中華民國 精彩一百

農業試驗所特刊第156號
Special Publication of TARI No. 156

因應氣候變遷作物育種及生產環境管理研討會專刊

Proceedings of the Workshop on Crop Breeding and Management of Agricultural Enviroment for Coping with Climate Change

TARI LIB.
C006327








中華民國一00年十二月
December, 2011

行政院農業委員會農業試驗所
TAIWAN AGRICULTURAL RESEARCH INSTITUTE



2011 Workshop on Crop Breeding and Management of Agricultural Environment for Coping with Climate Change

31 Aug. - 1 Sep. 2011, Taiwan Agricultural Research Institute, Taiwan, Republic of China

農業試驗所特刊第 156 號
Special Publication of TARI No. 156

因應氣候變遷作物育種及生產環境管理研討會專刊

Proceedings of the Workshop on Crop Breeding and Management of Agricultural Environment for Coping with Climate Change

主編

吳東鴻、陸明德、曾東海、王怡玎、蕭巧玲

Edited by

Dong-Hong Wu, Ming-Te Lu, Tong-Hai Tseng,

Yee-Ting Wang, and Chiao-Ling Hsiao

行政院農業委員會農業試驗所

Taiwan Agricultural Research Institute, COA

中華民國一百年十二月

December, 2011

因應氣候變遷作物育種及生產環境管理研討會專刊

Proceedings of the Workshop on Crop Breeding and Management of Agricultural Environment for Coping with Climate Change

目錄 Catalogue

研討會序文

Workshop introduction ---------- i

研討會歡迎詞

Welcome address ---------- ii

農業氣象學應用現況：例釋與最新趨勢

Applied agrometeorology of today: some case studies and new trends

Kees Stigter ---------- 1

在 21 世紀中面臨氣候變遷下從永續經營看作物育種趨勢

Plant breeding for sustainable agriculture in the face of climate change in the 21st century

Molly Jahn ---------- 13

選育具氣候調適能力之水稻：其育種目標、策略與演進

Breeding for climate-ready rice: needs, strategies, and progress

Hei Leung ---------- 15

氣象災害因應策略

Response strategies for agrometeorological disasters

申雍、陳守泓、姚銘輝 Yuan Shen, Shou-Hung Chen , and Min-Hwi Yao ---------- 17

氣候變遷與土壤質量管理

Climate changes affect Taiwan soil quality and the management strategies

郭鴻裕 Horng-yuh Guo ---------- 29

氣候變遷與植物病原消長

Climate change and dynamics of plant diseases

鄧汀欽、安寶貞、鄭櫻慧、林子凱、蔣國司

Ting-Chin Deng, Pao-Jen Ann, Ying-Huey Cheng, Tzu-Kai Lin, and Kuo-Szu Chiang - 33

氣候變遷對農業昆蟲直接與間接影響之研究回顧
Direct and indirect effects of climate change on agricultural insects: a brief review
石憲宗、黃毓斌、林鳳琪、謝雨蒔、張宗仁、黃守宏、江明耀、王清玲、高靜華
Hsien-Tzung Shih, Yu-Bing Huang, Feng-Chyi Lin, Yi-S Shieh, Chung-Jan Chang, Shou-Horng Huang, Ming-Yau Chiang, Chin-Ling Wang, and Cing-Hua Kao --------- 49

因應非生物逆境之栽培及育種策略:以台灣環境之思考
Adaptation of crop cultivation and breeding to abiotic stresses: with aspect of Taiwan's environment
盧虎生 Huu-Sheng Lur---------- 61

全球暖化下台灣耐逆境水稻之育種策略與發展
The breed strategy and development on stress tolerance of Taiwan rice under global warming
林彥蓉、吳永培 Yann-rong Lin, and Yong-pei Wu ---------- 65

逆境對玉米生長產量之影響及育種栽培因應之道
Effects of stress on the growth responses of corn and related operations in breeding and cultures
謝光照 Guang-Jauh Shieh ---------- 79

因應氣候變遷之甘藷育種及栽培管理策略
The breeding and cultivation practices of sweet potatoes for the responses of climates changes
賴永昌、黃哲倫、羅筱鳳、林冠宏
Y.C. Lai, J.L. Hwang, Hsiao F. Lo, and Kuan H. Lin ----------105

