

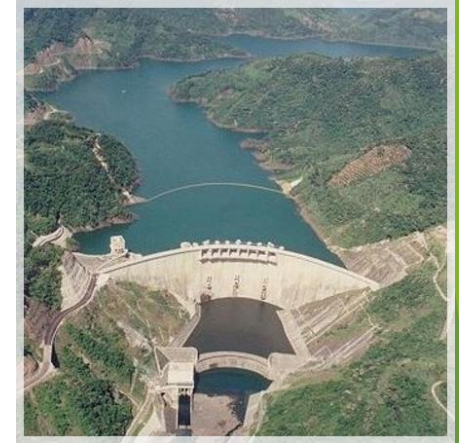
# 翡翠水庫集水區低磷肥料 開發與應用

茶業改良場

蘇彥碩，劉千如，羅士凱，胡智益\*

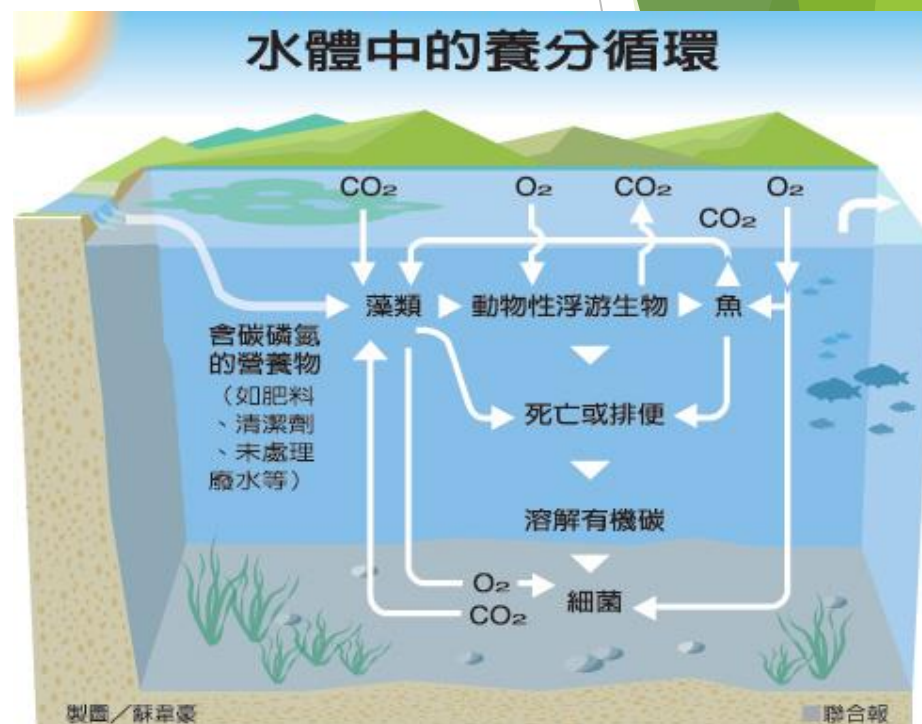
# 翡翠水庫重要性

- ▶ 翡翠水庫位於臺灣北部新店溪支流北勢溪上，主要座落於坪林區及石碇區，兩區域地形起伏甚大，坡度以45%以上佔大多數，土壤為中質地及中細質地黃壤。
- ▶ 集水區總面積303平方公里，水庫容量4億6百萬立方公尺為臺灣第二大水庫，負責供應臺北地區的主要用水來源



# 翡翠水庫之水質變化

- ▶ 根據臺北翡翠水庫管理局之水質監測的結果顯示，影響水質最大的因子--水體中**總磷濃度**較以往有增加趨勢，推測原因為**水庫上游人為活動**有關，可能會造成水庫**優養化**現象，導致水質變差，水庫壽命因而減短。



製圖／蘇韋豪

聯合報

聯合報

[http://mag.udn.com/magimages/4/PROJ\\_ARTICLE/13\\_1219/f\\_406822\\_1.jpg](http://mag.udn.com/magimages/4/PROJ_ARTICLE/13_1219/f_406822_1.jpg)

# 區域居民的經濟來源

- ▶ 居民賴以維生的主要經濟來源是生產**文山包種茶**，品種以青心烏龍及台茶12號為主，面積約有**417公頃**，年產量約**250噸**(108年,新北市統計要覽)。
- ▶ 為達經濟生產之目的，適時且合理化施用肥料，可提高茶樹產量及茶葉品質。





# 茶樹特性與施肥種類



- ▶ 茶樹的主要收穫部位是**茶菁**，主要內含三要素為**氮（4~6%）**、**磷（0.25~0.40%）**、**鉀（1.5~2.1%）**，故應補充給茶樹的肥料以**氮素**為主
- ▶ 茶園最常使用的化學複合肥料為**1號（氮-磷酐-氧化鉀，20-5-10）**及**42號（氮-磷酐-氧化鉀，23-5-5）**。
- ▶ 根據**96**年度肥料用量調查，坪林地區主要肥料商及農會售出肥料總合，磷酐共施用**37,428**公斤。

# 如何創造雙贏？

- ▶ 為兼顧坪林區及石碇區茶農生計與翡翠水庫水源的永續發展，本案建立低磷配方肥料施用茶園對茶樹生育與茶葉品質之影響，以供農民施用參考依據。
- ▶ 若降低複合肥中的磷含量，將可減少水庫優養化的風險，保障民眾用水安全及達成茶園永續經營之雙贏局面。

# 材料方法

## 1.試驗地點：

- (1)新北市坪林區茶園（原坪林試驗茶園約0.15公頃）。
- (2)茶業改良場文山分場（新北市石碇茶區，原文山分場試驗茶園約0.05公頃）。
- (3)新北市石碇區茶園（試驗茶園約0.05公頃）。

## 2.試驗品種：

新北市坪林區茶園(1)及石碇茶園(3)以青心烏龍為試驗品種，茶業改良場文山分場（2）以臺茶12號為試驗品種。



# 試驗品種



青心烏龍(6年生)



臺茶12號 ( 金萱 ) (28年生)



# 青心烏龍（別名：青心、烏龍、種仔、軟枝烏龍）

- 於民國七年選出，樹型橫張，葉形橢圓，幼芽略紫，葉色濃綠，質厚，生長勢較弱，易感染枝枯病。
- 製茶品質優異，適合製造包種茶，屬於晚生種。
- 屬地方品種
- 為全國目前栽培面積最大之品種。



主脈與側脈角度最小



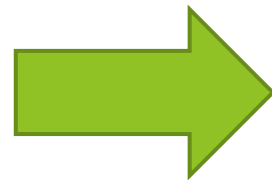


# 臺茶12號（別名：金萱；品系：2027；27仔）

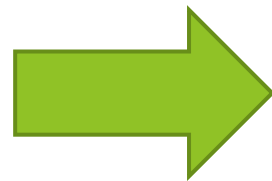
- 親本以臺農8號及硬枝紅心雜交，品系代號2027，於1981年命名。
- 葉闊橢圓，生長勢強，中生種，製茶品質優異，適合製造各式茶類，具特殊奶香味。
- 人工雜交品種。



# 試驗肥料



試驗組：低磷複合肥  
氮-磷酐-氧化鉀：  
20-**2.5**-10



對照組：1號複合肥  
氮-磷酐-氧化鉀：  
20-**5**-10

均由臺灣肥料股份有限公司製作



### 3.試驗處理：

#### (1)試驗處理：

- a.（對照組）：三處試驗茶園均使用臺肥1號複合肥（氮-磷酐-氧化鉀為20-5-10）
- b.（低磷組）：臺灣肥料股份有限公司協助特製之低磷複合肥（氮/磷酐/氧化鉀約為20-2.5-10），於三個試驗茶園春、冬兩季使用。
- c.（無磷組）：臺灣肥料股份有限公司提供無磷複合肥之配方（氮/磷酐/氧化鉀約為20-0-10），經由茶業改良場購置單質肥料自行配製而成，於文山分場茶園及石碇試驗茶園春、冬兩季使用。

## 五、評估指標:

### (1)土壤化學性質:

土壤pH值、有機質含量、可萃取性磷、鉀、鈣及鎂含量。

### (2)病蟲害、草相及茶樹生長狀況及對環境之影響調查。

### (3)茶芽葉農藝性狀:百芽重、葉長、葉寬、葉厚、節間徑長及寬等。

### (4)製茶種類:春冬兩季試製包種茶。

### (5)茶葉化學成分:兒茶素、茶胺酸及咖啡因等。

### (6)茶葉官能品評。



## (一) 文山分場試驗茶園

試驗調查、品質與肥力分析

表1、文山分場試驗區於施肥前土壤性質（2014年冬季）

| 試驗組別  | pH<br>(1:1) | O.M.<br>(g kg <sup>-1</sup> ) | Bray-1 P<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | Total P<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | Extratable-K<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | Extratable-Ca<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | Extratable-Mg<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) |
|-------|-------------|-------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|
| 甲(對照) |             |                               |                                    |                                   |                                        |                                         |                                         |
| 表土    | 3.72 ± 0.09 | 63.3 ± 8.9                    | 664.0 ± 139.5                      | 1073.1 ± 187.1                    | 66.2 ± 9.9                             | 133.1 ± 37.1                            | 35.6 ± 21.1                             |
| 底土    | 3.83 ± 0.1  | 43.3 ± 2.1                    | 337.7 ± 149.0                      | 654.0 ± 100.0                     | 65.0 ± 12.1                            | 98.3 ± 47.7                             | 19.6 ± 10.9                             |
| 乙(低磷) |             |                               |                                    |                                   |                                        |                                         |                                         |
| 表土    | 3.84 ± 0.11 | 64.7 ± 6.7                    | 543.7 ± 124.5                      | 855.8 ± 102.1                     | 62.4 ± 6.1                             | 224.2 ± 92.3                            | 35.5 ± 8.1                              |
| 底土    | 3.87 ± 0.06 | 40.6 ± 3.7                    | 182.2 ± 110.8                      | 470.0 ± 141.2                     | 60.8 ± 16.0                            | 92.1 ± 14.4                             | 18.4 ± 3.4                              |
| 丙(無磷) |             |                               |                                    |                                   |                                        |                                         |                                         |
| 表土    | 3.94 ± 0.39 | 67.9 ± 21.2                   | 561.9 ± 277.9                      | 947.8 ± 361.8                     | 78.1 ± 20.3                            | 313.9 ± 279.2                           | 47.3 ± 10.3                             |
| 底土    | 4.00 ± 0.36 | 51.7 ± 3.7                    | 403.4 ± 230.2                      | 712.9 ± 229.8                     | 63.5 ± 11.1                            | 232.8 ± 230.1                           | 32.4 ± 4.6                              |

註：平均值 ± 標準偏差（standard deviation），肥力診斷標準如附表一。

土壤有效磷含量標準 20-100mg/kg

表2、文山分場試驗區於採茶前之土壤性質（2014年冬季）

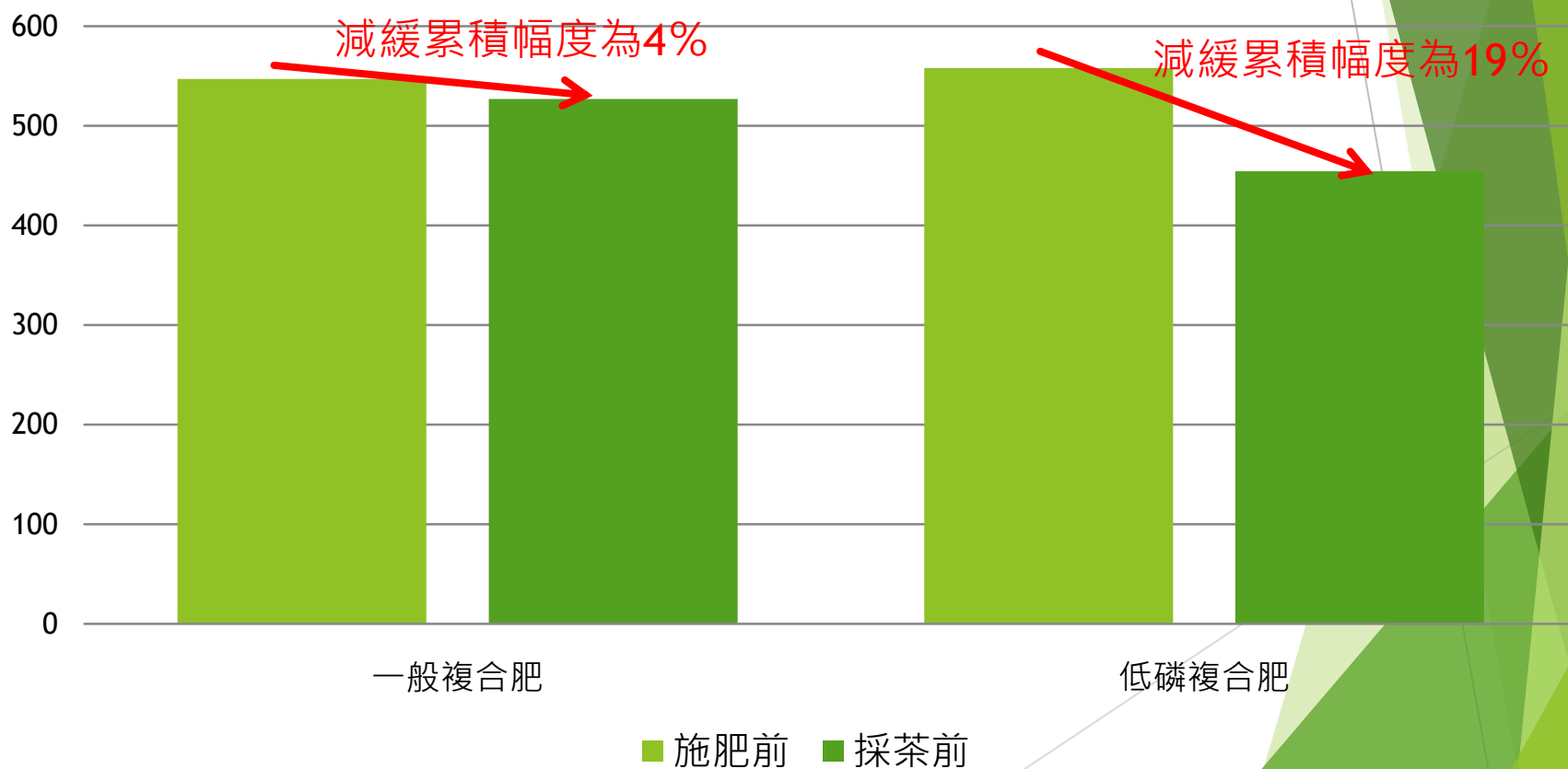
| 試驗組別  | pH<br>(1:1) | O.M.<br>(g kg <sup>-1</sup> ) | Bray-1 P<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | Total P<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | Extratable-K<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | Extratable-Ca<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | Extratable-Mg<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) |
|-------|-------------|-------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|
| 甲(對照) |             |                               |                                    |                                   |                                        |                                         |                                         |
| 表土    | 3.84 ± 0.03 | 52.0 ± 23.1                   | 587.0 ± 66.6                       | 1903.5 ± 31.8                     | 33.3 ± 12.4                            | 83.0 ± 28.4                             | 18.8 ± 9.1                              |
| 底土    | 3.78 ± 0.17 | 46.0 ± 16.2                   | 245.1 ± 166.6                      | 1001.3 ± 474.3                    | 27.8 ± 4.9                             | 40.0 ± 20.8                             | 9.6 ± 2.7                               |
| 乙(低磷) |             |                               |                                    |                                   |                                        |                                         |                                         |
| 表土    | 3.90 ± 0.15 | 62.2 ± 7.7                    | 508.0 ± 137.6                      | 1559.0 ± 382.5                    | 38.8 ± 11.5                            | 130.9 ± 56.3                            | 35.9 ± 14.0                             |
| 底土    | 3.73 ± 0.20 | 45.3 ± 2.7                    | 142.7 ± 41.8                       | 710.3 ± 45.8                      | 28.7 ± 8.4                             | 36.7 ± 11.4                             | 9.4 ± 2.7                               |
| 丙(無磷) |             |                               |                                    |                                   |                                        |                                         |                                         |
| 表土    | 3.86 ± 0.18 | 50.9 ± 14.3                   | 436.8 ± 318.5                      | 1530.3 ± 1031.8                   | 37.1 ± 18.3                            | 87.2 ± 48.1                             | 16.9 ± 9.1                              |
| 底土    | 3.96 ± 0.17 | 59.5 ± 13.8                   | 295.3 ± 292.2                      | 1008.7 ± 729.6                    | 26.4 ± 10.8                            | 76.4 ± 70.0                             | 11.0 ± 5.4                              |

註：平均值 ± 標準偏差（standard deviation）。

土壤有效磷含量標準 20-100mg/kg

# 表土有效磷含量變化

冬季文山試驗區表土有效磷含量 ( $\text{mg kg}^{-1}$ )





# 植體無機成分分析結果

表3、文山分場試驗區不同磷含量處理對茶葉無機元素含量影響（2014年冬季）

| 試驗組別  | Total                      |                            |                             |                             |                              |                              |                              |
|-------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
|       | P<br>(g kg <sup>-1</sup> ) | K<br>(g kg <sup>-1</sup> ) | Ca<br>(g kg <sup>-1</sup> ) | Mg<br>(g kg <sup>-1</sup> ) | Fe<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | Mn<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | Al<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) |
| 甲（對照） | 4.8±0.2                    | 12.2±0.8                   | 1.2±0.1                     | 1.9±0.2                     | 50.5±7.2                     | 193.3±25.8                   | 77.3±9.1                     |
| 乙（低磷） | 5.7±1.7                    | 12.7±3.4                   | 1.3±0.3                     | 2.0±0.5                     | 37.2±2.8                     | 187.9±7.8                    | 75.9±21.8                    |
| 丙（無磷） | 6.2±0.3                    | 17.8±1.3                   | 1.8±0.1                     | 2.3±0.2                     | 43.7±13.8                    | 230.7±7.1                    | 95.6±0.4                     |

註：平均值±標準偏差（standard deviation），數值後英文字母為5%顯著水準之變方分析結果

- 當土壤中的磷含量過量時，植體的磷含量不會因為磷肥增加施用而提高其吸收量，且多餘的養分可能會造成土壤的負擔及導致養分吸收不平衡。

# 茶菁性狀及產量調查

表4、文山分場試驗區不同磷含量處理對茶樹生育之影響（2014年冬季）

| 試驗組別  | 葉長<br>(mm)      | 葉寬<br>(mm)      | 節間長<br>(mm)     | 葉厚<br>( $\mu\text{m}$ ) | 茶芽密度              | 百芽重<br>(g)      | 單位面積<br>小區重<br>( $\text{g}/\text{m}^2$ ) |
|-------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------------|-------------------|-----------------|------------------------------------------|
| 甲(對照) | 46.9 $\pm$ 1.5a | 24.8 $\pm$ 0.4a | 27.8 $\pm$ 0.5a | 22.6 $\pm$ 1.5a         | 85.8 $\pm$ 11.1ab | 43.3 $\pm$ 3.1a | 179.7 $\pm$ 19.6ab                       |
| 乙(低磷) | 50.9 $\pm$ 0.6a | 25.0 $\pm$ 0.3a | 29.6 $\pm$ 0.6a | 22.3 $\pm$ 0.9a         | 88.9 $\pm$ 7.6a   | 40.6 $\pm$ 2.2a | 205.1 $\pm$ 10.7b                        |
| 丙(無磷) | 49.9 $\pm$ 0.6a | 24.3 $\pm$ 0.4a | 27.8 $\pm$ 0.6a | 22.3 $\pm$ 1.6a         | 80.2 $\pm$ 7.1b   | 44.1 $\pm$ 2.8a | 169.6 $\pm$ 9.5a                         |

註：平均值  $\pm$  標準誤差（standard error），數值後英文字母為5% 顯著水準之變方分析結果。

- 茶菁性狀及產量（百芽重）在試驗組及對照組均未有顯著差異。

# 茶葉品質分析～官能品評

表5、文山分場試驗區不同磷含量處理對茶葉之感官品評結果（2014年冬季）

| 試驗組別  | 外觀(20%)     | 水色(20%)     | 香氣(30%)     | 滋味(30%)     | 總分          |
|-------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 甲(對照) | 14.7 ± 0.5a | 16.3 ± 1.2a | 21.5 ± 1.4a | 21.7 ± 0.5a | 74.1 ± 2.2a |
| 乙(低磷) | 14.3 ± 0.8a | 16.2 ± 1.2a | 21.3 ± 1.5a | 22.0 ± 0.9a | 73.8 ± 2.2a |
| 丙(無磷) | 14.7 ± 0.5a | 16.2 ± 0.4a | 21.8 ± 0.8a | 22.5 ± 1.0a | 75.1 ± 1.9a |

註：平均值 ± 標準偏差（standard deviation），本分數由二位茶業改良場評茶人員共同評分。

- 三處理在外觀及水色成績相近；但在香氣及滋味項目中，低磷組香氣較佳，滋味也有相同趨勢；而總分因香氣及滋味的差異，無磷的處理略高於施用磷肥的處理。

# 茶葉品質分析～化學成分分析

表6、文山分場試驗區不同磷含量處理對茶葉化學成分之影響（2014年冬季）

| 試驗組別  | 茶胺酸<br>(mg g <sup>-1</sup> ) | 咖啡因<br>(mg g <sup>-1</sup> ) | 兒茶素<br>(mg g <sup>-1</sup> ) | 總兒茶素<br>(mg g <sup>-1</sup> ) |
|-------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| 甲（對照） | 7.3 ± 0.3a                   | 17.9 ± 0.3a                  | 31.5 ± 2.3a                  | 69.9 ± 1.1a                   |
| 乙（低磷） | 7.2 ± 0.5a                   | 17.9 ± 0.4a                  | 32.9 ± 1.2a                  | 70.7 ± 2.1a                   |
| 丙（無磷） | 8.0 ± 0.9a                   | 18.1 ± 0.6a                  | 32.8 ± 1.3a                  | 76.0 ± 8.1a                   |

註：平均值 ± 標準偏差（standard deviation），數值後英文字母為5% 顯著水準之變方分析結果。

- 不同處理之四種主要成分其差異均未達5%顯著水準，然而茶胺酸含量以試驗組有較高的趨勢，兒茶素類含量以試驗組有較低的趨勢，由於茶胺酸貢獻甘甜味，而兒茶素類為苦澀味物質，故成分分析結果與官能品評成績的趨勢相同，**過多的磷肥對茶葉品質有負面的影響。**

## 小結～文山分場試驗區

- 文山分場試驗區土壤原先的有效磷含量較高，施用減少磷肥的施用或不施磷肥，可減少土壤中磷的累積。
- 當土壤中的磷含量過量時，植體的磷含量不會因為磷肥增加施用而提高其吸收量，且多餘的養分可能會造成土壤的負擔及導致養分吸收不平衡。



## 小結 ~ 文山分場試驗區

- 農藝性狀及產量上，茶芽密度及單位面積小區重以乙組（低磷肥）顯著高於丙組（無磷肥），表示雖然土壤中磷已經足夠，但是仍需適度的添加磷肥。
- 試驗組（低磷肥）在香氣、滋味及總分成績高於對照組；且由化學分析之茶胺酸顯著高於對照組，可能構成在官能品評的滋味成績中，試驗組分數較高之原因。
- 在高磷含量的土壤中，施用減少磷肥施用量可提升茶葉製茶品質。

## (二) 坪林區試驗茶園 試驗調查、品質分析與肥力分析



# 土壤肥力分析～施肥前土壤性質

表7、坪林試驗區於施肥前土壤性質（2014年冬季）

| 試驗組別 | pH<br>(1:1) | O.M.<br>(g kg <sup>-1</sup> ) | Bray-1 P<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | Total P<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | Extratable-K<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | Extratable-Ca<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | Extratable-Mg<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) |
|------|-------------|-------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|
| 對照組  |             |                               |                                    |                                   |                                        |                                         |                                         |
| 表土   | 4.09±0.26   | 25.1±0.6                      | 37.2± 7.5                          | 216.5±10.3                        | 37.4±6.6                               | 95.9±48.1                               | 13.9±3.1                                |
| 底土   | 4.01±0.07   | 20.7±0.6                      | 58.0± 12.3                         | 187.1±10.4                        | 27.6± 3.5                              | 21.0±4.0                                | 5.4±0.8                                 |
| 低磷組  |             |                               |                                    |                                   |                                        |                                         |                                         |
| 表土   | 4.11±0.26   | 23.4±1.0                      | 42.0±7.2                           | 187.0±10.9                        | 36.3± 3.8                              | 75.9±29.9                               | 10.3±0.7                                |
| 底土   | 4.04±0.14   | 21.1±1.9                      | 35.7± 11.0                         | 183.8±11.5                        | 28.8± 2.7                              | 30.8±11.5                               | 6.2±2.7                                 |

註：平均值±標準偏差（standard deviation）

土壤有效磷含量標準 20-100mg/kg

# 土壤肥力分析～採茶前之土壤性質

表8、坪林試驗區於採茶前土壤性質（2014年冬季）

| 試驗組別 | pH<br>(1:1) | O.M.<br>(g kg <sup>-1</sup> ) | Bray-1 P<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | Total P<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | Extratable-K<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | Extratable-Ca<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | Extratable-Mg<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) |
|------|-------------|-------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|
| 對照組  |             |                               |                                    |                                   |                                        |                                         |                                         |
| 表土   | 3.46±0.10   | 25.7±1.5                      | 41.9±12.0                          | 348.3±49.9                        | 34.5±7.8                               | 55.6±9.2                                | 7.3±0.5                                 |
| 底土   | 3.40±0.10   | 22.0±1.7                      | 41.8±7.7                           | 255.3±118.4                       | 24.1±6.3                               | 23.7±1.2                                | 3.9±0.7                                 |
| 低磷組  |             |                               |                                    |                                   |                                        |                                         |                                         |
| 表土   | 3.65±0.31   | 22.7±2.7                      | 33.3±5.9                           | 352.7±35.6                        | 42.7±17.1                              | 53.6± 24.2                              | 6.0±1.2                                 |
| 底土   | 3.48±0.20   | 19.2±1.7                      | 43.3±6.2                           | 272.0±199.4                       | 26.1± 0.3                              | 26.6± 7.9                               | 3.9±0.3                                 |

註：平均值±標準偏差（standard deviation）。

土壤有效磷含量標準 20-100mg/kg

# 植體無機成分分析結果

表9、坪林試驗區不同磷含量處理對茶葉無機元素含量影響（2014年冬季）

| 試驗組別 | Total                      |                            |                             |                             |                              |                              |                              |
|------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
|      | P<br>(g kg <sup>-1</sup> ) | K<br>(g kg <sup>-1</sup> ) | Ca<br>(g kg <sup>-1</sup> ) | Mg<br>(g kg <sup>-1</sup> ) | Fe<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | Mn<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | Al<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) |
| 對照組  | 32.5±1.6a                  | 2.9±0.2a                   | 10.3±0.8a                   | 3.4±0.2a                    | 115.6±5.1b                   | 832.5±18.0a                  | 468.4±12.1a                  |
| 低磷組  | 31.3±0.4a                  | 2.4±0.1b                   | 10.9±0.4a                   | 3.1±0.1a                    | 131.4±3.3a                   | 819.4±8.8a                   | 527.7±30.0a                  |

註：平均值±標準偏差（standard deviation），數值後英文字母為5%顯著水準之變方分析結果

- 試驗組植體內的磷含量略低於對照組，應與採茶前測定的土壤有效磷含量較低有關，表示若土壤中的磷含量不足，施用低磷肥料將影響茶樹對磷的吸收量。

# 茶菁性狀及產量調查

表9、坪林試驗區不同磷含量處理對茶樹生育之影響（2014年冬季）

| 試驗組別 | 葉長<br>(mm)      | 葉寬<br>(mm)      | 節間長<br>(mm)     | 葉厚<br>( $\mu\text{m}$ ) | 茶芽密度             | 百芽重<br>(g)      | 單位面積小區重( $\text{g}/\text{m}^2$ ) |
|------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------------|------------------|-----------------|----------------------------------|
| 對照組  | 49.8 $\pm$ 4.9a | 22.8 $\pm$ 2.6a | 22.7 $\pm$ 5.7a | 24.5 $\pm$ 1.3a         | 73.3 $\pm$ 9.4a  | 56.0 $\pm$ 2.4a | 177.8 $\pm$ 38.5a                |
| 低磷組  | 52.6 $\pm$ 5.1a | 24.1 $\pm$ 3.4a | 21.7 $\pm$ 4.7a | 24.7 $\pm$ 1.3a         | 71.7 $\pm$ 12.0a | 55.8 $\pm$ 1.5a | 153.3 $\pm$ 30.6a                |

註：平均值  $\pm$  標準誤差 (standard error)，數值後英文字母為5% 顯著水準之t測驗分析結果。

- 茶芽密度在低磷組較高，其他農藝性狀兩處理組織間未有顯著差異。單位面積小區重量雖以低磷組的較低，但亦未達顯著差異。



# 茶葉品質分析～官能品評

表10、坪林試驗區不同磷含量處理對茶葉之感官品評結果（2014年冬季）

| 試驗組別 | 外觀(20%)      | 水色(20%)      | 香氣(30%)      | 滋味(30%)      | 總分           |
|------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 對照組  | 12.0 ± 0.9 a | 14.3 ± 1.4 a | 20.2 ± 2.6 a | 20.3 ± 1.6 a | 66.8 ± 5.4 a |
| 低磷組  | 12.5 ± 0.8 a | 14.0 ± 0.9 a | 19.2 ± 2.9 a | 20.0 ± 1.5 a | 65.7 ± 4.2 a |

註：平均值 ± 標準偏差（standard deviation），數值後英文字母為5% 顯著水準之t測驗分析結果，本分數由二位茶業改良場評茶人員共同評分。

- 坪林試驗區施用低磷肥料的處理得分較低，包括水色、香氣和滋味上均不如施用一般肥料的處理。

# 茶葉品質分析～化學成分分析

表11、坪林試驗區不同磷含量處理對茶葉之化學成分之影響（2014年冬季）

| 試驗組別 | 茶胺酸<br>(mg g <sup>-1</sup> ) | 咖啡因<br>(mg g <sup>-1</sup> ) | 兒茶素<br>(mg g <sup>-1</sup> ) | 總兒茶素<br>(mg g <sup>-1</sup> ) |
|------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| 對照組  | 9.4 ± 0.9a                   | 14.8 ± 1.1a                  | 22.6 ± 2.2a                  | 64.7 ± 3.6a                   |
| 低磷組  | 8.9 ± 0.7a                   | 14.4 ± 0.4a                  | 22.2 ± 1.4a                  | 64.1 ± 1.4a                   |

註：平均值 ± 標準誤差（standard error），數值後英文字母為5% 顯著水準之t測驗分析結果。

- 茶芽葉中化學成分含量差異較不顯著，除茶胺酸含量，對照組含量較高，也可能些微的影響了感官品評的結果。

## 小結 ~ 坪林試驗區

- 在有效磷含量較低的土壤中，施用低磷及一般肥料的處理均能增加土壤中磷含量，而採茶前試驗組的有效磷累積量較低；在植體無機成分中，試驗組的植體含磷量略低於對照組。
- 在不同處理中，施用低磷肥料的組別茶芽密度及單位面積小區產量有略低的狀況。
- 在四種化學成分中，低磷肥料處理組的咖啡因、兒茶素含及茶胺酸含量較低，且官能品評結果在的香氣、滋味及總分評分亦低。
- 土壤若磷含量不足，仍須提供足夠的磷以供其生長及提高品質。

# 試驗總結

# 試驗總結

- ▶ 綜合試驗結果顯示，茶園施用低磷含量之肥料可降低土壤中的有效磷及總磷含量，然而茶園施用磷酐含量多寡，需先進行土壤分析，瞭解土壤中的有效磷含量後再進行施用。
- ▶ 若是含磷量適中或過量的茶園土壤，施用低磷肥料依據試驗評估不致於影響茶樹生育產量，而製茶品質略有提升。

# 試驗總結

- ▶ 未來若要於水源區推行低磷肥料的政策，最好先行檢測各茶園的土壤成分，依據土壤肥力鑑定報告，決定是否適合施用低磷肥料。
- ▶ 在合理化施肥的原則下，可減少部分固態化學肥料的施用，以部分液態肥料補充，或利用茶園耕作制度的改變，提高肥料利用效率，並於有效磷含量較高的茶園，在未能提升農友在單質肥料的施用技術的前提下，藉由低磷肥料與液態肥料的施用，將可減少水庫污染問題及提高農民收益，此方可達雙贏局面。



感謝聆聽 敬請指教！





# Sources of N pollutants and corresponding responses in Taiwan watersheds

## 臺灣集水區氮營養鹽的來源與可能響應

黃誌川

Jr-Chuan Huang

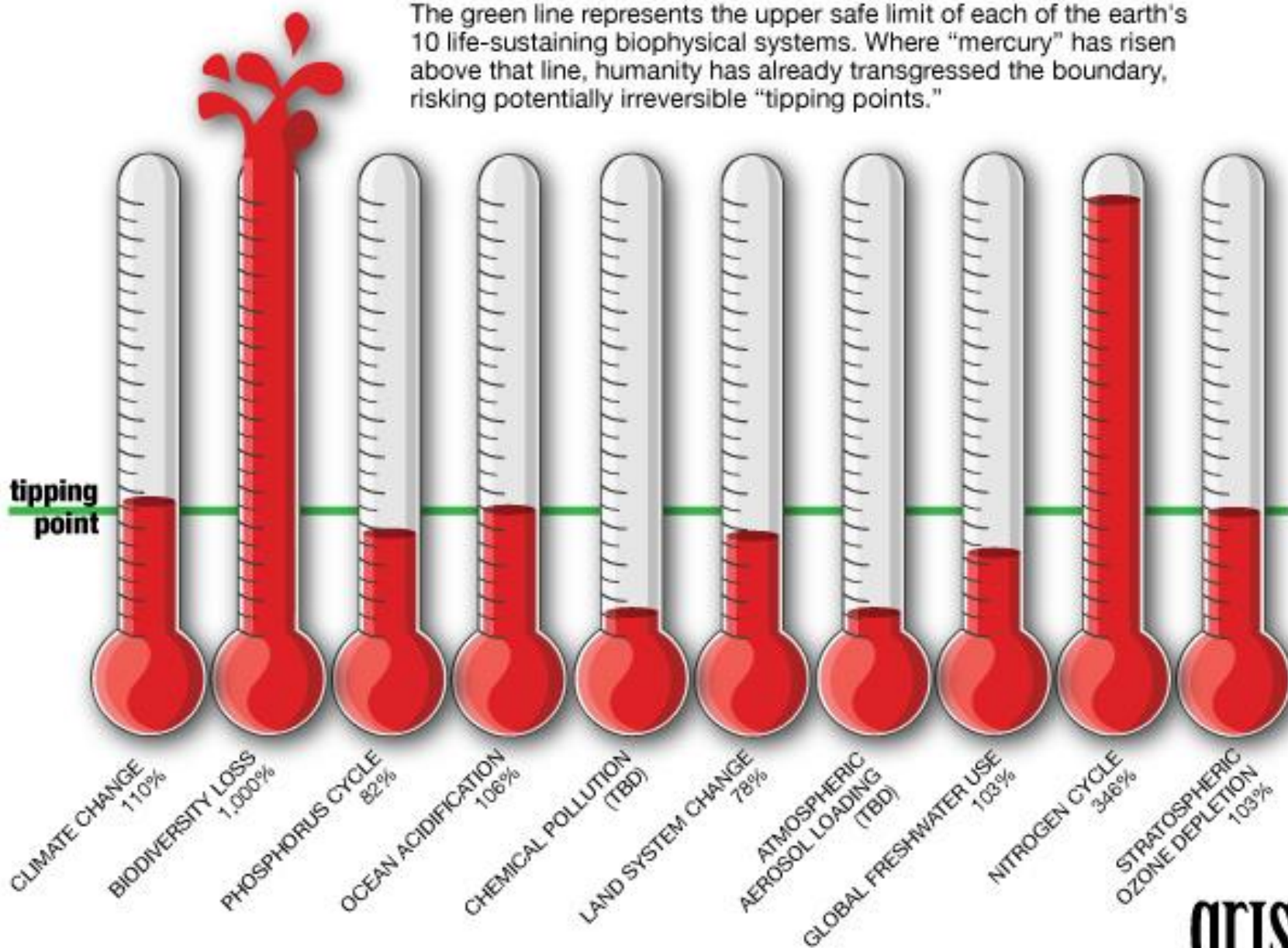


國立台灣大學 地理環境資源學系

Department of Geography, National Taiwan University

# The planet has a fever

The green line represents the upper safe limit of each of the earth's 10 life-sustaining biophysical systems. Where "mercury" has risen above that line, humanity has already transgressed the boundary, risking potentially irreversible "tipping points."



Source: *Nature*, "Planetary Boundaries: A Safe Operating Space for Humanity," 24 Sept. 2009

grist

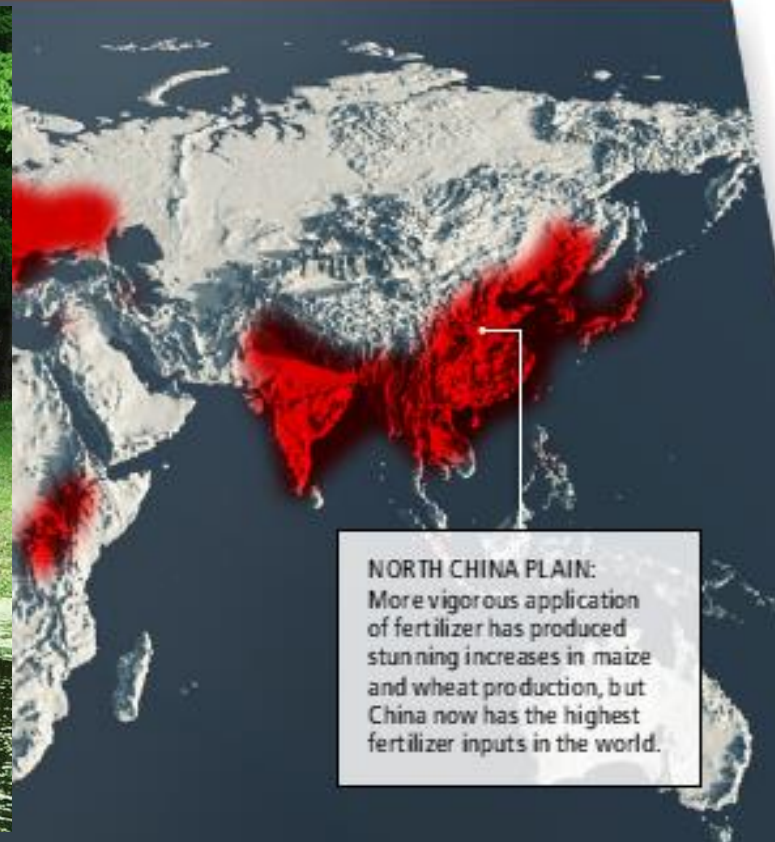


# Biological Degradation



## Shifting Hotspots

Regions of greatest nitrogen use (*red*) were once limited mainly to Europe and North America. But as new economies develop and agricultural trends shift, patterns in the distribution of nitrogen are changing rapidly. Recent growth rates in nitrogen use are now much higher in Asia and in Latin America, whereas other regions—including much of Africa—suffer from fertilizer shortages.

