័យមួយផ្សេងទៀត គឺការប្រែប្រួលក្នុងតម្លៃ Y ចំពោះមួយឯកតានៃការប្រែប្រួលរបស់ X (ការប្រែប្រួលរបស់ Y, ″ b ‟ ឯកតាចំពោះការប្រែប្រួលរបស់ X ″1″ ឯកតា) ដែល b ហៅថា តម្លៃមេគុណរបស់រីក្រេសសិន ឬតម្លៃមេគុណរបស់ការប្រែប្រួល (regression coefficient)

X = តួប្រែប្រួលឯករាជ (independent or fixed variable)



រូបទី ៩.១ បង្ហាញខ្សែត្រង់រីក្រេសសិន

បានពីសមីការទី (១), Y = a + bX ដូចនេះ អាចពិសោធន៍បាននៅក្នុងរូបទី ៩.១ ដូចខាងក្រោម៖

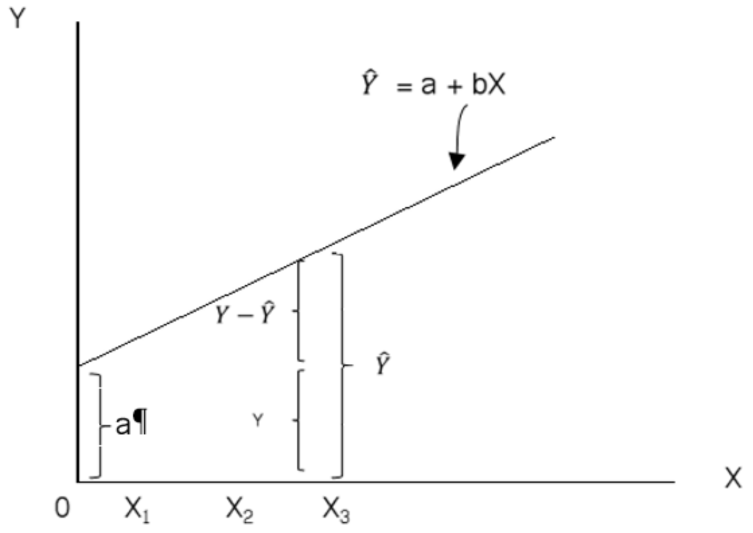
: slope b $= \tan\propto$

$= \frac{(Y-a)}{X}$

ឬ bx $= Y - a$

: Y $= a + bX$

ក្នុងការពិសោធទូទៅ អ្នកពិសោធន៍ជួបប្រទះទិន្នន័យដែលមានស្រាប់ នៅពេលយកមកសិក្សាតាមវិធីរីក្រេសសិន ទិន្នន័យដែលបានមកនោះមានភាពរាយប៉ាយ (scatter) ឬមិនសមស្របដែលគូសខ្សែត្រង់ឆ្លងកាត់គ្រប់ចំនុចរបស់ទិន្នន័យជាក់ស្តែង (ទិន្នន័យដើម, raw data) បាន។ ប៉ុន្តែត្រូវប្រើវិធីសាស្ត្ររបស់ ‟least squares″ នឹងអាចរកខ្សែត្រង់ដែលអធិប្បាយនៃសម្ព័នភាពរវាងតួប្រែប្រួលតាម (Y) និងតួប្រែប្រួលឯករាជ (X) បានល្អបំផុត (best fit) នៅក្នុងទិន្នន័យមួយក្រុមៗ ដូចជា $X_1Y_1, X_2Y_2......, X_nY_n$។



រូបទី ៩.២ បង្ហាញពីគម្លាត (deviation) នៃទិន្នន័យជាក់ស្តែង (Y) ជាមួយតម្លៃដែលបានវាយតម្លៃដោយវិធី least squares ($\hat{Y}$)។

គោលការណ៍របស់ least squares គឺការគណនារកខ្សែត្រង់ដែលមានលទ្ធផលសរុបលើកជាការេនៃគម្លាតពីចំនុចទៅចំនុចមួយ (X_iX_i) ឬទិន្នន័យជាក់ស្តែងពីខ្សែត្រង់ដែលមានតម្លៃទាបបំផុត ឬ $\Sigma(Y - \hat{Y})^2$ មានតម្លៃទាបនោះ។ ដោយ Y ជាតម្លៃជាក់ស្តែងរបស់ទិន្នន័យកត់ត្រាមក (observed value) រីឯ $\hat{Y}$ គឺតម្លៃប៉ាន់ស្មាន (predicted values) ដោយវិធី least squares អាចសរសេរសមីការ (១) ថ្មីដូចខាងក្រោម៖

$$\hat{Y} = a + bX \qquad (2)$$

ដោយមាន $a = \bar{y} - b\bar{x}$ (3)

និង $b = \frac{\Sigma(Y-\bar{x})(Y-\bar{y})}{\Sigma(Y-\bar{x})^2}$ (4)

ឬ $b = \frac{\Sigma xy}{\Sigma x^2}$ (5)

ពេល $(X - \bar{x})$ គឺភាពខុសគ្នារបស់តួប្រែប្រួលឯករាជ (X) តម្លៃនីមួយៗ នៃមធ្យមភាគរបស់វា ($\bar{x}$) សរសេរសង្ខេបៗ x

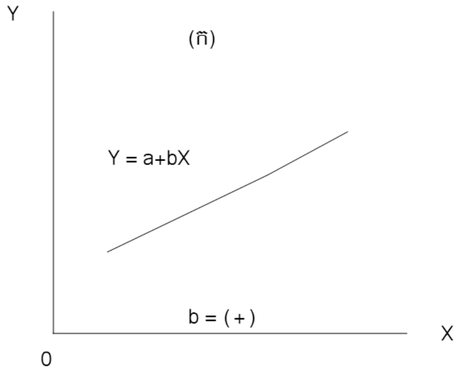
$(Y-\bar{y})$ គឺភាពខុសគ្នារបស់តួប្រែប្រួលតាម (Y) តម្លៃនីមួយៗ នៃមធ្យមភាគរបស់វា ($\bar{y}$) សរសេរសង្ខេបៗ y

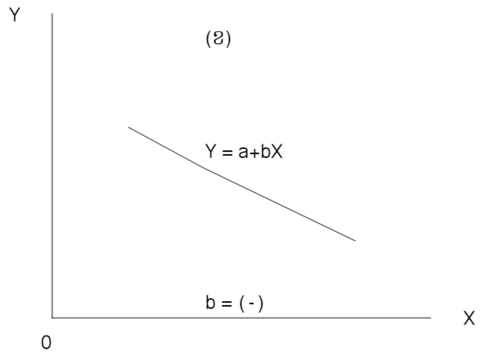
ក្នុងការគណនាតម្លៃ ″b″ ជួនកាលអ្នកពិសោធន៍ប្រើរូបមន្តងាយៗ ឬងាយស្រួលក្នុងការគណនា មានដូចខាងក្រោម៖

$$b = \frac{\Sigma XY - \frac{\Sigma X \Sigma Y}{n}}{\Sigma X^2 - \frac{(\Sigma X)^2}{n}} \quad (6)$$

ឬ $$b = \frac{n\Sigma XY - \Sigma X \Sigma Y}{n\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2} \quad (7)$$

តម្លៃ b មានជាផលបូក ឬផលដកក៏បាន ប្រសិនបើជាផលបូកខ្សែត្រង់រីគ្រេសសិននឹងជម្រេលចុះក្រោមពីស្តាំមកឆ្វេង (ក) ប្រសិនបើជាផលដកខ្សែត្រង់រីគ្រេសសិននឹងជម្រាលចុះក្រោមពីឆ្វេងមកស្តាំ (ខ) មានដូចរូបទី ៩.៣ ខាងក្រោម៖





រូបទី ៩.៣ បង្ហាញពីលក្ខណៈរបស់រីគ្រេសសិន នៅពេល b មានតម្លៃជាផលបូក (ក) និងតម្លៃជាផលដក (ខ)

មូលហេតុ៖ ១. សមីការទី (២), $\hat{Y} = a + bX$, មាន intercept = a និង slope = b ខ្សែត្រង់រីគ្រេសសិនត្រូវឆ្លងកាត់ចំនុច $(\bar{x}, \bar{y})$ ជានិច្ច។

២. តម្លៃ b ជួនកាលអាចសរសេរជា b_{yx} ដើម្បីបង្ហាញថា regression coefficient របស់ dependent Y ជាមួយ independent X ឬបង្ហាញតម្លៃប្រែប្រួលជាឯកតារបស់ Y ចំពោះការប្រែប្រួល ១ ឯកតារបស់ X

៩.២ វិធីគណនារីគ្រេសសិនខ្សែត្រង់ ២ លក្ខណៈ

៩.២.១ ការគណនាតម្លៃ b

ឧទាហរណ៍ទី ៩.១៖ អ្នកពិសោធន៍ចង់ដឹងសម្ព័នភាពរវាងខ្នាតរបស់ខ្ទឹមបារាំង ដែលមានអង្កត់ផ្ចិតចន្លោះពី ៥.០ ដល់ ៧.០ សង់ទីម៉ែត្រ។ តើមានលទ្ធផលចំពោះទម្ងន់មើមយ៉ាងដូចម្តេច (Y) វាស់គិតជាក្រាម។ ដោយធ្វើការពិសោធមើមខ្ទឹម ១០ មើម (n) លទ្ធផលការពិសោធមានដូចខាងក្រោម៖

តារាងទី ៩.១
បង្ហាញអង្កត់ផ្ចិតរបស់មើមខ្ទឹមបារាំង (សង់ទីម៉ែត្រ) ទម្ងន់មើម (ក្រាម) និងប្រើតម្លៃការគណនារកតម្លៃ b

	អង្កត់ផ្ចិតរបស់មើមខ្ទឹមបារាំង (ស.ម) X	ទម្ងន់ (ក្រាម) Y	X^2	Y^2	XY
	5.1	63.4	26.01	4,019.56	323.34
	6.6	115.3	43.56	13,294.09	760.98
	6.9	146.6	47.61	21,491.56	1,011.54
	7.0	132.6	49.00	17,582.76	928.20
	5.7	80.7	32.49	6,512.49	459.99
	6.7	125.6	44.89	15,775.36	841.52
	5.8	80.0	33.64	6,400.00	464.00
	5.4	78.7	29.16	6,193.69	424.98
	6.3	112.8	39.69	12,723.84	710.64
	6.0	96.2	36.00	9,254.44	577.20
លទ្ធផលសរុប (Σ)	61.5	1,031.9	382.1	113,247.79	6,502.39

$$\bar{x} = \frac{\sum X}{n}$$

$$= \frac{16.5}{10}$$

$$= 6.15 \text{ ស.ម}$$

$$\bar{y} = \frac{\sum X}{n}$$

$$= \frac{1,031.9}{10}$$

$$= 103.19 \text{ ក្រាម}$$

សមីការទី (៧)

$$b = \frac{n\Sigma XY - \Sigma X \Sigma Y}{n\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2}$$

$$b = \frac{10(6,502.39) - (61.5)(1,031.9)}{10(382.05) - (61.5)^2}$$

$$= \frac{65,023.90 - 63,461.85}{3,820.50 - 3,782.25}$$

$$= \frac{1,562.05}{38.25}$$

$$= 40.84 \ \frac{\text{ក្រាម/មើម}}{\text{ប្រវែងបណ្តោយនៃអង្កត់ផ្ចិតរបស់មើម ១ ស.ម}}$$

សមីការទី (៣)

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

$$= 103.19 - (40.84)(6.15)$$

$= 103.19 - 251.17$

$= -147.98$

សមីការទី (២)

$$\hat{Y} = a + bX$$

$$\hat{Y} = -147.98 + 40.84\,X$$

បានពីសមីការខាងលើនេះ អ្នកពិសោធន៍អាចគណនាតម្លៃប៉ាន់ស្មាន (predicted values) Y, ($\hat{Y}$) នៃតម្លៃនីមួយៗ របស់ X ដែលកំណត់។ (ក្នុងគម្លាតនៃតម្លៃលេខរបស់ X គឺ ៥.0 ដល់ ៧.0 ស.ម ព្រោះបន្ទាប់ពីវិភាគមកនៅមិនទាន់ដឹងថា ប្រសិនបើតម្លៃ X លើសគម្លាតដែលបានកំណត់នោះ ការបង្ហាញចេញមករបស់ Y មានលក្ខណៈជាខ្សែត្រង់ដែរ ឬទេ) មានដូចខាងក្រោម៖