因應氣候變遷毛豆育種及生產環境管理
The breeding and cultivation practices of soybeans for the responses of climates changes
周國隆 Kuo-Lung Chou----------131

氣候變遷對十字花科蔬菜育種的挑戰
Cruciferous vegetables breeding to meet challenges of climate change
王三太、許秀惠、陳甘澍、邱金春、李碩朋、林楨祐、羅惠齡、林照能、
許淼淼、洪爭坊
San-Tai Wang, Shiow-Huey Hseu, Kan-Shu Chen, Chin-Chun Chiou, Shuo-Peng Li, Chen-Yu Lin, Hui-Ling Lo, Jaw-Neng Lin, Miao-Miao Hsu, and Cheng-Fang Hong---- 135

農業環境變遷對葫蘆科蔬菜育種與栽培技術之挑戰
Breeding and cultural technologies of cucurbits in the changing agricultural environment
王毓華、林子凱、林照能
Yu-Hua Wang, Tzu-Kai Lin, and Jaw-Neng Lin ----------153

因應熱帶氣候變遷挑戰之亞蔬茄科育種
Solanaceous vegetable breeding at AVRDC to meet the challenges of climate change in the tropics
Peter Hanson, Paul Gniffke, Jin Shieh, Shu-fen Lu, and Chee-wee Tan----------163

因應氣候變遷之菇類育種與栽培管理
Breeding and cultivation management of mushroom for mitigation and adaptation to climate change
石信德、陳美杏、李瑋崧、呂昀陞、陳錦桐、吳寬澤
Hsin-Der Shih, Mei-Hsing Chen, Wei-Sung Li, Yun-Sheng Leu, Jin-Tong Chen, and Kaun-Tzer Wu ----------173

台灣熱帶果樹產業因應氣候變遷之調適
Realignment of tropical fruit production to climate change in Taiwan
顏昌瑞 Chung-Ruey Yen----------187

氣候變遷對台灣亞熱帶果樹之影響
Impacts of climate change to subtropical fruits in Taiwan
呂明雄 Ming-Hsiung Lu ----------189

溫帶果樹對氣候變遷的育種及生產管理應變
The strategies of breeding and production management of temperate fruits for climate change
施昭彰 Jau Chang Shih ----------191

綜合討論 Panel discussion----------201

糧食議題討論 Group discussion of venue-food session ----------203

蔬菜議題討論 Group discussion of venue-vegetable session ----------206

果樹議題討論 Group discussion of venue-fruit session ----------208

附錄：研討會議程表 Appendix: workshop program----------210

序

爲因應氣候變遷提升國內農業生產調適能力，行政院農業委員會農業試驗所於8月31日(星期三)上午9時在本所國際會議廳舉辦「因應氣候變遷作物育種及生產環境管理」研討會。爲期一天半的學術盛會中，來自美國、荷蘭及菲律賓等多國著名學者與16位國內研究專家，將針對全球氣候變遷下糧食、蔬菜及果樹等作物育種與環境管理發表成果回顧及評論。除了國內各試驗場所及大專院校從事農業研究的專家學者外，亦包含民間種苗業者及關心農業發展的農民與農企業團體將齊聚一堂，希望藉由本研討會相互討論及意見交流，導引與會人員針對本次議題凝聚共識，以研擬因應氣候變遷國內作物生產之調整策略。

近來全球氣候極端異常，很多地區受到洪水、乾旱、冰雪風暴、熱浪和寒潮等肆虐的發生次數日益頻繁且加劇，整體氣溫趨向暖化並導致病蟲害大規模流行，對人類造成的威脅與農產損失日趨嚴重，使得農民對具有高逆境調適能力品種的需求性更爲迫切。爲穩定我國農糧產業之發展，國內各農業研究單位持續不斷創新，以培育出能兼具各項優良性狀的農作物新品種及研發出優質生產環境管理技術，提供我國農糧產業最佳生產基石與因應未來衝擊之能量。但是氣候變遷的速度似乎比預期來得快，亟待各農業研究單位及早籌畫因應措施。如何能有效應用遺傳研究與生產環境管理，提高作物品種的逆境耐受性及育種效率，將是目前農業研究單位面臨的嚴峻挑戰。