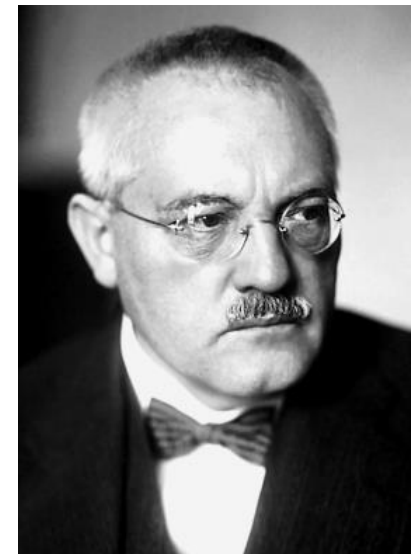
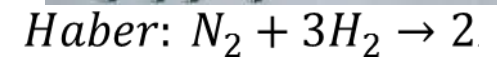
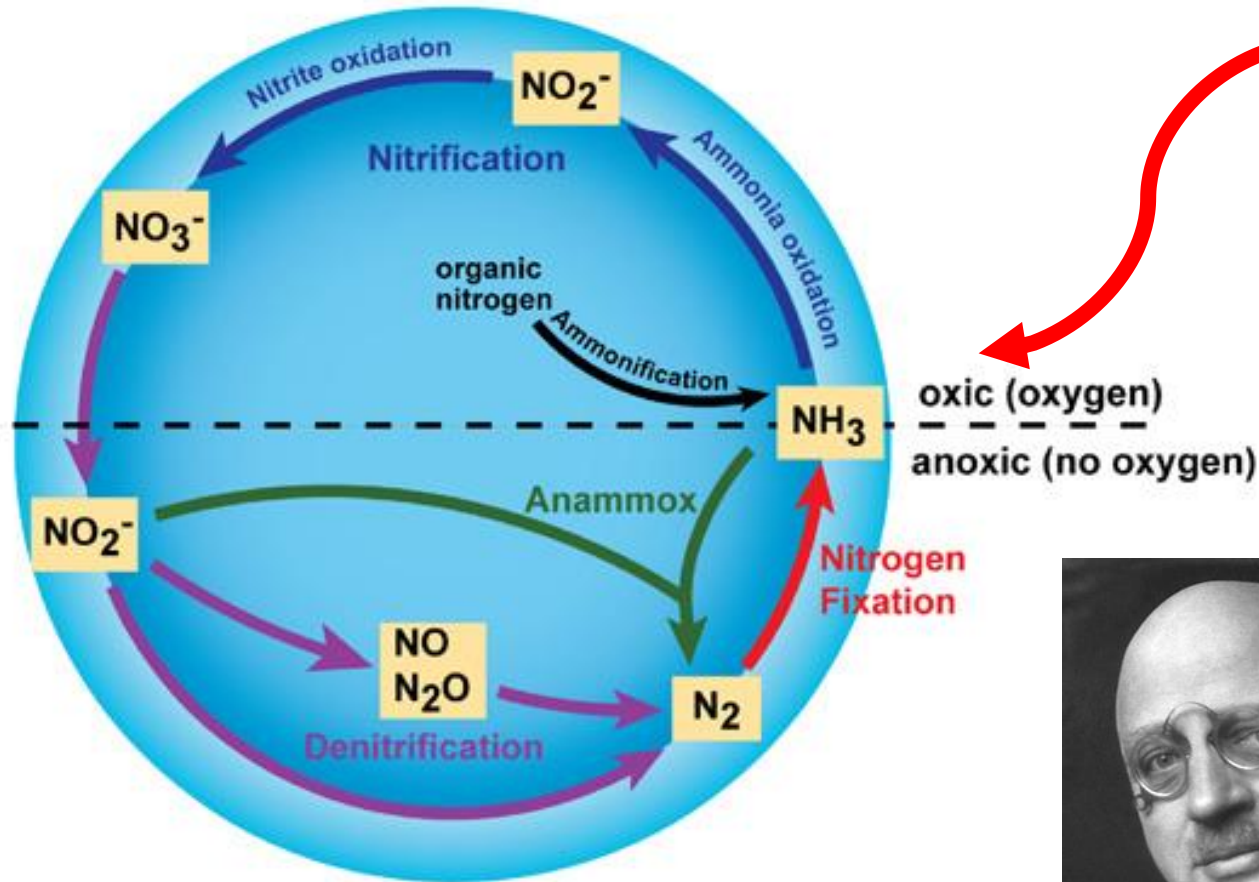




# Expansion of dead zones

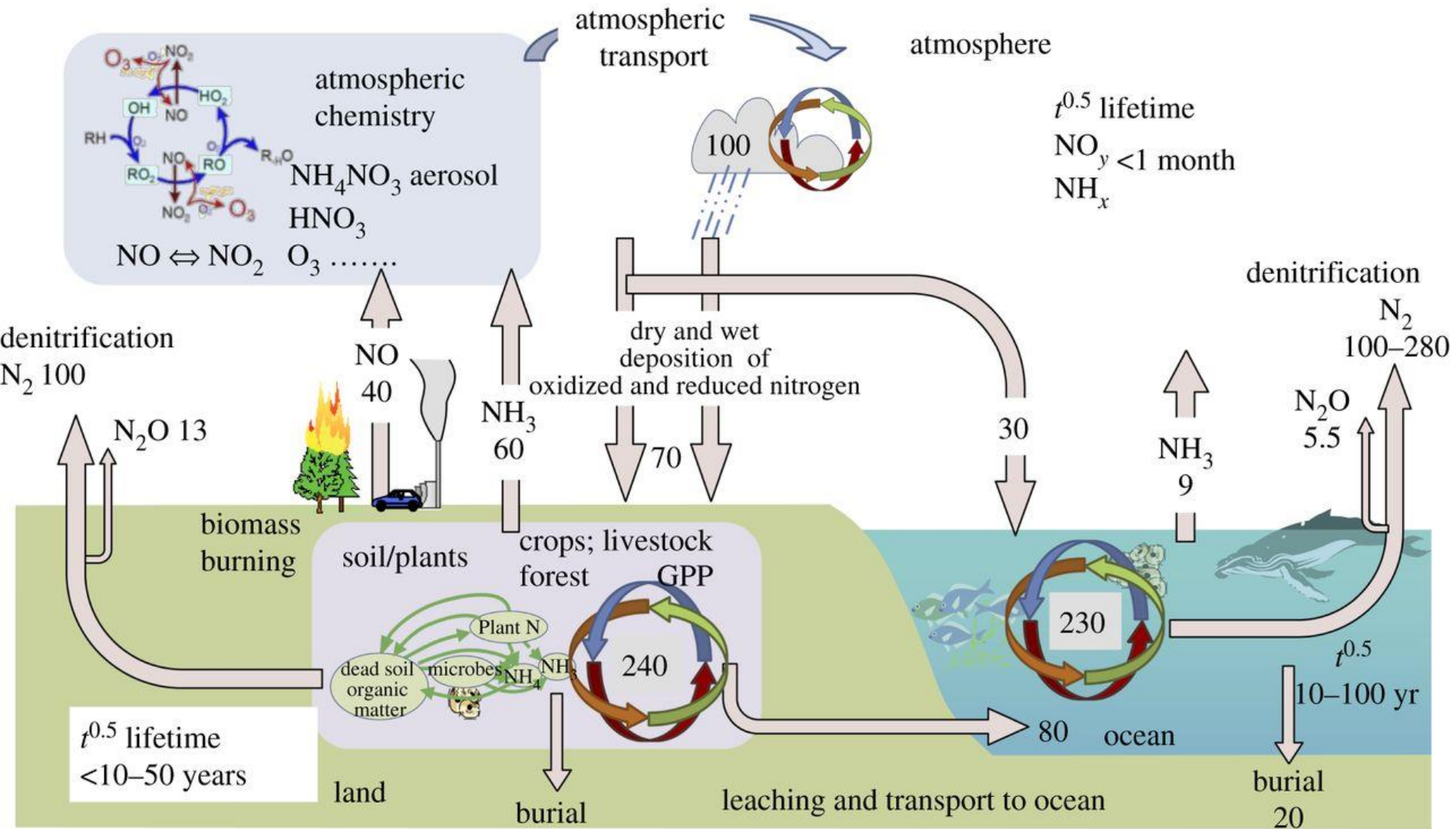


# Nitrogen Cycle



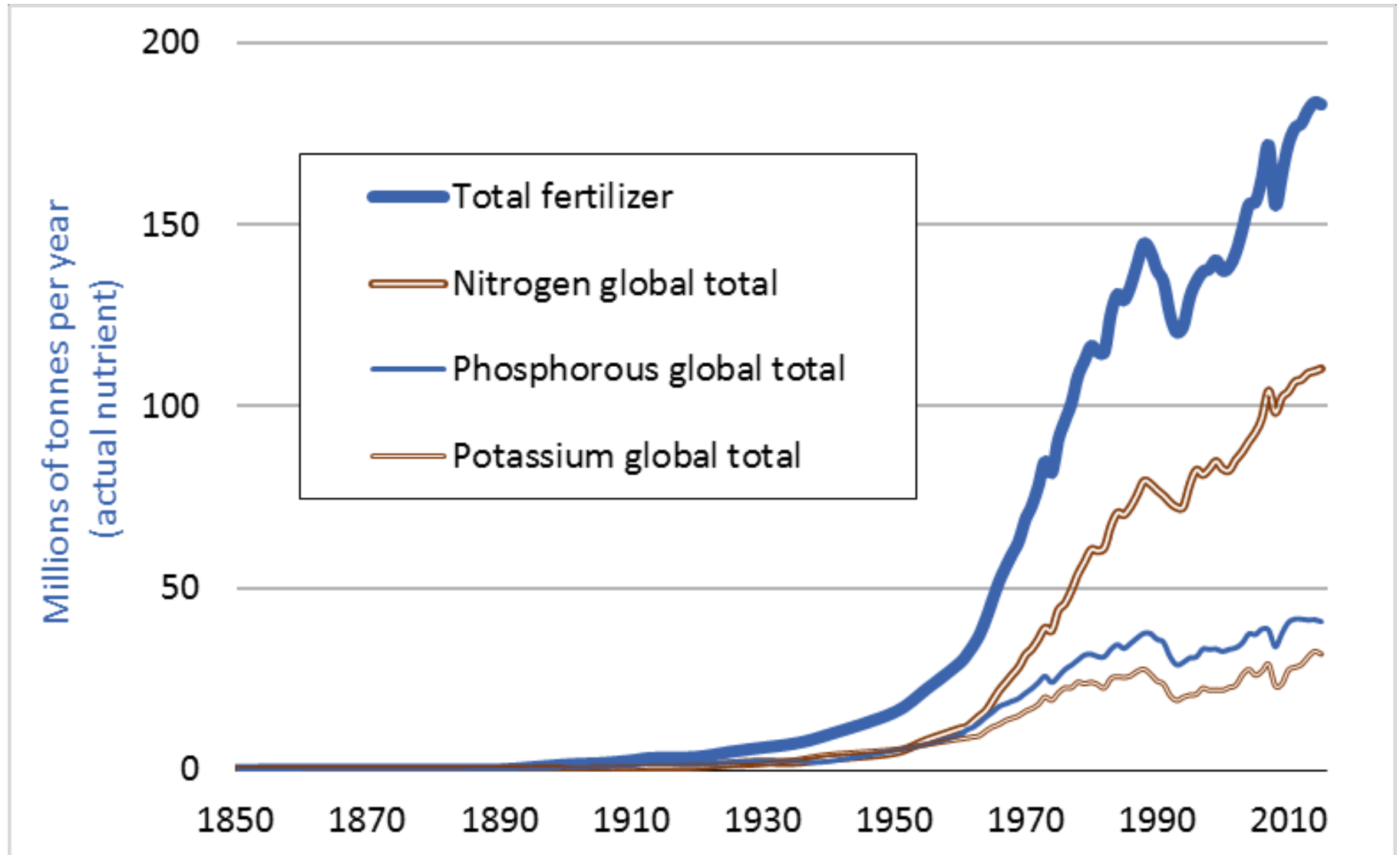


# Nitrogen Cycle





# Global Trends in Nitrogen Use



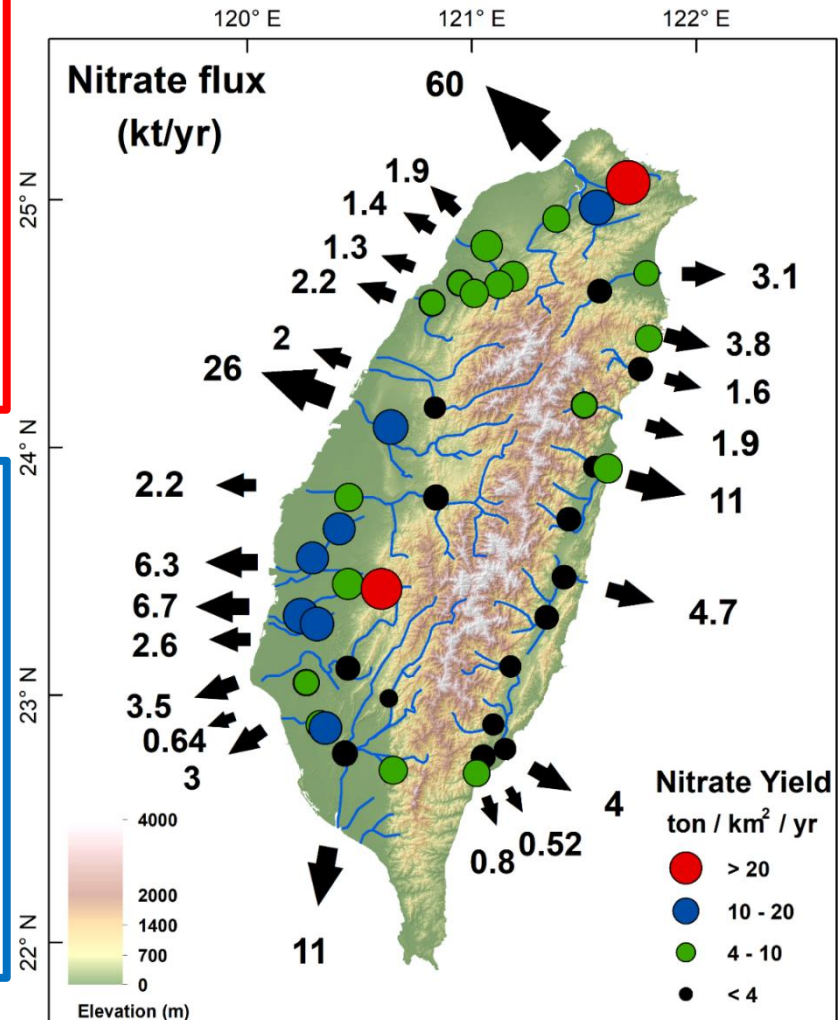
# 臺灣森林-溪流-湖泊生態系統特色



- 坡陡流急 + 颱風：
- 導致侵蝕、風化速率高、災害多
- 營養鹽大多有低濃度、高輸出特性
- 森林生長不易、河川初級生產量低

- 山地農業、聚落 + 水庫：
- 肥料使用的非點源污染
- 土地的濫墾或棄置
- 對水庫的影響

凸顯在地性，才能國際化！



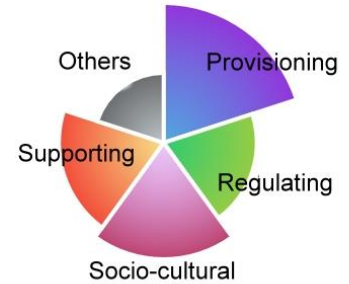
# 臺灣水庫-不可替代的生態系服務



水庫集水區的重要性：

1. 民生、灌溉、工業用水  
水庫操作以及水庫水質管理
2. 坡地農業  
坡地農業、農民生計
3. 觀光遊憩  
( 露營、溫泉、森林遊樂場 )  
水庫/集水區如何經營
4. 原住民聚落  
社區營造、部落知識

Ecosystem Services





# 水庫優養化



優養化主要來自施肥過度的農地和家庭廢水。藉沖刷及淋濾作用注入附近溪流，截留在水庫內

多數水庫水中含有微囊藻毒，含量超過了世界衛生組織所訂定的安全標準。

微囊藻毒具有熱穩定性，只有以活性碳吸附、臭氧或在水中加氯來處理，才能移除毒素。

汪中和，2009



# 山地集水區的氮收支



$$\text{Ratio}_{ret} = 1 - \frac{OUT_{riv} + OUT_{harv}}{IN_{dep} + IN_{fer} + IN_{fix}}$$

$\text{Ratio}_{ret}$  indicates the ratio of N input to the watershed that was retained within the watershed.

$OUT_{riv}$  and  $OUT_{harv}$  are the riverine N export and harvest, respectively.

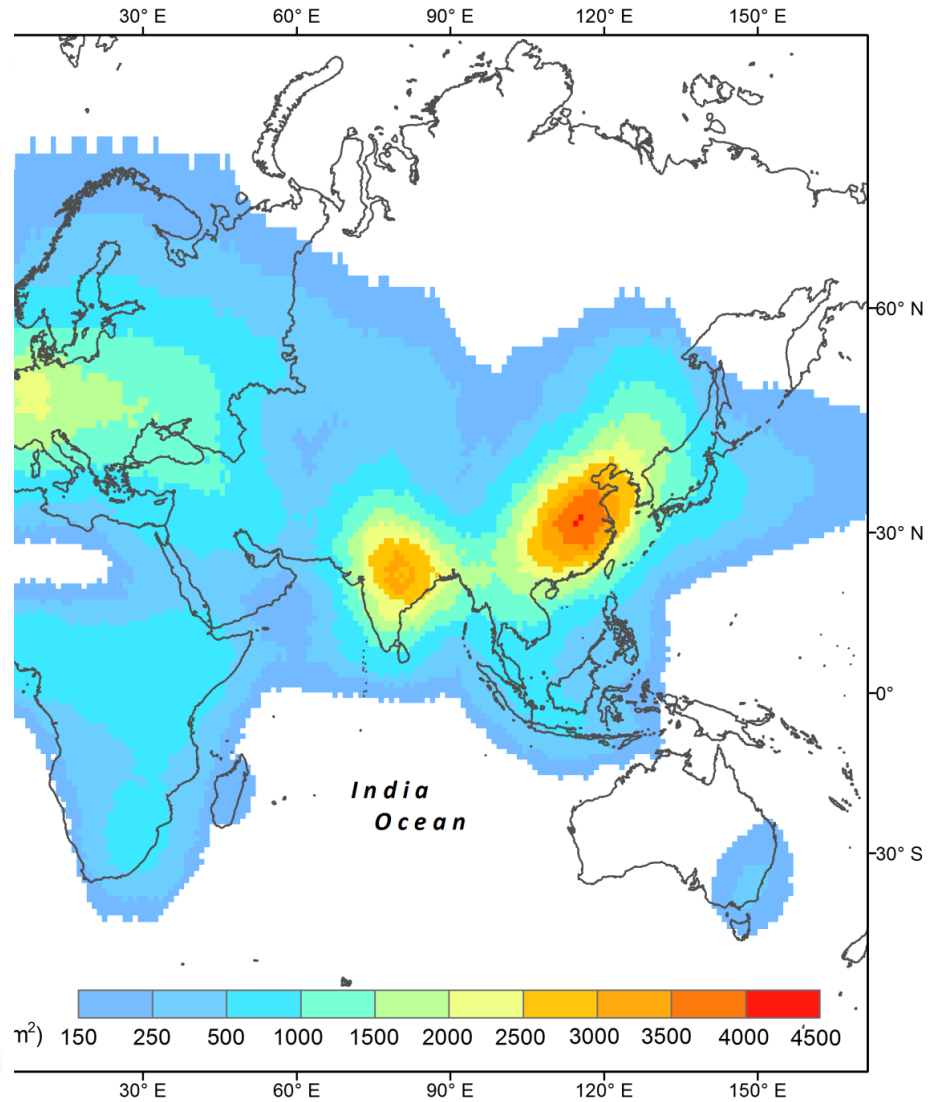
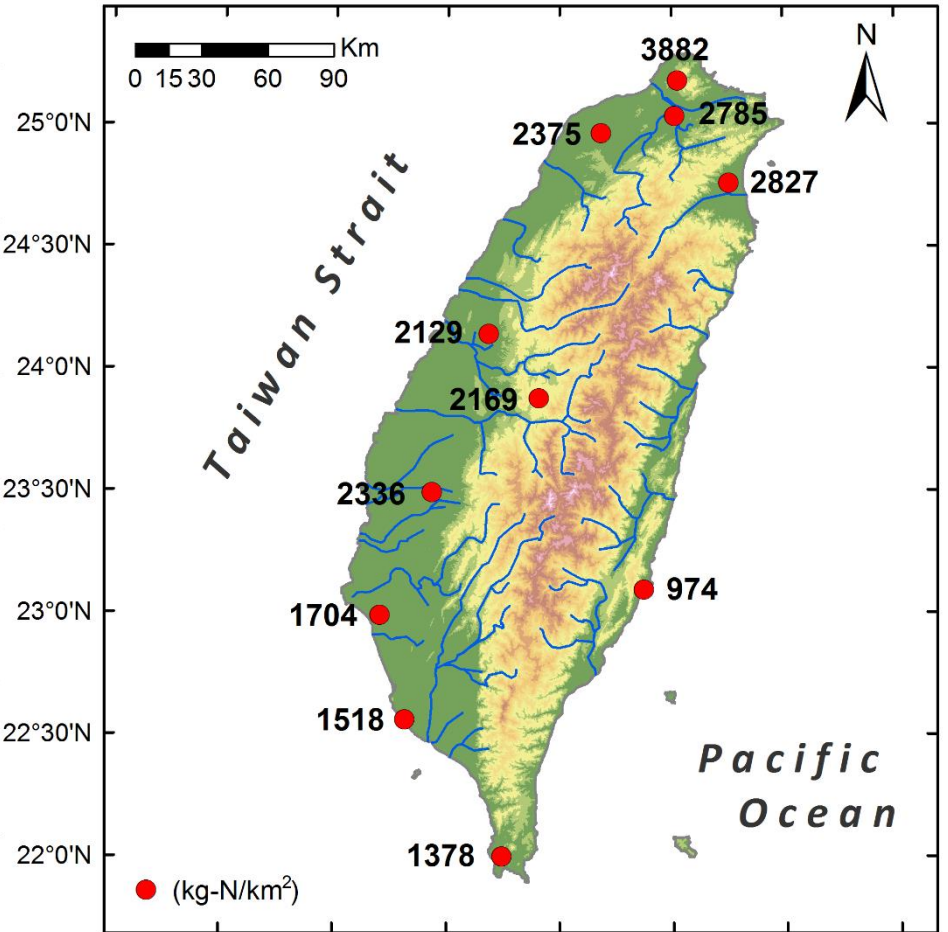
$IN_{dep}$ ,  $IN_{fer}$ , and  $IN_{fix}$  indicate the atmospheric deposition, fertilizer application, and biological fixation.



# 大氣 N 沉降



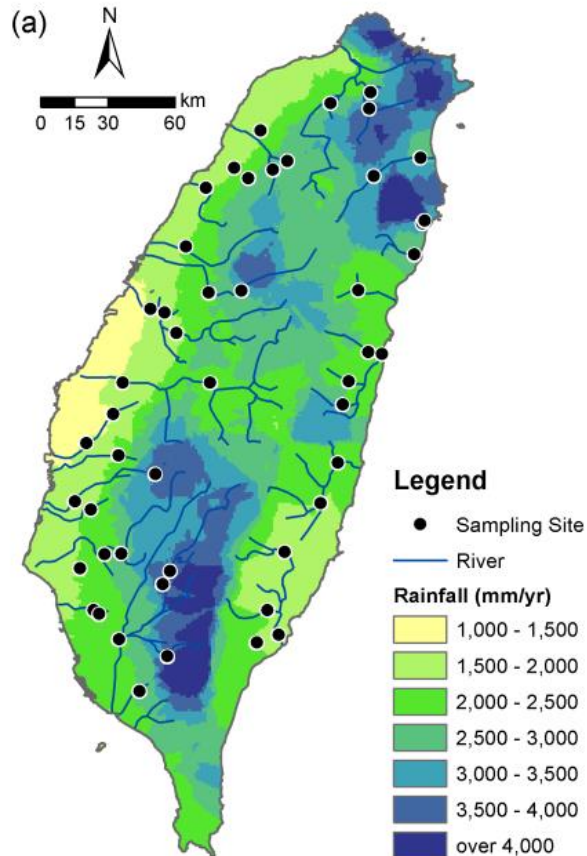
119°0'E 119°30'E 120°0'E 120°30'E 121°0'E 121°30'E 122°0'E 122°30'E



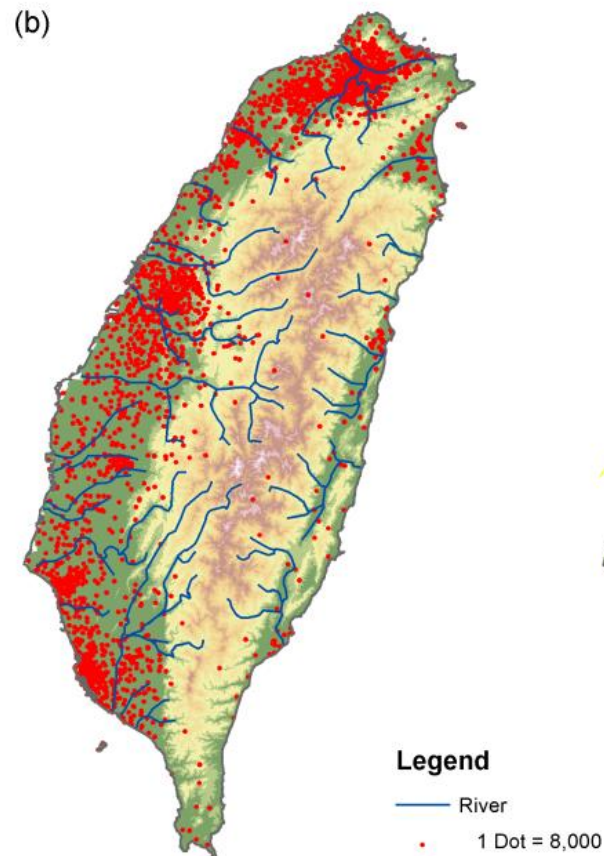
# 臺灣的環境設定



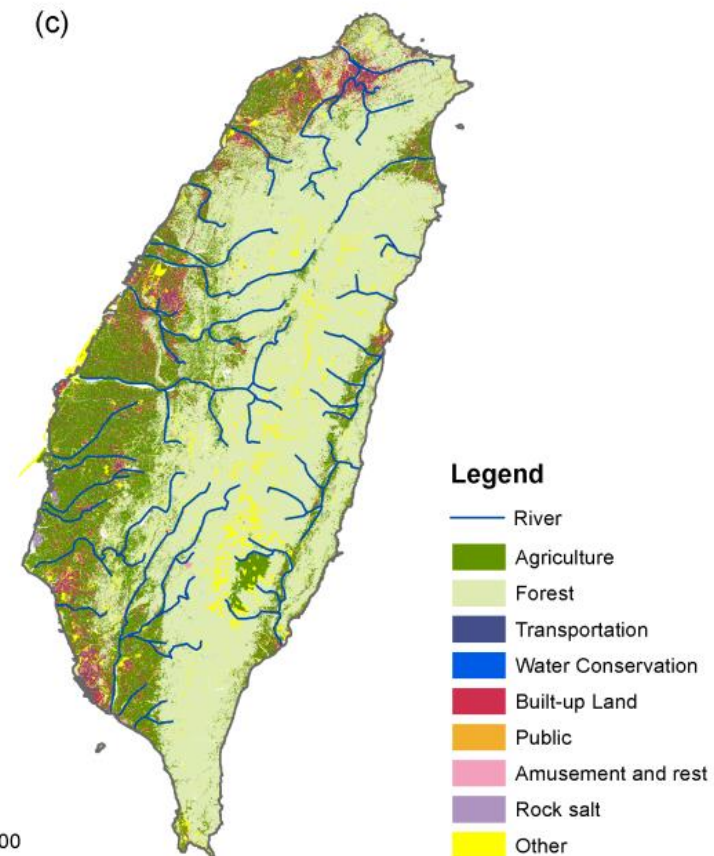
## Rainfall



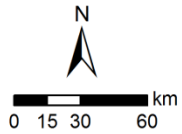
## Population



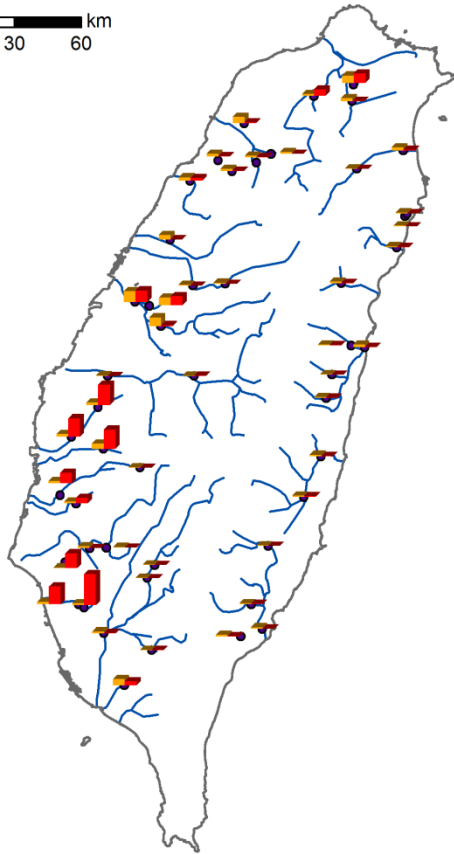
## Landuse



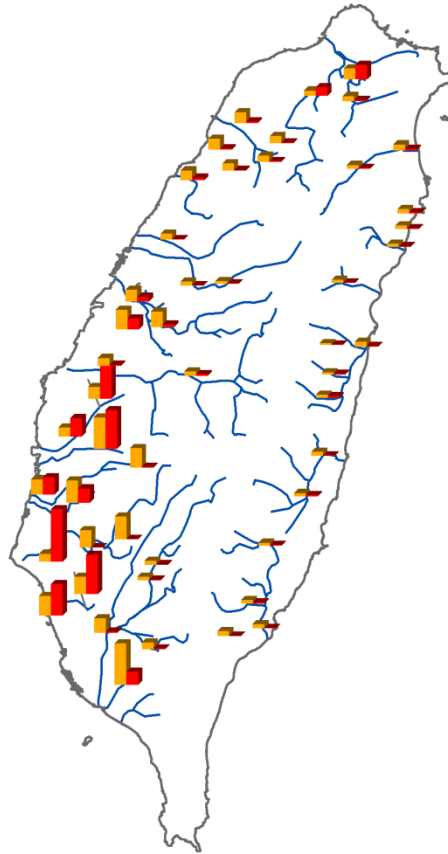
# NO<sub>3</sub> + NH<sub>4</sub> 輸出量



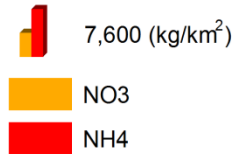
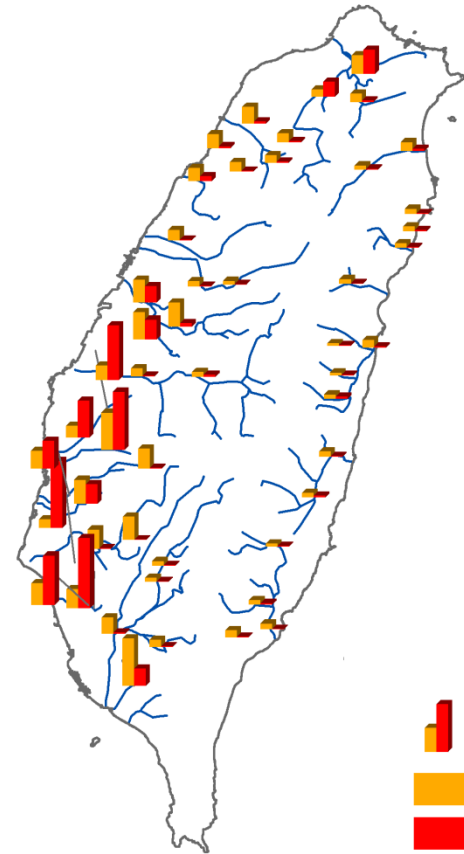
Dry Season



Wet Season



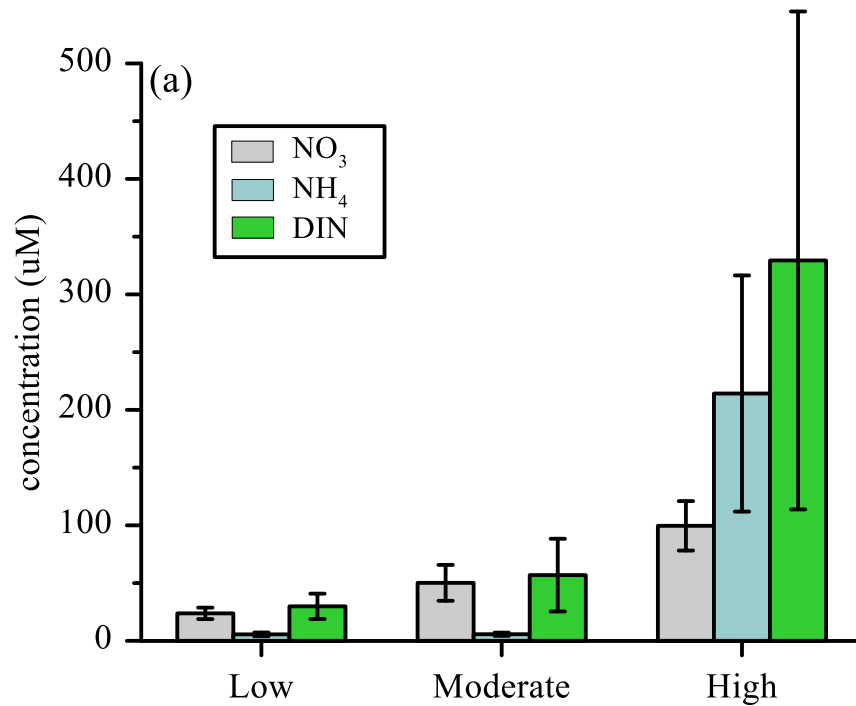
Annual



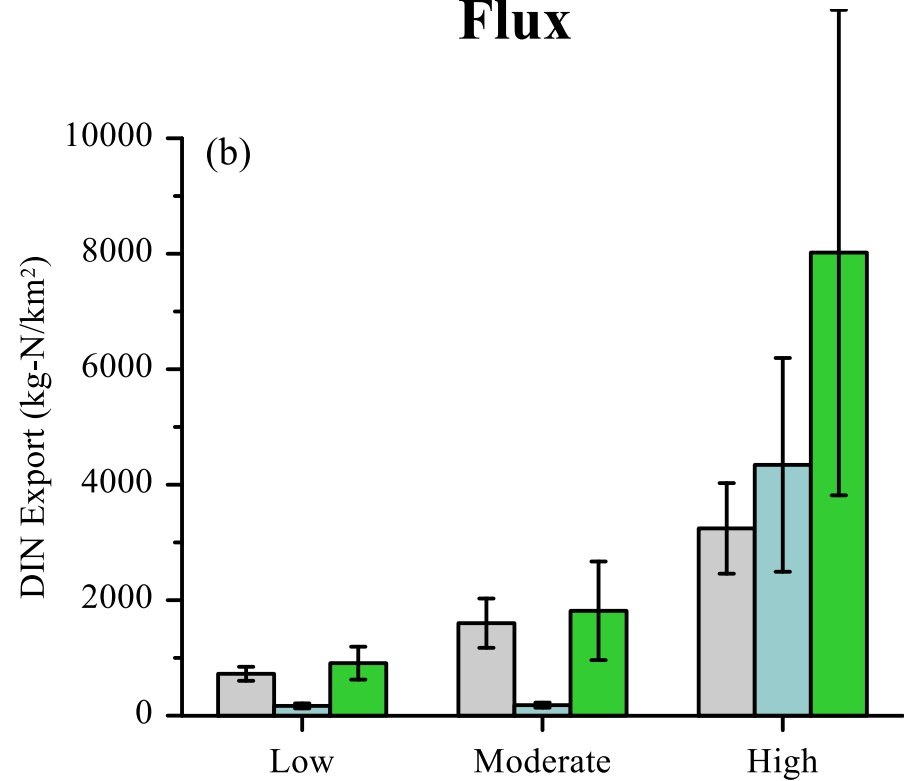
# 無機氮的濃度與輸出量



## Concentration



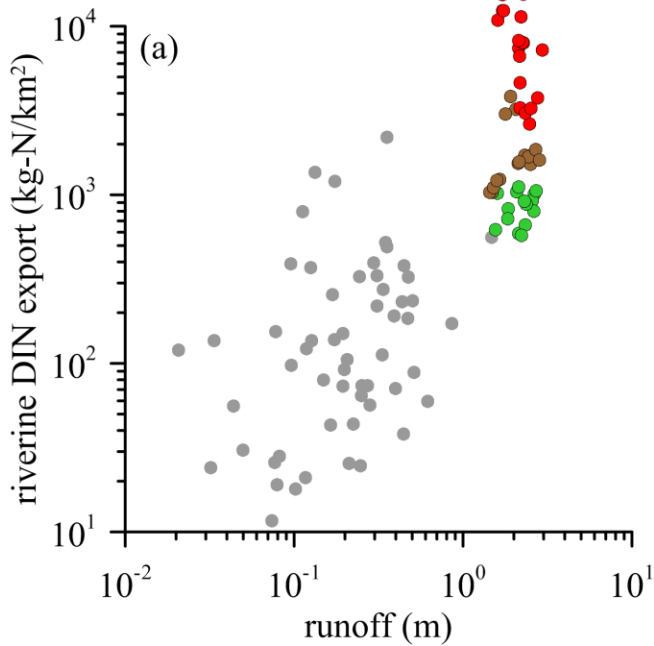
## Flux



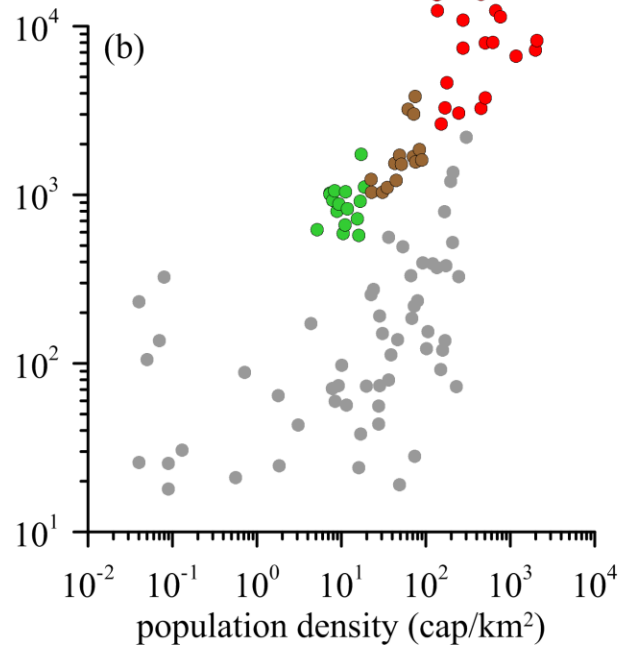
# 其他地區比較



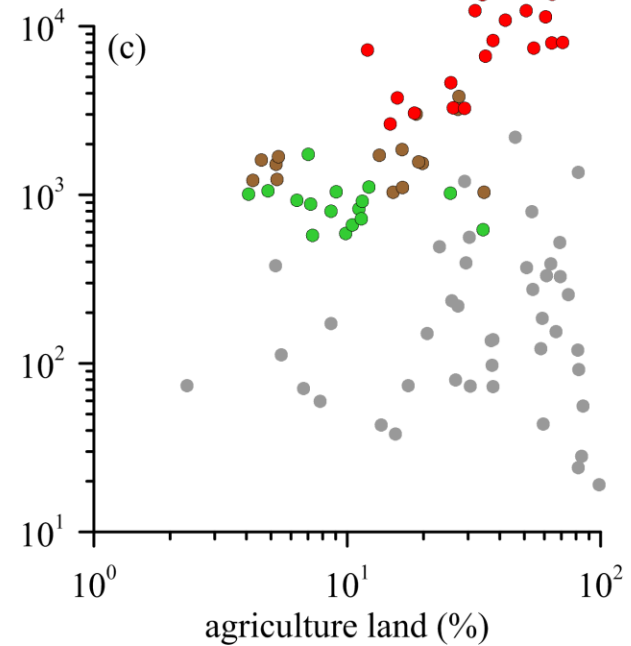
## Rainfall



## Population

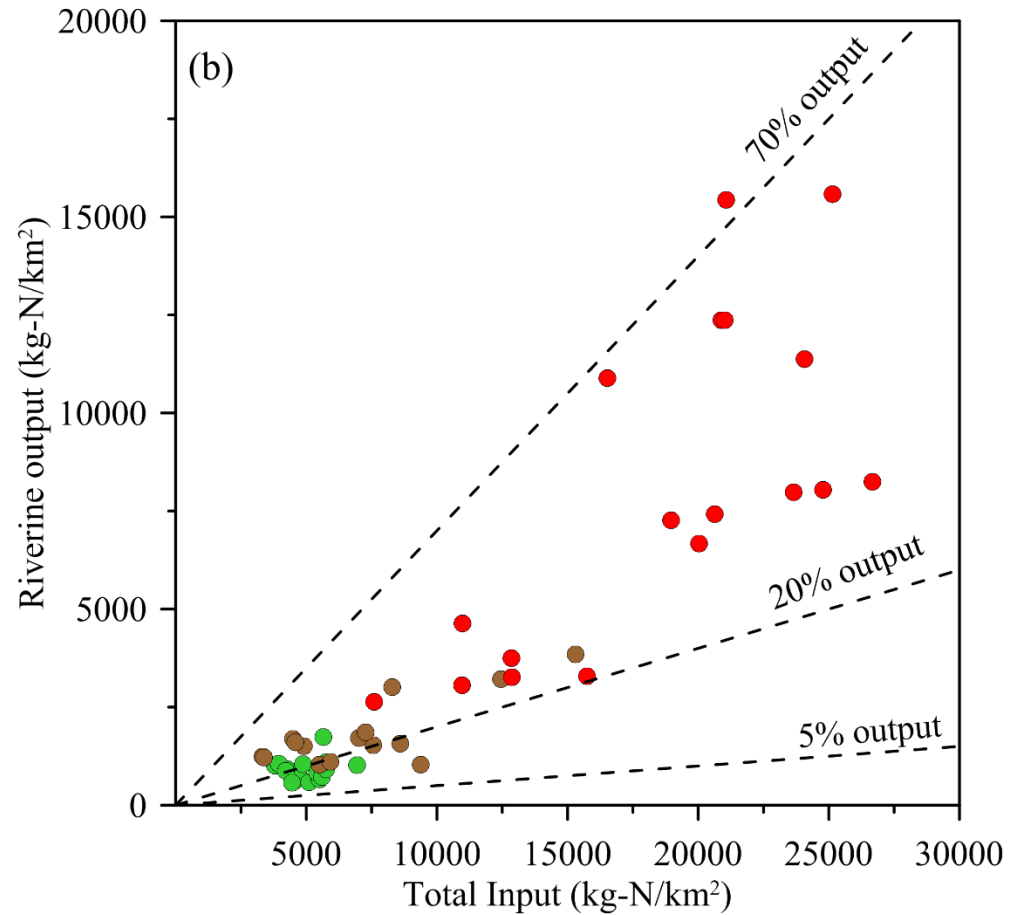
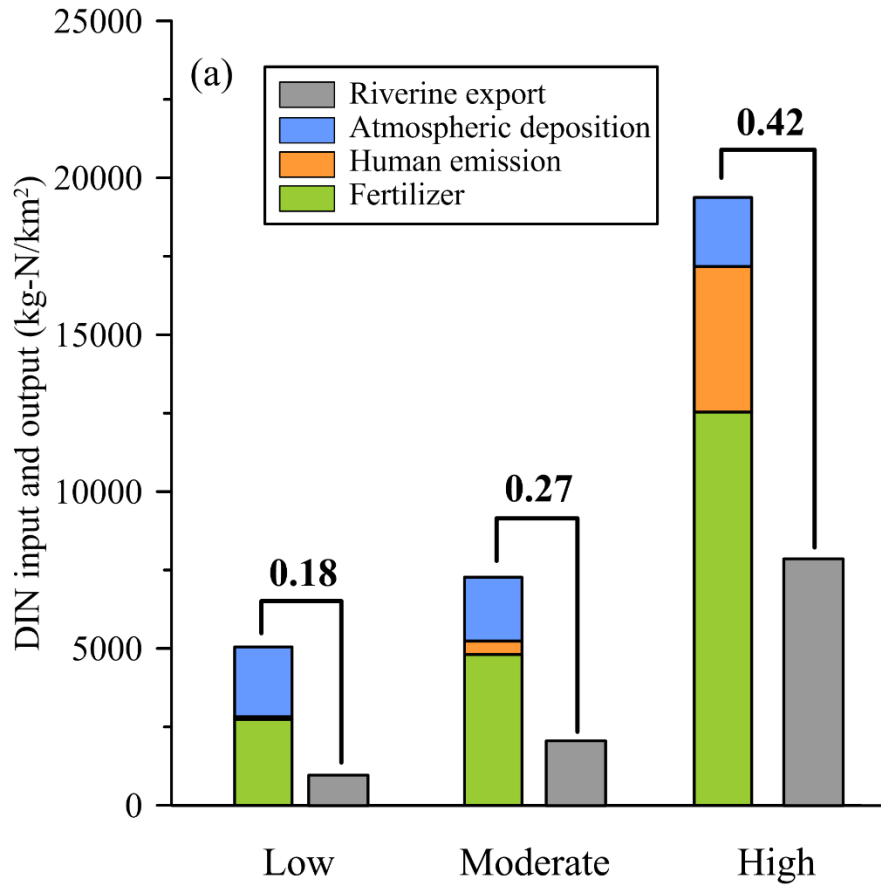