$X = 5.1,\ \hat{Y} = -147.98 + (40.85)(5.1)$

$= 60.30$

$X = 7.0,\ \hat{Y} = 147.98 + (40.85)(7.0)$

$= 137.90$

ឃើញថាតម្លៃប៉ាន់ស្មានរបស់ Y, ($\hat{Y}$) និងតម្លៃជាក់ស្តែង (Y) មិនស្មើគ្នា។ តែនៅពេលប្រើគោលការណ៍ least squares បង្ហាញថា លទ្ធផលសរុបលើកជាការេរបស់ភាពខុសគ្នារវាងតម្លៃទាំងពីរនេះ $\Sigma(Y - \hat{Y})^2$, មានតម្លៃទាបបំផុត។

៩.២.២ ការពិសោធតម្លៃ b

ការពិសោធតម្លៃ b ត្រូវកំណត់លទ្ធផលរំពឹងទុក (Null hypothesis, Ho) ថា b = 0 អាចពិសោធន៍បាន ២ វិធី៖

១) ការពិសោធ Ho : b = 0 ដោយប្រើ t-test ជាវិធីសាស្ត្របែងជាជំណាក់ៗ ដូចខាងក្រោម៖

ក. គណនាតម្លៃ residual sum of square ឬ error SS, $\Sigma(Y - \hat{Y})^2$, គណនាតាមរូបមន្ត៖

$$\Sigma(Y - \hat{Y})^2 = \Sigma(Y - \bar{y})^2 - (b)\,\Sigma(X - \bar{x})(Y - \bar{y})$$

ឬ $$\Sigma(Y - \hat{Y})^2 = [\Sigma Y^2 - \frac{(\Sigma Y)^2}{n}] - (b)[\Sigma XY \frac{\Sigma X \Sigma Y}{n}]$$

: Residual SS $= [113{,}247.79 - \frac{1{,}031.9}{10}] - (40.84)[6{,}502.39 - \frac{(61.5)(1{,}031.9)}{10}]$

$= 6{,}766.03 - 6{,}379.41$

$= 386.62$

ខ. គណនាតម្លៃ residual mean square, s^2_{yx}

$$s^2_{yx} = \frac{\text{Residual SS}}{n-2}$$

$= \frac{386.62}{10-2}$

$= \frac{386.62}{8}$

= 48.33

ដែល n-2 ជា d.f. ដោយ n ជាចំនួនទិន្នន័យទាំងអស់គឺ ១០ ឈុត។ កាលណាប្រើ d.f. = n-2 ព្រោះត្រូវការដកមធ្យមភាគ (mean) 1 និងតម្លៃមេគុណរបស់ការប្រែប្រួល (regression coefficient, b) 1

គ. ការគណនាភាពលម្អៀងមាត្រដ្ឋានរបស់ b

$$s_b = \sqrt{s_{yx}^2 / \left[\sum X^2 - \frac{\Sigma X^2}{n}\right]}$$

$$= \sqrt{48.33 / \left[382.05 - \frac{(61.5)^2}{10}\right]}$$

$$= \sqrt{48.33/3.82}$$

$$= \sqrt{12.65}$$

= 3.56

ឃ. គណនាតម្លៃ t នៃ b

$$t = \frac{b}{s_b}$$

$$= \frac{40.84}{3.56}$$

= 11.47

ង. ការប្រៀបធៀបតម្លៃ t ដែលគណនាបាន ជាមួយ t ពីតារាងដោយប្រើ d.f. = n-2

$t_{(\text{គណនា}), 8} = 11.47^{**} > 3.355\ [t_{0.01, 8}]$

ច. សរុបលទ្ធផលការពិសោធ ដោយ $t_{(\text{គណនា})} > t_{(\text{តារាង})}$ ក្នុងកម្រិតអាចទៅបាន ០.០១ បានបង្ហាញថា b ≠ 0 ឬខ្នាតរបស់មើមខ្ទឹម (វាស់អង្កត់ផ្ចិត) មានផលឆ្លើយតបចំពោះទម្ងន់របស់មើម គឺនៅពេលខ្ទឹមបារាំងមានទម្ងន់កាន់តែធ្ងន់។

២) ការពិសោធ Ho : b = 0 ដោយប្រើ F-test មានវិធីសាស្ត្រចែកជាជំណាក់ៗ មានដូចខាងក្រោម៖

ក. គណនា sum of square របស់ការប្រែប្រួលតាម (dependent variable, Y)

Total SS $= \Sigma Y^2 - \frac{(\Sigma Y)^2}{n}$

$= 113{,}247.79 - \frac{(1{,}031.9)^2}{10}$

= 113,247.79 – 106,481.76

= 6,766.03

Regression SS = (b) $[\Sigma XY - \frac{\Sigma X \Sigma Y}{n}]$

(ឬ SS due to regression)

= (40.84) $[6{,}502.39 - \frac{(61.5)(1{,}031.9)}{10}]$

= (40.84)(156.205)

= 6,379.41

Residual SS = Total SS – Regression SS

(ឬ deviation from regression)

= 6,766.03 - 6,379.41

= 386.62

ខ. គណនាតម្លៃ mean squares

Regression MS $= \frac{\text{Regression SS}}{\text{d.f. due to regression=1}}$

= 6,379.41

Residual MS $= \frac{\text{Residual SS}}{\text{d.f. residual=n-2}}$

$= \frac{386.62}{10-2}$

$= \frac{386.62}{8}$

= 48.33

គ. គណនាតម្លៃ F

F $= \frac{\text{Regression MS}}{\text{Residual MS}}$ d.f.1 និង n-2

$= \frac{6{,}379.41}{48.33}$ d.f. 1 និង 8

= 132.00

ឃ. ការប្រៀបធៀបតម្លៃ F ដែលគណនាបាន ជាមួយ F ពីតារាងដោយប្រើ d.f. 1 និង n-2

$F_{(\text{គណនា})1,8}$ = 132.00 * * > 11.26 [$F_{0.01,\ 1\ \text{និង}\ 8}$]

ង. សរុបលទ្ធផលការពិសោធ ដោយ $F_{(\text{គណនា})} > F_{(\text{តារាង})}$ ក្នុងកម្រិតអាចទៅបាន ០.០១ បានបង្ហាញថា b ≠ 0 ឬខ្នាតរបស់មើមខ្ទឹម (វាស់អង្កត់ផ្ចិត) មានលទ្ធផលចំពោះទម្ងន់របស់មើម គឺនៅពេលខ្ទឹមបារាំងមានទម្ងន់កាន់តែធ្ងន់។

ច. បង្ហាញលទ្ធផលការវិភាគក្នុងតារាងការវិភាគការប្រែប្រួល

តារាងទី ៩.១

តារាងការវិភាគការប្រែប្រួល

Source of Variation	d.f	SS	MS
Regression	1	6,379.41	6,379.41 * *
Residual	8	386.62	48.33
Total	9	6,766.03	

* * មានភាពខុសគ្នាជាអត្ថន័យខាងស្ថិតិក្នុងកម្រិត 0.0១

៩.៣ សហសម្ព័ន្ធខ្សែត្រង់ ២ លក្ខណៈ (simple linear correlation)

ក្នុងការសិក្សាសហសម្ព័ន្ធនេះ ត្រូវពិចារណាឲ្យបានល្អចំពោះលក្ខណៈ ឬសម្ភារៈផ្សេងៗ នោះតើគួរមានសម្ព័ន្ធភាពគ្នាដែរឬទេ? ឬអាចនិយាយបានថា ត្រូវមានហេតុផលដែលត្រូវសិក្សាសម្ព័ន្ធភាពរវាងគ្នានិងគ្នា។ ទាំងនេះ មកពីការវិភាគសហសម្ព័ន្ធពេលខ្លះជួបប្រទះថា លក្ខណៈ ឬសម្ភារៈទាំង ២ នោះបង្ហាញពីសម្ព័ន្ធភាពគ្នាយ៉ាងខ្លាំង គឺបានតម្លៃមេគុណនៃសហសម្ព័ន្ធ (correlation coefficient, r) ខ្ពស់ជាងតម្លៃ r ក្នុងតារាងស្ថិតិ។ ប៉ុន្តែ តាមពិតទៅប្រាកដថា លក្ខណៈ ឬសម្ភារៈនីមួយៗ មានសម្ព័ន្ធភាពគ្នាជាមួយលក្ខណៈមួយទៀត (ឬលក្ខណៈទី៣) ទើបមើលទៅដូចលក្ខណៈ ឬសម្ភារៈទាំង ២ មានសម្ព័ន្ធភាពគ្នា ដូចជា ក្នុងការពិសោធពូជស្មៅមួយប្រភេទ (crested wheat grass) បង្ហាញថា សហសម្ព័ន្ធរវាងខ្នាតគ្រាប់ (seed size) ជាមួយខ្នាតដើមរបស់ស្មៅ (plant size) មានរហូតដល់ +0.53។ តាមពិតទៅមិនចាំបាច់ទាល់តែស្មៅមានដើមធំ ទើបគ្រាប់ស្មៅធំ ឬដើមស្មៅតូចមានគ្រាប់ស្មៅតូចនោះទេ។ តាមការពិចារណាឲ្យហ្មត់ចត់ឃើញថា សហសម្ព័ន្ធនៃការបង្កាត់ជាប់គ្រាប់ (fertility) មានខ្នាតគ្រាប់រហូតដល់ - 0.71 គឺ ប្រសិនបើដើមស្មៅដែលមានការបង្កាត់ជាប់គ្រាប់តិច ខ្នាតរបស់គ្រាប់ក៏មានទំហំធំដែរ។ នេះបណ្តាលមកពីការស្រូបសារជាតុចិញ្ចឹមដើម្បីបង្កើតគ្រាប់បានតិចជាងករណីមានគ្រាប់ច្រើន។ ក្រៅពីនេះ សហសម្ព័ន្ធនៃការបង្កាត់ជាប់គ្រាប់ជាមួយខ្នាតដើមមានរហូតដល់ - 0.66។ តែប្រសិនបើដើមស្មៅរឹងមាំង លូតលាស់ល្អ និងបង្កើតសមាសភាគផ្សេងៗ (vegetative parts) បានច្រើន។ ដូច្នេះ ការបង្កើតសមាសភាគបង្កាត់ពូជ (reproductive parts) ឬការបង្កាត់ជាប់គ្រាប់មានតិចជាងដើមស្មៅមានខ្នាតតូច ដែលមានបង្កើតសមាសភាគពង្រីកពូជ ឬមានគ្រាប់ច្រើន។ ដូច្នេះ លក្ខណៈទាំងពីរ គឺខ្នាតគ្រាប់ និងខ្នាតដើមមានសម្ព័ន្ធភាពនៅជិតគ្នាយ៉ាងខ្លាំង (បែបអវិជ្ជមាន) ជាមួយលក្ខណៈទី៣ គឺការបង្កាត់ជាប់គ្រាប់។

សហសម្ព័ន្ធ (correlation) ខុសពីរីគ្រេសសិន (regression) គឺបង្ហាញពីសម្ព័ន្ធភាពចំពោះទំហំបានកម្រិតណា និងមិនបានប្រាប់/បង្ហាញពីមូលហេតុនោះឡើយ។

ក្នុងការសិក្សាវិភាគសហសម្ព័ន្ធនោះ ត្រូវមើលតម្លៃមេគុណរបស់សម្ព័ន្ធភាព (correlation coefficient, r) ការគណនាបានពីរូបមន្តដូចខាងក្រោម៖

$$r = \frac{\Sigma(X-\bar{x})(Y-\bar{y})}{\sqrt{[\Sigma(X-\bar{x})^2][\Sigma(Y-\bar{y})^2]}} \quad (8)$$

ឬ $$r = \frac{\Sigma XY}{\sqrt{[\Sigma X^2 \Sigma Y^2}} \quad (9)$$

ឬ $$r = \frac{\Sigma XY - \frac{(\Sigma X)(\Sigma Y)}{n}}{\sqrt{[\Sigma X^2-(\Sigma X)^2/n][\Sigma Y^2-(\Sigma Y)^2/n]}} \quad (10)$$