本次研討會第1天議程主要係針對「氣象災害因應策略」、「氣候變遷與土壤質量管理」、「氣候變遷與病害之消長」、「氣候變遷對農業昆蟲直接與間接影響之研究回顧」及「台灣因應非生物逆境之栽培及育種策略」等廣泛性議題進行專題報告及綜合討論，第2天議程則針對糧食、蔬菜與果樹等各類作物議題分組作更深入探討與意見交換，讓各領域專家藉此公開場合能充份分享彼此見解，擬定國內因應氣候變遷之作物育種及生產管理的調整策略，包含水稻、玉米、甘藷與毛豆等糧食作物，十字花科、葫蘆科、茄科蔬菜與菇類等蔬菜作物，以及熱帶、亞熱帶及溫帶等果樹作物的具體因應措施，爲我國農糧產業發展貢獻良策。

行政院農業委員會農業試驗所

所長 陳駿季

中華民國一〇〇年十二月

歡迎詞

陳駿季 所長

農委會農業試驗所

農業委員會陳主任委員、國家實驗研究院科技政策研究與資訊中心鄒顧問、諸位參與專題演講的國內外貴賓、各位與會農業先進們、各位女士、先生，大家好!

爲了緩解與調適氣候變遷對農業生產及糧食安全的多元衝擊，行政院農業委員會特別於去(99)年 6 月中召開『因應氣候變遷農業調適政策會議』，會中獲得 43 項策略共計 208 項對應措施。又於本(100)年 5 月間舉行「全國糧食安全會議」，規劃五大議題綜合討論，亦得到 14 項關鍵策略及 55 項擬採措施。本會陳主任委員更進一步要求本所籌備本項『因應氣候變遷作物育種及生產環境管理研討會』，邀請國內外專家學者針對「作物育種」及「生產環境管理」兩項議題再予深入探討，期以歸納出相關解決方向，並據以研擬行動方案來因應氣候變遷的可能影響。

承蒙本會　陳主任委員親自蒞臨指導和提示，諸位專家學者和農業先進們踴躍參與，尤其三位國外專家學者分別從荷蘭、美國、菲律賓國際稻米研究所遠道而來，本人謹代表籌備單位農業試驗所表達十二萬分的感謝和歡迎之意。企盼本所寬闊的空間、新鮮的空氣和好客的熱情，陪伴　您愉快的度過兩天會期。

從農作物育種與生產的觀點，農糧作物的品種改良及栽培管理必須加強，並強化具潛力作物的耐/抗逆境能力，以確保糧食安全供應；而從生產環境調適的角度，應當發展環境親和/友善的耕作方式，改善生物性及非生物性的逆境，以促進農業永續經營。本研討會即以此主軸規劃各項主題，邀請合適的國內外專家學者提供研究結果、經驗與心得，復希望與會農業先進們能夠慷慨的提出寶貴意見，讓本研討會可以獲得豐碩研討成果，助益於農業試驗研究單位未來研提具體行動方案。

籌備單位會將本研討會的論文彙集成冊，合併會議整理的各項意見一起出版，一方面作爲本所未來研究重點的規劃參考，另方面提供本會其他試驗研究單位參採，以延廣研討會成效。最後，謹再一次向全體與會的專家學者、農業先進和女士、先生表示由衷的感謝，特別是千里遠道前來三位國外朋友，祝福大家健康快樂，事業鴻圖大展，謝謝。

Applied Agrometeorology of Today: Some Case Studies and New Trends

C.J. (Kees) Stigter[1]

[1]Agromet Vision, P.O. Box 16, 68208 Bondowoso, East Java, Indonesia and Groenestraat 13, 5314 AJ Bruchem, Netherlands. E-mail: cjstigter@usa.net