## Agriculture





# 來源組成與流出率

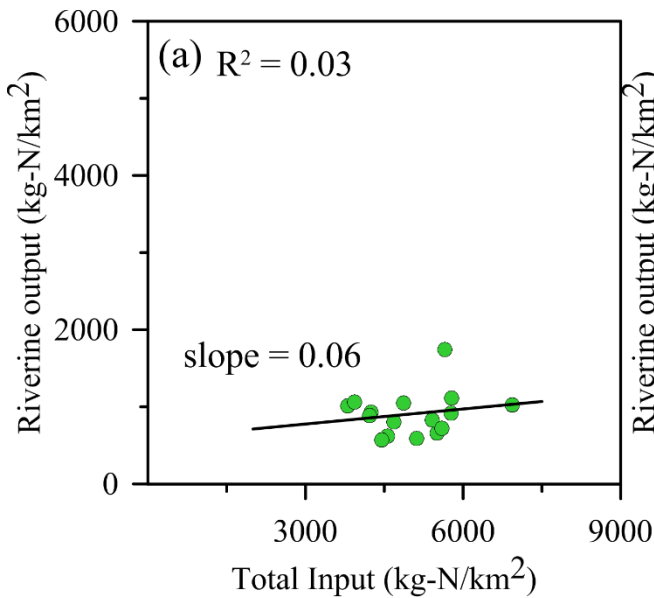


# 森林生態系有韌性！

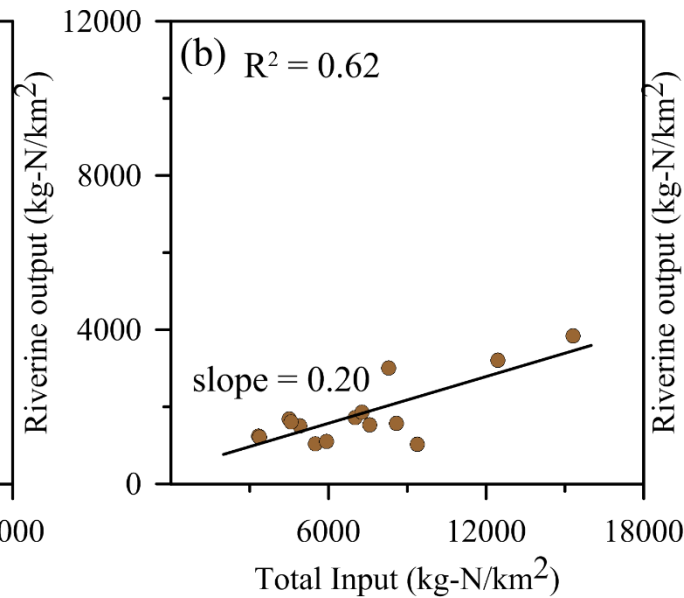


研究閾值可在收成量與環境衝擊之間找到平衡

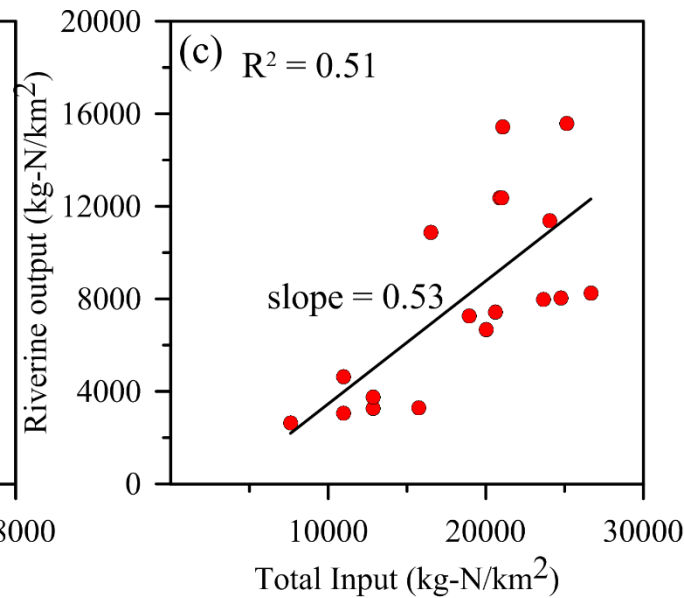
Low disturbed



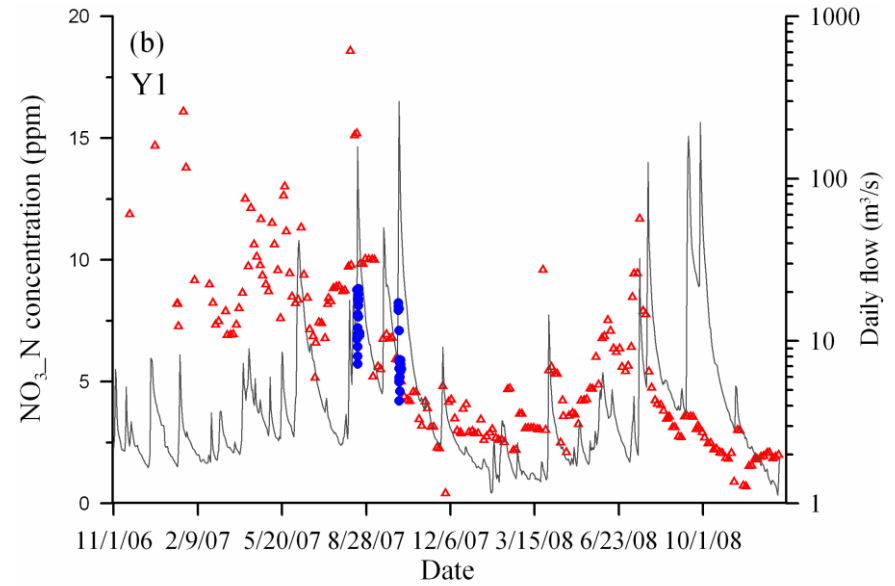
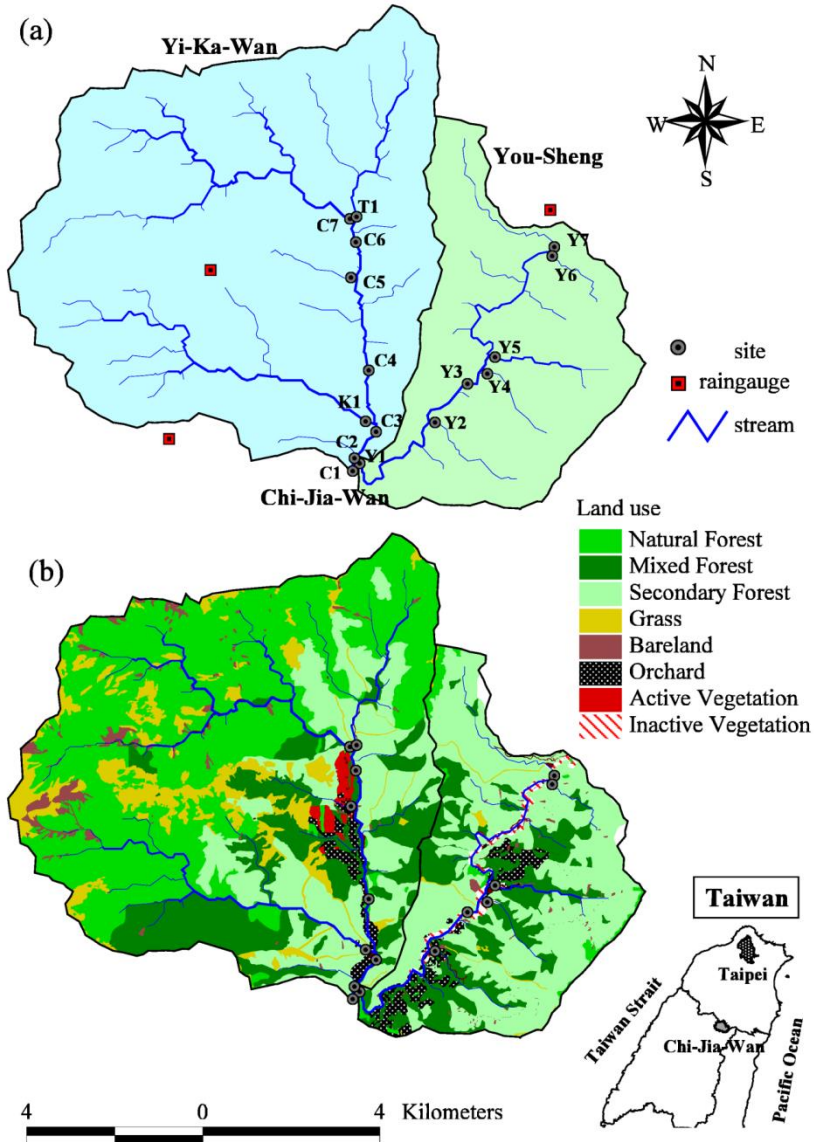
Moderate disturbed



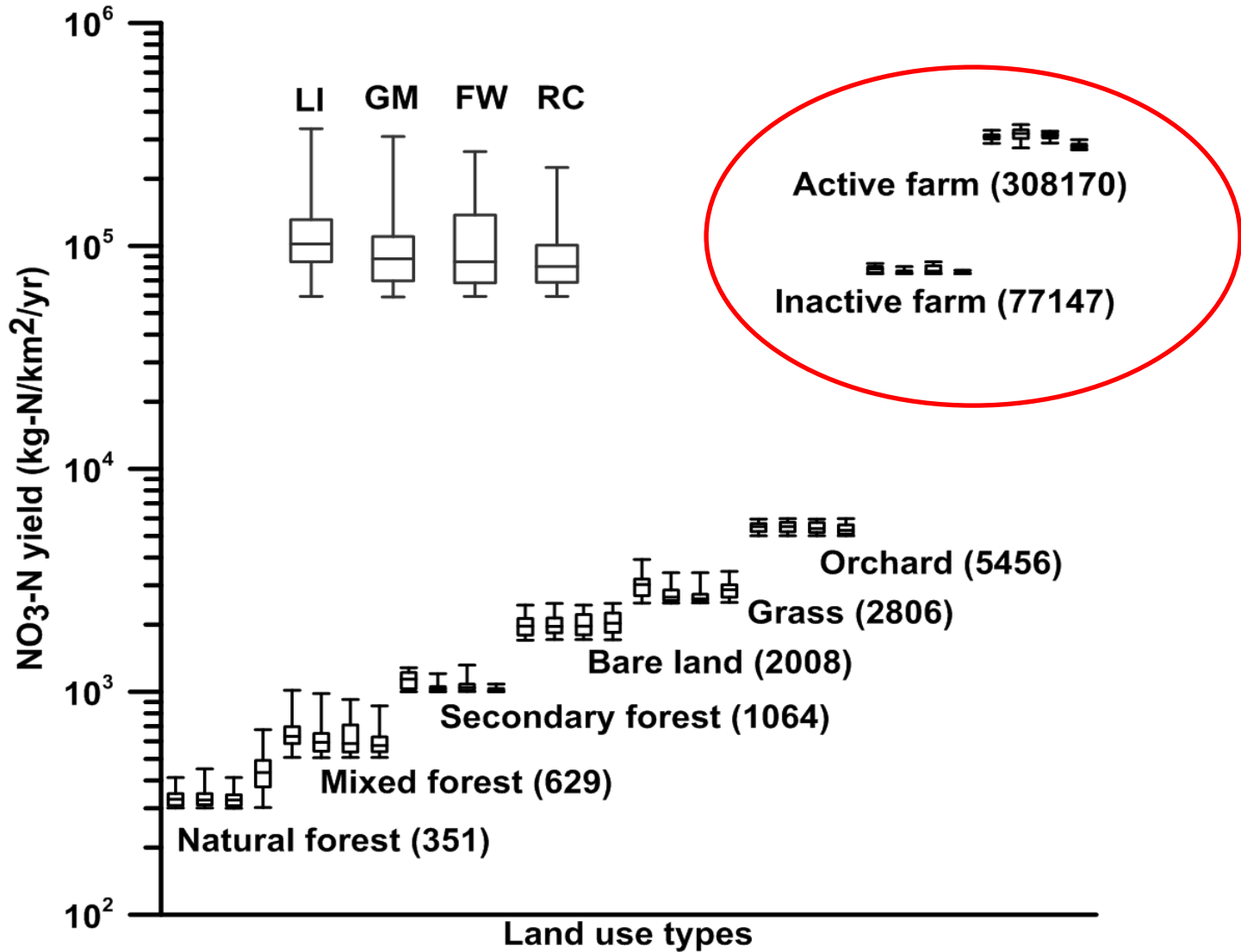
Highly disturbed



# 高冷蔬菜 – 有勝溪



# 各種土地利用的影響





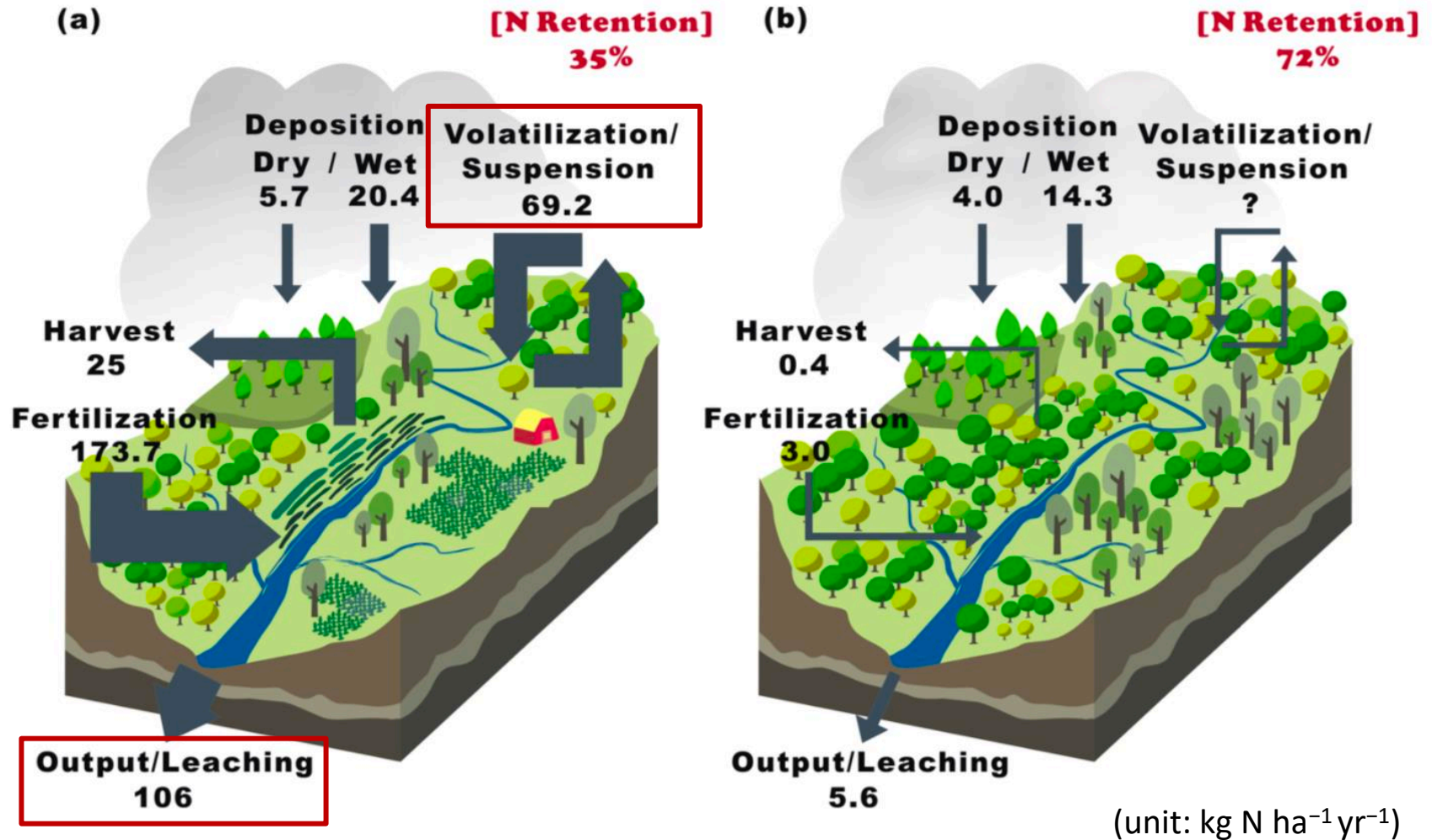
# 坪林樣區介紹

- 約施用 $1.8 \text{ Mg ha}^{-1}$ 的有機複合肥料  
- 414 (N), 39 (P), 75 (K)  $\text{kg ha}^{-1}$





# 茶園過肥對集水區營養循環的影響



(Biological N fixation is not included in the diagram and its effects on N retention is described in the Discussion.)

# INCA Application



## Geography and Environmental Science

### INCA - Integrated Catchment Modelling

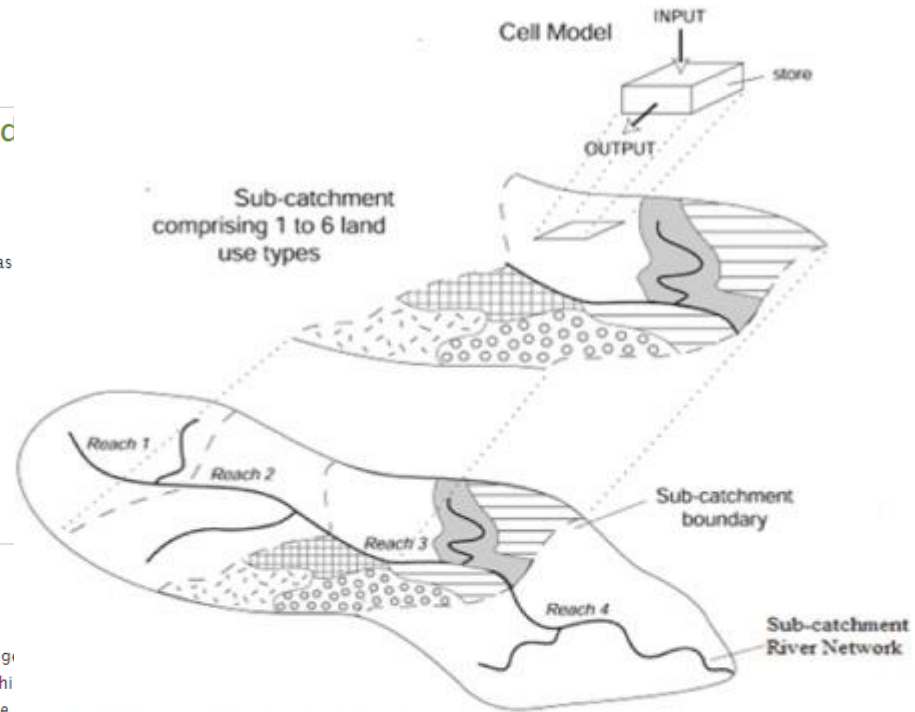
The INCA model was developed over 12 years as part of 2 EU funded projects (EU- INCA and [Eurolimpacs](#) and other projects funded by the Environment Agency, National Power, DEFRA, Natural England, English Heritage, EPSRC, ESRC and NERC, such as the [NERC LOCAR project](#).

INCA is a process based dynamic model representation of plant/soil system dynamics and instream biogeochemical and hydrological dynamics. The INCA model has been used to assess a wide range of environmental change issues in catchments including land use change, climate change and changing pollution environments including point and diffuse pollution. The model has been applied to a wide range of key European ecosystems.

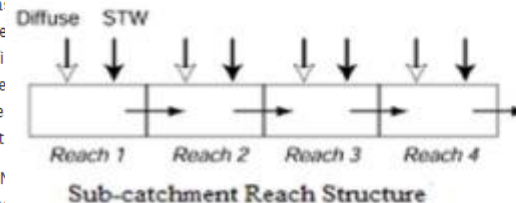
#### Overview

Across the European Union there are concerns about a wide range of pollutants that affect water resource systems as well as environmental change such as land use change and climate change reforms there has been changing agriculture and land use, and this Also, the Water Framework Directive will drive new policy over the change is beginning to alter hydrological regimes and temperature resources, river ecology, agriculture, terrestrial ecosystems and in lowland and upland fresh water systems can cause eutrophic growth. Such increases in growth are often viewed as a nuisance as at the expense of others and, within freshwaters, the microbial breeding can lower oxygen levels which is detrimental to invertebrate and fish freshwater eutrophication are usually associated with lowland, intensive fertilisers provide a significant source of N and P and/or urban effluent is discharged to the receiving watercourse and groundwater.

Whilst management strategies have been implemented to control pollution have tended to address single issues: either diffuse or point sources. However, the N concentrations and loads in rivers reflect the integrated sources: fertiliser inputs, atmospheric deposition and sewage discharge anthropogenic inputs are contributions from the vegetation and mineralisation (nitrification) of organic N in soils. Furthermore, the combination of the multiple catchment N sources has a downstream effect, influencing the options for further water utilization and

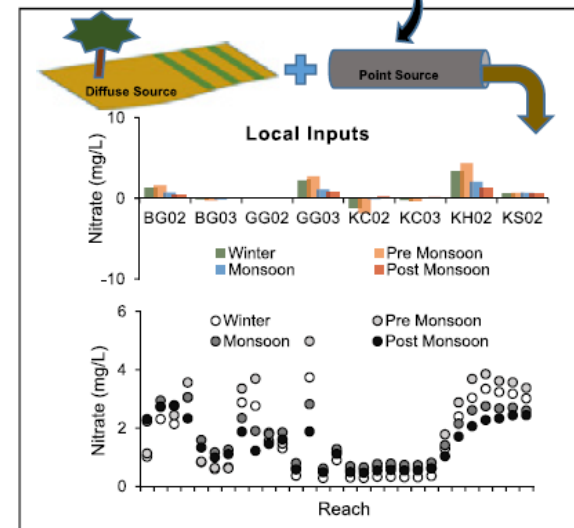
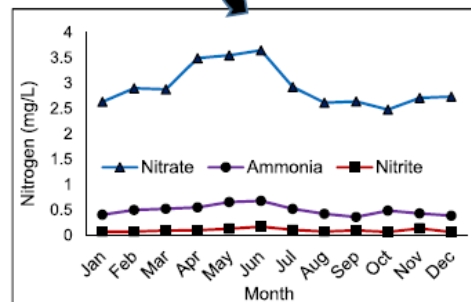
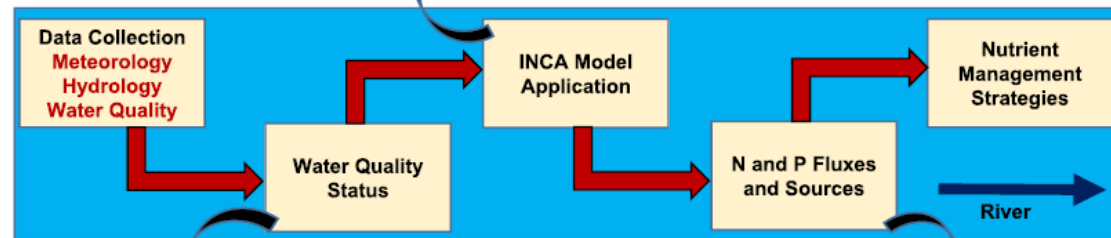
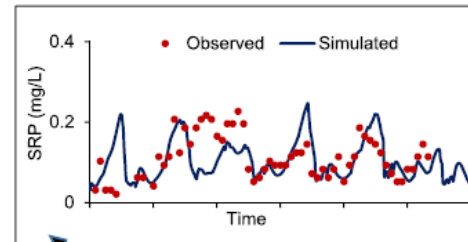


#### Link between diffuse and point sources and in-stream components at the sub-catchment level



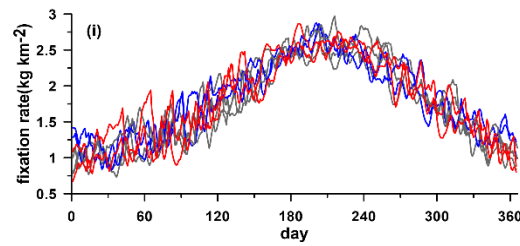
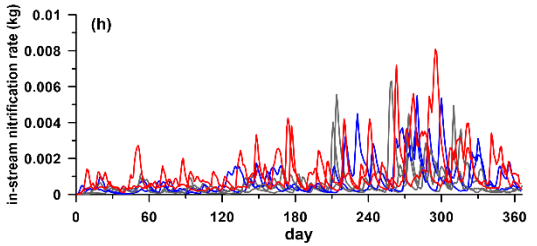
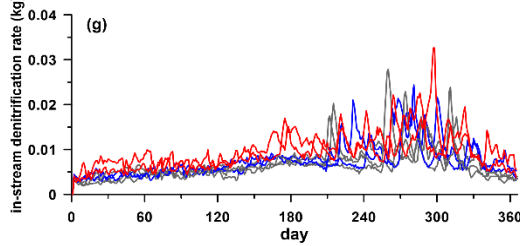
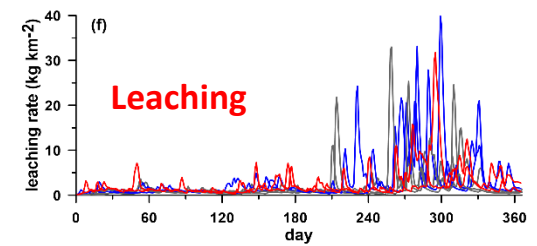
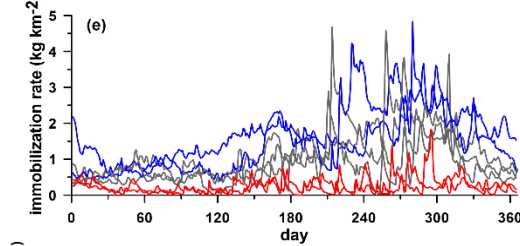
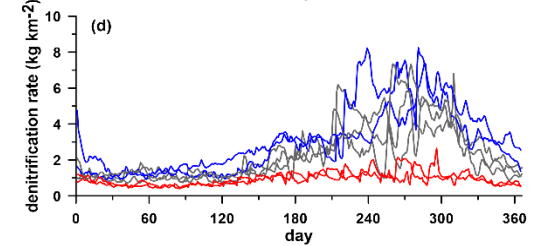
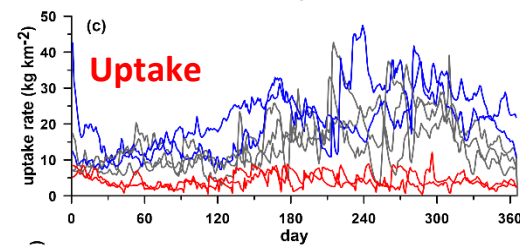
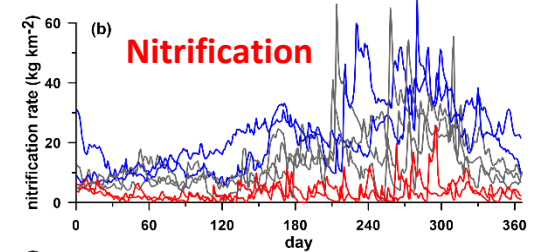
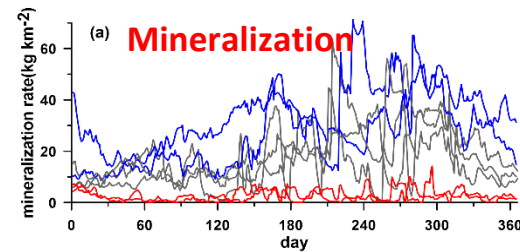
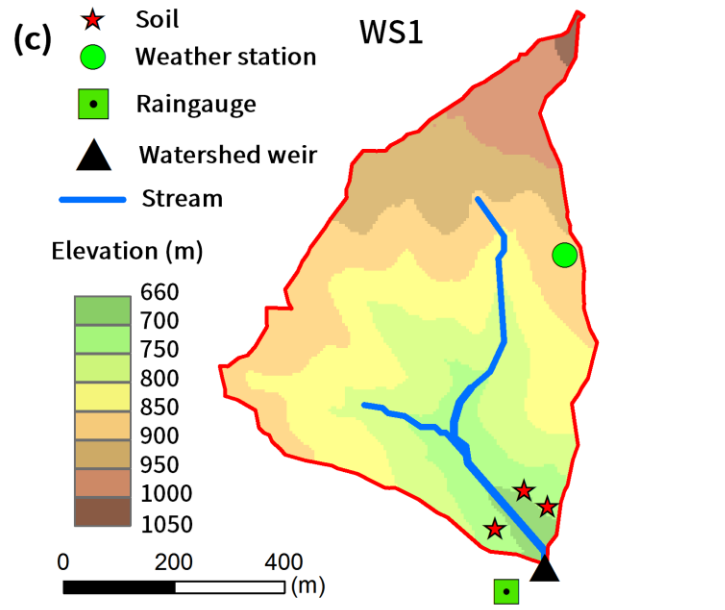
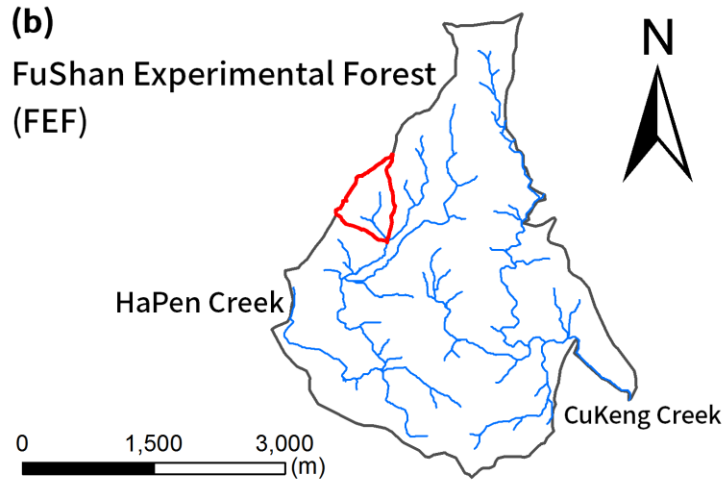
|                                         |
|-----------------------------------------|
| ◀ UoR Home                              |
| ◀ GES Home                              |
| Degree courses                          |
| Master's courses                        |
| PhD programmes                          |
| Research                                |
| Environmental Science Research Division |
| Human Geography Research Cluster        |
| Research Centres                        |
| Geographical papers                     |
| INCA catchment model                    |
| INCA methods                            |
| Versions and applications               |
| Case studies                            |
| Papers                                  |
| Water@Reading                           |
| Meet the team                           |
| Stories                                 |
| Short courses                           |
| Quest: our enterprise services          |
| News                                    |
| Events                                  |
| See also                                |

# INCA Application



Dr. Andrew Wade

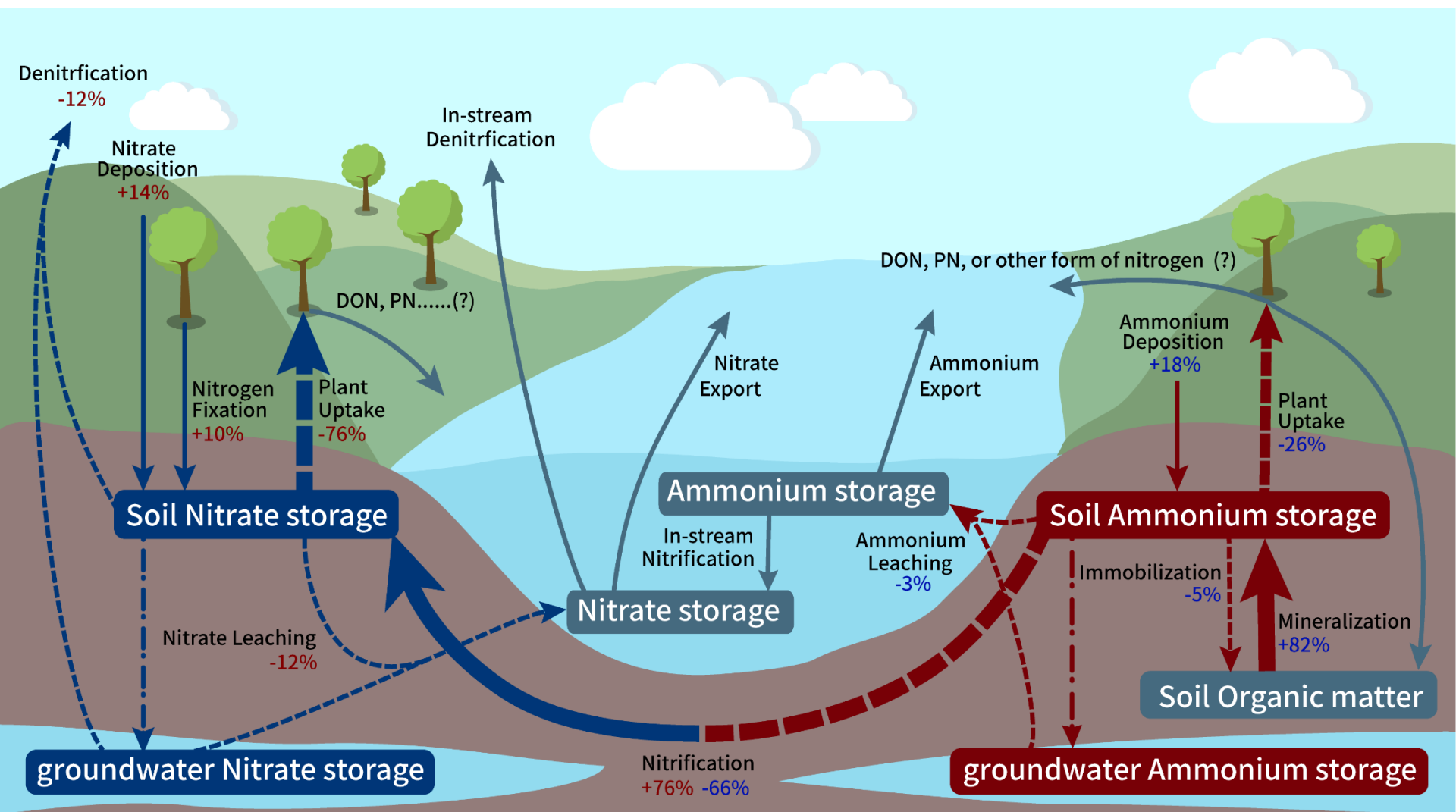
# Modeling work suggested:



— Wet (SMD<0.5)  
— Normal  
— Dry (SMD>0.9)