ជាទូទៅគេនិយមប្រើសមីការទី (១០) ព្រោះងាយស្រួលក្នុងគណនា

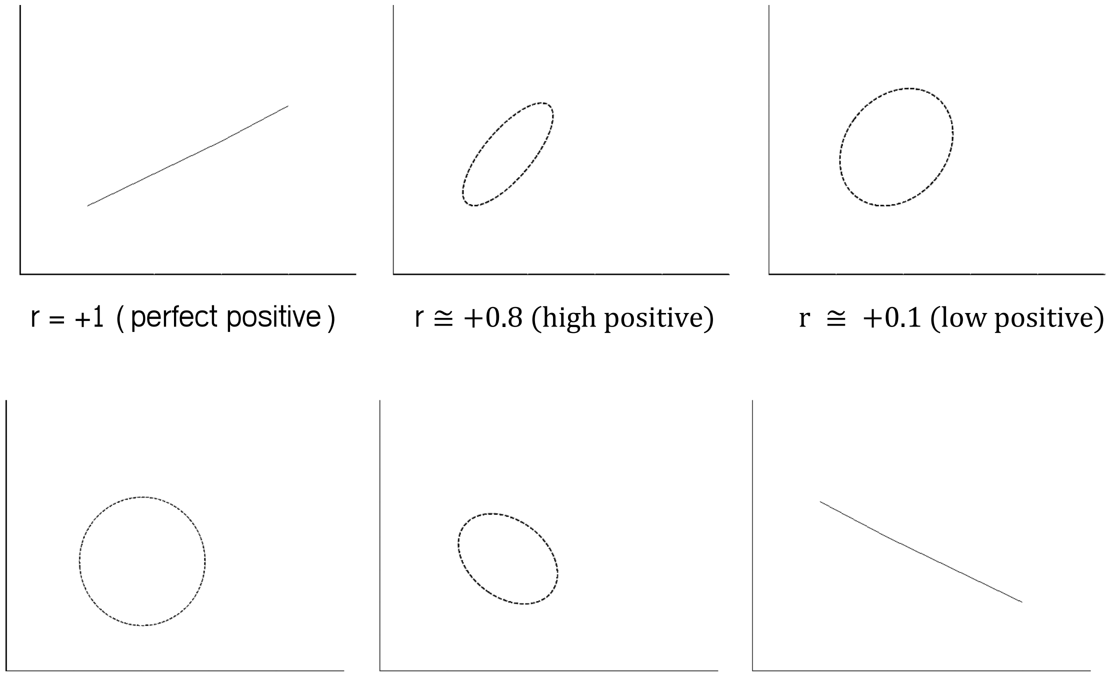
តម្លៃ r នៅក្នុងចន្លោះពី -1 ដល់ +1 មានន័យដូចខាងក្រោម៖

r = -1 មានន័យថា មានសម្ព័នភាពយ៉ាងពេញលេញរវាង ២ លក្ខណៈនៅក្នុងផ្នែកផ្ទុយគ្នា (perfect negative simple linear correlation)

r = 0 មានន័យថា គ្មានសម្ព័នភាពគ្នាឡើយ

r = +1 មានន័យថា មានសម្ព័នភាពយ៉ាងពេញលេញរវាង ២ លក្ខណៈក្នុងផ្នែកស្រប គ្នា (perfect positive simple linear correlation)

បើមើលលើក្រាហ្វិកមានដូចខាងក្រោម៖



r = +1 (perfect positive) $r \cong +0.8$ (high positive) $r \cong +0.1$ (low positive)

r = 0 (zero) $r \cong -0.5$ (medium negative) $r = -1$ (perfect negetive)

រូបទី ៩.៤ បង្ហាញពីសហសម្ព័នបែបផ្សេងៗ

តម្លៃសំខាន់ដែលពាក់ព័ន្ធយ៉ាងខ្លាំងទាំងសហសម្ព័ន និងរីក្រេសសិនតម្លៃមួយទៀត គឺ ″coefficient of determination, r^2″ ដែលជាតម្លៃមេគុណរបស់សហសម្ព័ន (correlation

coefficient) លើកជាការេ តម្លៃនេះបង្ហាញពីចំណែកនៃការប្រែប្រួលដែលបណ្តាលពីលក្ខណៈ ឬសម្ភារៈទាំងពីរ (គឺតួប្រែប្រួលឯករាជ និងតួប្រែប្រួលតាម)។ ការប្រែប្រួលទាំងអស់ក្នុងរីគ្រេសសិន ជាអាទិ៍ ទិន្នផលរបស់ស្រូវ (Y) អាចផ្អែកលើលក្ខណៈមួយចំនួន ឬច្រើនកត្តា ដូចជា ចំនួនកូនក្នុងមួយគុម្ព ដែលអាចផ្តល់ចំនួនគួរ ខ្នាតរបស់គួរ ខ្នាតរបស់គ្រាប់ ចំនួនគ្រាប់ ។ល។ ប្រសិនបើសិក្សាសហសម្ព័ន និងរីគ្រេសសិនទាំង ២ លក្ខណៈ រវាងទិន្នផល ជាមួយខ្នាតរបស់គួរ អាចបានតម្លៃ r = 0.7 ឬ r^2 = 0.49 មានន័យថា នៅក្នុងឥទ្ធិពលចំពោះទិន្នផល ១០០ ភាគរយ មាន ៤៩ ភាគរយ។ ផ្នែកនេះកើតចេញពីខ្នាតរបស់គួរស្រូវសល់ដែលបណ្តាលមកពីលក្ខណៈផ្សេងៗ ដែលមិនអាចប្រាប់ថាបានពីការពិសោធណាមួយបានច្បាស់លាស់ឡើយ ឬន័យមួយផ្សេងទៀត ការប្រែប្រួលរបស់ទិន្នផលពាក់ព័ន្ធជាមួយខ្នាតគួរស្រូវមាន ៤៩ ភាគរយ ចំណែកដែលសល់កើតចេញពីរបស់ផ្សេងៗ ឬអាចជា random error ក៏ថាបាន។

៩.៤ វិធីគណនាសហសម្ព័នខ្សែត្រង់ ២ លក្ខណៈ

៩.៤.១ ការគណនាតម្លៃ r អាចធ្វើបានដូចតទៅៈ

ក. គណនាដោយត្រង់ពីរូបមន្តក្នុងសមីការ (8)-(10)

ខ. គណនាដោយវិធី ដែលហៅថា "rank difference method"

១) គណនាដោយត្រង់តាមរូបមន្តក្នុងសមីការ (10)

ឧទាហរណ៍ទី ៩.២ អ្នកការពិសោធន៍ត្រូវដឹងសម្ព័នភាពរវាងចំនួនដើមស្រូវក្នុងមួយគុម្ព (X) តើមានផលចំពោះទម្ងន់របស់គួរស្រូវ (Y) យ៉ាងដូចម្តេចខ្លះ? ដោយជ្រើសរើសទិន្នន័យ ឬកត់ត្រាចៃដន្យចំនួន ៥ គុម្ព (n) បានលទ្ធផលពិសោធន៍មានដូចខាងក្រោមៈ

តារាងទី ៩.៣

បង្ហាញចំនួនដើមស្រូវក្នុងគុម្ព ទម្ងន់មធ្យមភាគនៃកគួរ (ក្រាម/គួរ) និងតម្លៃដែលប្រើក្នុងការគណនារក r

ចំនួនដើមស្រូវ/គុម្ព X	ទម្ងន់មធ្យមភាគកគួរស្រូវ (ក្រាម/គួរ) Y	X^2	Y^2	XY
29	47.90	841.00	2,294.41	1,389.10
24	42.40	576.00	1,797.76	1,017.60
27	49.20	729.00	2,420.64	1,328.40
25	45.40	625.00	2,061.16	1,135.00
20	35.20	400.00	1,239.04	704.00
លទ្ធផលសរុប(Σ) 125.0	219.10	3,171.0	9,813.01	5,574.10

ចំនួនទិន្នន័យដែលបានកត់ត្រា ឬចំនួនសំណាក, n = 5

បានពីសមីការទី (១០)

$$r = \frac{\Sigma XY - \frac{(\Sigma X)(\Sigma Y)}{n}}{\sqrt{[\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2/n][\Sigma Y^2 - (\Sigma Y)^2/n]}}$$

$$= \frac{5,554.10 - (125)(219.10)/5}{\sqrt{[3,171 - (125)^2/5][9,743.61 - (219.10)^2/5]}}$$

$$= \frac{76.60}{\sqrt{(46)(142.65)}}$$

$$= \frac{76.60}{81.01}$$

$$= 0.94$$

២) ការគណនាដោយវិធី ដែលហៅថា "rank difference method"

បានមកពីឧទាហរណ៍ដូចគ្នា (តារាងទី ៩.៣) ត្រូវការរៀបចំទិន្នន័យសាថ្មី មានដូចខាងក្រោម៖

តារាងទី ៩.៤

បង្ហាញចំនួនដើមស្រូវក្នុងគុម្ព ទម្ងន់មធ្យមភាគនៃកគួរ (ក្រាម/គួរ) លំដាប់នៃលក្ខណៈនីមួយៗ និងតម្លៃដែលប្រើក្នុងការគណនារក r

ចំនួនដើមស្រូវ/គុម្ព	លំដាប់ (rank) ចំនួនដើមស្រូវ/គុម្ព	ទម្ងន់មធ្យមភាគកគួរស្រូវ (ក្រាម/គួរ)	លំដាប់ (rank) ទម្ងន់កគួរស្រូវ	លទ្ធផលផ្សេងៗនៃលំដាប់, d	d^2
29	1	47.90	2	-1	1
24	2	42.40	1	1	1
27	3	49.20	3	0	0
25	4	45.40	4	0	0
20	5	35.20	5	0	0
លទ្ធផលសរុប (Σ)				0	2

ដំណាក់កាលនៃការគណនា

ក. ការរៀងលំដាប់ (rank) របស់លក្ខណៈទាំងពីរ ពីខ្ពស់មកទាប ក្នុងករណីតួលេខដើមមានជាន់គ្នា ដូចជា ប្រសិនបើចំនួនដើមស្រូវក្នុងមួយគុម្ពមាន ២៥ ដើម និងមាន ២៤ ដើម នឹងមានតួលេខជាន់គ្នា ២ ដង ដែលជាលំដាប់ទី ៣ និង ៤ ។ ករណីនេះត្រូវរៀបចំលំដាប់សារជាថ្មី ដោយប្រើមធ្យមភាគរបស់លំដាប់ទាំងពីរបាន ៣.៥ ទាំងពីរតួ។ លំដាប់របស់ចំនួនដើមក្នុងមួយគុម្ពមានដូចជា ១, ២, ៣.៥, ៣.៥, និង ៥។

ខ. រកភាពខុសគ្នារវាងលំដាប់របស់លក្ខណៈទាំងពីរ ឬ d ដូចជា ចំនួនដើម/គុម្ព = ២៩, ផ្តល់ទម្ងន់កគួរ = ៤៧.៩០ នេះ។ លំដាប់របស់លក្ខណៈដំបូងគឺ ១ រីឯលំដាប់របស់ទម្ងន់គួរស្រូវគឺ ២ បានលទ្ធផលខុសគ្នាគឺ ១ - ២ = -១

គ. លើកជាការេនៃតម្លៃ d និងរកលទ្ធផលសរុបបាន Σd^2

ឃ. គណនាតម្លៃ r តាមរូបមន្ត

$$r = 1-\left[\frac{6\Sigma d^2}{n(n-1)(n+1)}\right] \qquad (11)$$

បានមកពីឧទាហរណ៍ខាងលើ

$$r = 1-\left[\frac{6(2)}{5(5-1)(5+1)}\right]$$

$$= 1-\left[\frac{6(2)}{5(5-1)(5+1)}\right]$$

$$= 1-\frac{12}{120}$$

$$= 1 - 0.1$$

$$= 0.9$$

មូលហេតុះ បានពីឧទាហរណ៍ខាងលើ តម្លៃ r ដែលគណនាបានទាំងពីរវិធីមានភាពស្រដៀងគ្នា។ ប្រសិបើតម្លៃ n ខ្ពស់ និងប្រើទស្សភាគជាច្រើនដំណែង នឹងបានតម្លៃ r ស្មើគ្នាទាំង ២ វិធី។