Abstract

One of the most important trends in agrometeorology is the development of agrometeorological services with and for farmers. The issue is that they must be explained to and discussed with these farmers and then must be applied in cultivation planning/actions and finally also evaluated with them. The second trend therefore is a "farmers first" paradigm in a participatory approach. An important class of services is the design of new cropping/farming systems that can face new requirements of the "farmers first" paradigm. Three examples of intercropping farming systems have been selected and climate change and cultivation aspects of these designs will be dealt with. Dryland intercropping with heterogeneous mixtures in semi-arid Nigeria is the first example. Demonstration and extension of relay intercropping of late rice into lotus in Guangchang County, Jiangxi Province, China is the second. Land scarcity forcing farmers in semi-arid Kenya to cultivate more sloping land is the third. The next trend to be discussed is generating and supporting a rural response to climate change in agrometeorology. We use case studies from Indonesia. Collection and generation of on-farm knowledge will very much help. If we succeed in creating such weather services, consequences of climate change can be faced with much more confidence. In Indonesia experiments have taken place with local Climate Field Schools (CFSs) as a new trend in agrometeorology. We finally have experimented there with so called "Science Field Shops", which should become a new trend. The applied agrometeorology of today is what scientifically supports those trends.

INTRODUCTION

One of the most important trends in agrometeorology is the development of agrometeorological services with and for farmers (Stigter, 2010). We consider that to agrometeorological services belong all agrometeorological and agroclimatological knowledge and information that can be directly applied to try to improve and/or protect the livelihood of

farmers. This means protection of yield quantity and quality and farmers' income, while safeguarding the agricultural resource base from degradation (e.g. Stigter, 2010; WMO, 2011).

An obvious example is of course a specific weather forecast for agriculture, but the issue with actual agrometeorological services is that such a forecast must be explained to and discussed with these farmers and then must be applied in cultivation planning/actions with them and finally also must be evaluated with them (Murthy, 2008). The same applies to other agrometeorological services such as simple seasonal climate predictions, early warning messages and other disaster preparedness attempts (Stigter, 2010). Such an approach fits the "farmers first" paradigm excellently. The second trend therefore is a "farmers first" paradigm in a participatory approach (e.g. Stigter, 2011a).

Another class of such services is the design of new cropping/farming systems that can face new requirements of the "farmers first" paradigm. The organizers asked me to exemplify cases of multiple cropping systems. Three examples of intercropping farming systems will be dealt with below and climate change and cultivation aspects of these designs will be dealt with (Stigter, 2010). The next trend discussed is that of generating and supporting a rural response to climate change in (among others) agrometeorology (Winarto and Stigter, 2011). We discuss it for agrometeorology using case studies from Indonesia. An example of the latter is the research we do in Yogyakarta and west Java, Indonesia, stimulating farmers since 2007 to measure rainfall patterns in their own fields and to follow the consequences for their crops and fields, growing season by growing season (Winarto et al., 2008; Winarto et al., 2010). These on-farm data and information are then discussed among themselves and with supporting scientists. If we succeed in creating such weather services, consequences of climate change can be faced with much more confidence. In Indonesia experiments have taken place with local Climate Field Schools (CFSs) as a new trend in agrometeorology. However, the top down approach with the curricula, "teaching" farmers agrometeorology, left much to be desired. We therefore advocate bottom up agrometeorological learning processes, focused on weather and climate vulnerabilities of the farming systems concerned (Winarto and Stigter, 2011). To that end we have experimented in Indonesia with so called "Science Field Shops", which should become a new trend. The applied agrometeorology of today is what scientifically supports those trends (Stigter, 2010).

INTERCROPPING EXAMPLE FROM SEMI-ARID NIGERIA

The major cereals adapted to the rainfed region of the Nigerian Sudan savannah are pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R.Br) and sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). These cereals are predominantly intercropped with cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) and/or