# 土壤轉化與植物吸收是關鍵





# 結 論



臺灣的山地集水區具有強大的吸收能力

氮肥對水質影響甚鉅，小面積的開發也不可掉以輕心

山地農業要小心氮肥往上、往下的逸散

要找農業部分攜手合作

# Thanks and Questions







2021臺灣國際水週國際論壇- 無可替代的水價值  
Irreplaceable water value international forum 2021



2021水庫集水區水質改善暨污染削減技術論壇  
水庫集水區農業非點源污染削減策略

◆ 簡報人：何嘉浚 教授

國立台灣科技大學營建工程系

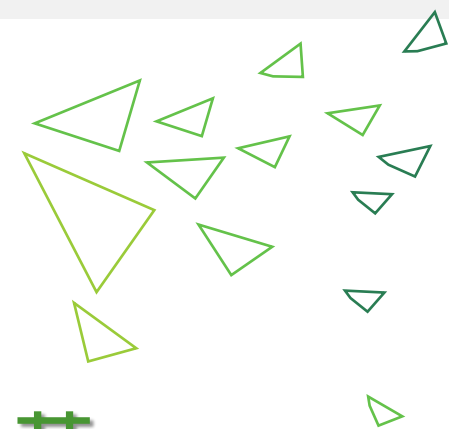
◆ 指導單位：經濟部水利署台北水源特定區管理局

2021/10/16





# 簡報大綱

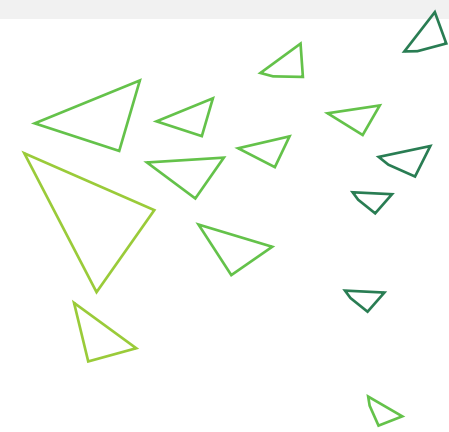


壹、翡翠水庫上游集水區非點源污染控制發展沿革

貳、茶園最佳化設計及施工規劃

參、坪林地區執行成果

肆、農業非點源污染削減未來佈局



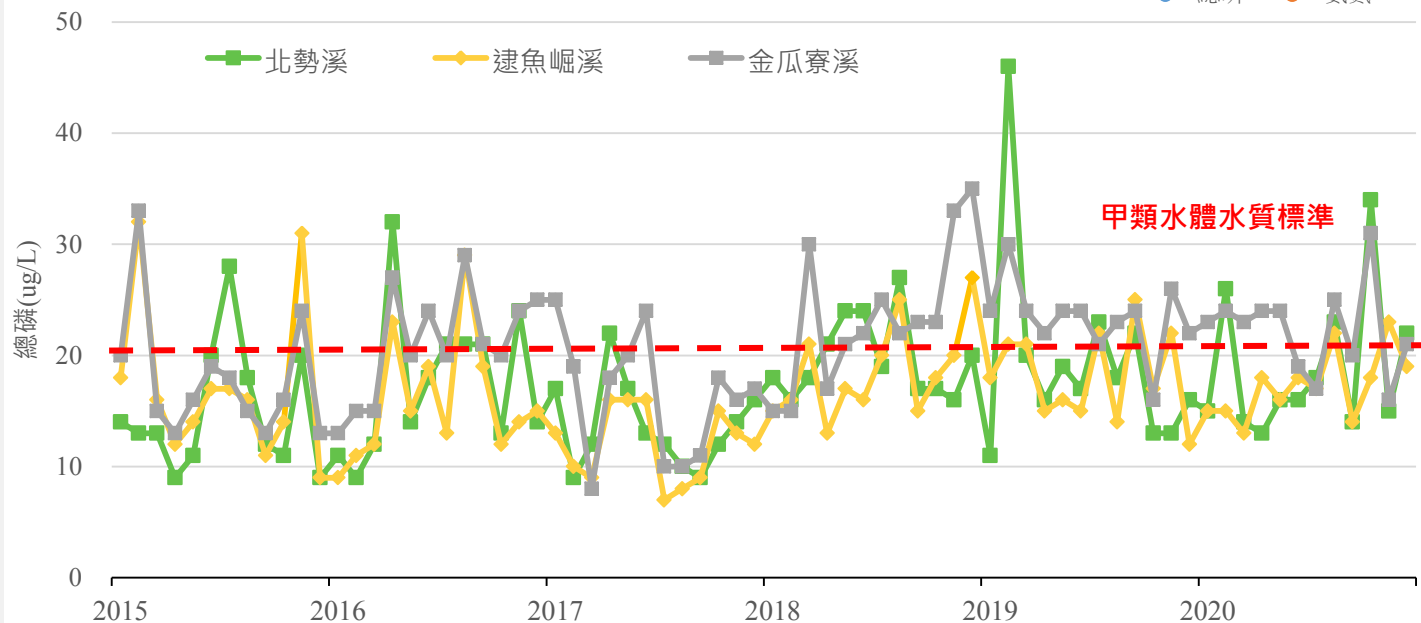
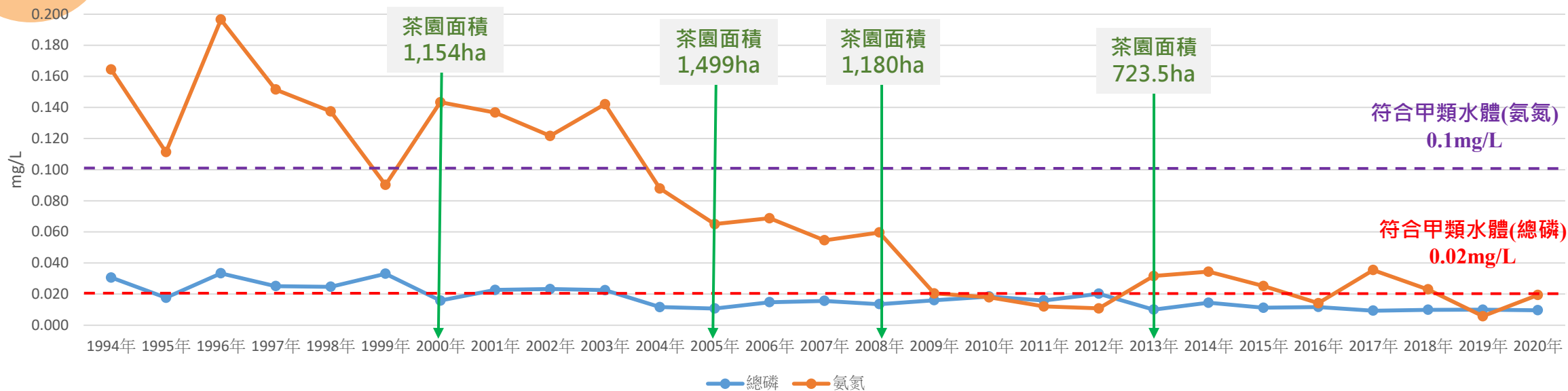
# 壹、翡翠水庫上游集水區非點源污染控制發展沿革





# 翡翠水庫水質現況

翡翠水庫





# 翡翠水庫上游集水區(坪林)非點源污染控制發展沿革

2005

The water quality model on reservoir watershed for NPS reduction using **HSPF** was created.

2008

Choose five sites to promote and design **BMPs**.

2009

The **BMP** guideline for tea garden was proposed.



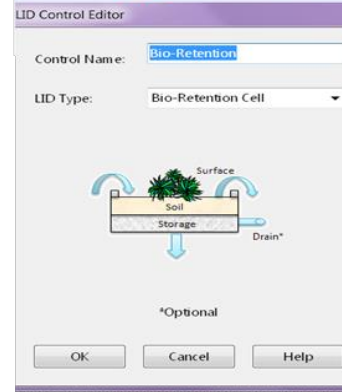
2011

Two **constructed wetlands** were built.



2012

Using **SWMM** water quality model cause of the **LID** Module.



2019 ~

- Promote and build a LID model area in Taiwan
- Set short, medium and long-term reduction strategies

**BMPs**

Best management practices  
最佳管理措施

2018

- Optimized design of LID.
- Modularization bioretention cell.
- Adopt the different bioretention cell to local condition.

2016-2017

The conservation plan (III) of WRATB was proposed.

2015

- One pilot bioretention cells were built in Peishin River basin.
- The policy of using LID to reduce NPS of tea garden was confirmed.

2014

Five pilot bioretention cells were built in Daiyujue River basin.

2013

Two pilot bioretention cells were built in Jingualiau River basin.

**LID**

Low impact development  
低衝擊開發

規 劃 期

試 驗 期





# 最佳管理作業

## Best Management Practices(BMPs)

✓ 渡南橋人工濕地



✓ 永安生態緩衝帶



✓ 打樁編柵生態護坡



✓ 小格頭生態浮島



✓ 仁里坂濕地



✓ 坪林污水場出流水生態淨化

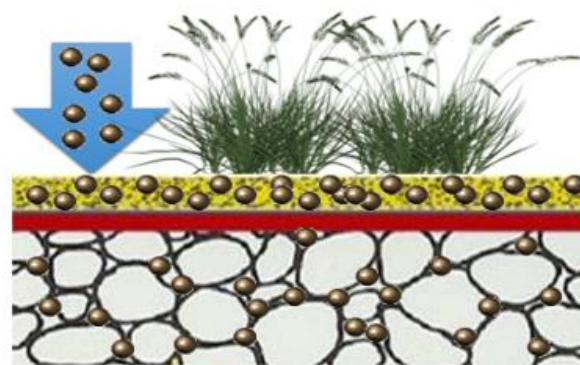
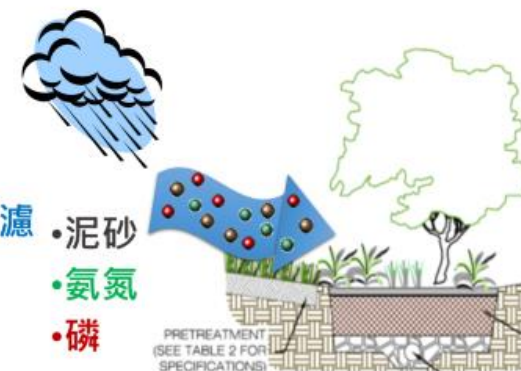
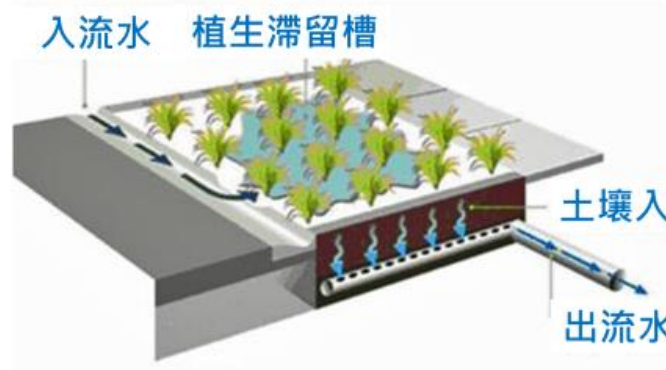
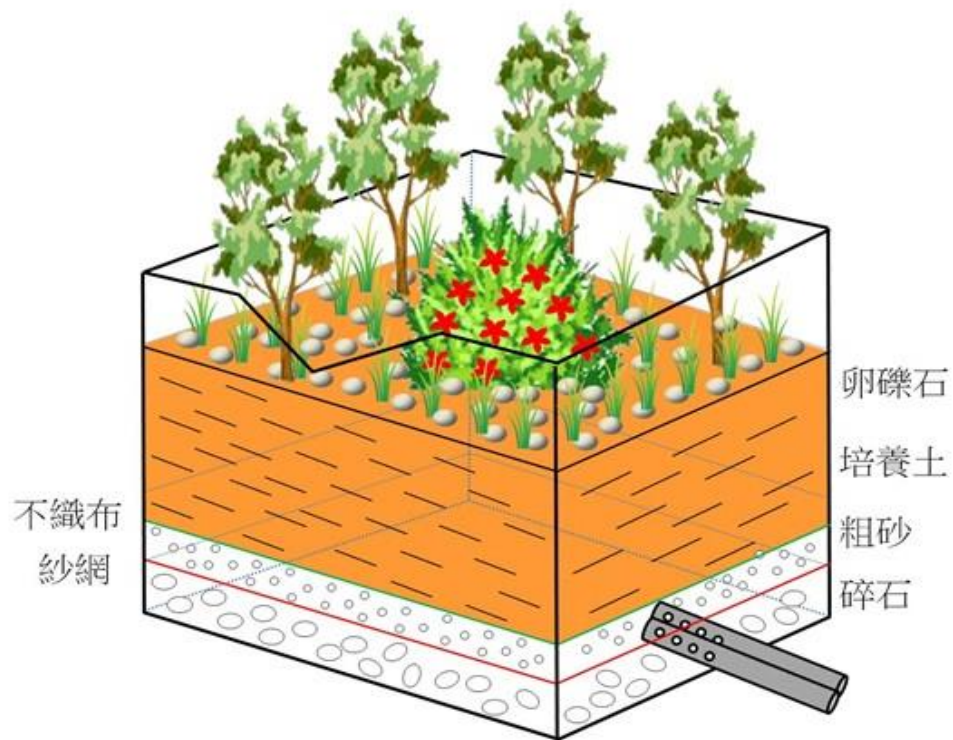




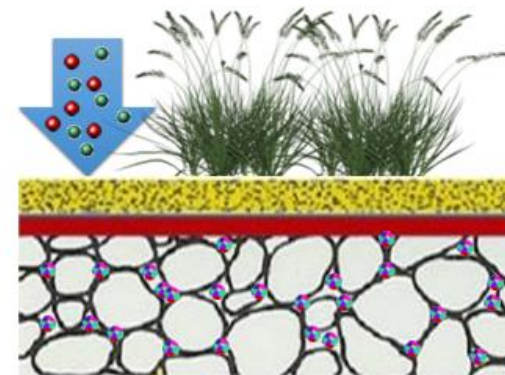


# 低衝擊開發Low Impact Development(LID)

## -植生滯留槽(bioretention)



含泥砂污水被土壤及不織布攔阻



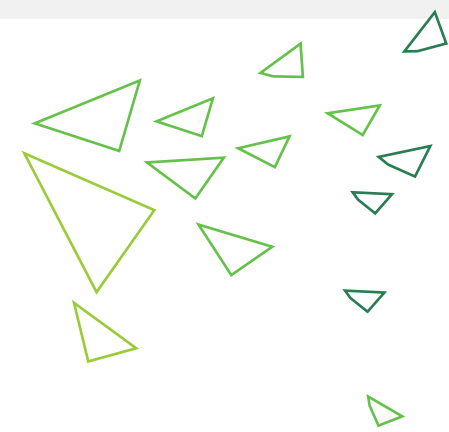
含氨氮及磷污水被微生物菌反應分解並被植物吸收

- 結合物理性、化學性與生物性過濾的暴雨逕流收集與污染削減之設施。
- 不僅可以收集地表逕流水，降低尖峰流量，內部材料也能淨化水質。





## 貳、茶園最佳化設計及施工規劃





# 茶園最佳化設計及施工規劃

➤ 利用SWMM以最佳化設計原則(TMDL污染分配)與步驟



| 金瓜寮溪<br>目標<br>水質達成率 | 平均TP負荷<br>量 | TP需削減<br>量 | 單位茶園TP<br>削減量 | 達成目標所需LID數量       |
|---------------------|-------------|------------|---------------|-------------------|
|                     | ( kg/yr)    | (kg/yr)    | (g/ha-yr)     | (m <sup>2</sup> ) |
| 80.3%(2018)         | 534.74      | -          | -             | -                 |
| 85%(短期)             | 518.22      | 16.52      | 270           | 350               |
| 90%(中長期)            | 508.36      | 26.38      | 326           | 600               |

短期  
目標

將金瓜寮溪流流域水質年達成率由  
80.29%提升至85%

長期  
目標

將金瓜寮溪及北勢溪流流域水質年  
達成率提升至90%



# 茶園最佳化設計及施工規劃

- 依據最佳化設計原則(TMDL污染分配)與地主溝通協調，配合其現地施工及後續維護管理步驟

現地勘查

確定LID設置  
位置

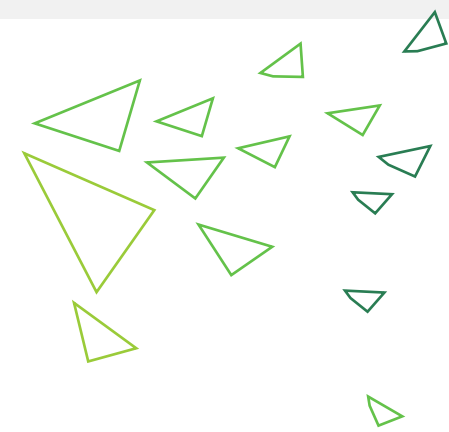
與地主溝通協調  
並簽署合作同意書

現地施工

後續維護管理  
及水質採樣







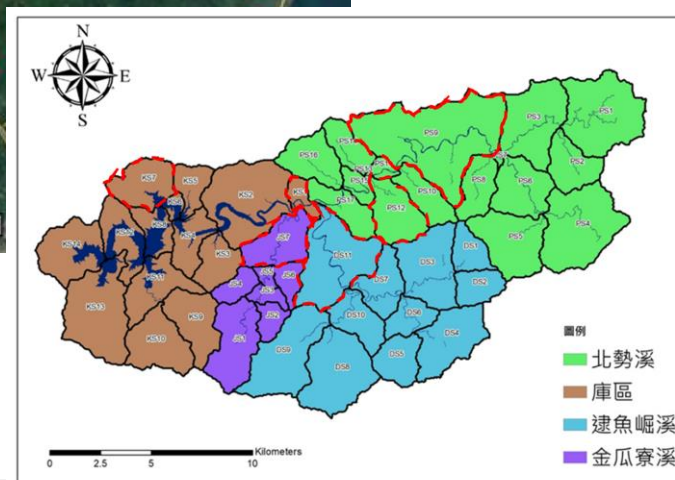
## 參、坪林地區執行成果





# 坪林地區執行成果

- 103年-110年設置於**翡翠水庫集水區**內有**49處場址**共**89平方公尺**，**金瓜寮溪流**域(38處)、**鯪魚堀溪流**域(5處)、**北勢溪流**域(5處)、**翡翠水庫保護帶**(1處)，**水質達成率為81.4%**。







# 坪林地區執行成果

## ➤ 植生滯留槽樣式類型

### 植生滯留槽整體應用

#### 塑膠桶槽體



- 入流口與出流口高程差明顯
- 無特殊條件

#### 塑膠布槽體



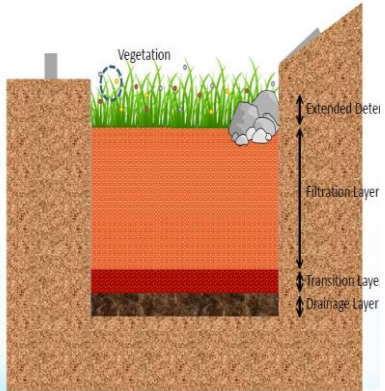
- 茶園集水區面積大
- 地主可設置面積大
- 槽體尺寸因地制宜

#### 單元模組槽體



- 茶園污染貢獻高
- 需頻繁維護

#### 入滲型槽體



- 入流口與出流口無明顯高程差
- 不須設出流管

#### 河階型槽體



- 茶園鄰近河岸
- 河灘地**足夠**
- 可與河岸護岸工程結合
- 茶園整體污染削減

標準型





# 坪林茶園LID示範場址



102-104年



107年起







# 坪林地區執行成果

## ➤ 施工流程







# 坪林地區執行成果

## ➤ 已完工之植生滯留槽







# 維護管理

- 須定期進行維護作業，包括茶園排水路、植生滯留槽高程、植栽、護土用不織布、調配土、入出流管等材料設備維護，並配合填寫維護管理表單



入流流徑清淤及卵石清洗



設施表面之堆積物清除



枯枝、枯葉修剪



出流口阻礙物清除



入流口之淤泥清除



場址 維護日期 場址編號  
金瓜寮溪 2020/06/21 BR-J-011 維護表送出 維護表查詢  
茶園負責人 維護管理人 填表時間  
林怡萱 2020/06/22

| 檢核設施  | 檢核項目               | 維護頻率   | 完成維護                                                          | 維護日期       | 說明     | 選擇檔案 | 未選擇...檔案 | 選擇檔案 | 未選擇...檔案 |
|-------|--------------------|--------|---------------------------------------------------------------|------------|--------|------|----------|------|----------|
| 入流排水路 | 暢通排水路              | 每月一次   | <input checked="" type="radio"/> 是<br><input type="radio"/> 否 | 2020/06/21 | 目前無堵塞  | 選擇檔案 | 未選擇...檔案 | 選擇檔案 | 未選擇...檔案 |
|       |                    | 暴雨過後   | <input checked="" type="radio"/> 是<br><input type="radio"/> 否 | 輸入維護日!     | 輸入說明   | 選擇檔案 | 未選擇...檔案 | 選擇檔案 | 未選擇...檔案 |
| 槽體表面  | 落葉及雜草清除            | 不定期    | <input checked="" type="radio"/> 是<br><input type="radio"/> 否 | 2020/06/21 | 已清除落葉  | 選擇檔案 | 未選擇...檔案 | 選擇檔案 | 未選擇...檔案 |
|       | 淤積土砂清除             | 每月一次   | <input checked="" type="radio"/> 是<br><input type="radio"/> 否 | 2020/06/21 | 外層土砂已! | 選擇檔案 | 未選擇...檔案 | 選擇檔案 | 未選擇...檔案 |
|       |                    | 暴雨過後   | <input checked="" type="radio"/> 是<br><input type="radio"/> 否 | 輸入維護日!     | 輸入說明   | 選擇檔案 | 未選擇...檔案 | 選擇檔案 | 未選擇...檔案 |
|       | 研判不織布是否需要更換或卵石是否清除 | 每月一次   | <input checked="" type="radio"/> 是<br><input type="radio"/> 否 | 2020/06/21 | 輸入說明   | 選擇檔案 | 未選擇...檔案 | 選擇檔案 | 未選擇...檔案 |
| 植栽生長  |                    | 暴雨過後   | <input checked="" type="radio"/> 是<br><input type="radio"/> 否 | 輸入維護日!     | 輸入說明   | 選擇檔案 | 未選擇...檔案 | 選擇檔案 | 未選擇...檔案 |
|       | 生長情況維護             | 不定期    | <input checked="" type="radio"/> 是<br><input type="radio"/> 否 | 2020/06/21 | 植物生長良好 | 選擇檔案 | 未選擇...檔案 | 選擇檔案 | 未選擇...檔案 |
| 調配土層  | 植物修剪及枯枝剪除          | 每月一次   | <input checked="" type="radio"/> 是<br><input type="radio"/> 否 | 2020/06/21 | 已修剪枯枝  | 選擇檔案 | 未選擇...檔案 | 選擇檔案 | 未選擇...檔案 |
|       | 土壤更換               | 2~3年一次 | <input checked="" type="radio"/> 是<br><input type="radio"/> 否 | 2020/06/21 | 輸入說明   | 選擇檔案 | 未選擇...檔案 | 選擇檔案 | 未選擇...檔案 |
| 出流排水管 | 堵塞檢查               | 每月一次   | <input checked="" type="radio"/> 是<br><input type="radio"/> 否 | 2020/06/21 | 無堵塞    | 選擇檔案 | 未選擇...檔案 | 選擇檔案 | 未選擇...檔案 |

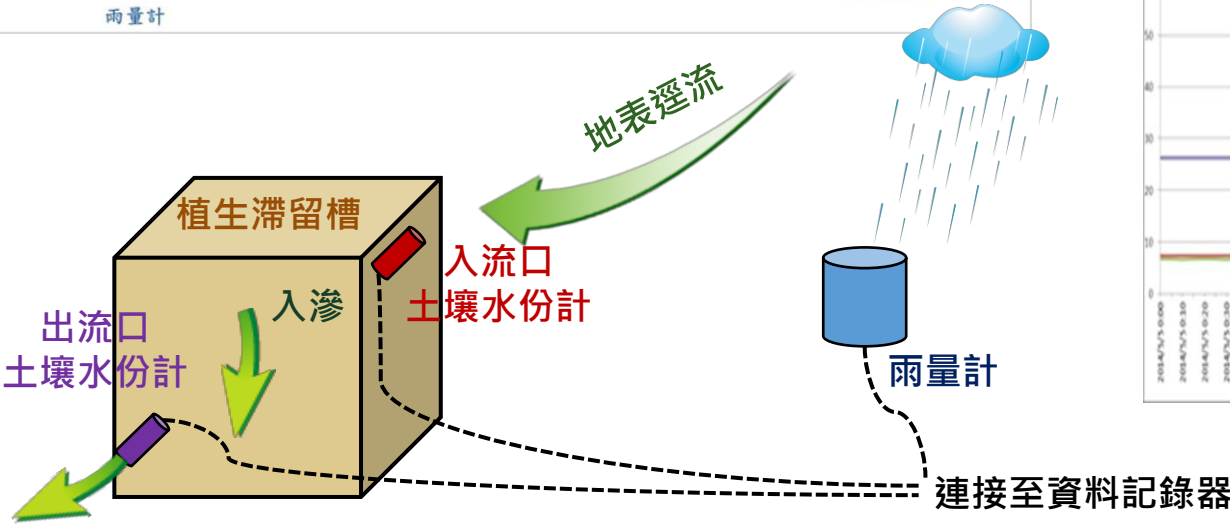
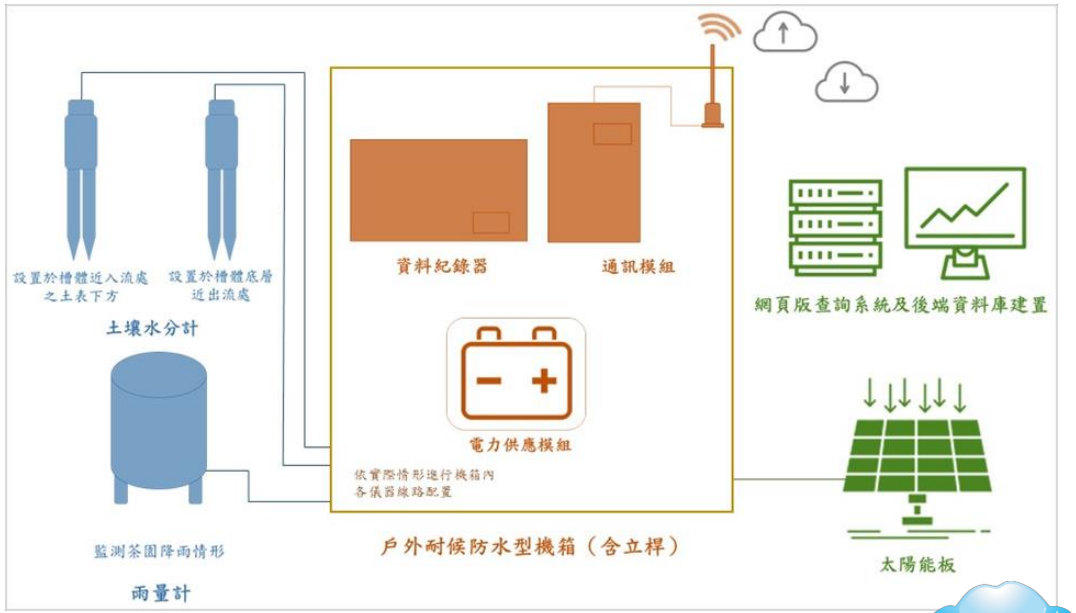
填寫維護表單



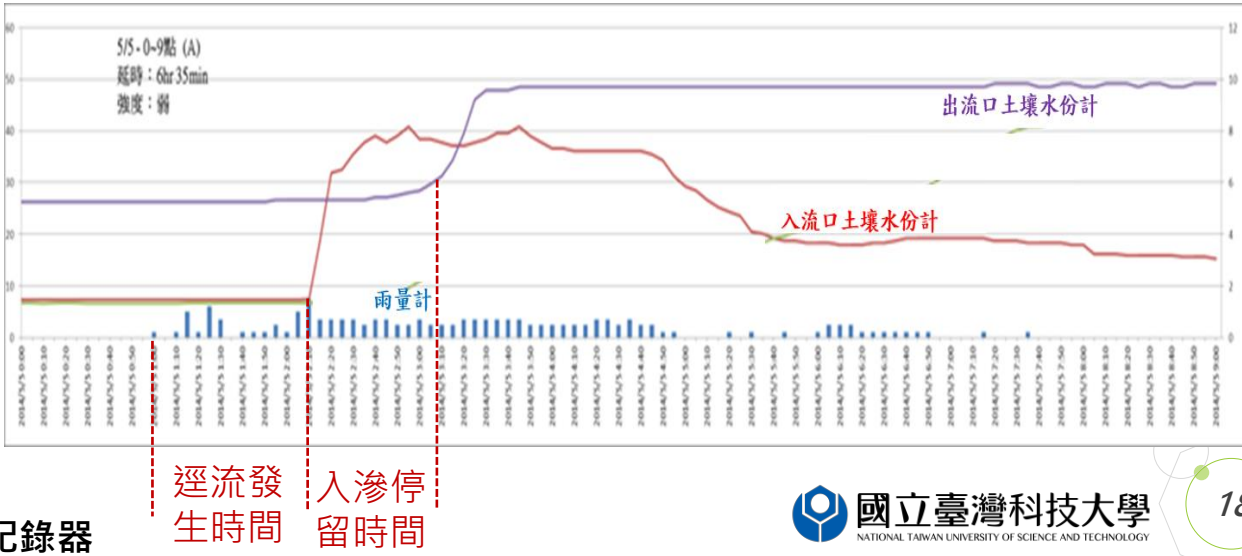


# 維護管理

## ➤ 茶園LID設施及其物聯網監測系統維護管理門檻值



- **雨量計**: 開始產生暴雨逕流的累積雨量，並得知從開始降雨至流入LID所需的時間。
- **土壤水份計**: 藉由土壤水份變化速率，推測雨水從入流口至出流口流出所需的時間(水力停留時間)，透過長期的監測便得知水力停留時間是否有因LID的使用時間而增加。
- 若超過增加至門檻值，則表示該系統內部已產生阻塞，如此一來便需進行LID的維護甚至重新設置內填料







# 維護管理

## ➤ 茶園LID設施及其物聯網監測系統維護管理門檻值



金瓜寮段33、34、35地號茶園 (108年)

【109年共計量測32場降雨，其中7場有產生明顯地表逕流】



金瓜寮段44-1地號茶園 (109年)

【109/12/24完成驗收，110年開始監測數據】

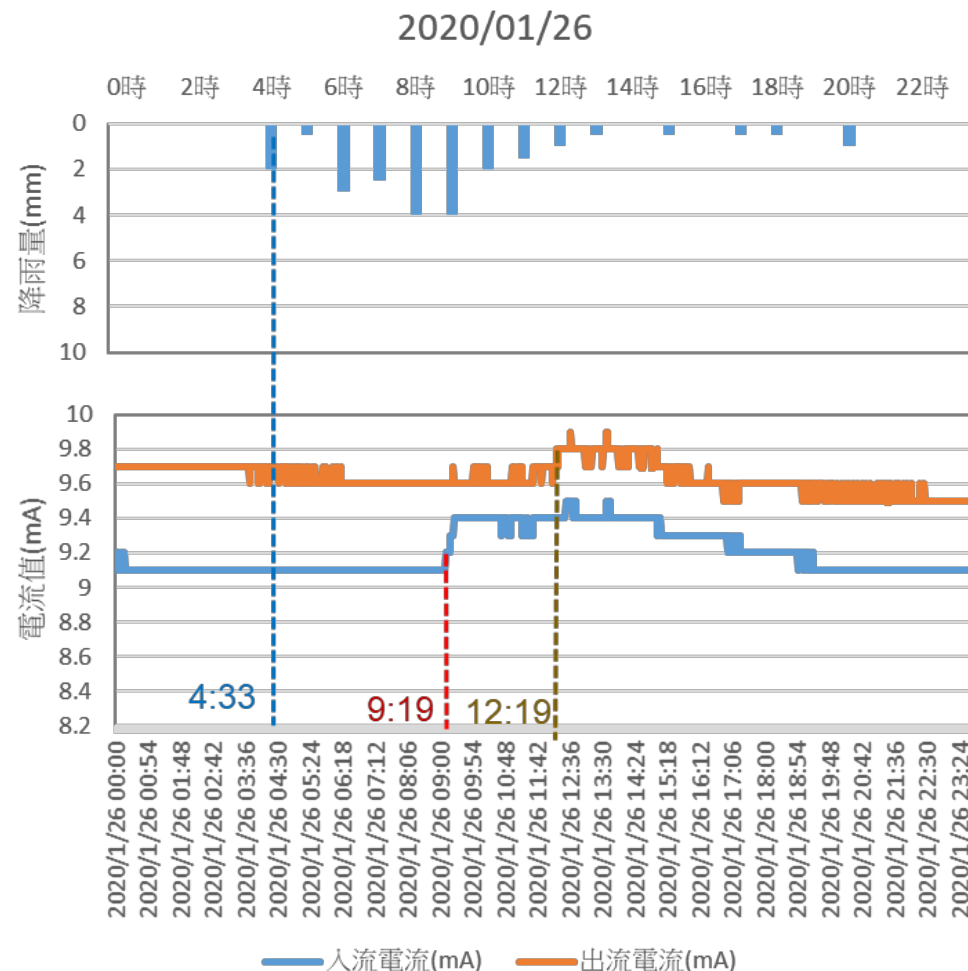


# 維護管理

## ➤ 茶園LID設施及其物聯網監測系統維護管理門檻值

累積降雨量  $\geq 16 \text{ mm}$

- 以2020/01/26之降雨事件為例，該事件為本年度七場有效降雨(產生地表逕流)的事件中，降雨強度最小的一場降雨。
- 坪林地區茶園欲發生地表逕流所需的降雨量至少達 **16mm**。
- 植生滯留槽土壤介質層厚度約60cm，換算其滲透係數約  $20\text{cm/hr}$  ( $k=5.6 \times 10^{-3} \text{ cm/sec}$ )，為合理範圍，表示內部並未被阻塞。該設施係於2018年11月完工施工完成。  
以滲透係數( $k \leq 10^{-3} \text{ cm/sec}$ )為判定植生滯留槽是否阻塞之門檻值，推求上下層之土壤水分計變化的時間差值，**至少應大於16.6小時**，若大於16.6小時則需針對植生滯留槽進行人工巡查及維護管理。





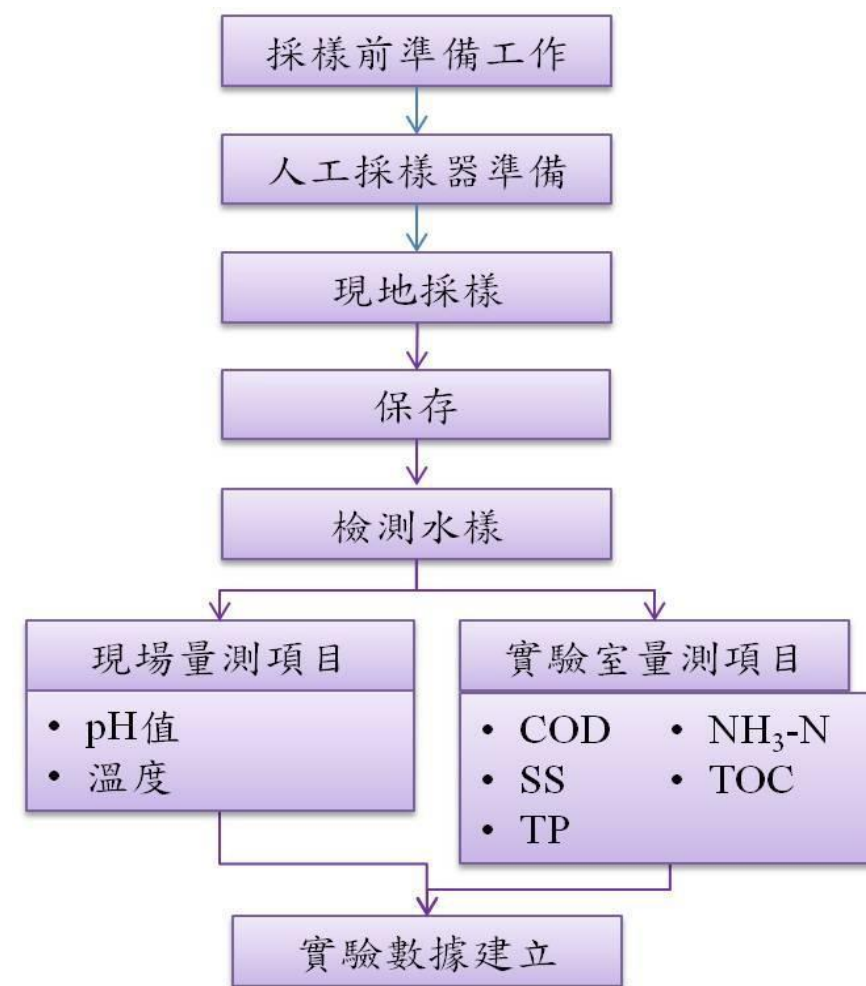


# 既有之LID設施進行污染削減成效評估及檢討



## 採樣條件

1. 總雨量至少在**15** mm上，平均值正負25%以內為主
2. 先前48小時未下達10 mm以上之降雨
3. 暴雨之延時應較集水區之集流時間為長(明顯產生地表逕流)
4. 選擇暴雨事件時，亦應注意事件之雨量強度及延時之代表性