៩.៤.២ ការពិសោធតម្លៃ r

១) ដោយប្រើតារាង r ក្នុងសៀវភៅស្ថិតិទូទៅ បើកមើលលំដាប់ d.f.(n-2)

បានឧទាហរណ៍ខាងលើ $r_{0.05\ d.f.3} = 0.879$

$r_{0.01\ d.f.3} = 0.959$

$r_{(\text{គណនា})3} = 0.9^{*} > 0.879\ (r_{0.05,3})$

បង្ហាញថា ចំនួនដើមស្រូវក្នុងមួយគុម្ព និងទម្ងន់មធ្យមភាគគួរស្រូវមានសម្ព័នភាព (ខាងបូក)

២) ការគណនាតម្លៃ r ដោយប្រើវិធី t-test

គណនាតម្លៃ t តាមរូបមន្ត

$$t = \frac{r}{\sqrt{(1-r^2)/n-2}} \qquad (12)$$

បានមកពីឧទាហរណ៍ខាងលើ

$$t = \frac{0.9}{\sqrt{(1-r^2)/n-2}}$$

$$= \frac{0.9}{\sqrt{(1-0.9^2)/3-2}}$$

$$= \frac{0.9}{0.25}$$

$$= 3.6$$

ប្រៀបធៀបតម្លៃ t ដែលគណនាបានជាមួយតម្លៃ t ក្នុងសៀវភៅស្ថិតិ d.f.(n-2)

បានឧទាហរណ៍ខាងលើ $t_{0.05\ d.f.3} = 3.182$

$t_{0.01\ d.f.3} = 5.841$

$t_{(\text{គណនា})3} = 3.6^{*} > 3.182\ (t_{0.05,3})$

បង្ហាញថា ចំនួនដើមស្រូវក្នុងមួយគុម្ព មានសម្ព័នភាពដោយត្រង់ជាមួយទម្ងន់គួរស្រូវ។

៩.៥ សរុបចំណុចសំខាន់របស់រីគ្រេសសិន និងសហសម្ព័ន

ក. រីគ្រេសសិនជាកាសិក្សាសម្ព័នភាពដែលប្រាប់ពីហេតុ (តួប្រែប្រួលឯករាជ, X) និងផល (តួប្រែប្រួលតាម, Y)។

ខ. សហសម្ព័នជាការសិក្សាសម្ព័ភាពដែលប្រាប់ពីភាពជិតស្និត (closeness) ដោយមិនសិក្សាចំពោះហេតុ និងផល។

គ. សមីការខ្សែត្រង់របស់រីគ្រេសសិន គឺ

$$\hat{Y} = a + bX$$

ដែល $\hat{Y}$ គឺ តម្លៃវាយតម្លៃរបស់ Y

a គឺ ខ្សែកាត់របស់រីគ្រេសសិនជាមួយអក្ស (Y)

b គឺ ជម្រេលរបស់រីគ្រេសសិន ឬតម្លៃមេគុណរបស់រីគ្រេសសិន

X គឺ ការប្រែប្រួលឯករាជ (independent variable)

ឃ. b = regression coefficient

$$= \frac{\Sigma XY - \frac{\Sigma X \Sigma Y}{n}}{\Sigma X^2 - \frac{(\Sigma X)^2}{n}}$$

ង. r = correlation coefficient

$$= \frac{\Sigma XY - \frac{(\Sigma X)(\Sigma Y)}{n}}{\sqrt{[\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2/n][\Sigma Y^2 - (\Sigma Y)^2/n]}}$$

ច. r មានតម្លៃរវាង -1 ដល់ +1

ឆ. ក្នុងករណី r មានតម្លៃទាប មិនមែនទាបជានិច្ចនោះទេនៃលក្ខណៈ ឬសមាសភាគទាំង ២ គ្មានសម្ព័នភាពនឹងគ្នា។ ទាំងនេះអាចមានសម្ព័នភាពជាខ្សែកោង (curvilinear relation)។

ជ. គួសិក្សាសហសម្ព័នរវាងលក្ខណៈ ឬសមាសភាគដែលសមស្របបំផុត។ ពីព្រោះជួនកាលមានលក្ខណៈ ឬសមាសភាគទី ៣ ចូលមកពាក់ព័ន្ធច្រើនដែរ។

ឈ. កុំគូសខ្សែត្រង់រីគ្រេសសិនលើសដែនកំណត់នៃតម្លៃសង្កេតនោះ (observed values) ឬទិន្នន័យដែលបានមក ឬគណនាតម្លៃ Y លើសដែនកំណត់ ព្រោះនៅពេលសរុបលទ្ធផលអាចខុស។

ញ. ការពិសោធតម្លៃ b និង r នោះ អាចប្រើ t-test បានលទ្ធផលល្អ។

ឧបសម្ព័ន

ពាក្យសព្ទខាងស្ថិតិក្នុងឯកសារ

Analysis of Variance (ANOVA) គឺការវិភាគការប្រែប្រួល គឺការវាយតម្លៃលទ្ធផលការប្រែប្រួល (variance) ដោយវាយតម្លៃការប្រែប្រួលចាប់ពី ២ តួ ឡើងទៅ។ ដើម្បីយកមកប្រៀបធៀបគ្នាដោយប្រើ F-test ។

Block គឺក្រុមឯកតាការពិសោធន៍ (កូនស្រែ, experimental unit) ដែលរៀបចំបច្ច័យដាក់ក្នុង block និងញែកជា៖

- complete block ឬប្លុកពេញលេញ ក្នុងប្លុកនីមួយៗ មានគ្រប់បច្ច័យ។
- incomplete block ឬប្លុកមិនពេញលេញ ក្នុងប្លុកនីមួយៗ គ្មានគ្រប់បច្ច័យ ពោលគឺមានបច្ច័យខ្លះក្នុងប្លុកនីមួយៗ។

Coefficient of Variance (C.V.) ការវាយតម្លៃគម្លាតមាត្រដ្ឋាន (standard deviation) ជាភាគរយរបស់មធ្យមភាគ។

$$\text{C.V.} = \frac{s}{\bar{y}} \times 100\%$$

Complete Randomized Design (CRD) ផែនការពិសោធន៍ខាងស្ថិតិបែបងាយបំផុតដែលមានការចាប់បច្ច័យចៃដន្យ យ៉ាងពេញលេញដាក់ក្នុងឯកតាពិសោធន៍។

Coefficient Factor (C.F.) ជាតួតំរៀបតម្លៃដែលប្រើក្នុងការគណនា ដើម្បីបានតម្លៃលទ្ធផលសរុបលើកជាការេនៃមេគុណ (deviation) របស់សមាសភាគ (component) នីមួយៗ ក្នុងប្រភពការប្រែប្រួល (source of variation) បានមកពីមធ្យមភាគ (mean) សម្រាប់ធ្វើការវិភាគការប្រែប្រួល។

$$\text{C.F.} = \frac{(\text{លទ្ធផលពិសោធន៍ទាំងអស់})^2}{\text{ចំនួនទិន្នន័យទាំងអស់}}$$

Correlation ឬសហសម្ព័ន មានន័យថា សម្ព័នភាពរវាងលក្ខណៈ ឬរបស់របរ ឬកត្តា (factors) ដែលវាស់លទ្ធផល ប្រាប់ពីភាពជិតស្និតនៃសម្ព័នភាពតែប៉ុណ្ណោះ។ ដោយមិនបានបង្ហាញចំពោះរូបបែប ឬហេតុផលរបស់សម្ព័នភាពឡើយ។

Correlation Coefficient តម្លៃមេគុណសហសម្ព័ន បង្ហាញពីភាពជិតស្និតរបស់សម្ព័នភាព។ ប្រសិនបើមានសម្ព័នភាពស្របគ្នា ហៅថា សហសម្ព័នវិជ្ជមាន (positive correlation), $0 < r \leq 1$ តែបើមានសម្ព័នភាពផ្ទុយគ្នា ហៅថា សហសម្ព័នអវិជ្ជមាន (negative correlation), $0 > r \geq -1$, នៅពេលតម្លៃ r មានតម្លៃខិតជិត -1 ឬ +1 បង្ហាញថា សម្ព័នភាពរវាងកត្តានោះមានតម្លៃខ្ពស់។

Degree of Freedom (d.f.) ចំនួនការប្រៀបធៀបសេរីក្នុងក្រុមនីមួយៗ របស់ទិន្នន័យ ជាទូទៅ d.f. = n-1 ។

Deviation ឬគម្លាត គឺភាពខុសគ្នារវាង ២ តម្លៃ។ ជាធម្មតាប្រាប់ពីភាពខុសគ្នារវាងតម្លៃនីមួយៗ ជាមួយ

មធ្យមភាគនៃទិន្នន័យក្រុមទាំងនោះ។

Error ឬភាពលម្អៀង មានន័យថា ភាពខុសគ្នា ឬការប្រែប្រួលរវាងឯកតាពិសោធន៍ (experimental unit) ដែលមិនអាចគ្រប់គ្រងបាន ឬដឹងពីប្រភពរបស់វា។ ពោលគឺ លទ្ធផលសរុបរបស់ការប្រែប្រួល (variation)។ ក្រៅពីការប្រែប្រួល គឺបណ្តាលមកពីបច្ច័យ ប្លុក និងកត្តាផ្សេងៗ ដែលអាចគ្រប់គ្រង ឬដឹងពីប្រភពផែនការពិសោធន៍នីមួយៗ។

Experimental error ឬភាពលម្អៀងក្នុងការពិសោធ មើលលើ error។

Experimental unit ឬឯកតាពិសោធន៍ គឺឯកតាតូចបំផុតរបស់វត្ថុធាតុដើម ឬសម្ភារៈក្នុងការពិសោធ (experimental material) ដែលទទួលបានពីបច្ច័យនីមួយៗ និងយកមកសិក្សាទិន្នន័យ ដូចជា ការពិសោធប្រភេទរបស់ដី ដែលបានដាំសណ្តែកសៀងក្នុងផើង ដើម្បីរាប់កំពកឬសក្នុងផើងនីមួយៗ។ ដោយក្នុងផើងនីមួយៗ ដាក់ដី ១ ប្រភេទ។ ករណីនេះ ១ ផើង ១ ឯកតាពិសោធន៍។ ការពិសោធលើរូបមន្តចំណីសត្វច្រើនប្រភេទ ដោយរូបមន្តនីមួយៗ ប្រើជាមួយសត្វ ១ ក្បាល។ ករណីនេះ សត្វនីមួយៗ គឺ ១ ឯកតាពិសោធន៍។ ការពិសោធនៅទីវាល ដូចជា សិក្សាលើពូជថ្នាំជក់ ដោយធ្វើការដាំចំនួន ២០ ដើម/រង ករណីនេះ ១ រង គឺ ១ ឯកតាពិសោធន៍។ ការពិសោធដែលត្រូវការដឹងពីប្រភេទម្សៅផ្សេងៗ ក្នុងការធ្វើនំខេក ដោយយកនំខេកនៃចំណែកខ្លះៗ ឲ្យអ្នកភ្លក្សវាយតម្លៃ ករណីនេះនំខេកបន្ទះតូចនីមួយៗ គឺ ១ ឯកតាពិសោធន៍។

F-value ឬ F-ratio ជាចំណែកនៃអត្រាការវាយតម្លៃរបស់ការប្រែប្រួល (estimated values of variance) ២ តម្លៃ ដើម្បីប្រើជំនួយក្នុងការវិភាគការប្រែប្រួល ដែលជាធម្មតាបង្ហាញពីកម្រិតអត្រារវាងមធ្យមភាគរបស់ការប្រែប្រួល (mean square)

$$F = s_1^2/s_2^2$$

Factorial Experiment មានន័យថា ការពិសោធដែលមានការរៀបចំបច្ច័យជាលក្ខណៈអាចពិសោធន៍កត្តាផ្សេងៗ ច្រើនជាង ២ កត្តាឡើងទៅ។ ព្រមទាំងអាចពិសោធន៍អន្តរកម្មរវាងកត្តា (interaction) បាន។ អាចរៀបចំផែនការពិសោធន៍បែបណាក៏បាន តាមស្ថានភាពដែលសមស្រប និងតាមគោលបំណងនៃការពិសោធទាំងនោះ។