groundnut (*Arachis hypogaea* (L.)). The most dominant crop mixtures are millet/cowpea, millet/ sorghum/cowpea, millet/cowpea/groundnut, sorghum/cowpea and sorghum/cowpea/groundnut. Cowpea has a dual purpose: the grain is used for human consumption and the remaining biomass as fodder for animals. Some cowpea varieties are planted specially within the intercrops for fodder production, producing little or no grain, to take care of animal feed during the dry season. The cowpea component of the mixtures also often consists of two types, i.e. fodder and grain types that differ in growth habit and maturity period (Stigter et al., 2005).The cereals are grown for consumption and cash (Beets, 1990). Intercropping components adopted by farmers are grown at low densities, to minimize risks and exploit resources in a good cropping season. They are grown on soils too low in water holding capacity for the precipitation - falling in heavy showers - to meet evaporative demands of the atmosphere (Oluwasemire et al., 2002). High year-to-year variability of rainfall (Ati et al., 2009), serious deep percolation (Oluwasemire et al., 2002) and high wet soil evaporation losses (Kinama et al., 2005) are additional stresses. There is need for better understanding of the traditional intercropping systems. This would improve the possibility of mitigating the limiting factors, as well as making optimum use of the limited resources (Stigter et al., 2005), while it serves also to face the changing climate conditions (Stigter, 2010).

Because of intensification of land use over the years, there have already been long lasting changes in surface microclimate. The efficient use of the limited effective rainfall in this zone is therefore a crucial factor for future increases in crop production, which should come primarily from increased yield per unit area of land (Jagtap and Chan, 2000). Low harvest indexes (HI) may result from the reduction in the supply of assimilates, when competition for water in the root zone occurs during the yield production stage (Fukai and Trenbath, 1993).

Sorghum root production was greater than for millet, while both cereals produced greater root density than cowpea. Cowpea produced greater root densities and achieved deeper rooting when intercropped with millet and/or sorghum than sole, suggesting adaptation and competitive ability under intercropping conditions. Rooting depths of crops were shallower in a relatively wet season than when water was limiting. Root densities and proliferation of the cereals below the surface layer were much higher in low fertility soils than when nutrients were readily available. This is useful knowledge for designing such systems.

Millet was the dominant crop in dry matter production in the intercrops. This was due to the faster growth and high tillering rates of millet, especially when sown at low density. The soil fertility treatments did not create any statistical significant differences in yield and yield components of millet at harvest in all the cropping systems. To fight land degradation, a consistent incorporation of organic manure at seasonal level is a way of improving soil physical

and chemical conditions aimed at conserving soil water. The improvement of the soil nutrient status by an increased application of organic manure may also encourage the manipulation of the intercrop components, such that an increase in plant densities would make better use of soil water that would otherwise have been lost to soil evaporation and deep percolation beyond the rooting zones (Stigter et al., 2005). Such designs nicely fit a "farmers first" paradigm.

The farmers' practice of planting millet and/or sorghum earlier in the intercropping systems relative to the cowpea components affords the cereal components, especially millet, with a relatively faster rate of assimilate accumulation, more competitiveness for resources than the other crops in association. The implication of this practice are the negative effects on cowpea yields as shown in our case. The density and morphological characteristics of crops in association influence the microclimate within the various cropping systems. The reduction of soil radiative and heat exchanges (reduced surface soil temperature fluctuation), by a well developed low growing cowpea component in an intercropping system, is capable of reducing soil evaporation better than in the sole cereal systems and hence offers a better soil water conservation practice in the arid and semi-arid zone of Nigeria.

An answer with a view of improving the cereal/legume systems in the Nigerian arid and semi-arid zones should therefore include genetically superior crop cultivars and the manipulation of the component densities along with the improvement of microclimatic variables. An amelioration of the cereal/legume intercropping systems may involve a reduction in plant density of the tillering and faster dry matter accumulating millet component, while the low growing and ground covering cowpea component density is increased. The results learn that abundant organic manure in combination with agrometeorological services on intercrop manipulation related microclimate improvements may control near surface land degradation in northern Nigeria under acceptable sustainable yields. Appropriate policy environments, in economics and research, must enhance this (Stigter et al., 2005). When these issues are attended to, consequences of climate change can be confidently faced as well in a "farmers first" paradigm.

INTERCROPPING EXAMPLE FROM GUANGCHANG, JIANGXI PROVINCE, CHINA

Stigter (2010) recently argued that the issues to attend to appear to be (i) what multiple cropping systems have as defence strategies to extreme meteorological events that are less efficient or not available in monocropping and (ii) what science can contribute to understanding and developing such strategies. Where knowledge is operational at all in agrometeorological services, it is mainly for monocropping, perhaps for sequential cropping, but it remains marginal

for mixed (inter)cropping and relay (inter)cropping, with the exception of the long recognized but insufficient exploited protection functions of trees in agroforestry applications (e.g. Stigter, 2011c).