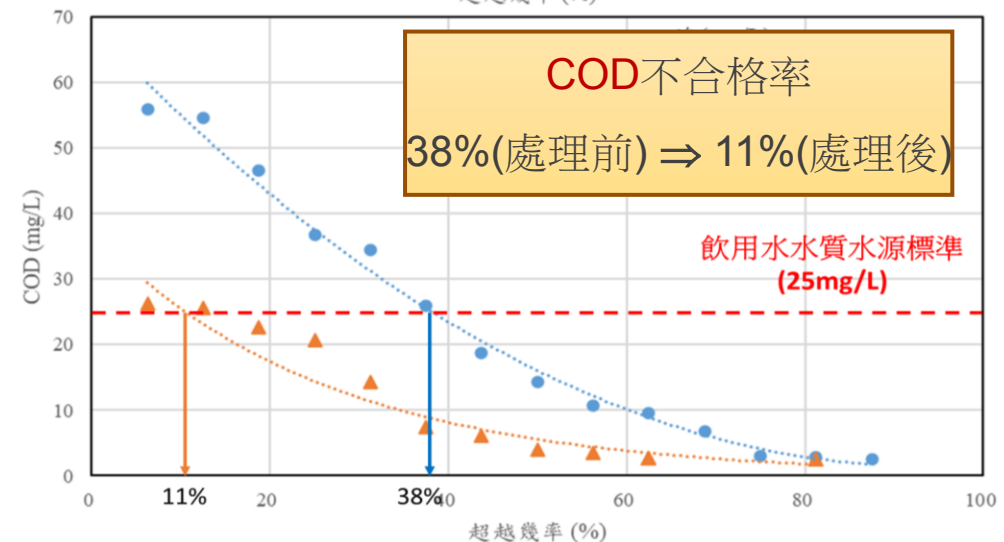
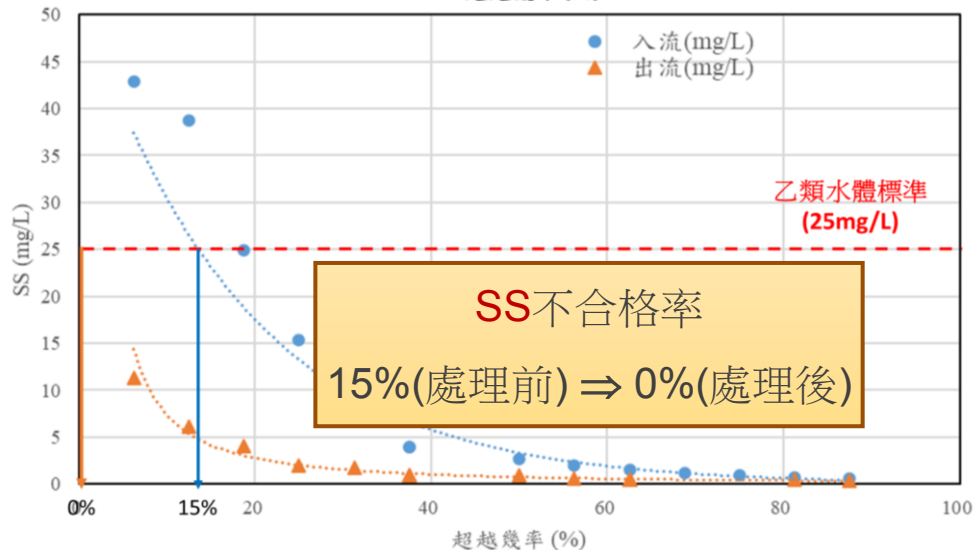
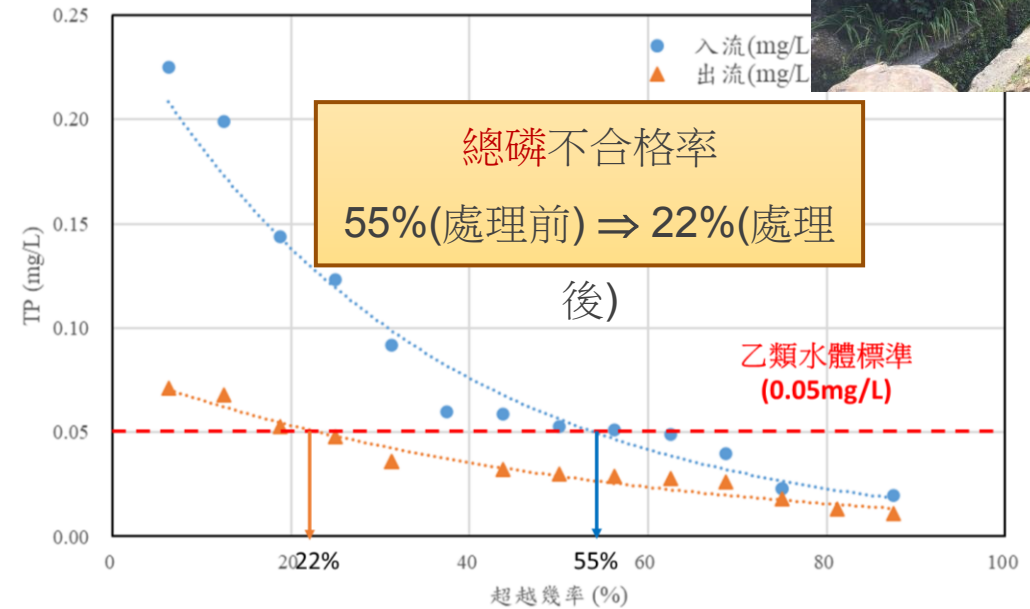
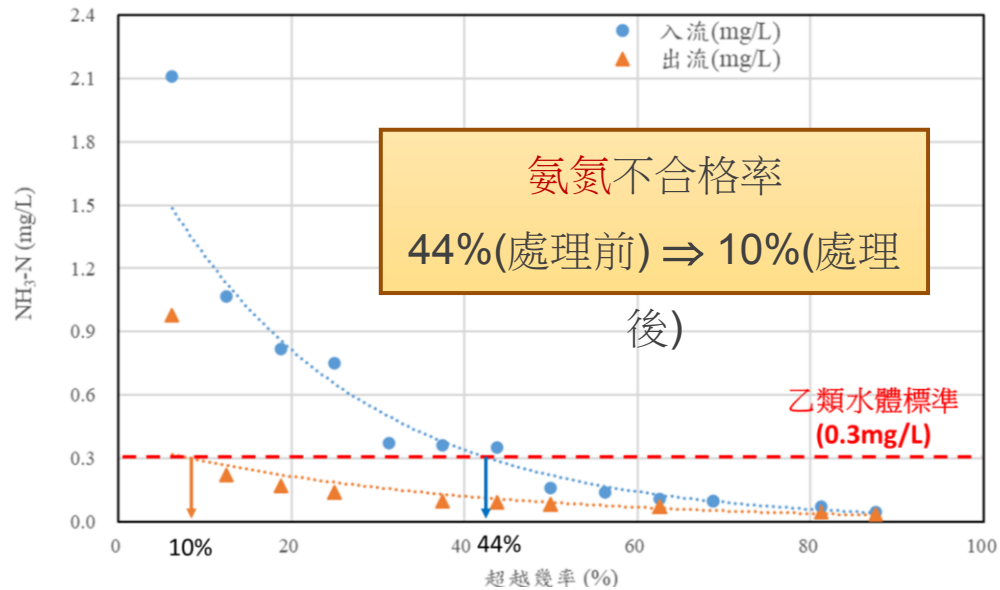


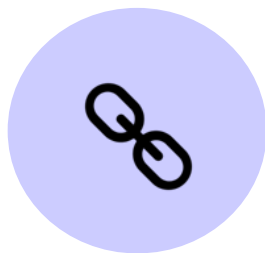




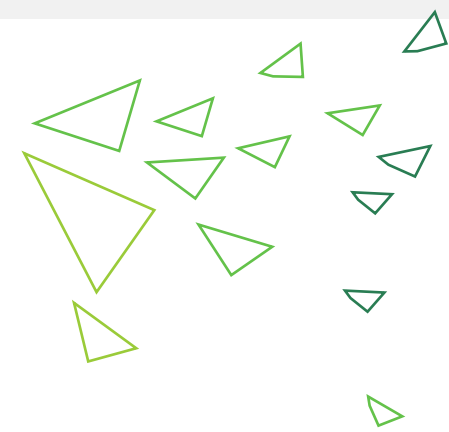
# 既有之LID設施進行污染削減成效評估及檢討

➤ 以BR-DS11-01(鯉魚堀溪) 歷年設施水質採樣為例:





## 肆、農業非點源污染削減未來佈局



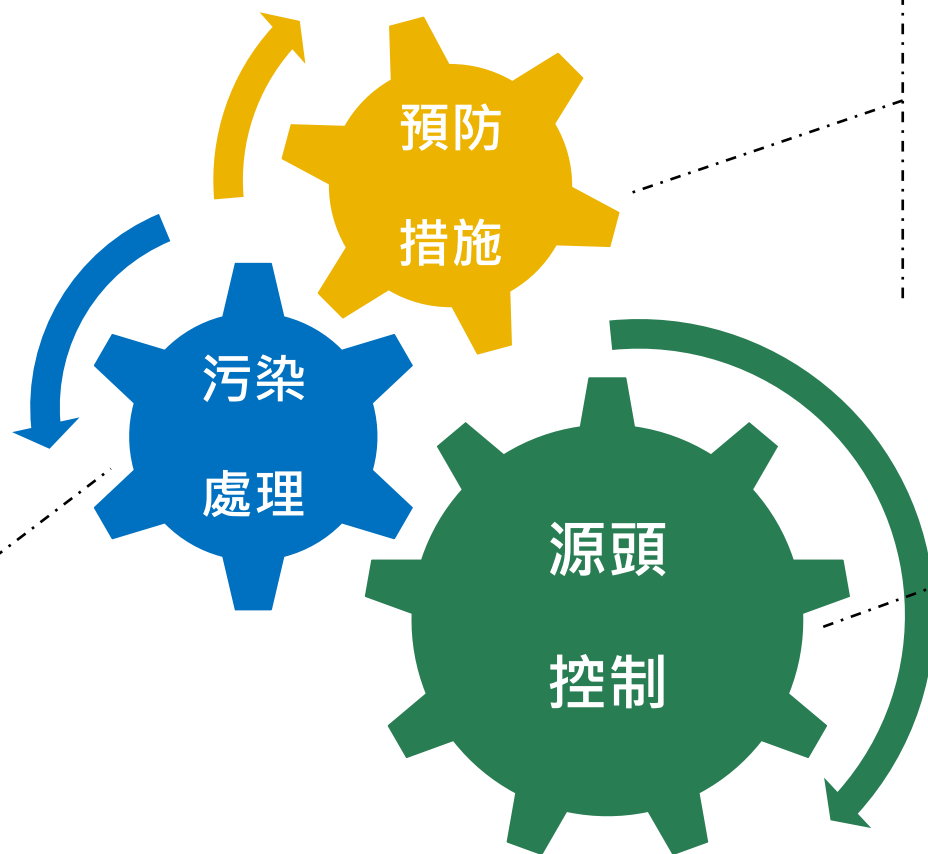


# 非點源污染削減整體化操作策略

- 目前臺北水源特定區農業非點源污染的整體化削減策略，建議分為**三階段**來執行：

在非點源污染產生處，將暴雨逕流及污染量加以控制削減，ex:草溝、草帶、植生滯留槽等設設施，增加入滲，減少逕流及污染量。

(分散式LID-BMP的設置)



偏向管理實務ex:合理化施肥、肥料管理、產業轉型、污染源移除或覆蓋等措施。

(非結構性的預防措施)

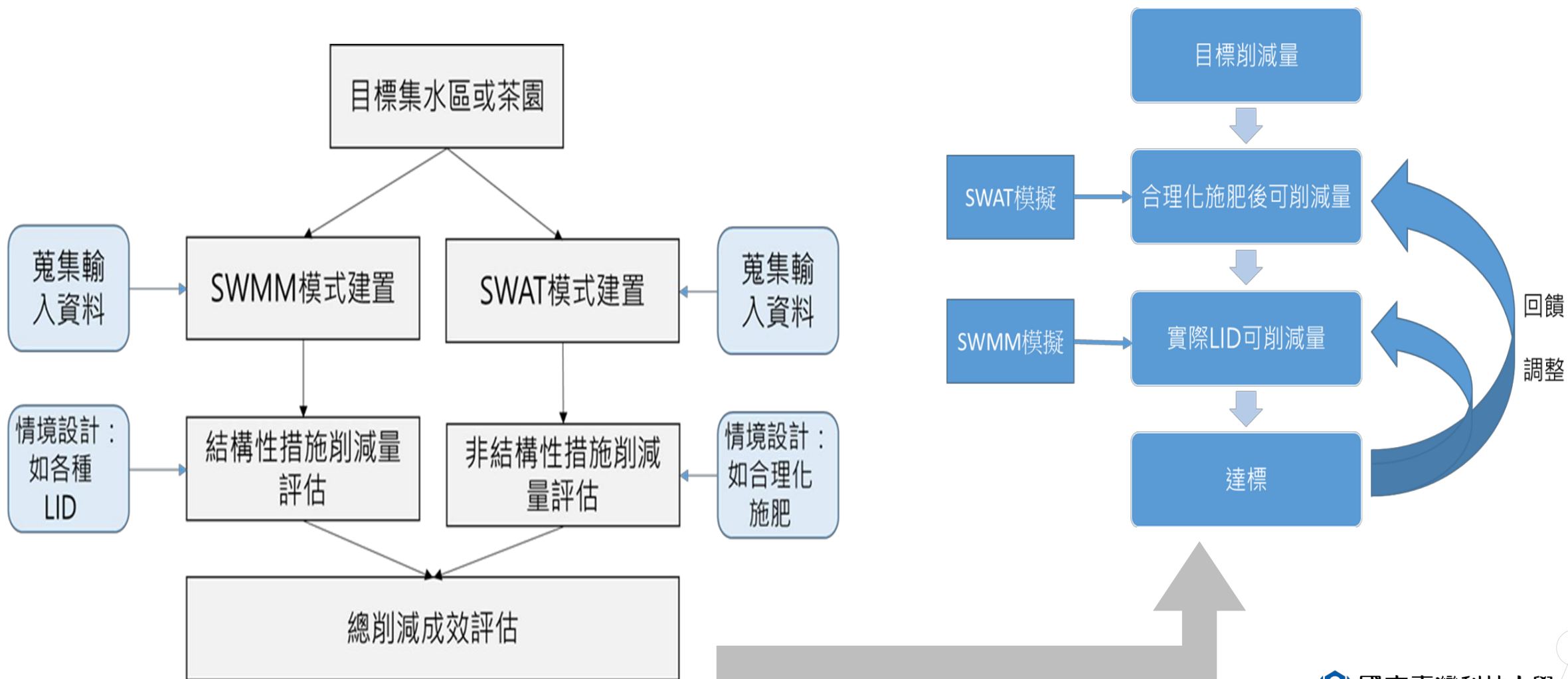
以池狀結構物收集集水區內之暴雨逕流，以物理、化學、生物等方法除去逕流內之污染物，ex:人工濕地、礫間接觸處理。

(位於下游之集中式污染處理)





# 彙整結構性與非結構性污染削減措施模式

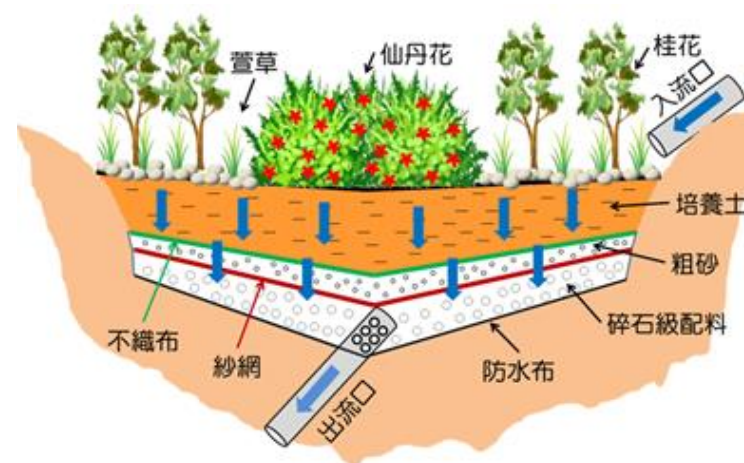




## 與當地茶農互動、推廣



- 持續推廣植生滯留槽對於茶園削減成效之外，也邀請農委會茶業改良場來針對茶園合理化施肥及用藥安全做宣導分享，而近年越來越提倡有機栽種、友善耕種等相關議題。





The background of the image is a scenic landscape. On the left, a dirt path leads up a grassy slope. In the center, a large, steep hill is covered in dense green forest. To the right, a paved road with a yellow railing runs alongside a body of water. The sky is blue with some white clouds.

# 敬請指教



臺科大  
TAIWAN TECH



# 水庫集水區水質改善暨污染 削減技術論壇

植生滯留槽對茶園非點源污染控制之  
最佳化設計

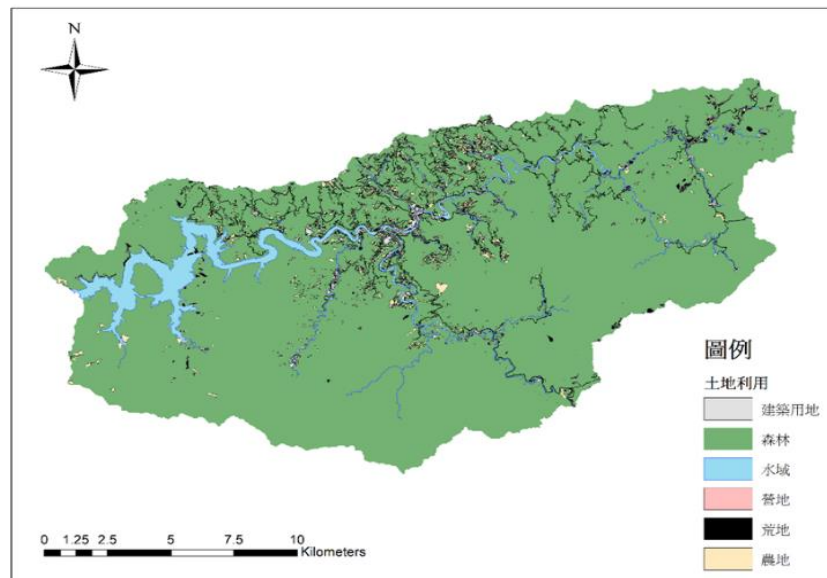
陳起鳳

文化大學土地資源系

# 問題

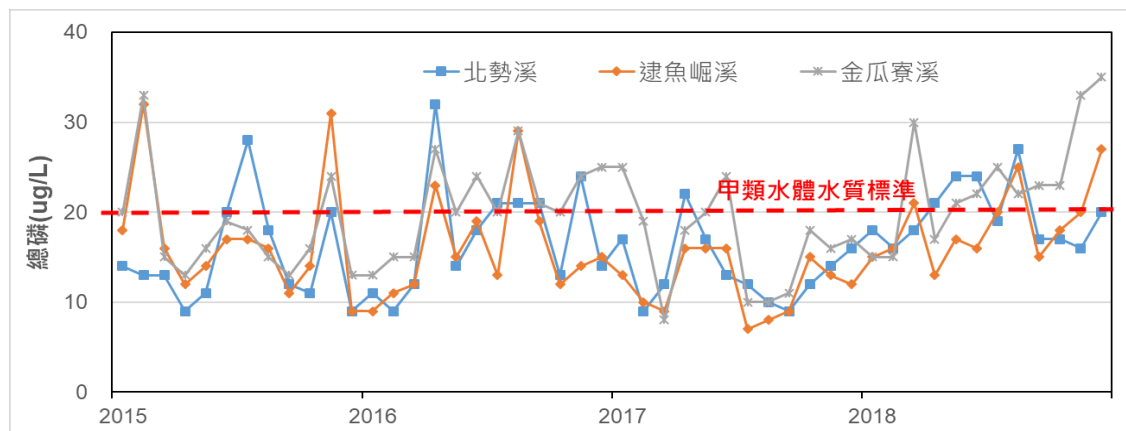
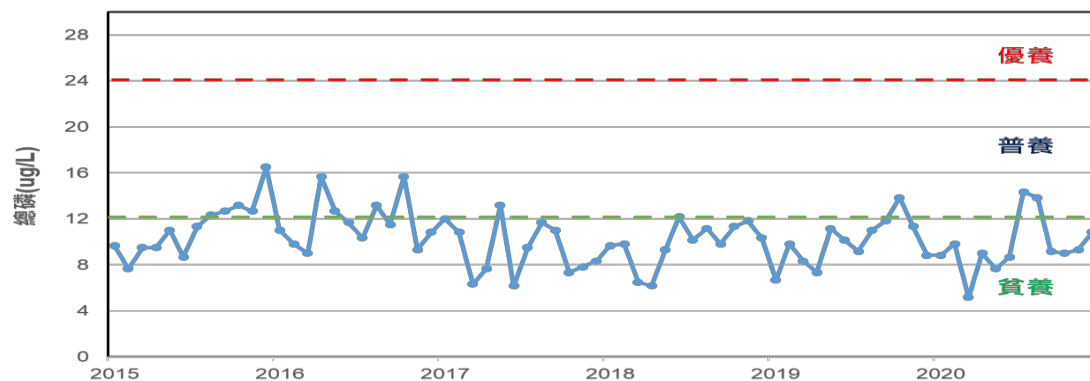
要控制非點源污染，  
但需要多大的控制設施？  
如何設計？

# 對象



## 翡翠水庫

## 上游 金瓜寮溪





## 操作步驟

訂定水質管理目標



計算達成目標之TP削減量



計算每公頃茶園削減分配量



模擬達分配量所需之LID面積與  
種類



模擬實際可設之LID情境成效

需要模式工具

# 選用模式-SWMM

## Typical applications of SWMM:

Designing and sizing of drainage system components for flood control.

Sizing detention facilities and their appurtenances for flood control and water quality protection.

Mapping flood plains of natural channel systems—*SWMM 5 is a FEMA-approved model for National Flood Insurance Program studies.*

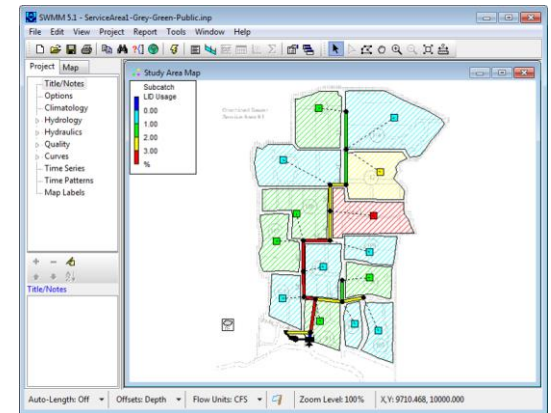
Designing control strategies for minimizing combined sewer overflows.

Evaluating the impact of inflow and infiltration on sanitary sewer overflows.

Generating **nonpoint source pollutant loadings** for waste load allocation.

Controlling site runoff using **green infrastructure practices** as low LID controls.

Evaluating the effectiveness of **best management practices** and **low impact development** for reducing wet weather pollutant loadings.



**Bioretention Cells (or Bioswales).** Depressions that contain vegetation grown in an engineered soil mixture placed above a gravel drainage bed which slow, infiltrate, and filter runoff. They provide storage, infiltration, and evaporation of both direct rainfall and runoff captured from surrounding areas. As linear features, bioretention cells are particularly well suited to being placed along streets and parking lots.

# 前置工作-模式建置

建立SWMM模式（流域）

GIS圖層等地理資訊系統資料

模式率定驗證

雨量、水質、水量監測資料

LID模組建立（單一茶園）

茶園現場資訊、植生滯留槽單元尺寸(1m<sup>2</sup>)

LID模組率定驗證

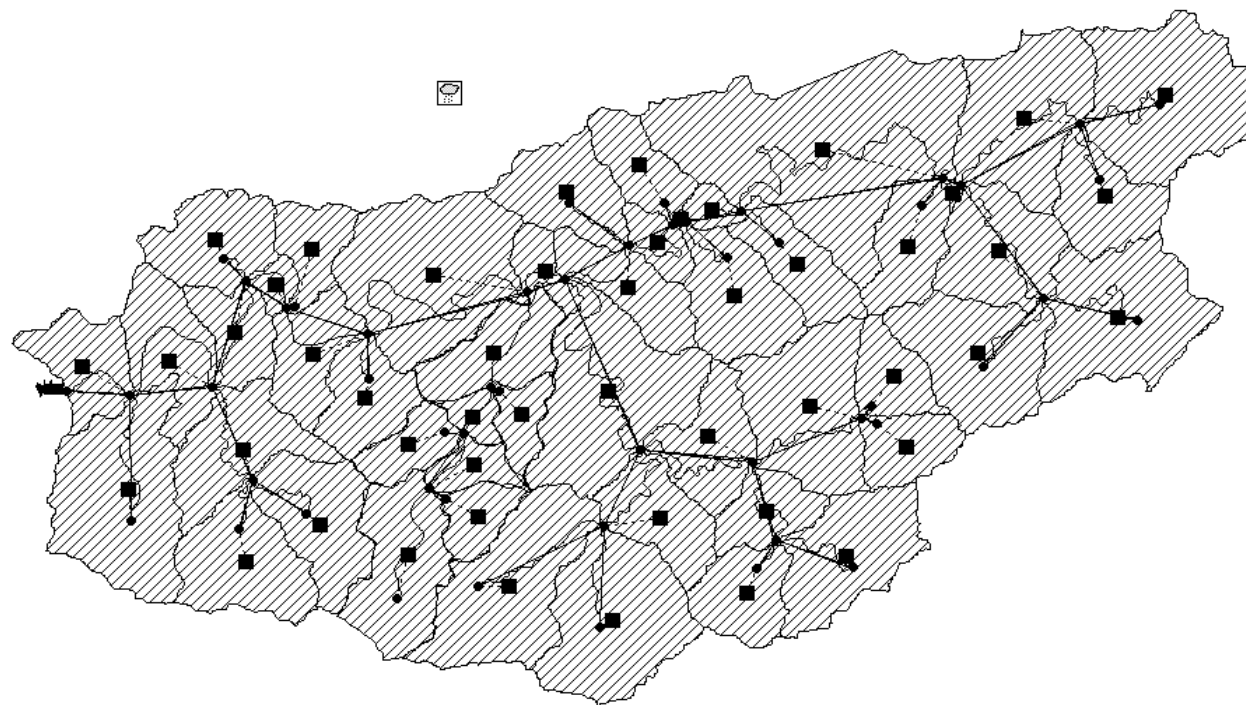
雨量、水質、水量監測資料



# 前置工作-模式建置

## SWMM模式建立

- 建立模式
  - 採用最新土地利用圖層
  - 集水區分割



## 前置工作-模式建置

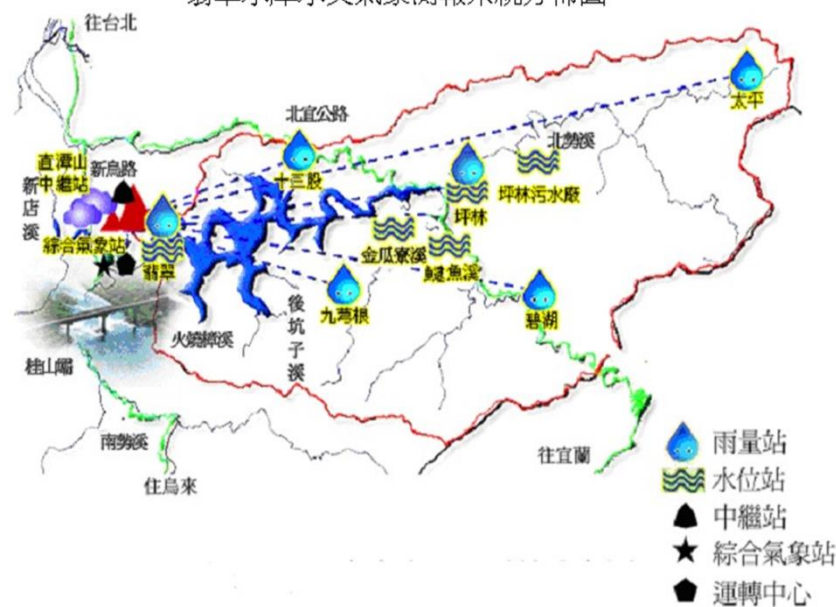
# SWMM模式率定驗證-集水區

- 三條溪流分別率定驗證(3個水質監測站)
- 採用5個雨量站資料
- 採用2016-2017年監測資料

翡翠水庫水質採樣位置圖

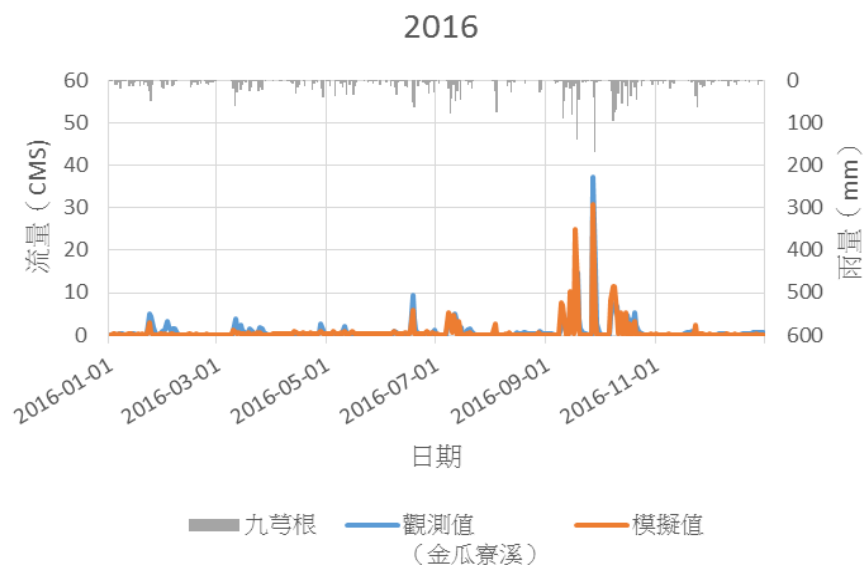
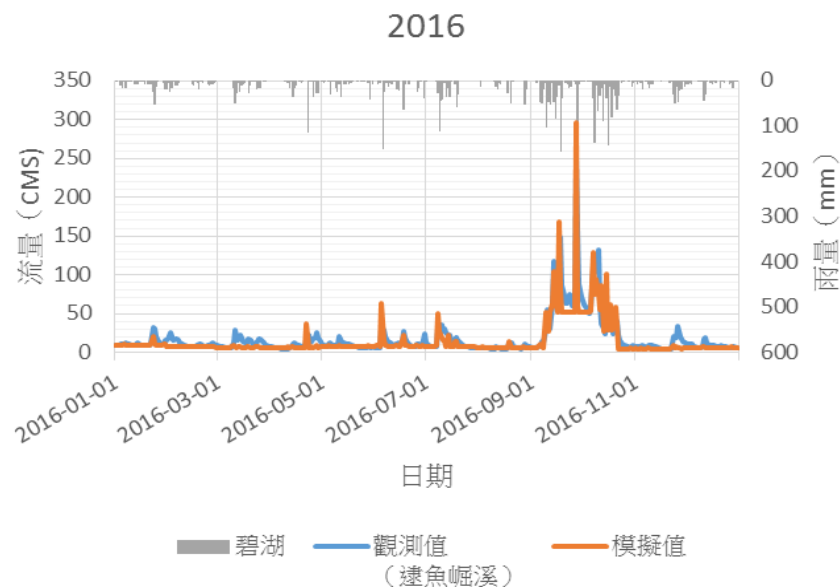
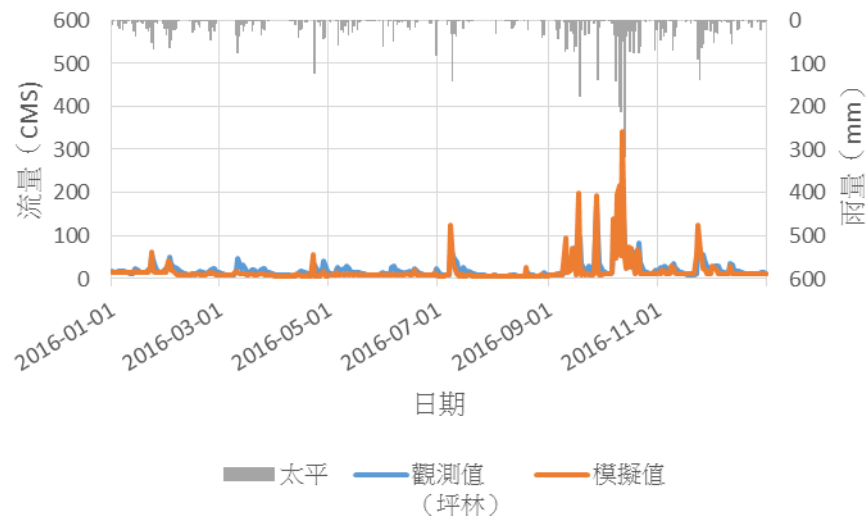


翡翠水庫水文氣象測報系統分佈圖



# 前置工作-模式建置

## • 流量率定驗證結果<sub>2016</sub>



$R^2 > 0.5$  為可接受值

| 溪流   | 2016 | 2017 |
|------|------|------|
| 北勢溪  | 0.70 | 0.76 |
| 金瓜寮溪 | 0.62 | 0.57 |
| 逮魚崛溪 | 0.80 | 0.60 |



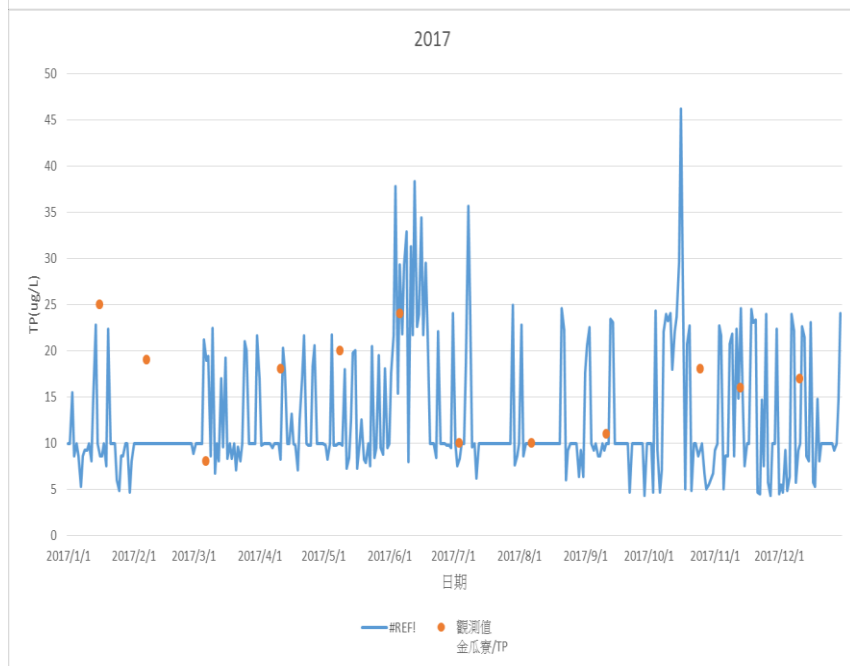
# 前置工作-模式建置

## ● 水質 (TP) 率定驗證結果



MAPE < 50% 為可接受值

| 溪流   | 2016  | 2017  |
|------|-------|-------|
| 北勢溪  | 20.7% | 25.8% |
| 金瓜寮溪 | 43.7% | 45.3% |
| 逮魚岬溪 | 29.9% | 26.1% |



# 前置工作-模式建置

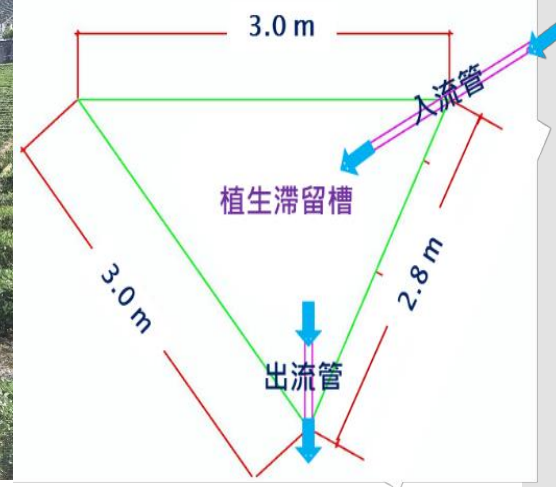
## LID模組率定驗證-利用實際茶園監測數據

植生滯留槽設置面積：2.25m<sup>2</sup>

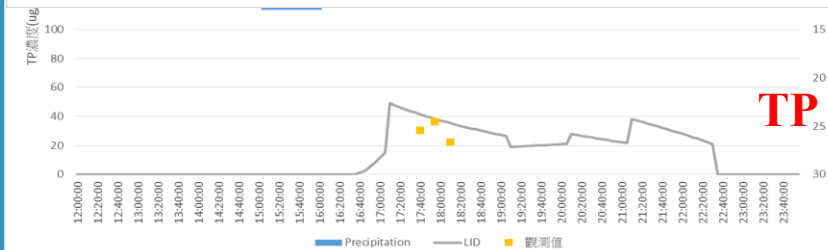
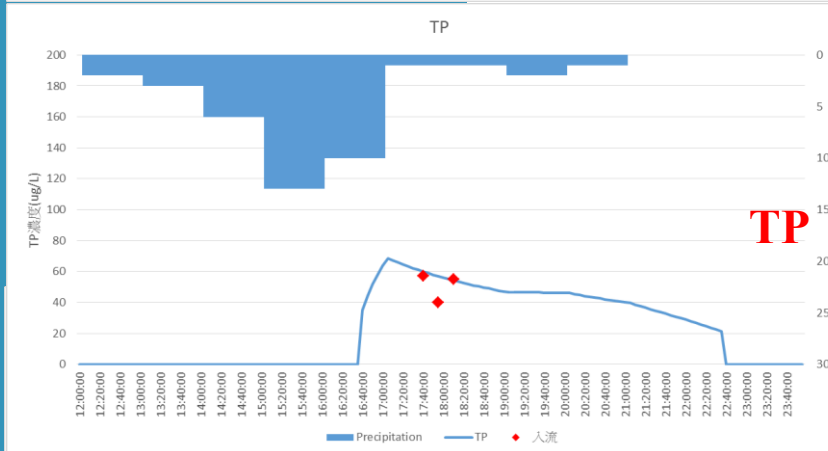
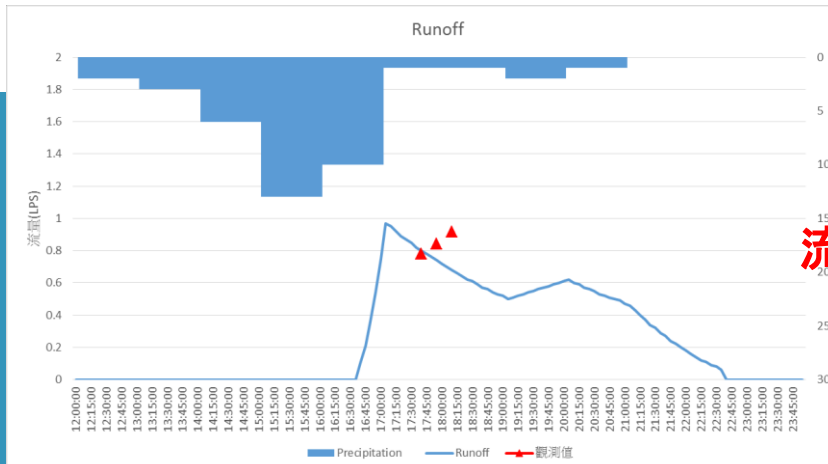
茶園面積0.78公頃

該子集水區之最上方至最下方之高程差約17公尺，最大坡度約12度

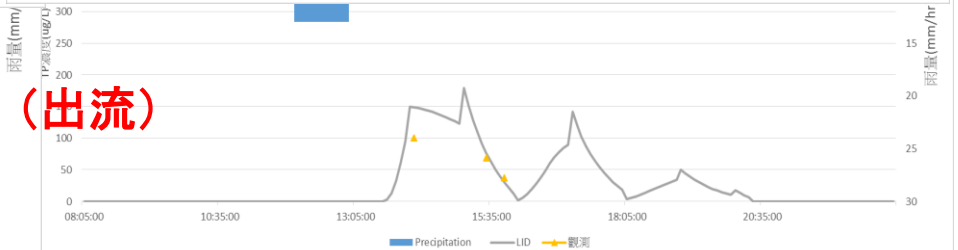
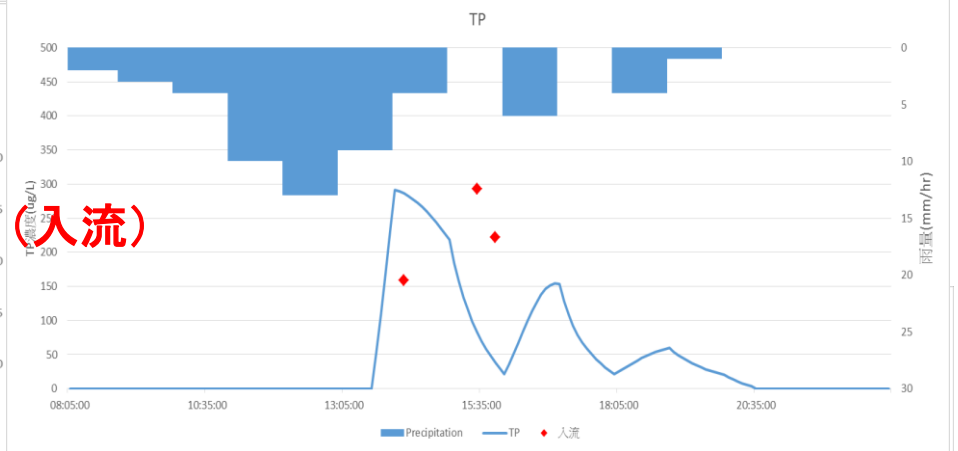
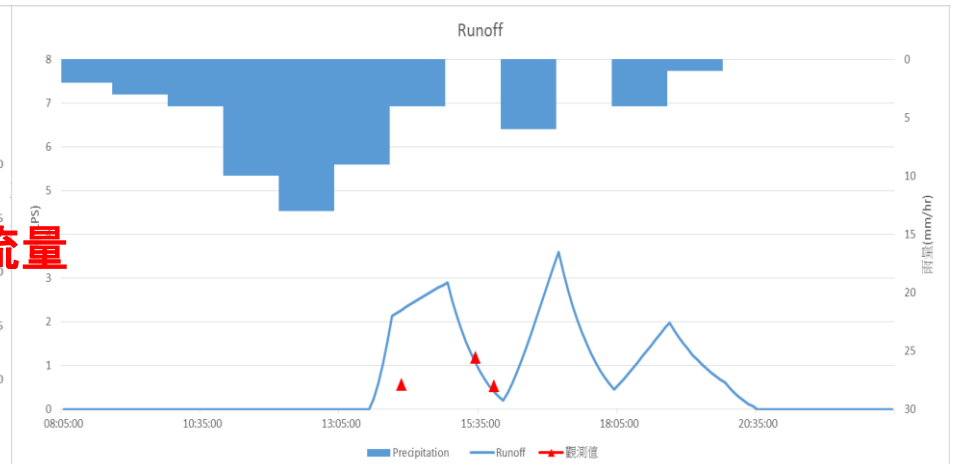
土壤滲透係數約 $3.1 \times 10^{-2}$ cm/s