Functional Analysis of Variance ប្រព័ន្ធវិភាគការប្រែប្រួល មានការញែកឥទ្ធិពលរបស់បច្ច័យជាការប្រៀបធៀបផ្សេងៗ (comparison) ឲ្យបានសមស្រប។ ពិសោធន៍ភាពខុសគ្នាខាងស្ថិតិបាន។

Interaction ឬអន្តរកម្មរវាងកត្តាដែលពាក់ព័ន្ធជាមួយការឆ្លើយតបរបស់កត្តាមួយមានចំពោះកម្រិត (level) ផ្សេងៗ ជាប់មួយកត្តាមួយទៀត។ កម្រិតនីមួយៗ មានការឆ្លើយតបមិនស្មើគ្នា ដូចជា ពូជរុក្ខជាតិ ២ ពូជ មានការឆ្លើយតបចំពោះប្រើកម្រិតអត្រាជីផ្សេងៗ មិនស្មើគ្នា (ដោយមានការពិសោធខាងស្ថិតិ បង្ហាញថា មានផលឆ្លើយតបផ្សេងគ្នា)។ ពោលគឺ ពូជទី ១ អាចឆ្លើយតបខ្ពស់ចំពោះកម្រិតអត្រាជីទាប តែការឆ្លើយតបថយចុះពេលមានកម្រិតអត្រាជីមានកម្រិតខ្ពស់។ រីឯ ពូជទី ២ ការឆ្លើយតបមានកើនឡើងរើយៗ តាមកម្រិតអត្រាកើនឡើង។ ករណីនេះ រុក្ខជាតិ និងកម្រិតអត្រាជីមានអន្តរកម្មជាមួយគ្នា។

Latin Square Design (LS) ផែនការពិសោធន៍ខាងស្ថិតិដែលមានការរៀបចំជាក្រុម (ឯកតាពិសោធន៍ ឬបច្ច័យ) បង្ហាញ ២ ផ្លូវ។ ផ្លូវទី ១ ហៅថា ជួរ (row) ផ្លូវទី ២ ហៅថា ខលលិមន៍ (column)។ ដោយមានច្បាប់ក្នុងការរៀបចំជួរ និងខលលិមន៍នីមួយៗ ត្រូវមានគ្រប់បច្ច័យ និងមិនជាន់គ្នា។ ដូច្នេះ ចំនួនជួរ ខលលិមន៍ និងបច្ច័យមានស្មើគ្នា។ ការរៀបចំក្រុម ជួរ និងខលលិមន៍ អាចរៀបចំផែនការបែបអ្វីក៏បាន ដូចជា ប្លុក ក្នុងករណីរៀបចំការពិសោធនៅទីវាល ឬលំដាប់ចំនួនពិតប្រាកដរបស់បច្ច័យនីមួយៗ ។ល។

Least Significant Difference (LSD) ភាពខុសគ្នាតិចបំផុតរវាងមធ្យម ២ តម្លៃ ចាត់ជាភាពខុសគ្នាខាងស្ថិតិក្នុងលំដាប់អាចទៅបានដែលកំណត់ទុក។

Level ឬកម្រិត គឺសមាជិក ឬសមាសភាគរបស់កត្តា (factor) ប្រសិនបើកត្តានោះរៀបចំជាកត្តាដែលមានលក្ខណៈបរិមាណ (quantitative characters)។ កម្រិត មានន័យថា អត្រាផ្សេងៗ ដូចជា ជីអាសូតអត្រា ៦ គ.ក N/rai ចាត់ជាកម្រិតទី១ និងជីអាសូតអត្រា ១២ គ.ក N/rai ចាត់ជាកម្រិតទី២ របស់កត្តាជីអាសូត។ ចំពោះកត្តាមានលក្ខណៈគុណភាព (qualitative characters)។ កម្រិត មានន័យថា សមាជិករបស់កត្តានោះ ដូចជា ពូជស្រូវ អាចមានពូជ ក ខ ១ និងពូជ ក ខ ៣ ។ល។

Mean ឬមធ្យមភាគ ($\bar{y}$) មានន័យថា លទ្ធផលមធ្យមភាគបានពីទិន្នន័យចាប់ពី ២ តម្លៃឡើងទៅ។ ជាទូទៅ មានន័យថា ជាមធ្យមភាគខាងលេខគណិត (arithmetic mean)។

Mean Square (MS) មធ្យមភាគរបស់ការប្រែប្រួល ឬតម្លៃប៉ាន់ស្មានការប្រែប្រួលក្នុងពិសោធន៍។

$$MS = \frac{SS}{d.f.}$$

Plot ឬរង មានន័យថា ឯកតាពិសោធន៍ ជាពាក្យដែលប្រើក្នុងការពិសោធន៍នៅទីវាល។

Randomization ឬការចាប់ចៃដន្យ ក្នុងការងារពិសោធន៍វិញគឺ វិធីចាប់ចៃដន្យរបស់បច្ច័យនៅក្នុងឯកតាពិសោធននីមួយៗ ឬការរៀបចំមិនបានផ្តោតលើអ្វីតែម្យ៉ាង។ ការចាប់ចៃដន្យជាគោលការដ៏សំខាន់ក្នុងរៀបចំបច្ច័យការពិសោធ។

Randomized Complete Block Design (RCBD) ជាផែនការពិសោធន៍ខាងស្ថិតិដែលមានការចាប់ឯកតាពិសោធន៍ចៃដន្យ។ ដោយមានការបែងចែកជាក្រុម (ប្លុក, block)។ ក្នុងក្រុម ឬប្លុកនីមួយៗ មានគ្រប់បច្ច័យ និងមិនជាន់គ្នា។ នៅក្នុងបច្ច័យនីមួយៗ ត្រូវរៀបចំដាក់ឯកតាពិសោធន៍ដោយធ្វើការចាប់ចៃដន្យ។

Replication ឬការរៀបចំចំនួនសារ គឺបច្ច័យនីមួយៗ មានសម្រាប់ការពិសោធច្រើនជាង ១ សា។ បច្ច័យនីមួយៗ អាចរៀបចំចំនួនសារស្មើគ្នា ឬមិនស្មើគ្នាក៏បាន។ តែជាទូទៅនិយមប្រើស្មើគ្នាដើម្បីងាយស្រួលវិភាគទិន្នន័យខាងស្ថិតិ។

Significant ឬ Significant Difference បង្ហាញពីអត្ថន័យនៃភាពខុសគ្នាខាងស្ថិតិ ដែលអាចមានភាពខុសគ្នារវាងកត្តា ឬបច្ច័យសិក្សា ឬមានភាពខុសគ្នា ឬការប្រែប្រួលកើតឡើង (គឺមិនស្មើ 0)។ ធម្មតា ភាពខុសគ្នាខាងស្ថិតិនេះ និយមប្រើកម្រិតអាចទៅបាន ឬភាពជឿជាក់ (level of probability or level of significant) ស្មើ 0,0៥ ឬ 0,0១។

Source of Variation ជាប្រភពរបស់ការប្រែប្រួលក្នុងផែនការពិសោធន៍ ដែលយើងអាចវាយតម្លៃការប្រែប្រួល (variation) របស់សមាសភាគ (component) នីមួយៗ ក្នុងប្រភពនោះបាន។

Spit-plot Design ជាផែនការពិសោធន៍ខាងស្ថិតិមានច្រើនកត្តា (និយមប្រើ ២ កត្តា) ដោយបែងចែកផែនការពិសោធន៍ជាក្រុមធំៗ ឬសារ ក្នុងសារនីមួយៗ មានគ្រប់បច្ច័យ។ ក្នុងសារនីមួយៗ បែងចែកជាក្រុមរងបន្ទាប់ ហៅថា main plot ដោយឲ្យកត្តានោះមានភាពសំខាន់តិច ឬដើម្បីងាយស្រួលក្នុងការអនុវត្តការងារពិសោធន៍ក្នុង main plot ។ main plot នីមួយៗ បែបចែកជាផ្នែកតូចៗ ហៅថា sub-plot ដាក់កត្តាដែលមានភាពសំខាន់ខ្លាំងជាង។ ករណីមានច្រើនជាង ២ កត្តា ត្រូវប្រើផែនការពិសោធន៍បែបហ្វែកទ័ររៀលមកជាជំនួយ។

Standard Deviation គម្លាតមាត្រដ្ឋានបានពីមធ្យមភាគ បង្ហាញពីការប្រែប្រួលមួយប្រភេទ ដែលគណនារូបមន្តដូចខាងក្រោម៖

ក្នុងករណីនៃប្រជាករ, $\sigma = \sqrt{\frac{SS}{N}}$

ក្នុងករណីរបស់សំណាក $S = \sqrt{\frac{SS}{n-1}}$

ដែល N គឺចំនួនតួប្រែប្រួល (variable) របស់ប្រជាករ។ រីឯ n គឺចំនួនតួប្រែប្រួល របស់សំណាក

S គឺតម្លៃវាយតម្លៃ (estimated value) របស់ σ

Standard Error មានន័យថា ភាពលម្អៀងមាត្រដ្ឋានរបស់មធ្យមភាគ

ប្រជាករ, $\sigma_{\bar{y}} = \sqrt{\frac{\sigma^2}{N}}$

សំណាក, $s_{\bar{y}} = \sqrt{\frac{s^2}{n}}$

σ^2 គឺការប្រែប្រួលរបស់ប្រជាករ (population variable)

s^2 គឺការប្រែប្រួលរបស់សំណាក (sample variable)

N គឺចំនួនតួប្រែប្រួលរបស់ប្រជាករ

n គឺចំនួនតួការប្រែប្រួលរបស់សំណាក

$s_{\bar{y}}$ តម្លៃការវាយតម្លៃរបស់ $\sigma_{\bar{y}}$

Sum of Squares (SS) លទ្ធផលសរុបលើកជាការេរបស់គម្លាតនៃតម្លៃនីមួយៗ បានពីមធ្យមភាគទិន្នន័យក្រុមទាំងនោះ។

$$SS = \Sigma(Y - \bar{y})^2$$

ដែល Y គឺតម្លៃនីមួយៗ (ឬតួប្រែប្រួលនីមួយៗ)

$\bar{y}$ គឺតម្លៃមធ្យមភាគរបស់ក្រុមសំណាក

t ជាចំណែកនៃអត្រារបស់ភាពខុសគ្នានៃមធ្យមភាគសំណាក ($\bar{y}$) បានពីមធ្យមភាគប្រជាករ (μ) ដែលបានពីការវាយតម្លៃនៃភាពលម្អៀងមាត្រដ្ឋានរបស់មធ្យមភាគ $s_{\bar{y}}$

$$t = \frac{\bar{y}-\mu}{s_{\bar{y}}}$$

Treatment ឬបច្ច័យ គឺកត្តានីមួយៗ ឬវិធីសាស្ត្រនីមួយៗ។ ជួនកាល គឺកម្រិតមួយៗ ឬផ្នែកមួយៗ របស់កត្តាដែលប្រើសិក្សាវាស់លទ្ធផល ដូចជា កម្រិតអត្រាការដាក់ជី ពូជរុក្ខជាតិផ្សេងៗ និង ប្រភេទរបស់ម្សៅនំខេកជាដើម។

Type I Error មានន័យថា ការសរុបលទ្ធផលថា មានភាពខុសគ្នា។ តែតាមពិតទៅគ្មានភាពខុសគ្នា ឬ សរុបលទ្ធផលមិនបានទទួល null hypothesis ទាំង null hypothesis មានភាពត្រឹមត្រូវ។

Type II Error មានន័យថា ការសរុបលទ្ធផលថា គ្មានភាពខុសគ្នា។ តែតាមពិតទៅមានភាពខុសគ្នា ឬ សរុបលទ្ធផលទទួលយក null hypothesis ទាំងដែល null hypothesis មិនត្រឹមត្រូវ។

Variance ជាអ្នកបង្ហាញពីការប្រែប្រួលរបស់សំណាក ឬប្រជាករនោះ។ ការគណនាមានដូចខាងក្រោមៈ

ប្រជាករ, $\sigma^2 = \frac{SS}{N}$

សំណាក, $S^2 = \frac{SS}{n-1}$

ដែល N និង n គឺចំនួនតម្លៃប្រែប្រួលរបស់ប្រជាករ និងសំណាកតាមលំដាប់។

S^2 ជាតម្លៃវាយតម្លៃរបស់ σ^2

Variate តម្លៃវាស់លទ្ធផលរបស់តម្លៃការប្រែប្រួល (variable)