In the area concerned, a double rice crop (early rice and late rice) used to be grown everywhere and is still abundantly grown. Because of the slow global warming, the seasons become longer. Now into lotus, that is sown by the end of March, early April, and gradually harvested between July and September, late rice is transplanted as a relay crop, roughly between 10 and 20 August. Because of the lotus, the rice is 45 days in the nursery, 10 days longer than normal, so the rice is transplanted later than usual. But the land is now occupied after the lotus, that is harvested till September, while the later sown early maturing rice variety occupies the land till into November.

In Stigter's (2008; 2011b) categorization of agrometeorological services, this example should mainly be seen as from the category "Development and validation of adaptation strategies to changes". However, it has also elements of "Advices such as in design rules on above and below ground microclimate management and manipulation", where it shows "fitting the crop to the season" aspects of microclimate management, as in Stigter's earlier categorization of microclimate related work in agriculture in the early eighties (e.g. Stigter, 1994). This also comes back in the choice of earlier maturing varieties of late rice, and in microclimate issues of the lotus crop, such as in positive shading, that should be further researched.

The lotus normally fetches a high prize and the rice is an additional bonus. The lotus may lose 10% of its harvest because of the rice but under land scarcity the late rice is a useful addition. In the seventies this would not have been possible, but climate change makes it possible. Of course under early cold waves the rice will lose in production. During the demonstration, Meteorological Bureaus signed contracts with farmers, according to which the former subsidized seeds and fertilizers. They would also compensate any losses compared with growing sole white lotus or a double rice crop in case of failure of the interplanting.

For extension, here eight times a kind of Climate Field Classes was organized to demonstrate and popularize the method with the target groups concerned and a class room was available for training.. As we earlier indicated, a comparison of such an approach (e.g. Winarto et al., 2008) with the "cascade" down coming of extension information in China would be a great last phase of the pilot projects started there in 2004 (Stigter, 2009a; 2009b).

Another important lesson learned here is the economically successful adaptation that is provided to a changing climate. Only some decades ago, the present development would not have been feasible in this farming system. This is a warning against any trend of scenarios

projecting present cropping systems into the future and then detailing their suffering from climate change (Stigter et al., 2008). There are many ways for adaptation through agrometeorological services and farmers are keen to innovate and follow up (e.g. also Winarto et al., 2008). By sticking to a "farmers first" paradigm, such errors would not be made.

LAND SCARCITY IN KENYA FORCING FARMERS TO CULTIVATE SLOPING LAND

One way to fight land degradation without using expensive inputs could be the use of agroforestry systems, particularly alley cropping (hedgerow agroforestry). Mungai et al. (2001) showed that for flat land, without fertilizers, yield increases from mulch incorporation in semi-arid Kenya were insufficient when maize rows were replaced by trees. Below a threshold rainfall, yields were even less than those in the controls (Mungai et al., 2001). As below ground resources become more depleted with colonizing ageing systems, tree growth occurs even more at the expense of crop production (Kinama et al., 2007).

Contour hedgerows on sloping land should be able to capture the runoff and soil, which would otherwise be lost from hillside cultivation, and thereby compensate at least in the long run for the extra resources required for tree growth (Stigter et al., 2005). Contour plantings of trees on hill slopes are highly effective in reducing water caused soil erosion and have provided more encouraging results than alley cropping on flat lands. Tillage and mulching reduce rain impacts on cropped soil and provide roughness that slows losses of soil and water. Infiltration beneath the hedgerows was greatly improved, due partly to the physical barrier effect of the stems and partly by an increase in macropores under the hedgerows. More water appeared to be stored and to a greater depth under the hedges than elsewhere (Kiepe, 1995).