2015/09/07



2015/08/21



模式率定驗證-LID模組 (建置單一茶園模式)



## 操作步驟

訂定水質管理目標



計算達成目標之TP削減量



計算每公頃茶園削減分配  
量



模擬達分配量所需之LID  
面積與種類



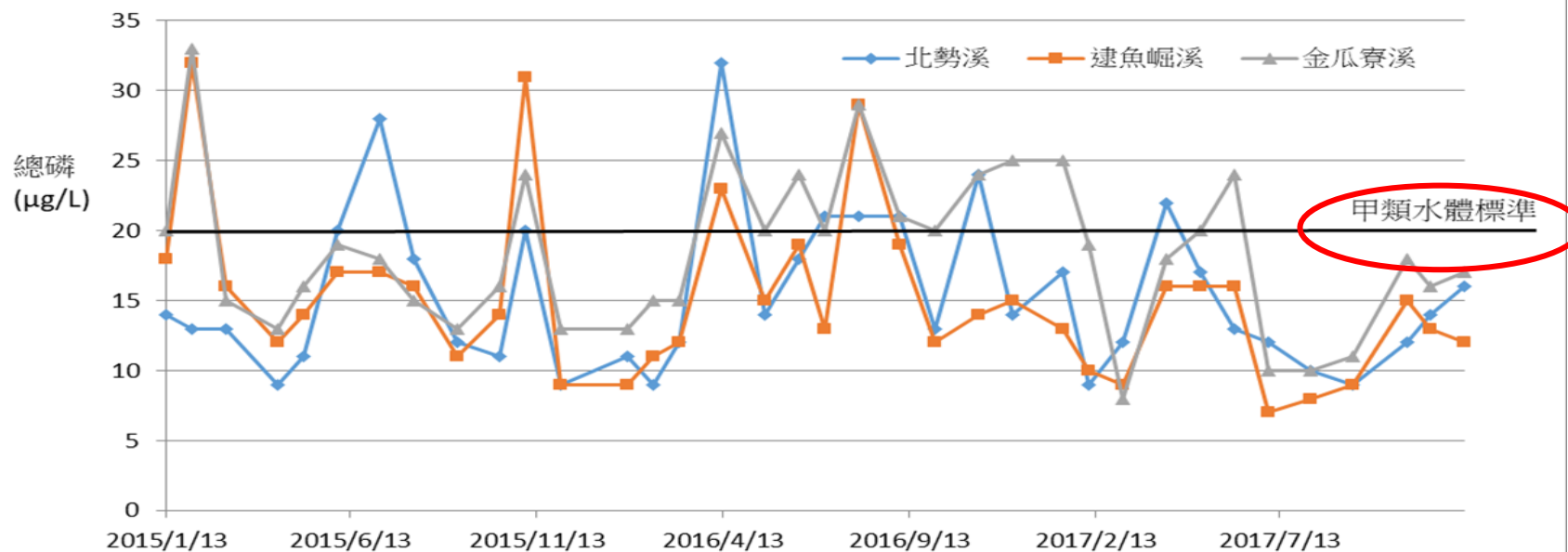
模擬實際可設之LID情境成  
效



比較分析

# 步驟一：訂定水質管理目標

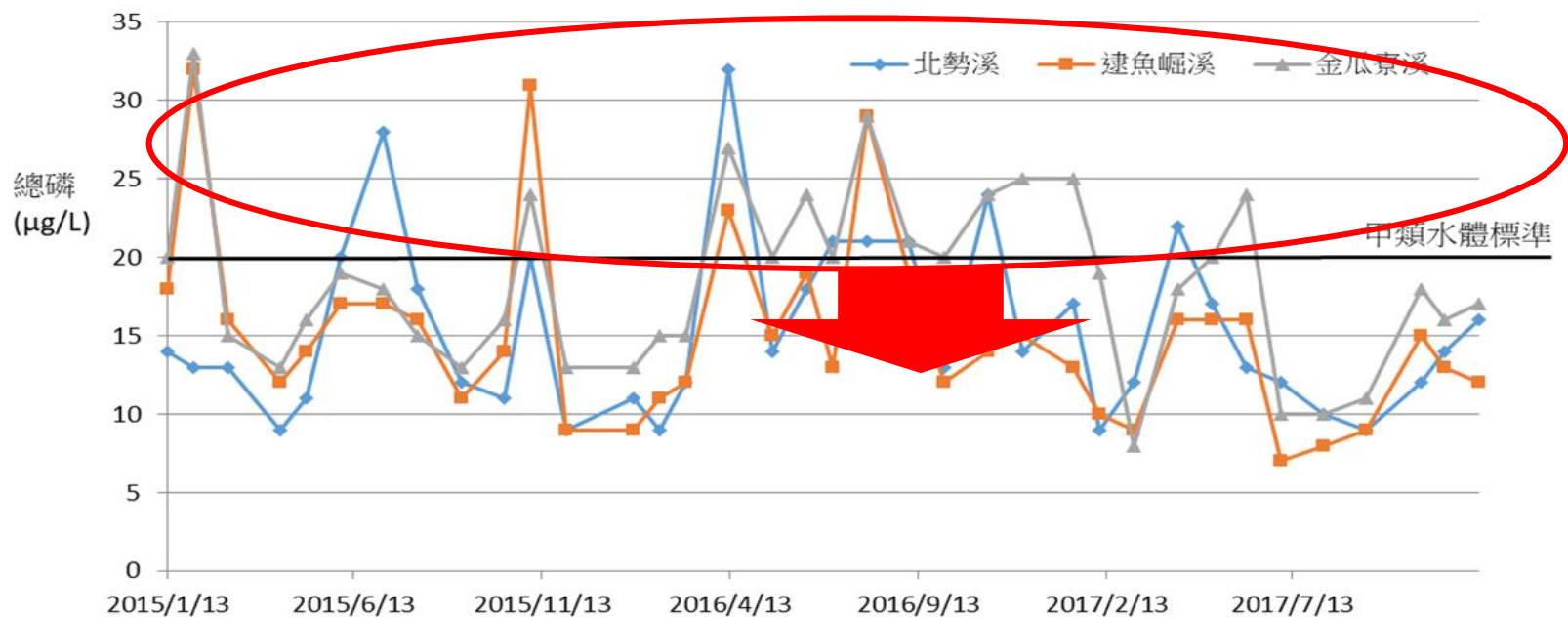
本流域水質現況：不建議採用平均濃度為管理目標



水質現況：平均總磷濃度已達甲類水體水質標準 20µg/L

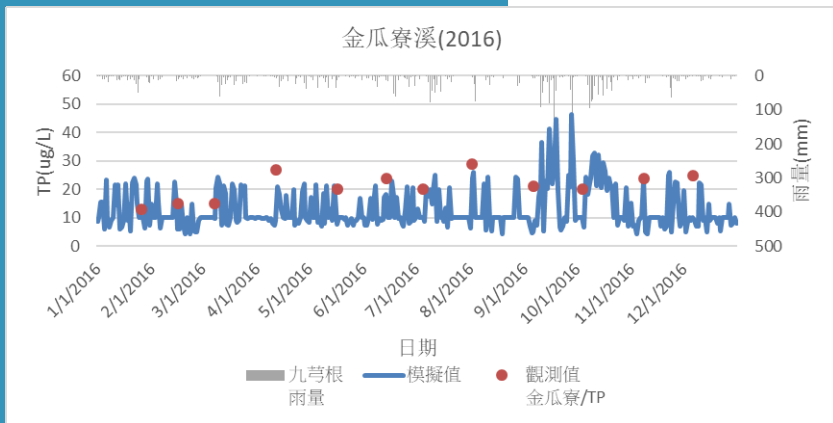
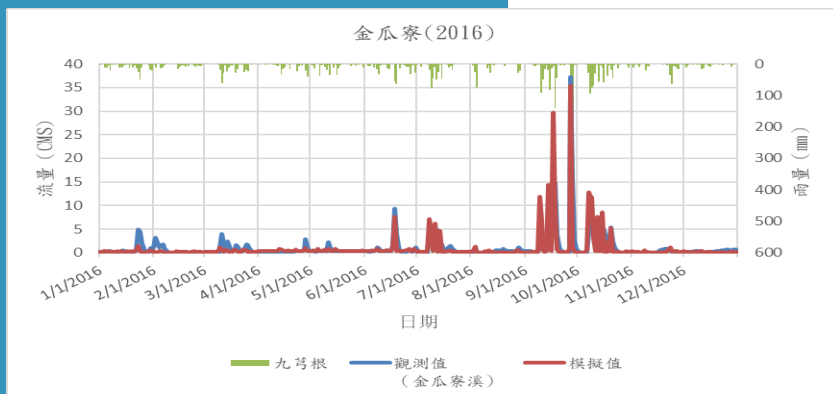
| 年份      | 北勢溪<br>(ug/L) | 建魚堀溪<br>(ug/L) | 金瓜寮溪<br>(ug/L) |
|---------|---------------|----------------|----------------|
| 2015年平均 | 14.8          | 17.3           | 17.9           |
| 2016年平均 | 17.5          | 15.9           | 21.1           |
| 2017年平均 | 13.6          | 12.0           | 16.3           |
| 近3年平均   | 15.3          | 15.1           | 18.4           |

本流域水質現況：  
建議採用水質標準達成率為目標





# 管理目標



甲類水體年達成率(365筆日模擬值)

| 年份    | 北勢溪     | 逮魚崛溪     | 金瓜寮溪    |
|-------|---------|----------|---------|
| 2015年 | 91.21 % | 100.00 % | 82.14 % |
| 2016年 | 86.61 % | 99.18 %  | 79.23 % |
| 2017年 | 85.95 % | 99.35 %  | 78.43 % |
| 2018年 | -       | -        | 81.37 % |
| 四年平均  | 87.92 % | 99.51 %  | 80.29 % |

短期  
目標

將金瓜寮溪流流域水質年達成率由80.29%提升至85.00%

長期  
目標

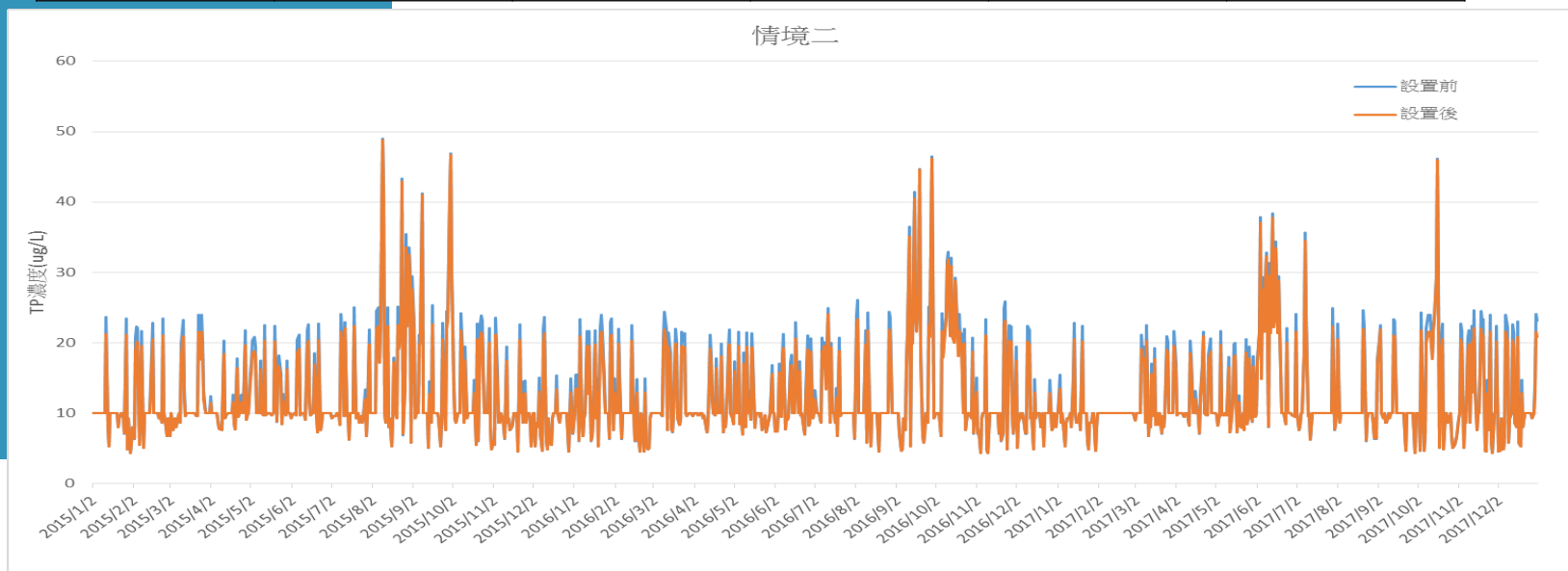
金瓜寮溪及北勢溪流流域水質年達成率提升至90.00%

## 步驟二：計算達成目標的 T P 削減量

模擬情境：短期目標將金瓜寮溪水質達成率提高至85%

- 建議策略：在S50子集水區內設置350個(m<sup>2</sup>)植生滯留槽
- 需削減16.52 kg/y

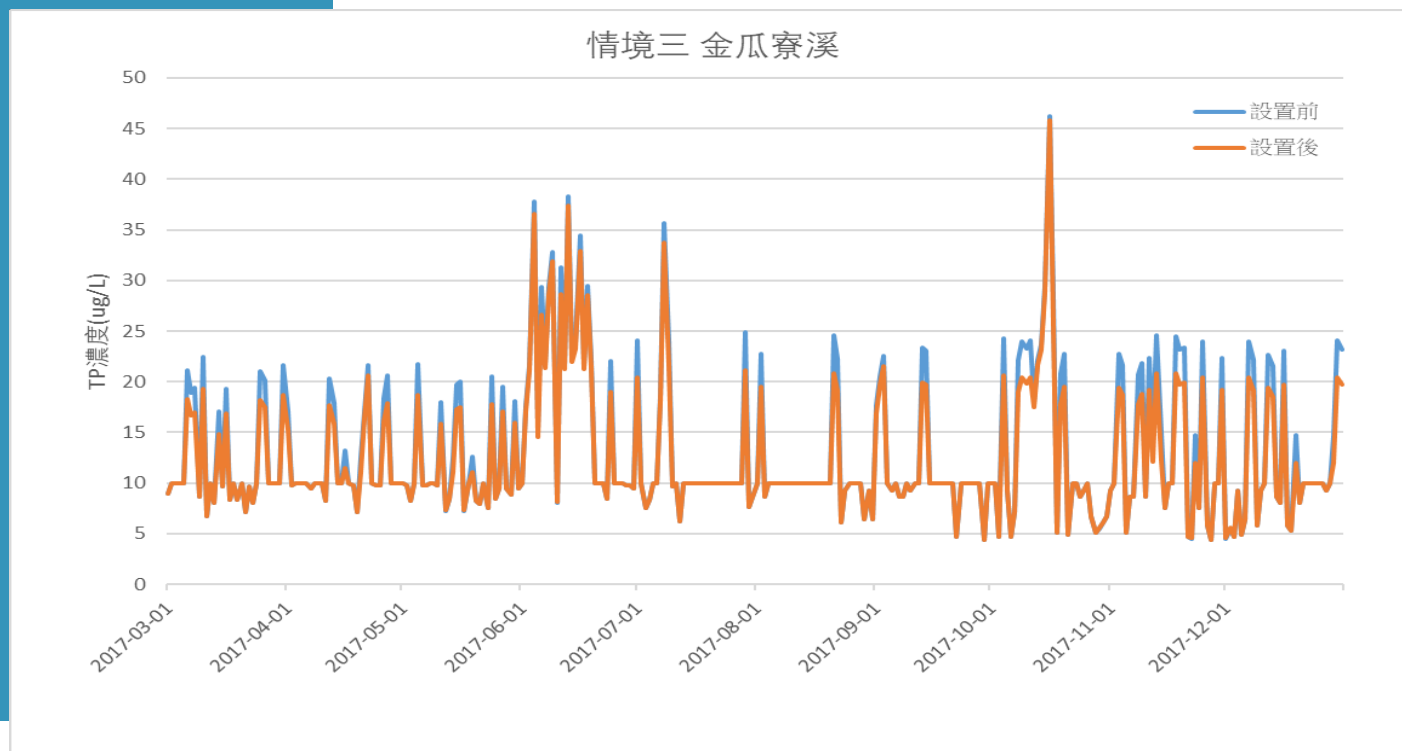
| 設置個數 | 300    | 350    | 375    | 400    | 450    |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 年份   | 金瓜寮溪   | 金瓜寮溪   | 金瓜寮溪   | 金瓜寮溪   | 金瓜寮溪   |
| 2015 | 85.44% | 86.26% | 86.81% | 87.09% | 87.64% |
| 2016 | 84.70% | 86.61% | 87.98% | 88.25% | 89.62% |
| 2017 | 81.70% | 82.35% | 82.68% | 83.66% | 84.97% |
| 3年平均 | 83.95% | 85.08% | 85.82% | 86.33% | 87.41% |



## 步驟二：計算達成目標的 T P 削減量

模擬情境：長期目標將金瓜寮溪水質達成率提高至90%

- 建議策略：金瓜寮溪S50子集水區內設置600個(m<sup>2</sup>)植生滯留槽
- 需削減26.38 kg/y



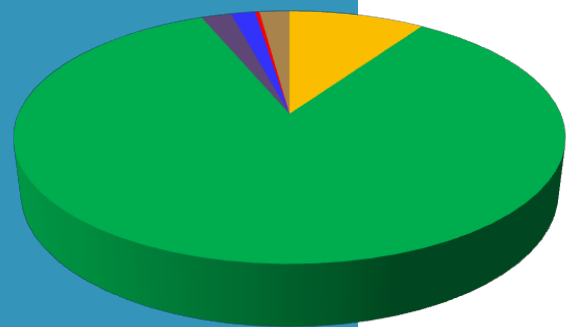


# 步驟三：計算每公頃茶園 T P 削減量

S50子集水區

總面積: 643.63 ha

茶園面積：61.18 ha



農地

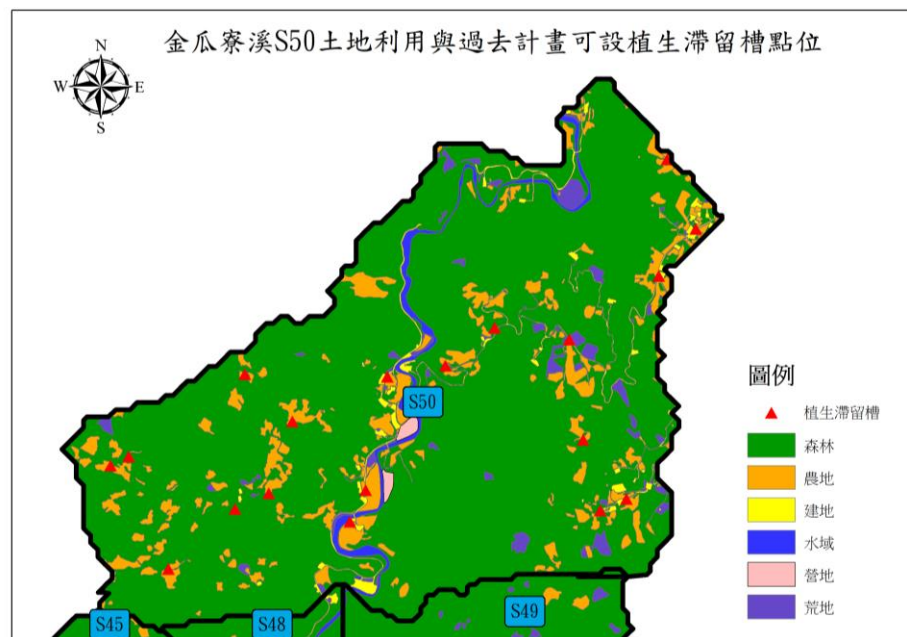
森林

建築用地

水域

營地

荒地



|      | 森林    | 農地   | 建築用地 | 水域   | 營地   | 荒地   |
|------|-------|------|------|------|------|------|
| 土地利用 | 84.2% | 9.5% | 2.1% | 1.7% | 0.3% | 2.1% |

## 步驟三：計算每公頃茶園 T P 削減量

- 根據金瓜寮溪管理目標（水質達成率85%、90%）
- 計算達成目標之總磷削減量
- 計算每公頃茶園需削減量
- 利用此削減量作為單位面積茶園TP削減目標

| 目標<br>水質達成率 | 植生滯留槽面積                 | 平均負荷量   | 削減量     | 單位茶園削減量    |
|-------------|-------------------------|---------|---------|------------|
|             |                         | (kg/yr) | (kg/yr) | (g/ha)     |
| 原始          | -                       | 534.74  | -       | -          |
| 85%         | <b>350m<sup>2</sup></b> | 518.22  | 16.52   | <b>270</b> |
| 90%         | <b>600m<sup>2</sup></b> | 508.36  | 26.38   | <b>326</b> |

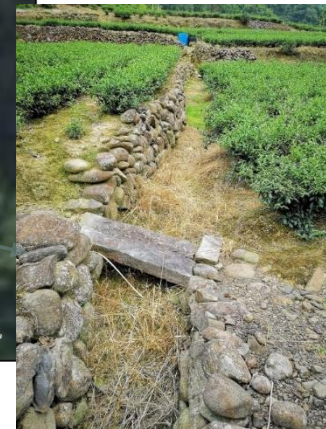
\*單位面積削減量為總量除以金瓜寮溪S50茶園面積(61.18公頃)

# 步驟四：計算茶園最佳化 L I D



茶園一

★ LID規劃設置位置

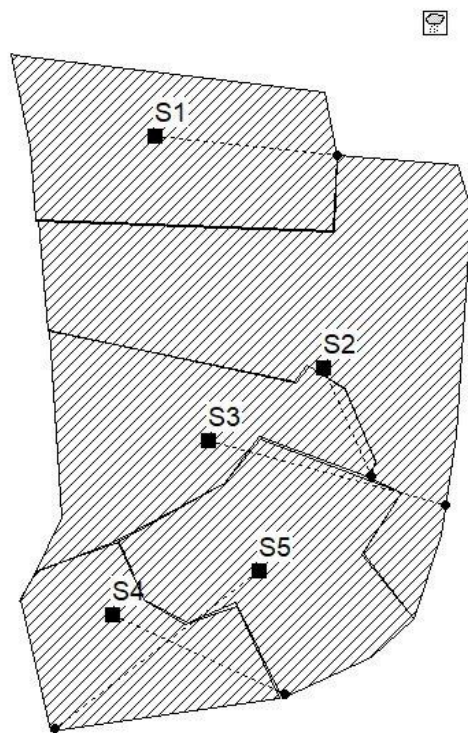




# 步驟四：計算茶園最佳化 L I D

茶園一

模式建置



0  
1

茶園面積：1.0公頃

0  
2

平均坡度約 3%

# 步驟四：計算茶園最佳化 L I D

## 茶園1 面積：1.00公頃

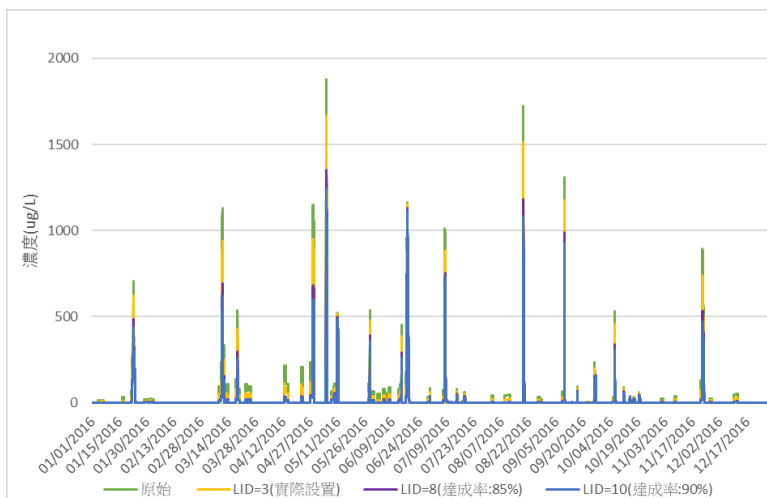
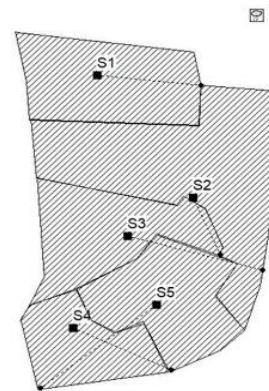
需以模式反覆計算，得到應削減量所對應的LID設置面積

| 情境<br>(m <sup>2</sup> ) | 設置後削減量<br>(g) | 設置後平均濃度<br>(ug/L) | 濃度削減率<br>(%) |
|-------------------------|---------------|-------------------|--------------|
| 3                       | 119           | 96.37             | 27.2%        |
| 5                       | 193           | 83.44             | 36.9%        |
| 10                      | 320           | 67.77             | 48.8%        |
| 15                      | 416           | 61.48             | 53.5%        |
| 25                      | 591           | 60.46             | 54.3%        |
| 30                      | 746           | 49.11             | 62.9%        |

結果：

| 目標<br>水質達成率 | 此茶園需削減量<br>(g/yr) | 需設置LID面積<br>(m <sup>2</sup> ) |
|-------------|-------------------|-------------------------------|
| 85%         | 270               | 8                             |
| 90%         | 326               | 10                            |

茶園一：  
目標設置8m<sup>2</sup> 及10m<sup>2</sup>。



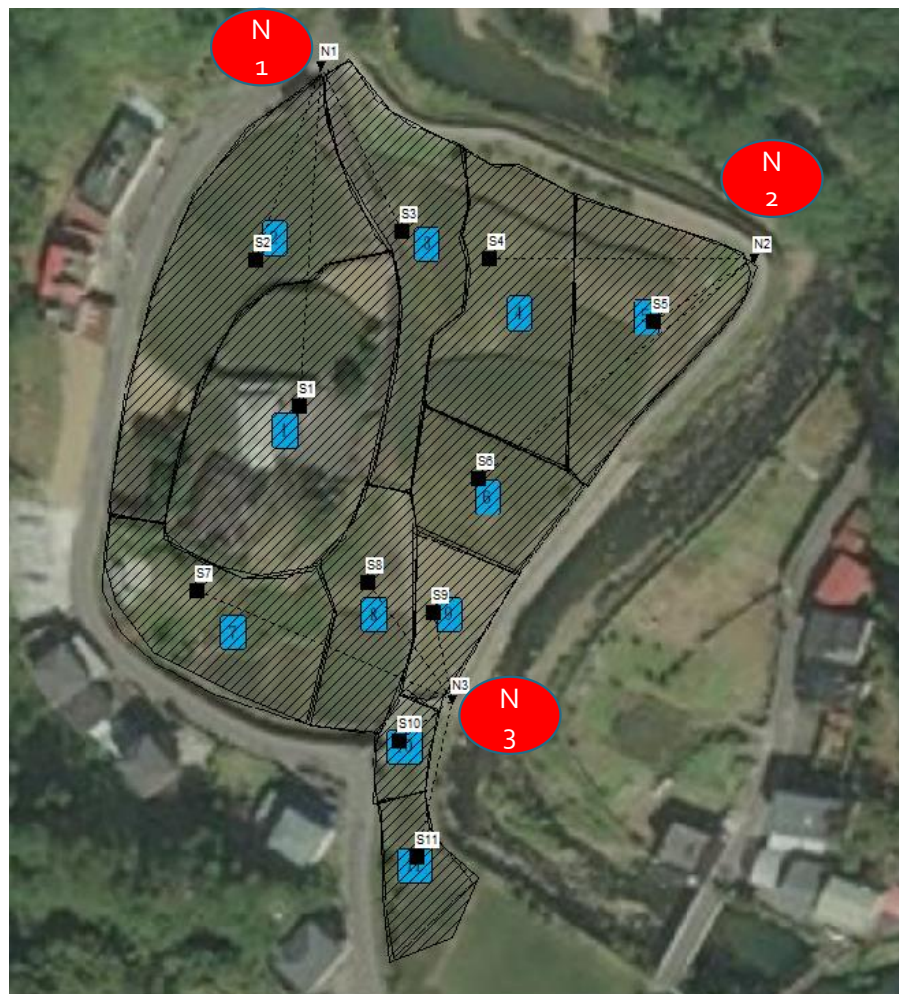
# 步驟五：實際可設成效評估

## 案例茶園

1.最佳化模擬  
3個出流口  
以標準型LID模擬

2.實際建置  
15m<sup>2</sup>(13m<sup>2</sup>入滲型，

| 出口 | 小集水區 | area_m2 | 面積_ha | 特徵寬度M | 坡度%   |
|----|------|---------|-------|-------|-------|
| N1 | 1    | 3789    | 0.379 | 60    | 10.0% |
|    | 2    | 3142    | 0.314 | 50    | 8.3%  |
|    | 3    | 1966    | 0.197 | 15    | 10.0% |
| N2 | 4    | 2358    | 0.236 | 30    | 6.2%  |
|    | 5    | 2190    | 0.219 | 30    | 8.0%  |
|    | 6    | 1256    | 0.126 | 30    | 5.0%  |
| N3 | 7    | 2058    | 0.206 | 50    | 6.3%  |
|    | 8    | 1360    | 0.136 | 60    | 3.3%  |
|    | 9    | 789     | 0.079 | 30    | 10.0% |
|    | 10   | 349     | 0.035 | 24    | 5.0%  |
|    | 11   | 617     | 0.062 | 30    | 3.3%  |
| 總  |      | 19875   | 1.987 |       |       |





## N1

| 情境<br>(m2) | 原負荷量<br>(kg) | 設置LID後<br>負荷量<br>(kg) | 削減量<br>(g) | 削減率<br>(%) | 原平均濃<br>度<br>(ug/L) | 削減後<br>平均濃度<br>(ug/L) | 濃度削<br>減率<br>(%) |
|------------|--------------|-----------------------|------------|------------|---------------------|-----------------------|------------------|
| 3          | 2118         | 2055                  | 62         | 2.9%       | 22.45               | 21.21                 | 5.5%             |
| 6          | 2118         | 1992                  | 126        | 5.9%       | 22.45               | 20.10                 | 10.4%            |
| 9          | 2118         | 1931                  | 186        | 8.8%       | 22.45               | 19.18                 | 14.6%            |
| 12         | 2118         | 1871                  | 247        | 11.6%      | 22.45               | 18.33                 | 18.3%            |
| 18         | 2118         | 1756                  | 362        | 17.1%      | 22.45               | 16.80                 | 25.1%            |
| 實際=2       | 2118         | 2076                  | 42         | 2.0%       | 22.45               | 21.67                 | 3.5%             |

## N2

| 情境<br>(m2) | 原負荷量<br>(kg) | 設置LID後<br>負荷量<br>(kg) | 削減量<br>(g) | 削減率<br>(%) | 原平均濃<br>度<br>(ug/L) | 削減後<br>平均濃度<br>(ug/L) | 濃度削<br>減率<br>(%) |
|------------|--------------|-----------------------|------------|------------|---------------------|-----------------------|------------------|
| 3          | 1381         | 1319                  | 63         | 4.5%       | 22.41               | 20.57                 | 8.2%             |
| 6          | 1381         | 1258                  | 123        | 8.9%       | 22.41               | 19.11                 | 14.7%            |
| 9          | 1381         | 1199                  | 183        | 13.2%      | 22.41               | 17.85                 | 20.4%            |
| 12         | 1381         | 1141                  | 241        | 17.4%      | 22.41               | 16.70                 | 25.5%            |
| 實際=6       | 1381         | 1240                  | 142        | 10.3%      | 22.41               | 21.13                 | 5.8%             |

## N3

| 情境<br>(m2) | 原負荷量<br>(kg) | 設置LID後<br>負荷量<br>(kg) | 削減量<br>(g) | 削減率<br>(%) | 原平均濃<br>度<br>(ug/L) | 削減後<br>平均濃度<br>(ug/L) | 濃度削<br>減率<br>(%) |
|------------|--------------|-----------------------|------------|------------|---------------------|-----------------------|------------------|
| 3          | 1242         | 1179                  | 63         | 5.1%       | 22.33               | 20.40                 | 8.6%             |
| 6          | 1242         | 1115                  | 127        | 10.2%      | 22.33               | 18.76                 | 16.0%            |
| 9          | 1242         | 1056                  | 186        | 14.9%      | 22.33               | 17.38                 | 22.1%            |
| 實際=7       | 1242         | 1064                  | 178        | 14.4%      | 22.33               | 21.54                 | 3.5%             |

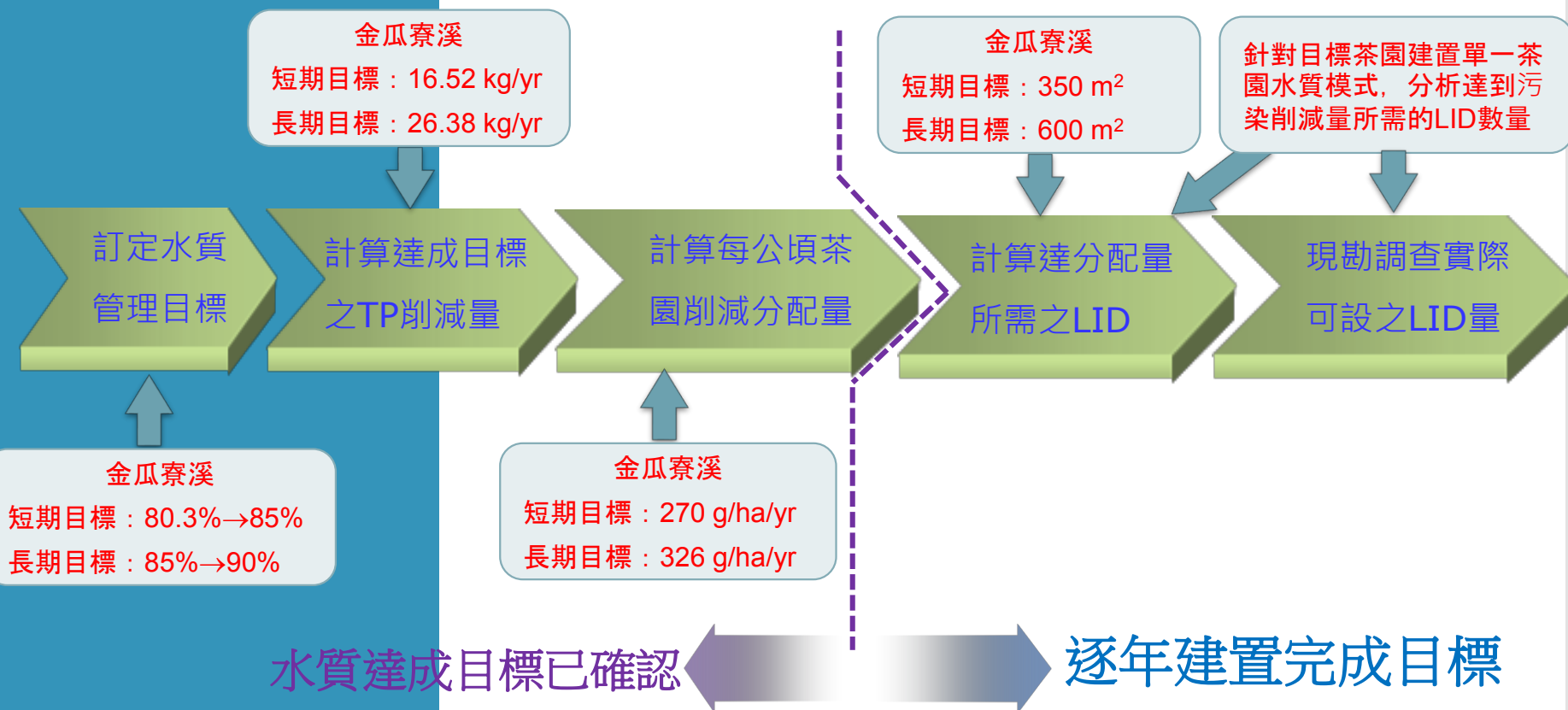
| 茶園       | 單位                 | N1    | N2    | N3    | 總和    |
|----------|--------------------|-------|-------|-------|-------|
| 面積       | ha                 | 0.890 | 0.580 | 0.517 | 1.987 |
| 原負荷量     | g                  | 2118  | 1381  | 1242  | 4741  |
| 原平均濃度    | ug/L               | 22.4  | 22.4  | 22.3  | 22.4  |
| 85%削減量   |                    | 240   | 157   | 140   | 537   |
| 90%削減量   | g                  | 290   | 189   | 169   | 648   |
| 最佳化面積85% | m <sup>2</sup>     | 11.8  | 7.7   | 6.7   | 26.2  |
| 最佳化面積90% |                    | 14.3  | 9.4   | 8.2   | 31.8  |
| 設置LID面積比 | m <sup>2</sup> /ha | 13.24 | 13.33 | 13.02 | 13.2  |
| 單位負荷量    | kg/ha              | 2.38  | 2.38  | 2.40  | 2.39  |

- 85%最佳化面積為26.2m<sup>2</sup>
- 90%最佳化面積為31.8m<sup>2</sup>

### 實際建置

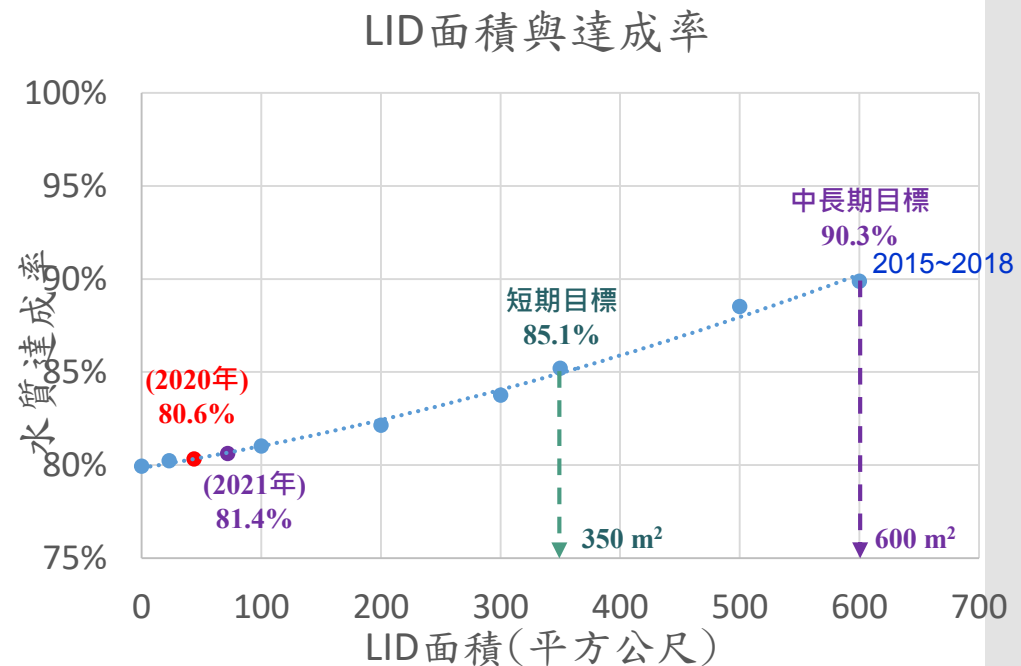
- 15m<sup>2</sup>
- 削減量共362g
- 削減量達成率：67% ， 56%