តារាងស្ថិតិសំខាន់ៗ

តារាងទី ១

Distribution of t

Degree of Freedom	Probability of Obtaining Value as large or larger	
	0.05	0.01
1	12.706	63.657
2	4.303	9.925
3	3.182	5.841
4	2.776	4.604
5	2.571	4.032
6	2.447	3.707
7	2.365	3.499
8	2.306	3.355
9	2.262	3.250
10	2.228	3.169
11	2.201	3.106
12	2.179	3.055
13	2.160	3.012
14	2.145	2.977
15	2.131	2.947
16	2.120	2.921
17	2.110	2.898
18	2.101	2.878
19	2.093	2.861
20	2.086	2.845
21	2.080	2.831
22	2.074	2.819
23	2.069	2.807
24	2.064	2.797
25	2.060	2.787
26	2.056	2.779
27	2.052	2.771
28	2.048	2.763
29	2.045	2.756
30	2.042	2.750
35	2.030	2.724
40	2.021	2.704
45	2.014	2.690
50	2.008	2.678
55	2.004	2.669
60	2.000	2.660
70	1.994	2.648
80	1.989	2.638
90	1.986	2.631
100	1.982	2.625
120	1.980	2.617
∞	1.9600	2.5758

តារាងទី ២

5% and 1% Points for the Distribution of F

Degree of freedom n_2		Degree of freedom n_1																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	20	24	30	40	50	75	100	200	500	∞
1	0.05	161	200	216	225	230	234	237	239	241	242	243	244	245	246	248	249	250	251	252	253	253	254	254	254
	0.01	4052	4999	5625	5625	5764	5859	5928	5981	6022	6056	6082	6142	6142	6169	6208	6234	6258	6286	6302	6323	6334	6352	6361	6366
2	0.05	18.51	19.00	19.25	19.25	19.30	19.33	19.36	19.37	19.38	19.39	19.40	19.41	19.42	19.43	19.44	19.45	19.46	19.47	19.47	19.48	19.49	19.49	19.50	19.50
	0.01	98.49	99.00	99.17	99.25	99.30	99.33	99.34	99.36	99.38	99.40	99.41	99.42	99.43	99.44	99.45	99.46	99.47	99.48	99.48	99.49	99.49	99.49	99.50	99.50
3	0.05	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.88	8.84	8.81	8.78	8.76	8.74	8.71	8.69	8.66	8.64	8.62	8.60	8.58	8.57	8.56	8.54	8.54	8.53
	0.01	34.12	30.82	29.46	28.71	28.24	27.91	27.67	27.49	27.34	27.23	27.13	27.05	26.92	26.83	26.69	26.60	26.50	26.41	26.35	26.27	26.23	26.18	26.14	26.12
4	0.05	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.93	5.91	5.87	5.84	5.80	5.77	5.74	5.71	5.70	5.68	5.66	5.65	5.64	5.63
	0.01	21.20	18.00	16.69	15.98	15.52	15.21	14.98	14.80	14.66	14.54	14.45	14.37	14.24	14.15	14.02	13.93	13.83	13.74	13.69	13.61	13.57	13.52	13.48	5.63
5	0.05	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.78	4.74	4.70	4.68	4.64	4.60	4.56	4.53	4.50	4.46	4.44	4.42	4.40	4.38	4.37	5.63
	0.01	16.26	13.27	12.06	11.39	10.97	10.67	10.45	10.27	10.15	10.05	9.96	9.89	9.77	9.68	9.55	9.47	9.38	9.29	9.24	9.17	9.13	9.07	9.04	5.63
6	0.05	5.59	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.03	4.00	3.96	3.92	3.87	3.84	3.81	3.77	3.75	3.72	3.71	3.69	3.68	5.63
	0.01	13.74	10.92	9.78	9.15	8.75	8.47	8.26	8.10	7.98	7.87	7.79	7.72	7.60	7.52	7.39	7.31	7.23	7.14	7.09	7.02	6.99	6.94	6.90	5.63
7	0.05	5.99	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.63	3.60	3.57	3.52	3.49	3.44	3.41	3.38	3.34	3.32	3.29	3.28	3.25	3.24	5.63
	0.01	12.25	9.55	8.45	7.85	7.46	7.19	7.00	6.84	6.71	6.62	6.54	6.47	6.35	6.27	6.15	6.07	5.98	5.90	5.85	5.78	5.75	5.70	5.67	5.63
8	0.05	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.34	3.31	3.28	3.23	3.20	3.15	3.12	3.08	3.05	3.03	3.00	2.98	2.96	2.94	5.63
	0.01	11.26	8.65	7.59	7.01	6.63	6.37	6.19	6.03	5.91	5.82	5.74	5.67	5.56	5.48	5.36	5.28	5.20	5.11	5.06	5.00	4.96	4.91	4.88	5.63
9	0.05	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.13	3.10	3.07	3.02	2.98	2.93	2.90	2.86	2.82	2.80	2.77	2.76	2.73	2.72	5.63
	0.01	10.56	8.02	6.99	6.42	6.06	5.80	5.62	5.47	5.35	5.26	5.18	5.11	5.00	4.92	4.80	4.75	4.64	4.56	4.51	4.45	4.41	4.36	4.33	5.63
10	0.05	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.97	2.94	2.91	2.86	2.82	2.27	2.74	2.70	2.67	2.64	2.61	2.59	2.56	2.55	5.63
	0.01	10.04	7.56	6.55	5.99	5.64	5.39	5.21	5.06	4.95	4.85	4.78	4.71	4.60	4.52	4.41	4.33	4.25	4.17	4.12	4.05	4.01	3.96	3.93	5.63
11	0.05	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.86	2.82	2.79	2.74	2.70	2.65	2.61	2.57	2.53	2.50	2.47	2.45	2.42	2.41	5.63
	0.01	9.65	7.20	6.22	5.67	5.32	5.07	4.88	4.74	4.63	4.54	4.46	4.40	4.29	4.21	4.10	4.02	3.94	3.86	3.80	3.74	3.70	3.66	3.62	5.63

តារាងទី ២ (ត)

5% and 1% Points for the Distribution of F

Degree of freedom n_2		Degree of freedom n_1																						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	20	24	30	40	50	75	100	200	500	∞
12	0.05	4.75	3.88	3.49	3.26	3.11	3.00	2.92	2.85	2.80	2.76	2.72	2.69	2.64	2.60	2.54	2.50	2.46	2.42	2.40	2.36	2.35	2.32	2.31	5.63
	0.01	9.33	6.93	5.95	5.41	5.06	4.82	4.65	4.50	4.39	4.30	4.22	4.16	4.05	3.98	3.86	3.78	3.70	3.61	3.56	3.49	3.46	3.41	3.38	5.63
13	0.05	4.67	3.80	3.41	3.18	3.02	2.92	2.84	2.77	2.72	2.67	2.63	2.60	2.55	2.51	2.46	2.42	2.38	2.34	2.32	2.28	2.26	2.24	2.22	5.63
	0.01	9.07	6.70	5.74	5.20	4.86	4.62	4.44	4.30	4.19	4.10	4.02	3.96	3.85	3.78	3.67	3.59	3.51	3.42	3.37	3.30	3.27	3.21	3.18	5.63
14	0.05	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.77	2.70	2.65	2.60	2.56	2.53	2.48	2.44	2.39	2.35	2.31	2.27	2.24	2.21	2.19	2.16	2.14	5.63
	0.01	8.86	6.51	5.56	5.03	4.69	4.46	4.28	4.14	4.03	3.94	3.86	3.80	3.70	3.62	3.51	3.43	3.34	3.26	3.21	3.14	3.11	3.06	3.02	5.63
15	0.05	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.70	2.64	2.59	2.55	2.51	2.48	2.43	2.39	2.33	2.29	2.25	2.21	2.18	2.15	2.12	2.10	2.08	5.63
	0.01	8.68	6.36	5.42	4.89	4.56	4.32	4.14	4.00	3.89	3.80	3.73	3.67	3.56	3.48	3.36	3.29	3.20	3.12	3.07	3.00	2.97	2.92	2.89	5.63
16	0.05	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.45	2.42	2.37	2.33	2.28	2.24	2.20	2.16	2.13	2.09	2.07	2.04	2.02	5.63
	0.01	8.53	6.23	5.29	4.77	4.44	4.20	4.03	3.89	3.78	3.69	3.61	3.55	3.45	3.37	3.25	3.18	3.10	3.01	2.96	2.89	2.86	2.80	2.77	5.63
17	0.05	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.62	2.55	2.50	2.45	2.41	2.38	2.33	2.29	2.23	2.19	2.15	2.11	2.08	2.04	2.02	1.99	1.97	5.63
	0.01	8.40	6.11	5.18	4.67	4.34	4.10	3.93	3.79	3.68	3.59	3.52	3.45	3.35	3.27	3.16	3.08	3.00	2.92	2.86	2.79	2.76	2.70	2.67	5.63
18	0.05	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.37	2.34	2.29	2.25	2.19	2.15	2.11	2.07	2.04	2.00	1.98	1.95	1.93	5.63
	0.01	8.28	6.01	5.09	4.58	4.25	4.01	3.85	3.71	3.60	3.51	3.44	3.37	3.27	3.19	3.07	3.00	2.91	2.83	2.78	2.71	2.68	2.59	2.59	5.63
19	0.05	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.55	2.48	2.43	2.38	2.34	2.31	2.26	2.21	2.15	2.11	2.07	2.02	2.00	1.96	1.94	1.90	1.90	5.63
	0.01	8.18	5.93	5.01	4.50	4.17	3.94	3.77	3.63	3.52	3.43	3.36	3.30	3.19	3.12	3.00	2.92	2.84	2.76	2.70	2.63	2.60	2.51	2.51	5.63
20	0.05	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.52	2.45	2.40	2.35	2.31	2.28	2.23	2.18	2.12	2.08	2.04	1.99	1.96	1.92	1.90	1.87	1.85	5.63
	0.01	8.10	5.85	4.94	4.43	4.10	3.87	3.71	3.56	3.45	3.37	3.30	3.23	3.13	3.05	2.94	2.86	2.77	2.69	2.63	2.56	2.53	2.47	2.44	5.63
21	0.05	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.28	2.25	2.20	2.15	2.09	2.05	2.00	1.96	1.93	1.89	1.87	1.84	1.82	5.63

តារាងទី ២ (ត)

5% and 1% Points for the Distribution of F

Degree of freedom n_2		Degree of freedom n_1: 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	20	24	30	40	50	75	100	200	500	∞
	0.01	8.02	5.78	4.87	4.37	4.04	3.81	3.65	3.51	3.40	3.31	3.24	3.17	3.07	2.99	2.88	2.80	2.72	2.63	2.58	2.51	2.47	2.42	2.38	5.63
22	0.05	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.47	2.40	2.35	2.30	2.26	2.23	2.18	2.13	2.07	2.03	1.98	1.93	1.91	1.87	1.84	1.81	1.80	5.63
	0.01	7.94	5.72	4.82	4.31	3.99	3.76	3.59	3.45	3.35	3.26	3.18	3.12	3.02	2.94	2.83	2.75	2.67	2.58	2.53	2.46	2.42	2.37	2.33	2.31
23	0.05	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.45	2.38	2.32	2.28	2.24	2.20	2.14	2.10	2.04	2.00	1.96	1.91	1.88	1.84	1.82	1.79	1.77	5.63
	0.01	7.88	5.66	4.76	4.26	3.94	3.71	3.54	3.41	3.30	3.21	3.14	3.07	2.97	2.89	2.78	2.70	2.62	2.53	2.48	2.41	2.37	2.32	2.28	5.63
24	0.05	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.43	2.36	2.30	2.26	2.22	2.18	2.13	2.09	2.02	1.98	1.94	1.89	1.86	1.82	1.80	1.76	1.74	5.63
	0.01	7.82	5.61	4.72	4.22	3.90	3.67	3.50	3.36	3.25	3.17	3.09	3.03	2.93	2.85	2.74	2.66	2.58	2.49	2.44	2.36	2.33	2.27	2.23	5.63
25	0.05	4.24	3.38	2.99	2.76	2.60	2.49	2.41	2.34	2.28	2.24	2.20	2.16	2.11	2.06	2.00	1.96	1.92	1.87	1.84	1.80	1.77	1.74	1.72	5.63
	0.01	7.77	5.57	4.68	4.18	3.86	3.63	3.46	3.32	3.21	3.13	3.05	2.99	2.89	2.81	2.70	2.62	2.54	2.45	2.40	2.32	2.29	2.23	2.19	5.63
26	0.05	4.22	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27	2.22	2.18	2.15	2.10	2.05	2.99	1.95	1.90	1.85	1.82	1.78	1.76	1.72	1.70	5.63
	0.01	7.72	5.53	4.64	4.14	3.82	3.59	3.42	3.29	3.17	3.09	3.02	2.96	2.86	2.77	2.66	2.58	2.50	2.41	2.36	2.28	2.25	2.19	2.15	5.63
27	0.05	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.30	2.25	2.20	2.16	2.13	2.08	2.03	1.97	1.93	1.88	1.84	1.80	1.76	1.74	1.71	1.68	5.63
	0.01	7.68	5.49	4.60	4.11	3.79	3.56	3.39	3.26	3.14	3.06	2.98	2.93	2.83	2.74	2.63	2.55	2.47	2.38	2.33	2.25	2.21	2.16	2.12	5.63
28	0.05	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.44	2.36	2.29	2.24	2.19	2.15	2.12	2.06	2.02	1.96	1.91	1.87	1.81	1.78	1.75	1.72	1.69	1.67	5.63
	0.01	7.64	5.45	4.57	4.07	3.76	3.53	3.36	3.23	3.11	3.03	2.95	2.90	2.80	2.71	2.60	2.52	2.44	2.35	2.30	2.22	2.18	2.13	2.09	5.63
29	0.05	4.18	3.33	2.93	2.70	2.54	2.43	2.35	2.28	2.22	2.18	2.14	2.10	2.05	2.00	1.94	1.90	1.85	1.80	1.77	1.73	1.71	1.68	1.65	5.63
	0.01	7.60	5.42	4.54	4.04	3.73	3.50	3.33	3.20	3.03	3.00	2.92	2.87	2.68	2.68	2.49	2.49	2.41	2.32	2.27	2.19	2.15	2.10	2.06	5.63
30	0.05	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.34	2.27	2.21	2.16	2.12	2.09	2.04	1.99	1.93	1.89	1.84	1.79	1.76	1.72	1.69	1.66	1.64	5.63
	0.01	7.56	5.39	4.51	4.02	3.70	3.47	3.30	3.17	3.06	2.98	2.90	2.84	2.74	2.66	2.55	2.47	2.38	2.29	2.24	2.16	2.13	2.07	2.03	5.63
32	0.05	4.15	3.30	2.90	2.67	2.51	2.40	2.32	2.25	2.19	2.14	2.10	2.07	2.02	1.97	1.91	1.86	1.82	1.76	1.74	1.69	1.67	1.64	1.61	5.63
	0.01	7.50	5.34	4.46	3.97	3.66	3.42	3.25	3.12	3.01	2.94	2.86	2.80	2.70	2.62	2.51	2.42	2.34	2.25	2.20	2.12	2.08	2.02	1.98	5.63
34	0.05	4.13	3.28	2.88	2.65	2.49	2.38	2.30	2.23	2.17	2.12	2.08	2.05	2.00	1.95	1.89	1.84	1.80	1.74	1.71	1.67	1.64	1.61	1.59	5.63

តារាងទី ២ (ត)

5% and 1% Points for the Distribution of F

Degree of freedom n_2		Degree of freedom n_1: 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	20	24	30	40	50	75	100	200	500	∞
	0.01	7.44	5.29	4.42	3.93	3.61	3.38	3.21	3.08	2.97	2.89	2.82	2.76	2.66	2.58	2.47	2.38	2.30	2.21	2.15	2.08	2.04	1.98	1.94	5.63
36	0.05	4.11	3.26	2.86	2.63	2.48	2.36	2.28	2.21	2.15	2.10	2.06	2.03	1.98	1.93	1.87	1.82	1.78	1.72	1.69	1.65	1.62	1.59	1.56	5.63
	0.01	7.39	5.25	4.38	3.89	3.58	3.35	3.18	3.04	2.94	2.86	2.78	2.72	2.62	2.54	2.43	2.35	2.26	2.17	2.12	2.04	2.00	1.94	1.90	5.63
38	0.05	4.10	3.25	2.85	2.62	2.46	2.35	2.26	2.19	2.14	2.09	2.05	2.02	1.96	1.92	1.85	1.80	1.76	1.71	1.67	1.63	1.60	1.57	1.54	5.63
	0.01	7.35	5.21	4.34	3.86	3.54	3.32	3.15	3.02	2.91	2.82	2.75	2.69	2.59	2.51	2.40	2.32	2.22	2.14	2.08	2.00	1.97	1.90	1.86	5.63
40	0.05	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.07	2.04	2.00	1.95	1.90	1.84	1.79	1.74	1.69	1.66	1.61	1.59	1.55	1.53	5.63
	0.01	7.27	5.15	4.29	3.80	3.49	3.26	3.10	2.96	2.86	2.77	2.70	2.64	2.54	2.46	2.35	2.26	2.17	2.08	2.02	1.94	1.91	1.85	1.80	5.63
44	0.05	4.06	3.21	2.82	2.58	2.43	2.31	2.23	2.16	2.10	2.05	2.01	1.98	1.92	1.88	1.81	1.76	1.72	1.66	1.63	1.58	1.56	1.52	1.50	5.63
	0.01	7.24	5.12	4.26	3.78	3.46	3.24	3.07	2.94	2.84	2.75	2.68	2.62	2.52	2.44	2.32	2.24	2.15	2.06	2.00	1.92	1.88	1.82	1.78	5.63
46	0.05	4.05	3.20	2.81	2.57	2.42	2.30	2.22	2.14	2.09	2.04	2.00	1.97	1.91	1.87	1.80	1.75	1.71	1.65	1.62	1.57	1.54	1.51	1.48	5.63
	0.01	7.21	5.10	4.24	3.76	3.44	3.22	3.05	2.92	2.82	2.73	2.66	2.60	2.50	2.42	2.30	2.22	2.13	2.04	1.98	1.90	1.86	1.80	1.76	5.63
48	0.05	4.04	3.19	2.80	2.56	2.41	2.30	2.21	2.14	2.08	2.03	1.99	1.96	1.90	1.86	1.79	1.74	1.70	1.64	1.61	1.56	1.53	1.50	1.47	5.63
	0.01	7.19	5.08	4.22	3.74	3.42	3.20	3.04	2.90	2.80	2.71	2.64	2.58	2.48	2.40	2.28	2.20	2.11	2.02	1.96	1.88	1.84	1.78	1.73	5.63
50	0.05	4.03	3.18	2.79	2.56	2.40	2.29	2.20	2.13	2.07	2.02	1.98	1.95	1.90	1.85	1.78	1.74	1.69	1.63	1.60	1.55	1.52	1.48	1.46	5.63
	0.01	7.17	5.06	4.20	3.72	3.41	3.18	3.02	2.88	2.78	2.70	2.62	2.56	2.46	2.39	2.26	2.18	2.10	2.00	1.94	1.86	1.82	1.76	1.71	5.63
55	0.05	4.02	3.17	2.78	2.54	2.38	2.27	2.18	2.11	2.05	2.00	1.97	1.93	1.88	1.83	1.76	1.72	1.67	1.61	1.58	1.52	1.50	1.46	1.43	5.63
	0.01	7.12	5.01	4.16	3.68	3.37	3.15	2.98	2.85	2.75	2.66	2.59	2.53	2.43	2.35	2.23	2.15	2.06	1.96	1.90	1.82	1.78	1.71	1.66	5.63
60	0.05	4.00	3.15	2.76	2.52	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04	1.99	1.95	1.92	1.86	1.81	1.75	1.70	1.65	1.59	1.56	1.50	1.48	1.44	1.41	5.63
	0.01	7.08	4.98	4.13	3.65	3.34	3.12	2.95	2.82	2.72	2.63	2.56	2.50	2.40	2.32	2.20	2.12	2.02	1.93	1.87	1.79	1.74	1.68	1.63	5.63
65	0.05	3.99	3.14	2.75	2.51	2.36	2.24	2.15	2.08	2.02	1.98	1.94	1.90	1.85	1.80	1.73	1.68	1.63	1.57	1.54	1.49	1.46	1.42	1.39	5.63
	0.01	7.04	4.95	4.10	3.62	3.31	3.09	2.93	2.79	2.70	2.61	2.54	2.47	2.37	2.30	2.18	2.09	2.00	1.90	1.84	1.76	1.71	1.64	1.60	5.63
70	0.05	3.98	3.13	2.74	2.50	2.35	2.23	2.14	2.07	2.01	1.97	1.93	1.89	1.84	1.79	1.72	1.67	1.62	1.56	1.53	1.47	1.45	1.40	1.37	5.63

តារាងទី ២ (ត)

5% and 1% Points for the Distribution of F

Degree of freedom n_2		Degree of freedom n_1: 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	20	24	30	40	50	75	100	200	500	∞
	0.01	7.01	4.92	4.08	3.60	3.29	3.07	2.91	2.77	2.67	2.59	2.51	2.45	2.35	2.28	2.15	2.07	1.98	1.88	1.82	1.74	1.69	1.62	1.56	5.63
80	0.05	3.96	3.11	2.72	2.48	2.33	2.21	2.12	2.05	1.99	1.95	1.91	1.88	1.82	1.77	1.70	1.65	1.60	1.54	1.51	1.45	1.42	1.38	1.35	5.63
	0.01	6.96	4.88	4.04	3.56	3.25	3.04	2.87	2.74	2.64	2.55	2.48	2.41	2.32	2.24	2.11	2.03	1.94	1.84	1.78	1.70	1.65	1.57	1.52	5.63
100	0.05	3.94	3.09	2.70	2.46	2.30	2.19	2.10	2.03	1.97	1.92	1.88	1.85	1.79	1.75	1.68	1.63	1.57	1.51	1.48	1.42	1.39	1.34	1.30	5.63
	0.01	6.90	4.82	3.98	3.51	3.20	2.99	2.82	2.69	2.59	2.51	2.43	2.36	2.26	2.19	2.06	1.98	1.89	1.79	1.73	1.64	1.59	1.51	1.46	5.63
125	0.05	3.92	3.07	2.68	2.44	2.20	2.17	2.08	2.01	1.95	1.90	1.86	1.83	1.77	1.72	1.65	1.60	1.55	1.49	1.45	1.39	1.36	1.31	1.27	5.63
	0.01	6.84	4.78	3.94	3.47	3.17	2.95	2.79	2.65	2.56	2.47	2.40	2.33	2.23	2.15	2.03	1.94	1.85	1.75	1.68	1.59	1.54	1.46	1.40	5.63
150	0.05	3.91	3.06	2.67	2.43	2.27	2.16	2.07	2.00	1.94	1.89	1.85	1.82	1.76	1.71	1.64	1.59	1.54	1.47	1.44	1.37	1.34	1.29	1.25	5.63
	0.01	6.81	4.75	3.91	3.44	3.14	2.92	2.76	2.62	2.53	2.44	2.37	2.30	2.20	2.12	2.00	1.91	1.83	1.72	1.66	1.56	1.51	1.43	1.37	5.63
200	0.05	3.89	3.04	2.65	2.41	2.26	2.14	2.05	1.98	1.92	1.87	1.83	1.80	1.74	1.69	1.62	1.57	1.52	1.45	1.42	1.35	1.32	1.26	1.22	5.63
	0.01	6.76	4.71	3.88	3.41	3.11	2.90	2.73	2.60	2.50	2.41	2.34	2.28	2.17	2.09	1.97	1.88	1.79	1.69	1.62	1.53	1.48	1.39	1.33	5.63
400	0.05	3.86	3.02	2.62	2.39	2.23	2.12	2.03	1.96	1.90	1.85	1.81	1.78	1.72	1.67	1.60	1.54	1.49	1.42	1.38	1.32	1.28	1.22	1.16	5.63
	0.01	6.70	4.66	3.83	3.36	3.06	2.85	2.69	2.55	2.46	2.37	2.29	2.23	2.12	2.04	1.92	1.84	1.74	1.64	1.57	1.47	1.42	1.32	1.24	5.63
1000	0.05	3.85	3.00	2.61	2.38	2.22	2.10	2.02	1.95	1.89	1.84	1.80	1.76	1.70	1.65	1.58	1.53	1.47	1.41	1.36	1.30	1.26	1.19	1.13	5.63
	0.01	6.66	4.62	3.80	3.34	3.04	2.82	2.66	2.53	2.43	2.34	2.26	2.20	2.09	2.01	1.89	1.81	1.71	1.61	1.54	1.44	1.38	1.28	1.19	5.63
∞	0.05	3.84	2.99	2.60	2.37	2.21	2.09	2.01	1.94	1.88	1.83	1.79	1.75	1.69	1.64	1.57	1.52	1.46	1.40	1.35	1.28	1.24	1.17	1.11	5.63
	0.01	6.64	4.60	3.78	3.32	3.02	2.80	2.64	2.51	2.41	2.32	2.24	2.18	2.07	1.99	1.87	1.79	1.69	1.59	1.52	1.41	1.36	1.25	1.15	5.63