# 流程總結



## LID設施對金瓜寮溪水質整體效益評估

| LID 面積         | (水質達成率) | 平均負荷量   | 削減量     |
|----------------|---------|---------|---------|
| m <sup>2</sup> | (%)     | (kg/yr) | (kg/yr) |
| 0              | 80.00   | 534.74  | -       |
| 44             | 80.32   |         |         |
| 50             | 80.50   | 531.81  | 2.93    |
| 72             | 80.61   |         |         |
| 100            | 81.20   | 529.37  | 5.37    |
| 200            | 82.40   | 524.75  | 9.99    |
| 350            | 85.10   | 518.22  | 16.52   |
| 600            | 90.30   | 508.36  | 26.38   |



當超過20 µg/L的水質濃度下降至20 µg/L以下，才會反應在達成率上。  
 當設置面積超過200m<sup>2</sup>之後，達成率提升效果加速。



## 結論

Q: 要控制非點源污染，但需要多大的控制設施？如何設計？

A:

金瓜寮溪流域，欲達水質目標，需再削減短期16.52 kg/y, 長期26.38 kg/y。需設置350 m<sup>2</sup>以及600 m<sup>2</sup>植生滯留槽。

綜合流域平均值以及個別茶園最佳化面積，建議金瓜寮溪茶園每公頃至少設置10m<sup>2</sup>植生滯留槽設施(標準型)。

報告完畢  
敬請指教

# 從模式的觀點瞭解肥料的流失以制訂農業永續作業

Establishment of sustainable agricultural practices  
via understanding the losses of fertilizer: from a model prospective

國立台灣師範大學地理學系

Department of Geography, National Taiwan Normal University

李宗祐 副教授

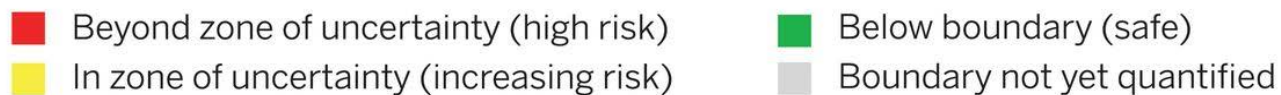
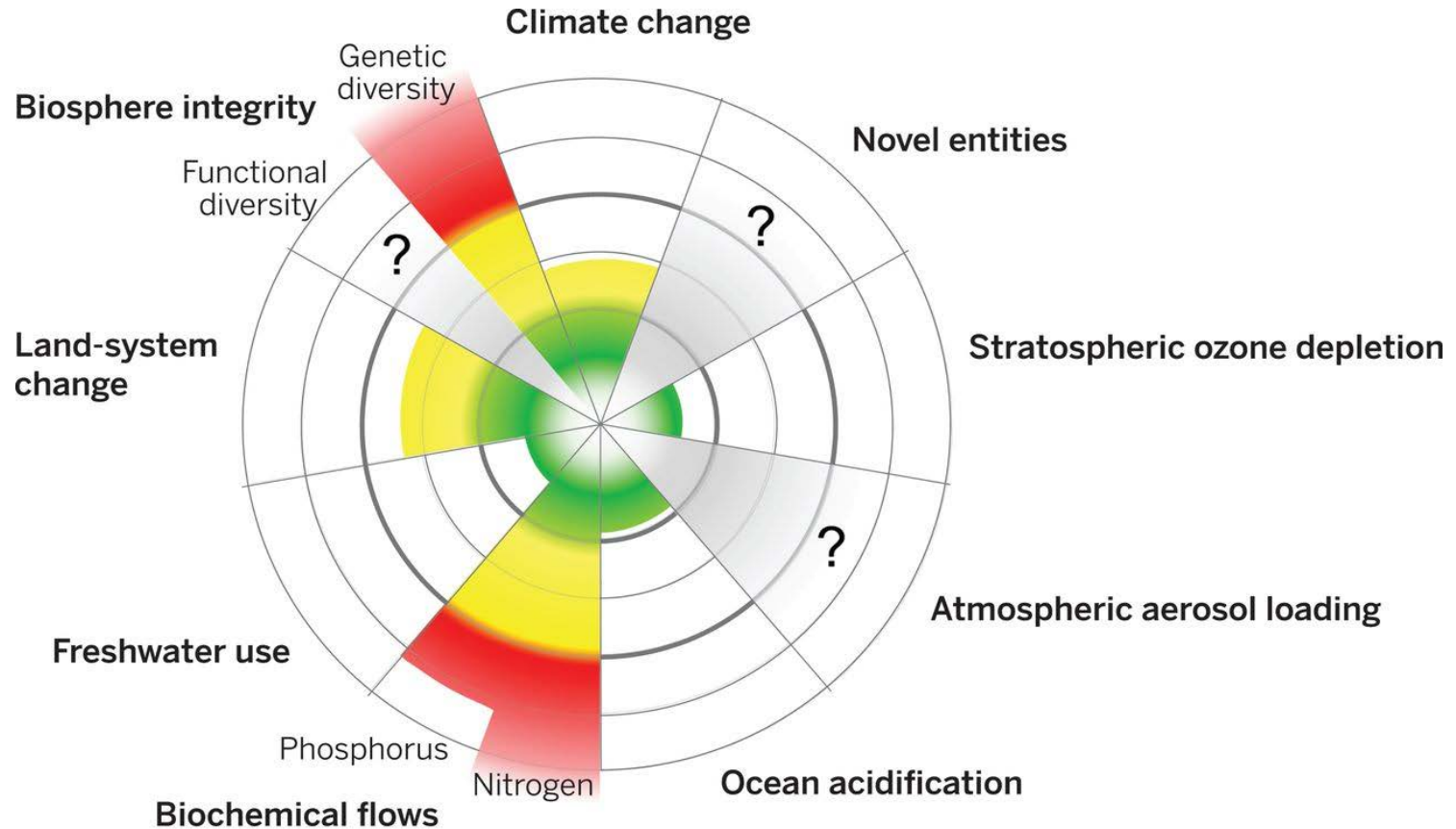
Tsung-Yu Lee, Associate Professor

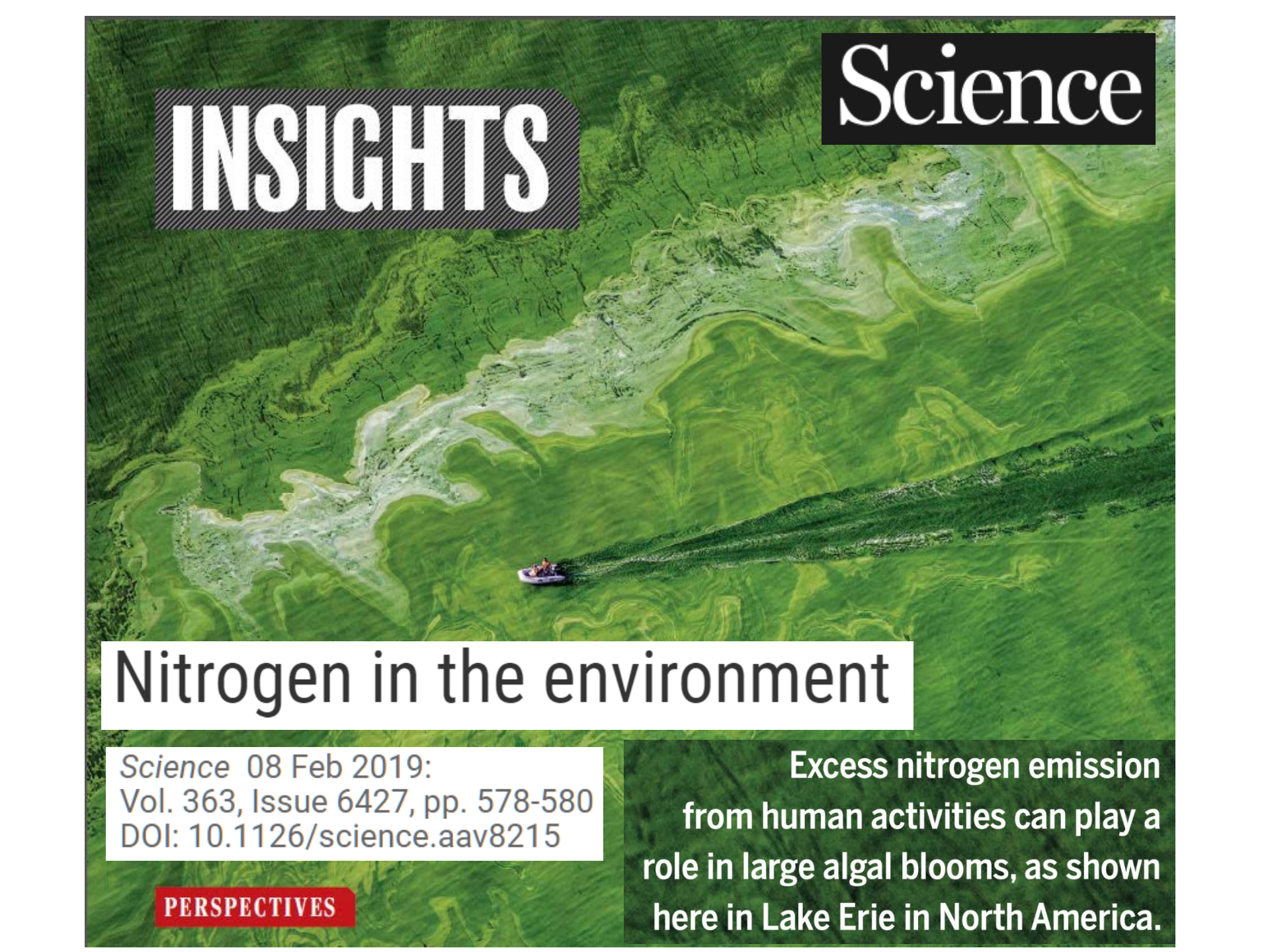
林冠州 博士候選人

Quan-Zhou Lin, Ph.D. Candidate



## Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet





# INSIGHTS

# Science

## Nitrogen in the environment

*Science* 08 Feb 2019:  
Vol. 363, Issue 6427, pp. 578-580  
DOI: [10.1126/science.aav8215](https://doi.org/10.1126/science.aav8215)

**PERSPECTIVES**

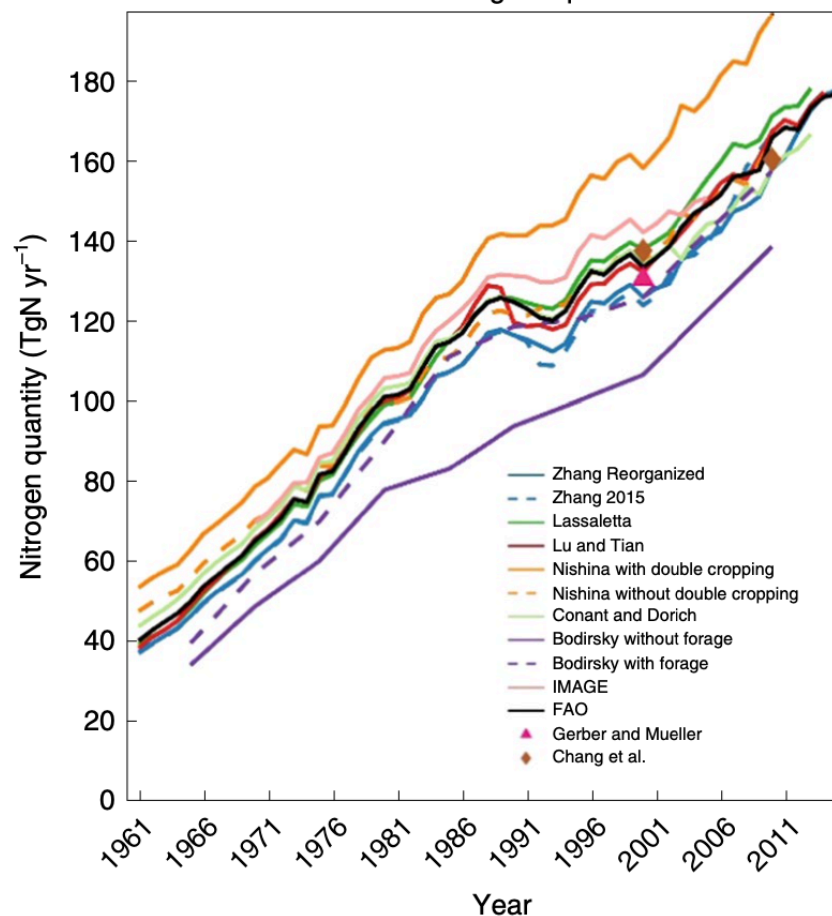
**Excess nitrogen emission  
from human activities can play a  
role in large algal blooms, as shown  
here in Lake Erie in North America.**



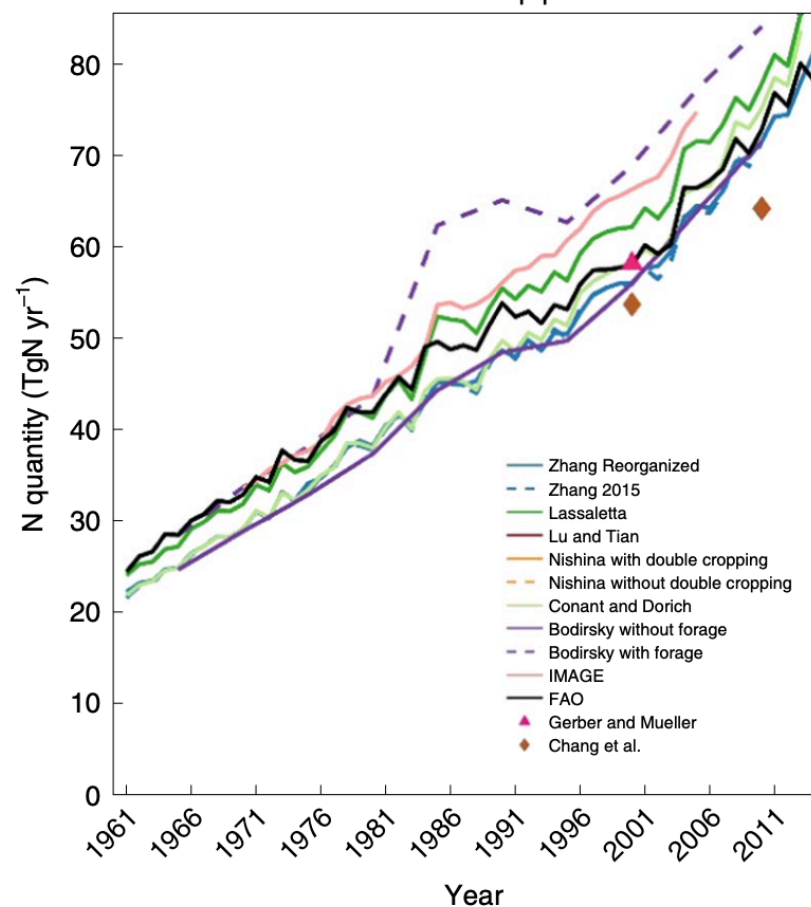
# Quantification of global and national nitrogen budgets for crop production

**a**

Global nitrogen inputs

**b**

Global harvested crop product

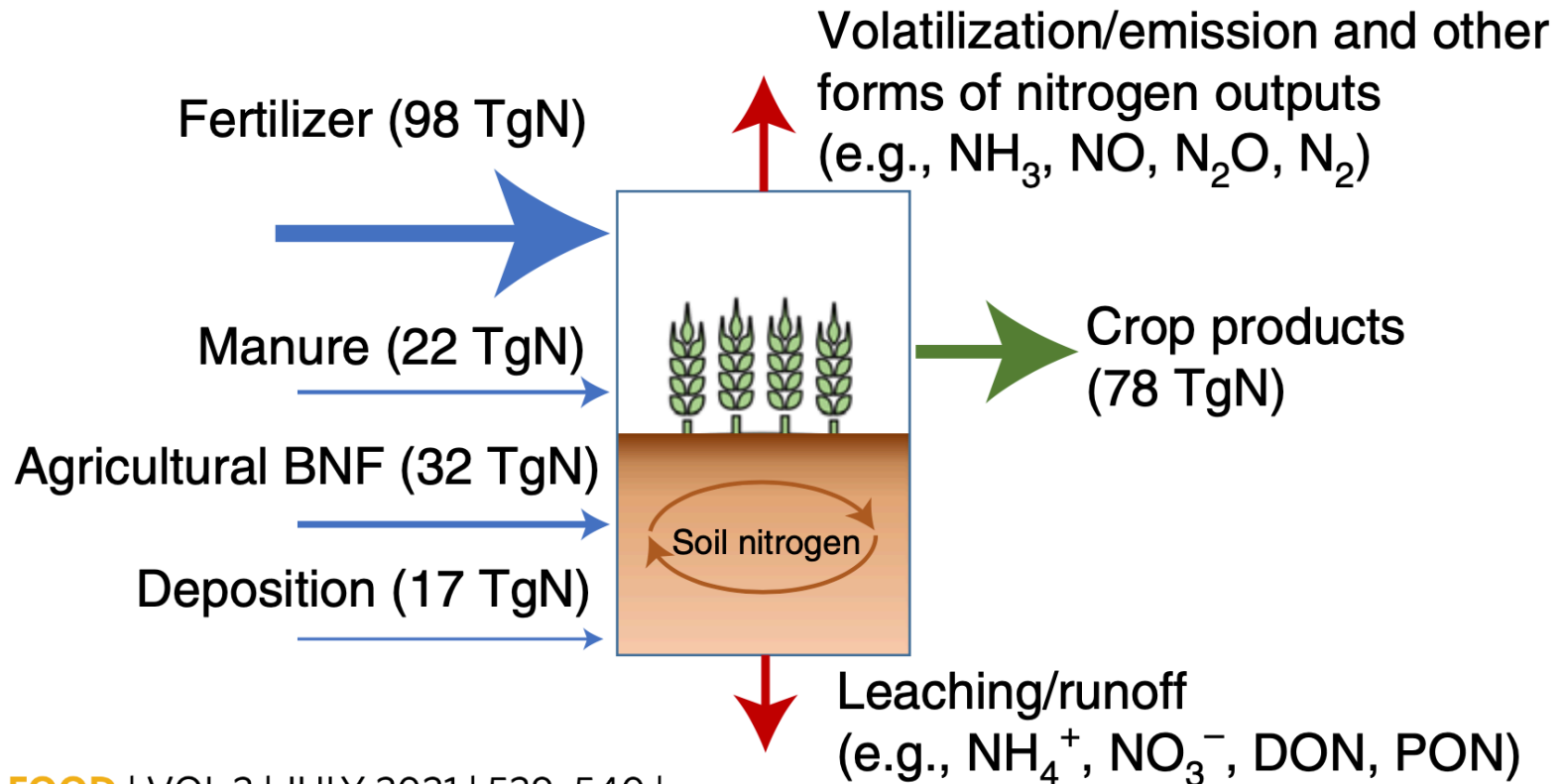


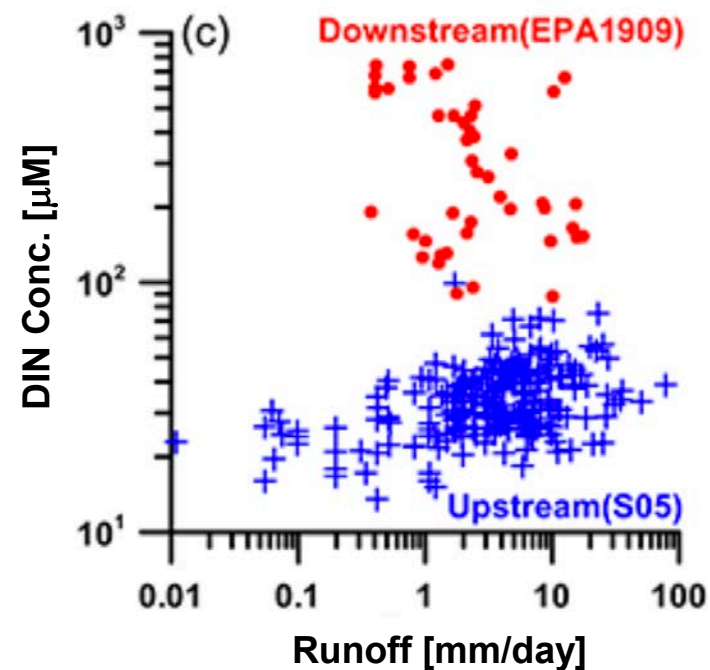
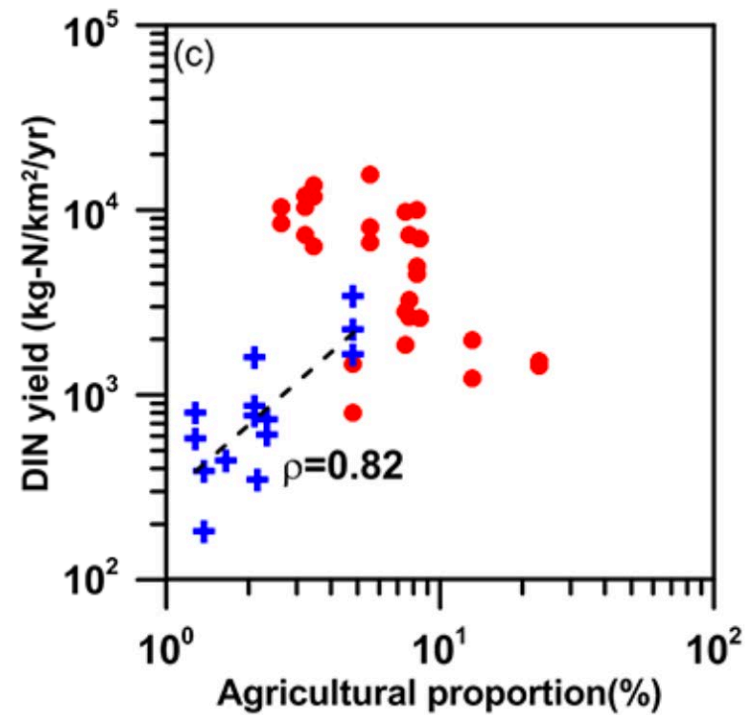
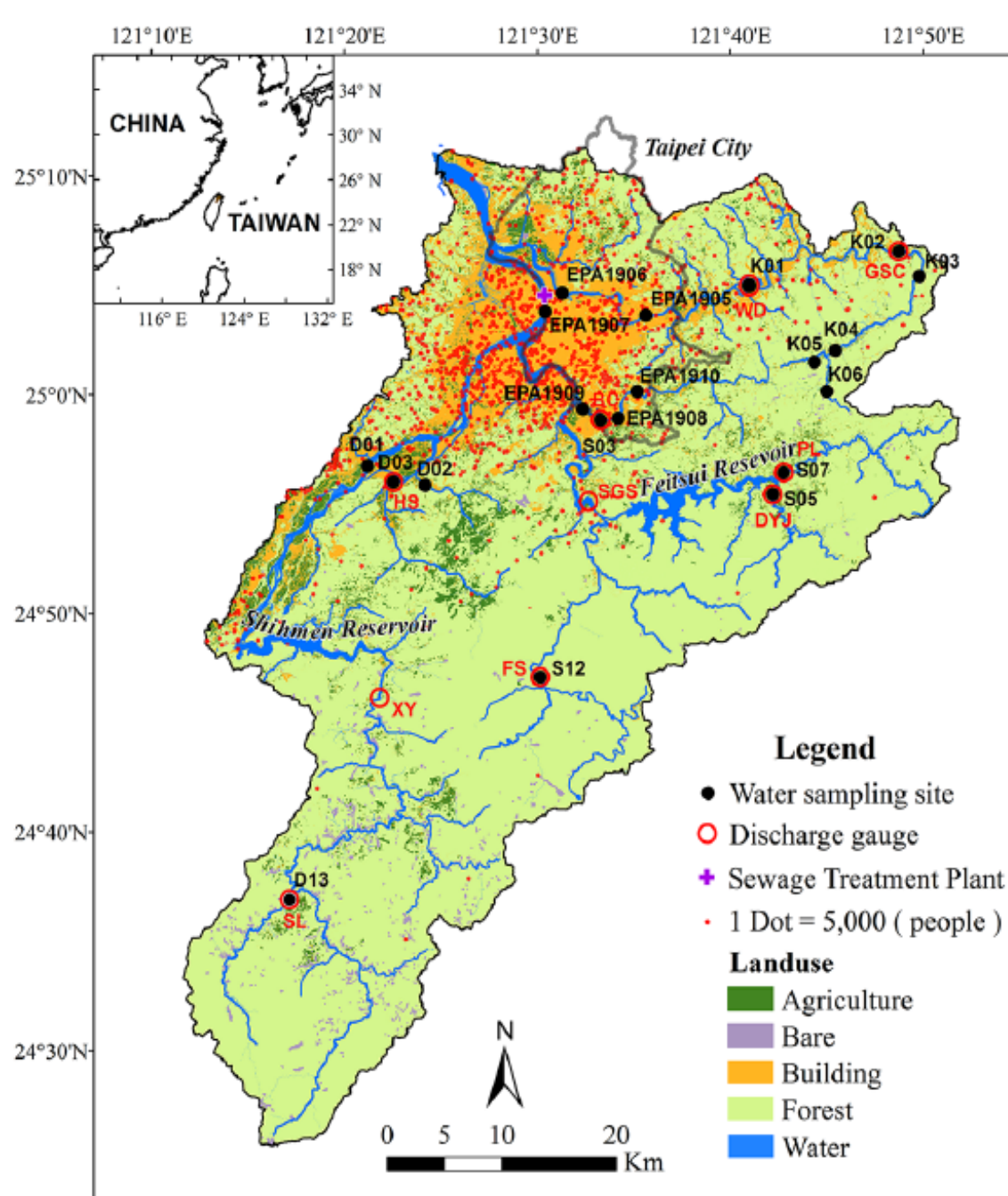


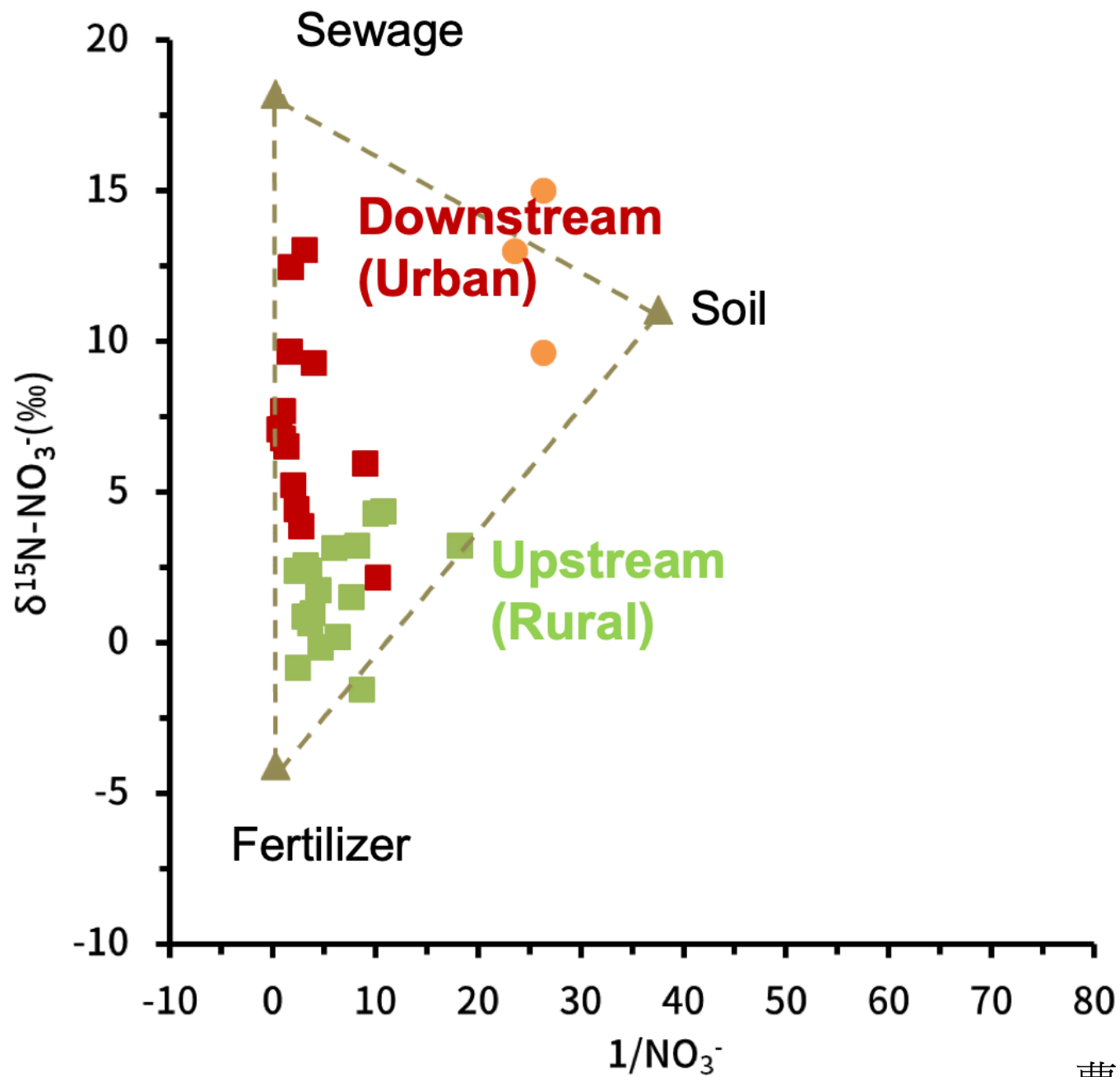
# Index Suggests That Half of Nitrogen Applied to Crops Is Lost

**Globally, nitrogen use efficiency is 46%**

*Food production is becoming less efficient at using nitrogen fertilizer, according to a review of global values. Excess nitrogen damages the environment and the climate.*









# Nitrogen in the environment

Carly J. Stevens

*Science* 08 Feb 2019:  
Vol. 363, Issue 6427, pp. 578-580

## Examples of preventative measures

Better management of animal waste in agriculture to reduce emissions

Precision agriculture to reduce fertilizer inputs

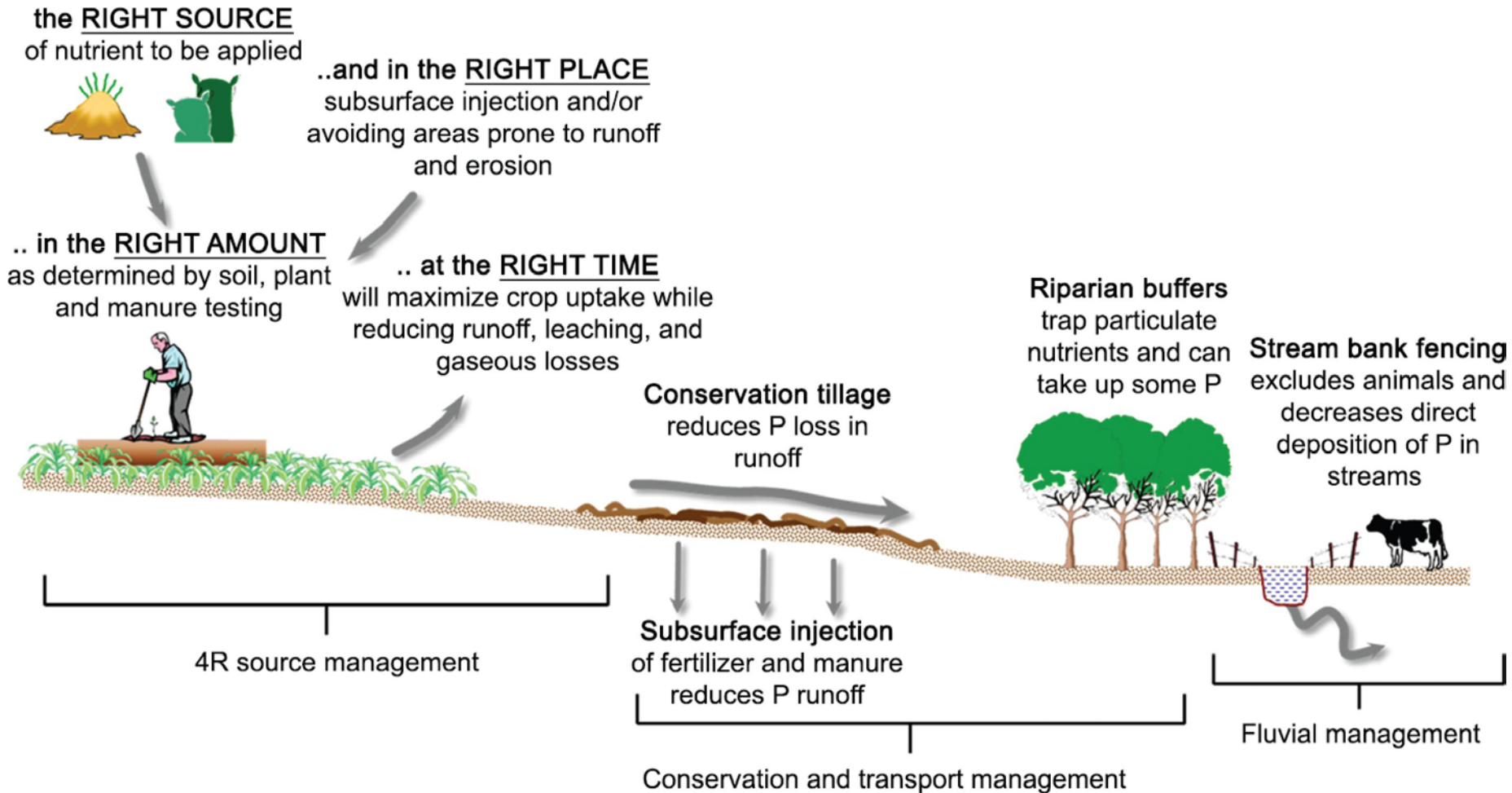
Changes to human diet to reduce high-nitrogen-footprint foods such as pork

Increased use of alternative energy sources

Reduced use of fossil fuels in transport

Chemical scrubbing of industrial emissions to remove reactive nitrogen

# Source management



# How precision agriculture works



## Fertilizer application

How to apply the fertilizer?



## Nitrogen budget

To know the crop demand and uptake, nutrient in soil



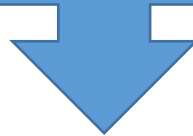
## Diffuse pollution

To improve water quality

Reduce pollution without sacrificing farmers' benefits



Weather (temperature, rainfall)



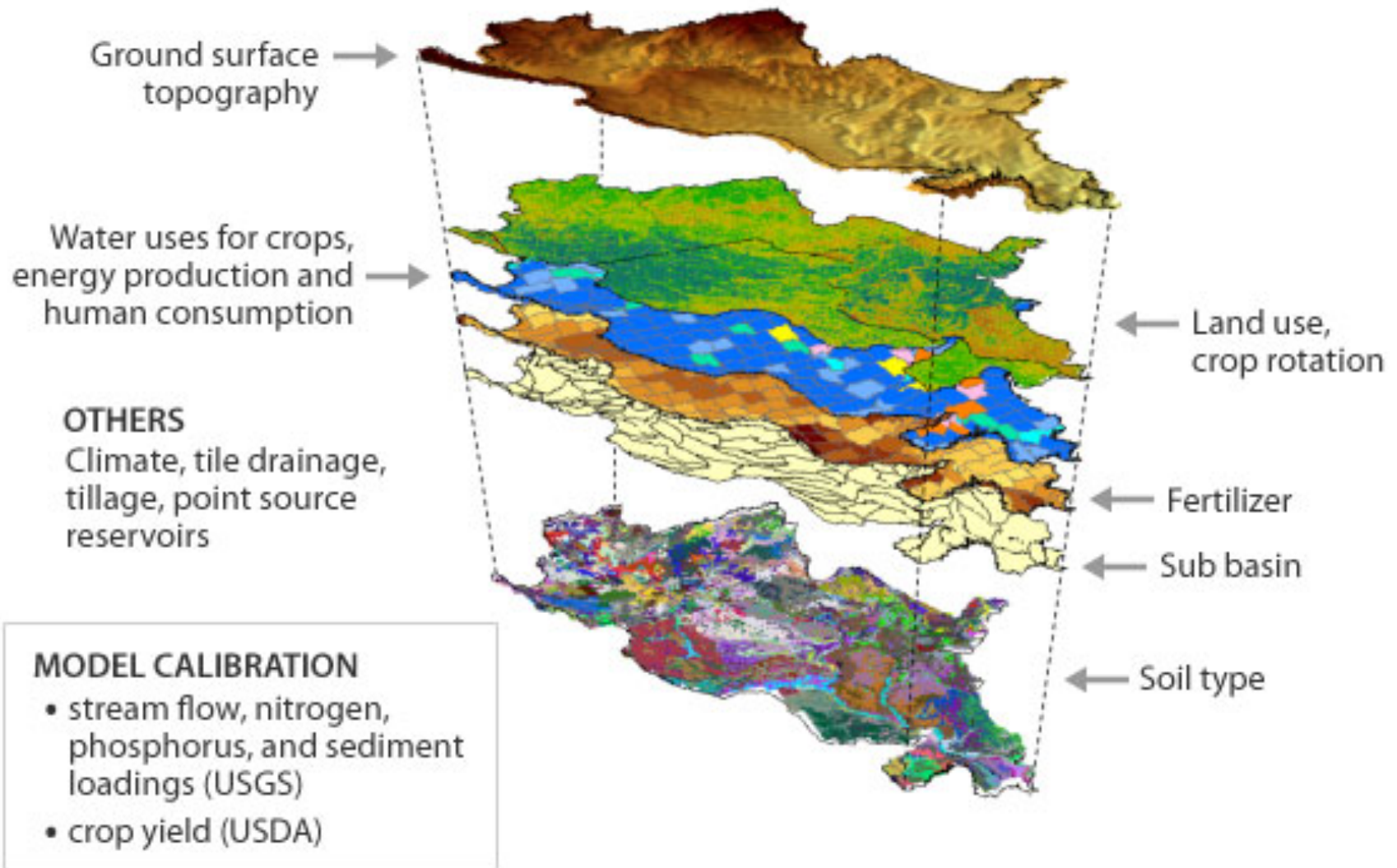
Fertilization  
strategy

- Time
- Amount

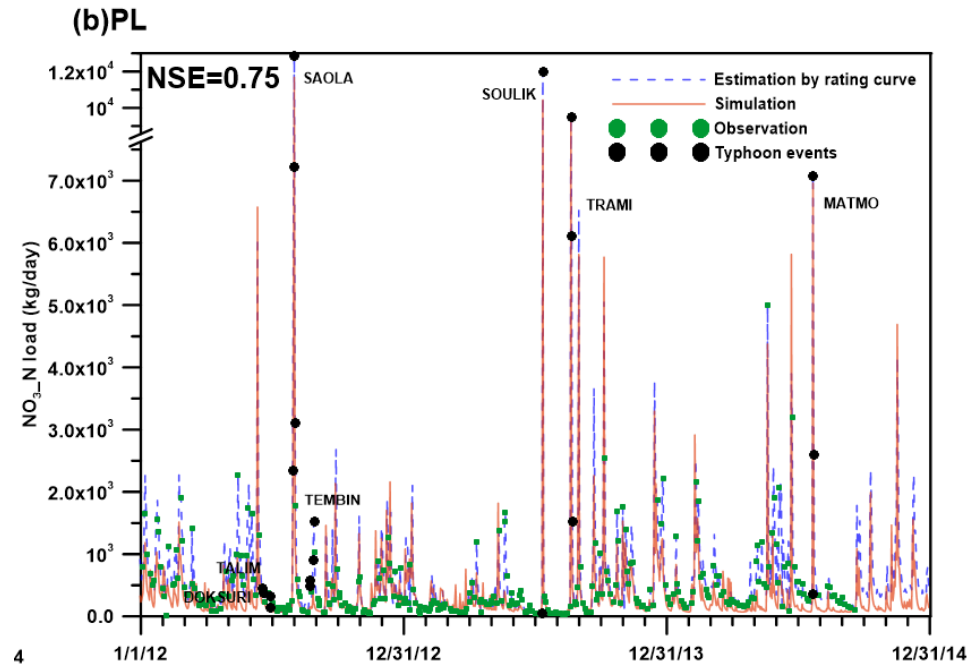
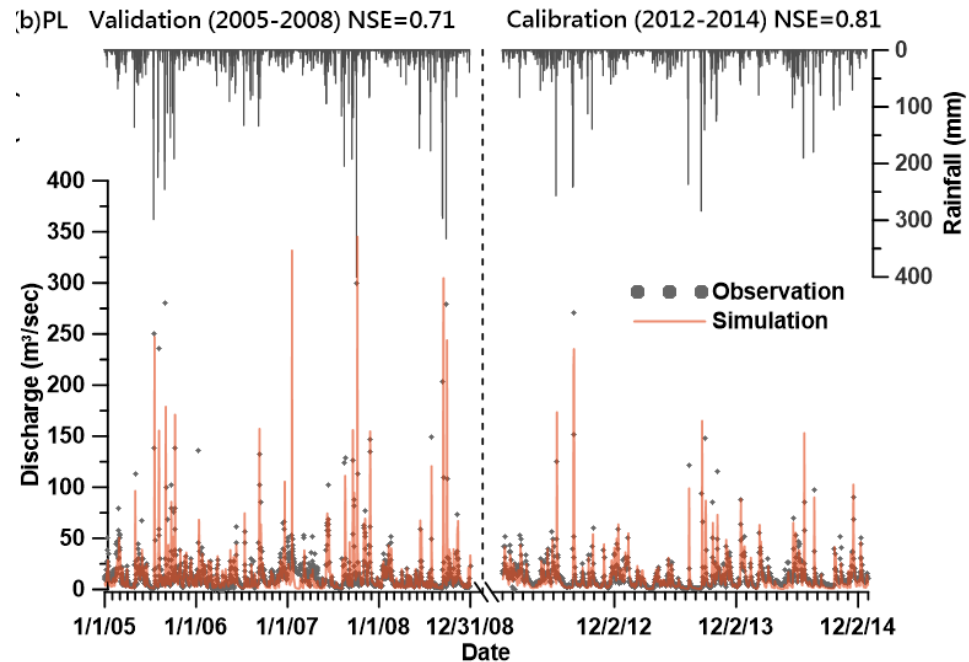
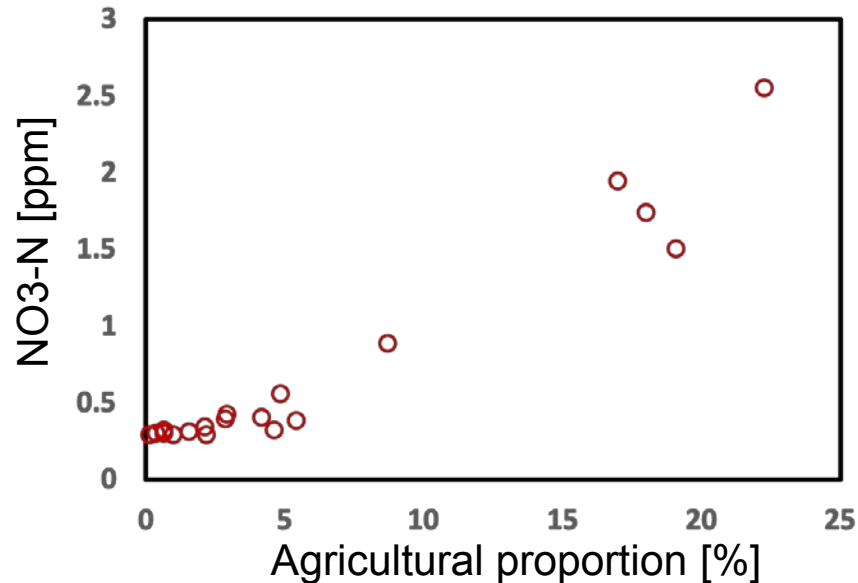
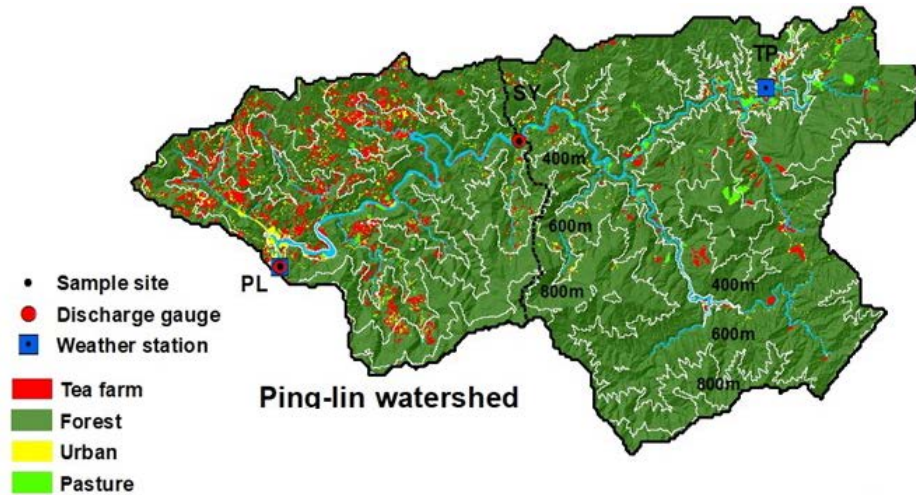
Outcome

- Crop  
yield
- Pollution

# Models can help



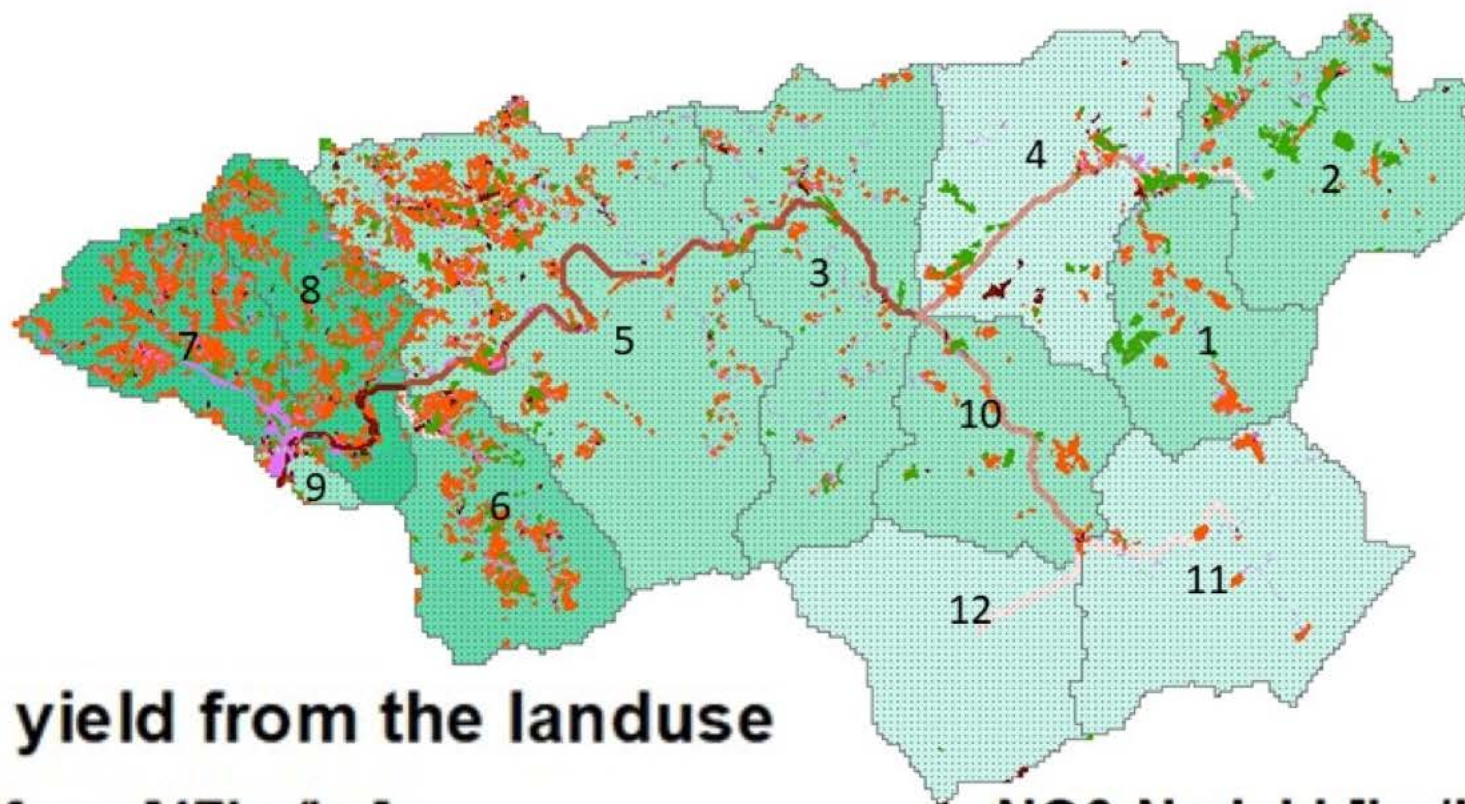
# SWAT application





# Validation of crop yield

| Year                            | 2012 | 2013 | 2014 |
|---------------------------------|------|------|------|
| Actual harvest<br>[kg/ha/yr]    | 584  | 541  | 590  |
| Simulated harvest<br>[kg/ha/yr] | 586  | 590  | 578  |



## NO<sub>3</sub>-N yield from the landuse

- Tea farm [47kg/ha]
- Urban[30kg/ha]
- Bare land[13kg/ha]
- Pasture [10kg/ha]
- Forest [5.1kg/ha]

## NO<sub>3</sub>-N yield [kg/ha]

- 8 - 12
- 13 - 18
- 19 - 25
- 26 - 32

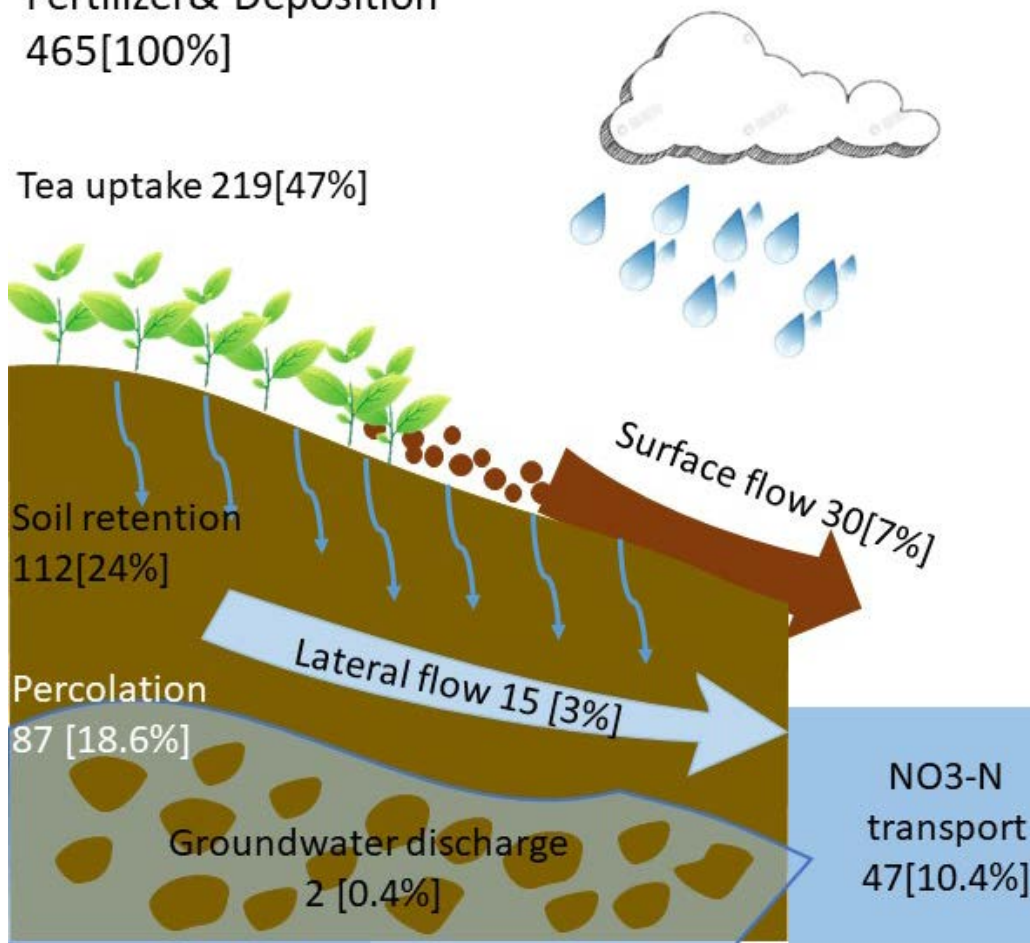
0 1.5 3 6 Kilometers

# Nitrogen budget in the tea farm

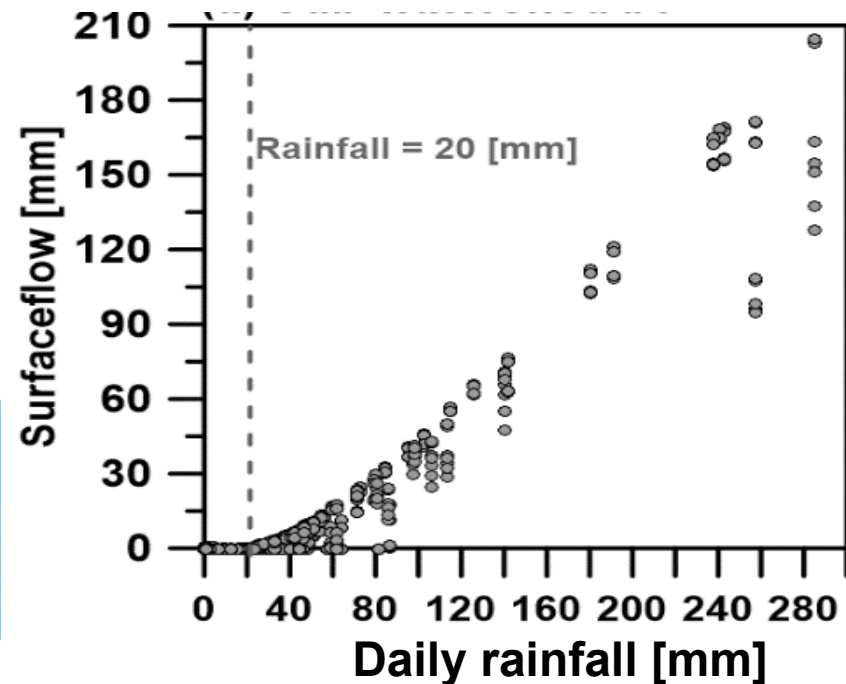
Fertilizer & Deposition  
465[100%]

Unit: kg/ha/yr [%]

Tea uptake 219[47%]

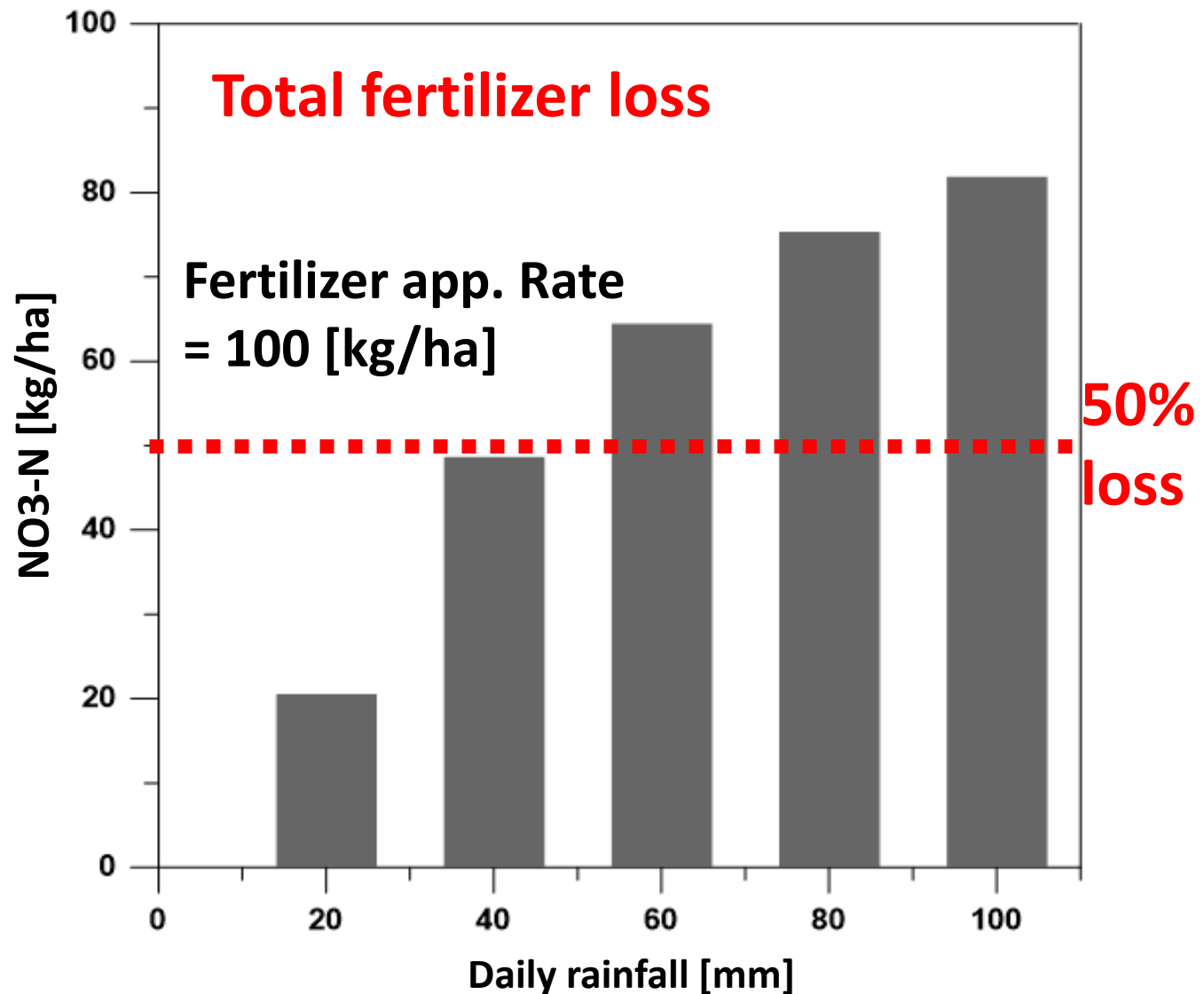
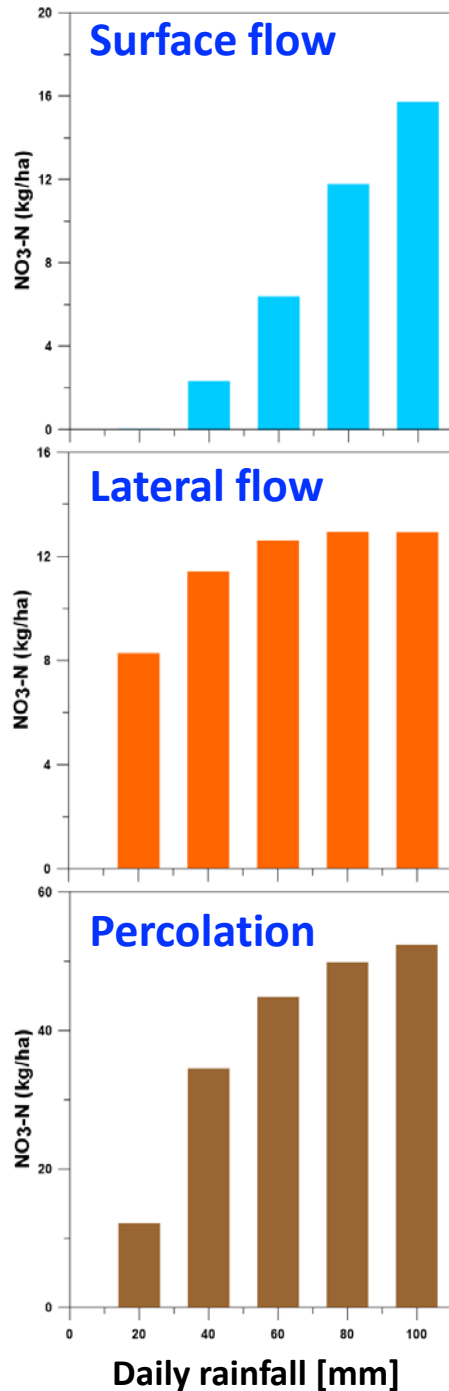


**Nitrogen use efficiency is 47%**





# Pathways of fertilizer loss (designed cases)

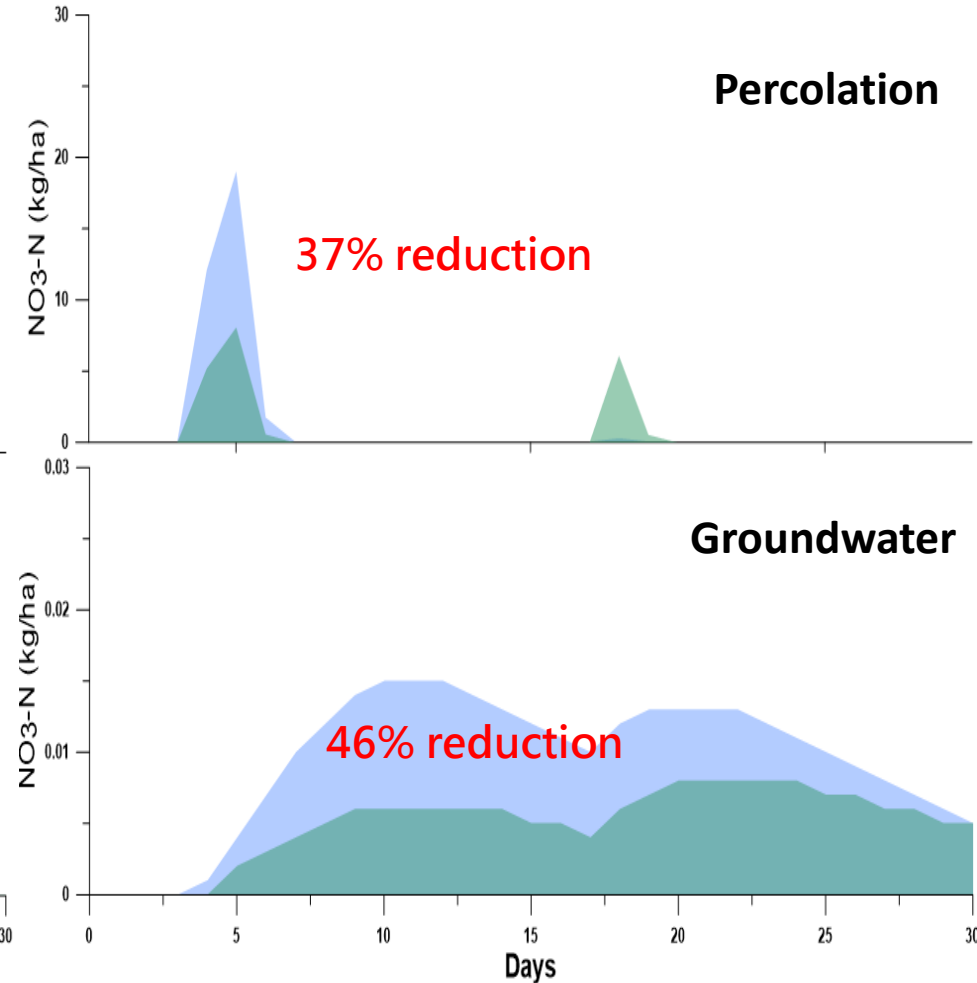
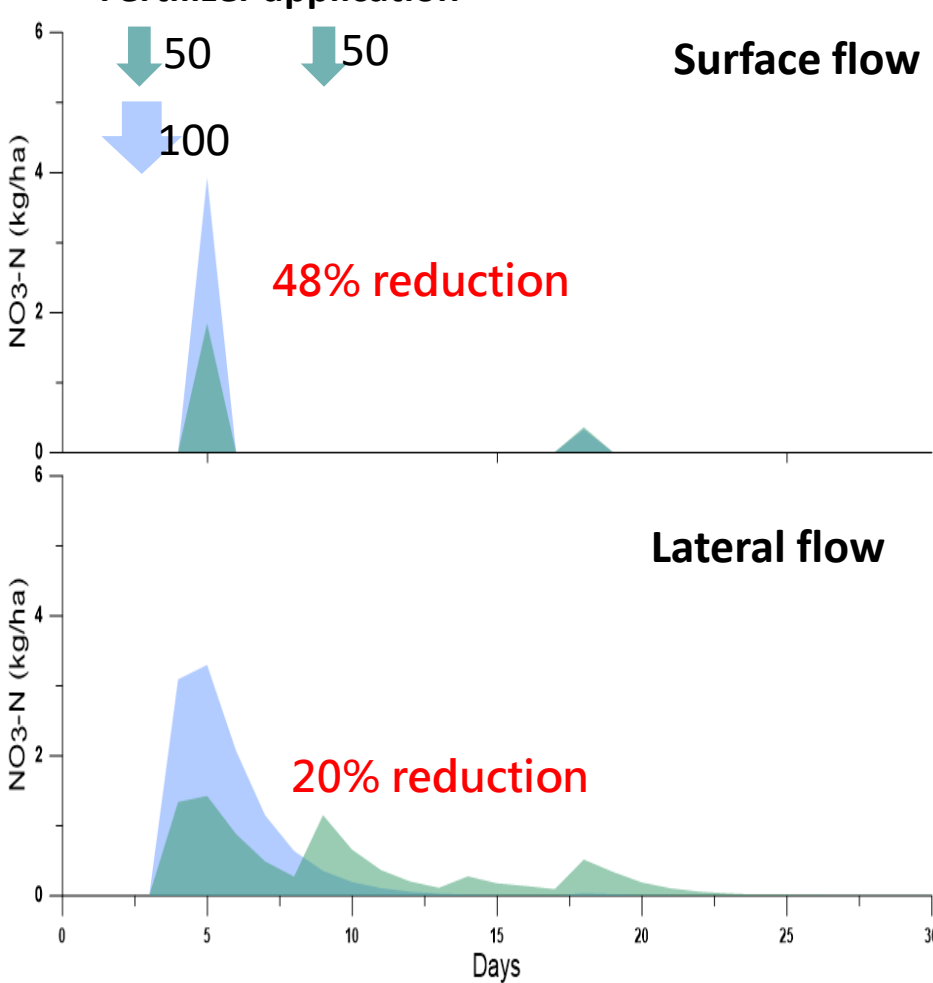


# Pathways of fertilizer loss (designed cases)

| Daily rainfall<br>[mm] | Fertilizer application rate<br>[kg/ha] | Surface flow<br>[kg/ha] | Lateral flow<br>[kg/ha] | Percolation<br>[kg/ha] | Total fertilizer loss<br>[kg/ha] |
|------------------------|----------------------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|----------------------------------|
| 20                     | 100                                    | 0.01                    | 8.3                     | 12                     | 20                               |
| 40                     | 100                                    | 2.3                     | 11                      | 35                     | 49                               |
| 60                     | 100                                    | 6.4                     | 13                      | 45                     | 65                               |
| 80                     | 100                                    | 12                      | 13                      | 50                     | 75                               |
| 100                    | 100                                    | 16                      | 13                      | 52                     | 82                               |

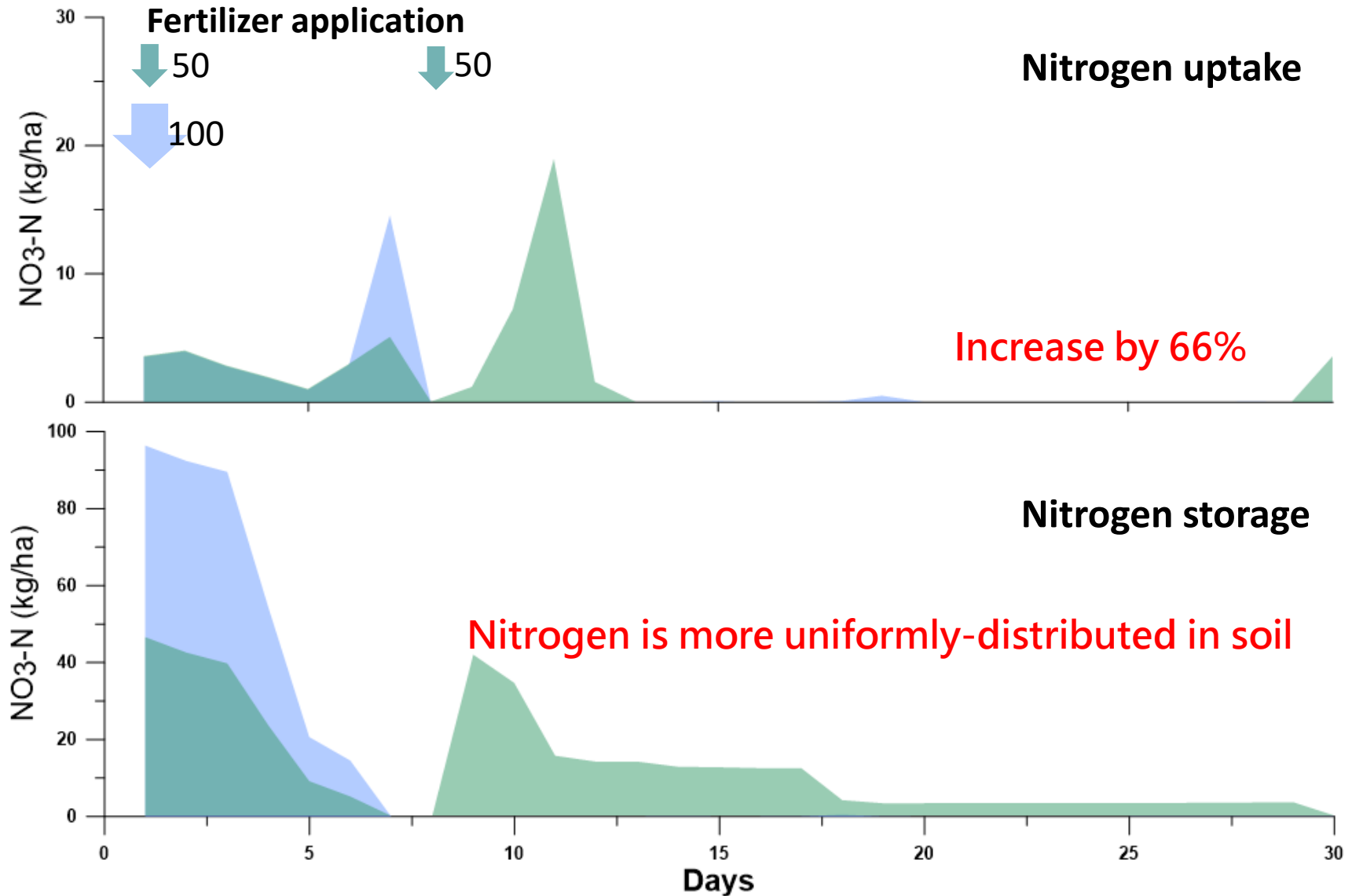
# Nitrogen flows of decentralized fertilization

Autumn tea  
Fertilizer application

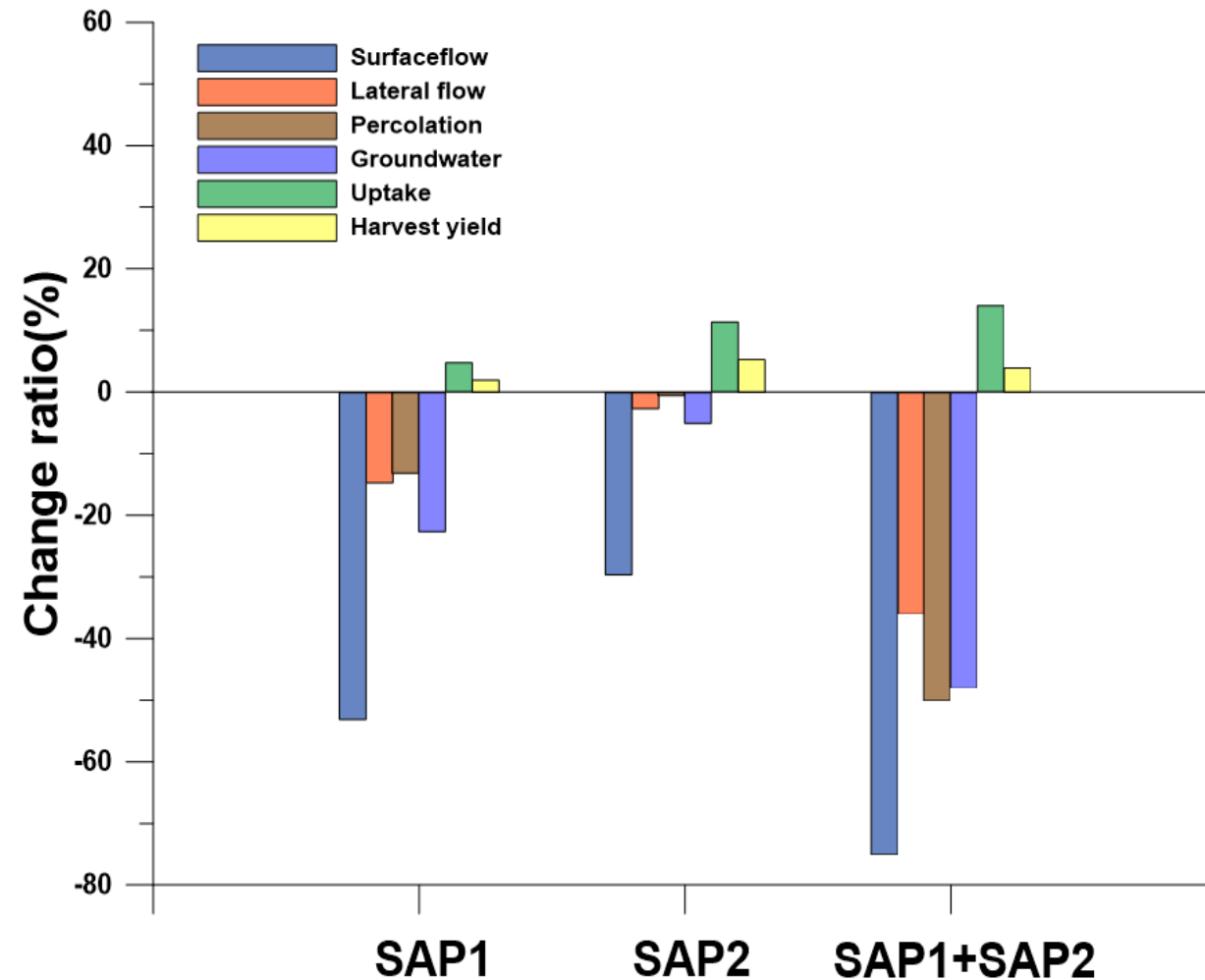




# Nitrogen flows of decentralized fertilization



# Applications of SAPs to the field



- SAP: Sustainable agricultural practice
- SAP1: fertilizer application when daily rainfall < 20 [mm]
- SAP2: from a single day to two days (10-day interval) with the same total amount of fertilizer

|                                                   | Nitrogen inputs                   | Nitrogen flows          |                         |                        |                        |                   |                    |
|---------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|-------------------|--------------------|
| Year                                              | Fertilizer+ deposition [kg/ha/yr] | Surface flow [kg/ha/yr] | Lateral flow [kg/ha/yr] | Percolation [kg/ha/yr] | Groundwater [kg/ha/yr] | Uptake [kg/ha/yr] | Harvest [kg/ha/yr] |
| Current fertilization strategy                    |                                   |                         |                         |                        |                        |                   |                    |
| 2012                                              | 505                               | 15(3%)                  | 14(3%)                  | 94.8 (19%)             | 2.5 (0.5%)             | 218(43%)          | 586                |
| 2013                                              | 484                               | 50.1(10%)               | 9.8(2%)                 | 58.4(12%)              | 2.1(0.43%)             | 225(47%)          | 590                |
| 2014                                              | 445                               | 22.4(5%)                | 16.2(4%)                | 95.8(23%)              | 2.4(0.58%)             | 205(49%)          | 578                |
| Ave.                                              | 468                               | 29.2(6%)                | 14(3%)                  | 83(18%)                | 2.32(0.5%)             | 216(47%)          | 591                |
| Modified fertilization strategy                   |                                   |                         |                         |                        |                        |                   |                    |
| 2012                                              | 430                               | 9.9(2%)                 | 8.6(2%)                 | 42.1(10%)              | 1.35(0.31%)            | 225(52%)          | 598                |
| 2013                                              | 425                               | 6.5(2%)                 | 9.7(2%)                 | 45.1(11%)              | 1.25(0.29%)            | 261(61%)          | 658                |
| 2014                                              | 415                               | 5.3(1%)                 | 8.4(2%)                 | 36.6(8%)               | 0.9(0.21%)             | 254(61%)          | 584                |
| Ave.                                              | 423                               | 7.2(2%)                 | 8.9(2%)                 | 41.3(9%)               | 1.2(0.3%)              | 247(55%)          | 613                |
| Change ratio = (Modified - Current) / Current [%] |                                   |                         |                         |                        |                        |                   |                    |
| 2012                                              | -14                               | -34                     | -38                     | -56                    | -45                    | 3                 | 2                  |
| 2013                                              | -12                               | -87                     | -1                      | -23                    | -40                    | 16                | 11                 |
| 2014                                              | -6                                | -76                     | -48                     | -62                    | -62                    | 24                | 1                  |
| Ave.                                              | -10                               | -75                     | -36                     | -50                    | -48                    | 14                | 4                  |

# Implication for precision agriculture

| Month | <b>Required</b> nitrogen<br>in soil (at stress=0.5)<br>[kg/ha] | Nitrogen<br><b>uptake</b><br>[kg/ha] |
|-------|----------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| 1     | 1.56                                                           | 0.23                                 |
| 2     | 2.88                                                           | 1.21                                 |
| 3     | 3.89                                                           | 2.72                                 |
| 4     | 3.34                                                           | 3.22                                 |
| 5     | 1.7                                                            | 1.92                                 |
| 6     | 0.95                                                           | 1.08                                 |
| 7     | 0.98                                                           | 0.38                                 |
| 8     | 1.91                                                           | 0.25                                 |
| 9     | 2.86                                                           | 0.72                                 |
| 10    | 2.3                                                            | 0.75                                 |
| 11    | 1.09                                                           | 0.42                                 |
| 12    | 0.82                                                           | 0.18                                 |

- **Required > uptake**
  - More fertilizer
- Uptake > required
  - No fertilizer
- **Required = Uptake**
  - Zero loss
  - Max crop yield



# Summary

- Nitrogen use efficiency can be improved
  - More than 50% is lost
- The validated models are helpful
  - Nitrogen budget
  - SAP evaluation
  - Precision agriculture (real-time monitoring)
- Win-win strategies, between farmers and the authorities, are achievable
  - Reduced fertilizer and improved water quality BUT increased yield

# Challenges

- Models v.s. Real world
  - Field experiments are essential and more persuasive
- Farmers' willingness
  - Farmers struggle to apply just the right amount of fertilizer
  - Cheap subsidized fertilizer

# 台大為豬農打造「精準營養」 降低豬糞臭還提升5%獲利

2021-10-14 04:42 聯合報 / 記者潘乃欣／台北即時報導

 聯合新聞網



台灣大學動物科學與技術學系教授丁詩同團隊發表研究成果。記者潘乃欣／攝影

「豬舍臭到鄰居受不了」是全國近8000個養豬場、約2萬名豬農心中最苦惱的事。台灣大學動物科學與技術學系教授丁詩同團隊執行科技部補助的20億元計畫，研發益生菌加入豬飼料，有效降低糞臭味，還在「精準營養」的策略下加快豬隻生長，省下飼料錢且提高豬肉品質，每廠獲利增加5%以上。





Thanks for your attention