តារាងទី ៣

Significant Studentized Ranges for 5% and 1% Level New Multiple-Range Test

Error d.f.	Protection level	P = number of means for range being tested													
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20
1	0.05	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00
	0.01	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00
2	0.05	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09
	0.01	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00
3	0.05	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50
	0.01	8.26	8.50	8.60	8.70	8.80	8.90	8.90	9.00	9.00	9.00	9.10	9.20	9.30	9.30
4	0.05	3.93	4.01	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02
	0.01	6.51	6.80	6.90	7.00	7.10	7.10	7.20	7.20	7.30	7.30	7.40	7.40	7.50	7.50
5	0.05	3.64	3.74	3.79	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83
	0.01	5.70	5.96	6.11	6.18	6.26	6.33	6.40	6.44	6.50	6.60	6.60	6.70	6.70	6.80
6	0.05	3.46	3.58	3.64	3.68	3.68	3.68	3.68	3.68	3.68	3.68	3.68	3.68	3.68	3.68
	0.01	5.24	5.51	5.65	5.73	5.81	5.88	5.95	6.00	6.00	6.10	6.20	6.20	6.30	6.30
7	0.05	3.35	3.47	3.54	3.58	3.60	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61
	0.01	4.95	5.22	5.37	5.45	5.53	5.61	5.69	5.73	5.80	5.80	5.90	5.90	6.00	6.00
8	0.05	3.26	3.39	3.47	3.52	3.55	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56
	0.01	4.74	5.00	5.14	5.23	5.32	5.40	5.47	5.51	5.50	5.60	5.70	5.70	5.80	5.80
9	0.05	3.20	3.34	3.41	3.47	3.50	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52
	0.01	4.60	4.86	4.99	5.08	5.17	5.25	5.32	5.36	5.40	5.50	5.50	5.60	5.70	5.70
10	0.05	3.15	3.30	3.37	3.43	3.46	3.47	3.47	3.47	3.47	3.47	3.47	3.47	3.47	3.48
	0.01	4.48	4.73	4.88	4.96	5.06	5.13	5.20	5.24	5.28	5.36	5.42	5.48	5.54	5.55
11	0.05	3.11	3.27	3.35	3.39	3.43	3.44	3.45	3.46	4.46	3.46	3.46	3.46	3.47	3.48
	0.01	4.39	4.63	4.77	4.86	4.94	5.01	5.06	5.12	5.15	5.24	5.28	5.34	5.38	5.39

តារាងទី ៣ (ត)

Significant Studentized Ranges for 5% and 1% Level New Multiple-Range Test

Error d.f.	Protection level	P = number of means for range being tested													
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20
12	0.05	3.08	3.23	3.33	3.36	3.40	3.42	3.44	3.44	3.46	3.46	3.46	3.46	3.47	3.48
	0.01	4.32	4.55	4.68	4.79	4.84	4.92	4.96	5.02	5.07	5.13	5.17	5.22	5.24	5.26
13	0.05	3.06	3.21	3.30	3.35	3.38	3.41	3.42	3.44	3.45	3.45	3.46	3.46	3.47	3.47
	0.01	4.26	4.48	4.62	4.69	4.74	4.84	4.88	4.94	4.98	5.04	5.08	5.13	5.14	5.15
14	0.05	3.03	3.18	3.27	3.33	3.37	3.39	3.41	3.42	3.44	3.45	3.46	3.46	3.47	3.47
	0.01	4.21	4.42	4.55	4.63	4.70	4.78	4.83	4.87	4.91	4.96	5.00	5.04	5.06	5.07
15	0.05	3.01	3.16	3.25	3.31	3.36	3.38	3.40	3.42	3.43	3.44	3.45	3.46	3.47	3.47
	0.01	4.17	4.37	4.50	4.58	4.64	4.72	4.77	4.81	4.84	4.90	4.94	4.97	4.99	5.00
16	0.05	3.00	3.15	3.23	3.30	3.34	3.37	3.39	3.41	3.43	3.44	3.45	3.46	3.47	3.47
	0.01	4.13	4.34	4.45	4.54	4.60	4.67	4.72	4.76	4.79	4.84	4.88	4.91	4.93	4.94
17	0.05	2.98	3.13	3.22	3.28	3.33	3.36	3.38	3.40	3.42	3.44	3.45	3.46	3.47	3.47
	0.01	4.10	4.30	4.41	4.50	4.56	4.63	4.68	4.72	4.75	4.80	4.83	4.86	4.88	4.89
18	0.05	2.97	3.12	3.21	3.27	3.32	3.35	3.37	3.39	3.41	3.43	3.45	3.46	3.47	3.47
	0.01	4.07	4.27	4.38	4.46	4.53	4.59	4.64	4.68	4.71	4.76	4.79	4.82	4.84	4.85
19	0.05	2.96	3.11	3.19	3.26	3.31	3.35	3.37	3.39	3.41	3.43	3.44	3.46	3.47	3.47
	0.01	4.05	4.24	4.35	4.43	4.50	4.56	4.61	4.64	4.67	4.72	4.76	4.79	4.81	4.82
20	0.05	2.95	3.10	3.18	3.25	3.30	3.34	3.36	3.38	3.40	3.43	3.44	3.46	3.46	3.47
	0.01	4.02	4.22	4.33	4.40	4.47	4.53	4.58	4.61	4.65	4.69	4.73	4.76	4.78	4.79
22	0.05	2.93	3.08	3.17	3.24	3.29	3.32	3.35	3.37	3.39	3.42	3.44	3.45	3.46	3.47
	0.01	3.99	4.17	4.28	4.36	4.42	4.48	4.53	4.57	4.60	4.65	4.68	4.71	4.74	4.75
24	0.05	2.92	3.07	3.15	3.22	3.28	3.31	3.34	3.37	3.38	3.41	3.44	3.45	3.46	3.47
	0.01	3.96	4.14	4.24	4.33	4.39	4.44	4.49	4.53	4.57	4.62	4.64	4.67	4.70	4.72

តារាងទី ៣ (ត)

Significant Studentized Ranges for 5% and 1% Level New Multiple-Range Test

Error d.f.	Protection level	P = number of means for range being tested													
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20
26	0.05	2.91	3.06	3.14	3.21	3.27	3.30	3.34	3.36	3.38	3.41	3.43	3.45	3.46	3.47
	0.01	3.93	4.11	4.21	4.30	4.36	4.41	4.46	4.50	4.53	4.58	4.62	4.65	4.67	4.69
28	0.05	2.90	3.04	3.13	3.20	3.26	3.30	3.33	3.35	3.37	3.40	3.43	3.45	3.46	3.47
	0.01	3.91	4.08	4.18	4.28	4.34	4.39	4.43	4.47	4.51	4.56	4.60	4.62	4.65	4.67
30	0.05	2.89	3.04	3.12	3.20	3.25	3.29	3.32	3.35	3.37	3.40	3.43	3.44	3.46	3.47
	0.01	3.89	4.06	4.16	4.22	4.32	4.36	4.41	4.45	4.48	4.54	4.58	4.61	4.63	4.65
40	0.05	2.86	3.01	3.10	3.17	3.22	3.27	3.30	3.33	3.35	3.39	3.42	3.44	3.46	3.47
	0.01	3.82	3.99	4.10	4.17	4.24	4.30	4.34	4.37	4.41	4.46	4.51	4.54	4.57	4.59
60	0.05	2.83	2.98	3.08	3.14	3.20	3.24	3.28	3.31	3.33	3.37	3.40	3.43	3.45	3.47
	0.01	3.76	3.92	4.03	4.12	4.17	4.23	4.27	4.31	4.34	4.39	4.44	4.47	4.50	4.53
100	0.05	2.80	2.95	3.05	3.12	3.18	3.22	3.26	3.29	3.32	3.36	3.40	3.42	3.45	3.47
	0.01	3.71	3.86	3.98	4.06	4.11	4.17	4.21	4.25	4.29	4.35	4.38	4.42	4.45	4.48
∞	0.05	2.77	2.92	3.02	3.09	3.15	3.19	3.23	3.26	3.29	3.34	3.38	3.41	3.44	3.47
	0.01	3.64	3.80	3.90	3.98	4.04	4.09	4.14	4.17	4.2	4.26	4.31	4.34	4.38	4.41

តារាងទី ៤

VALUES OF THE CORRELATION COEFFICICAENT FOR CERTAIN LEVELS OF SINGIFICANCE

Degrees of freedom	Probability of Obtaining a Value as Large or Larger	
	0.05	0.01
1	0.9969	0.9999
2	0.9500	0.9900
3	0.8783	0.9587
4	0.8114	0.9172
5	0.7545	0.8745
6	0.7067	0.8343
7	0.6664	0.7977
8	0.6319	0.7646
9	0.6021	0.7348
10	0.5760	0.7079
11	0.5529	0.6835
12	0.5324	0.6614
13	0.5139	0.6411
14	0.4973	0.6226
15	0.4821	0.6055
16	0.4683	0.5897
17	0.4555	0.5751
18	0.4438	0.5614
19	0.4329	0.5487
20	0.4227	0.5368
25	0.3809	0.4869
30	0.3494	0.4487
35	0.32+6	0.4182
40	0.3044	0.3932
45	0.2875	0.3721
50	0.2732	0.3541
60	0.2500	0.3248
70	0.2319	0.3017
80	0.2172	0.2830
90	0.2050	0.2674
100	0.1946	0.2540

ឯកសារយោង

Cochran, W.G. and G.M. Cox. 1957. Experimental Design. John Wiley and Sons, Inc .,N.Y. 2nd ed.

Federer, W.T. 1955. Experimental Design. Theory and application. The Macmillian Co., N.Y.

Fisher. R.A. 1966. The Design of experiments. Hafner Publishing Co., Inc., N.Y. 8th ed.

Fisher, R. A. and F. Yates. 1963. Statistical table for biological, agricultural and medical research. Hafner Press, a division of Macmillian Publishing Co., Inc., N. Y. 6th ed.

Hathaway, W. H. 1961. Convenient plot size. Agron. Jour. 53: 279-280.

LeClerg, E. L., W. H. Leonard, and A. G. Clark. 1962. Field plot technique. Burgess Publishing Co., Minneapolis, Minnessota. 2nd ed.

Ostle, B. 1963. Statistics in research. The Iowa State University Press, Ames, Iowa.

Petersen, R.G. 1977. Use and misuse of multiple comparison procedures. Agron Jour. 69: 205-208.

Sorapon Upakissakul. 1978. មូលដ្ឋានគ្រឹះស្ថិតិ និងការរៀបចំផែនការពិសោធន៍. មហាវិទ្យាល័យក្សេត្រសាស្ត្រ. 135 ទំព័រ

Snedecor, G.w. and W.G. Cochran. 1967. Statistical methods. The Iowa State University Press, Ames, Iowa. 6th ed.

Steel, R.G.D. and J.H. Torrie. 1960.Principles and procedures of statistics: With special reference to the biological science. McGraW-Hill Book Co., Inc., N.Y.

University of California. Agricultural Extension Service. 1963. Experimental methods for extension workers.