However, high water losses from soil evaporation have been reported (Kinama et al., 2005), while Mungai et al. (2001) proved patterns and densities of overlapping roots between maize and *Senna siamea* to be involved in lower yields in middle rows. For such reasons beneficial effects on crop yield are seen as often unpredictable and insufficient to attract widespread adoption. Initial enthusiasm for contour hedgerows was dampened by their slow and sporadic adoption, even in humid and sub-humid regions. Few farmers can afford to invest in any soil conservation measures which do not improve their crop yields, let alone sacrifice crop yields in drought seasons (Garrity et al., 1999).

"On-station" comparison was made of erosion control from contour *Senna siamea* hedgerows and *Panicum maximum* grass stripson a 14% Alfisol, intercropped in rotation with maize and cowpea, without the use of fertilizers and with hedge/strip spacings of 4m. Kinama et al. (2007) quantified multi-season trends in runoff, soil loss and productivity of the *S. siamea*

contour hedgerow systems first successfully used by Kiepe (1995) from 1989-1992 with the use of fertilizers. They examined the trade-offs between soil conservation and crop productivity without fertilizers for these now mature systems, from 1993-1995.

Cumulative runoff was reduced from close to 100 mm to only 20 mm. Cumulative soil loss reduced from more than 100 ton/ha to only 2 ton/ha. But this was at the expense of 35% of the maize yields and 25% of the cowpea yields due to competition. The presence of surface mulch was clearly the most important factor in reducing runoff since their removal resulted in an additional cumulative loss of 56 mm. On the other hand, the presence of the hedgerows was much less important in reducing runoff, e.g. only an extra 23 mm was saved by this treatment as compared to the controls (Kinama et al., 2007). This is not in line with the results with the younger system, where hedges were still more important than mulches in the runoff control, but for the hedges the lower soil loss compared to mulches remained in line with the younger system (Kiepe, 1995).

The grass strip results for runoff and soil loss reduction were halfway between the values for the hedges with and without mulches. But the yield reductions were highest for the grass strips. The grass strips were more effective in preventing soil erosion than the hedgerows (without mulch) because of the compactness and thickness of the grass strips. The latter are more effective in reducing runoff speed and trapping soil than the thinner and appreciably less dense hedgerows. The high soil losses under low crop cover also illustrate again that mulch cover alone (here of only 2 t ha^{-1}) is insufficient in capturing particles. The tree mulch occupies micro-depressions on the tilled soil surface and increases hydraulic roughness, reducing flow velocity, and therefore increases flow depth, while it also protects the soil from impacting raindrops. The hedgerow barriers on the other hand trap runoff water by reducing bare slope length and give runoff water time to deposit soil sediments and infiltrate into the soil.

The competitive effects of hedgerows on crops generally exceed the benefits gained by the answer to land degradation of preventing the often small and only infrequently serious amounts of runoff commonly found in the semi-arid tropics. Nevertheless, cultivation of crops on hill slopes induces unacceptable amounts of soil loss (Stigter et al., 2005), which are commonly prevented by terracing or ditches in the Machakos area (Kinama et al., 2007). The protective function of the mulch being so important, an advice on greater distances between hedgerows can only work jointly with increase of the numbers of trees and/or bringing in additional mulch material from outside the system. Little amounts of mulch, in our case around 2 t ha^{-1}, that generally is accepted as the minimum of making agronomically sense, are known to have a reasonable physical influence, by increasing roughness, on water conservation (e.g. Oteng'i et al., 2007). The results obtained here suggest that it also is a sufficient level for keeping the tolerable

soil loss, the maximum erosion for sustainable crop yields, under control (Kinama et al., 2007).

As a system design consequence of these results, provided as an agrometeorological service, frequent rejuvenation of economically preferred hedge rows and greater distances between double or triple rows, in combination with fertilizer use or more mulch, will greatly reduce competition with intercrops. The results learned that to reduce the trade-offs between crop productivity and erosion control on sloping land in the semi-arid tropics is the crux of the matter. It is crucial to select hedgerows and to design hedge and tree spacings that minimize competition and provide adequate erosion control.

Although it was confirmed that it is difficult to increase LEISA crop yields in the semi-arid tropics with alley cropping on sloping land, it was also observed that these strong trade-offs need not be a major deterrent to adoption by farmers, in case grass or trees provide other direct and significant benefits to farmers (Stigter et al., 2005). This are again other aspects of the "farmers first" paradigm in a participatory approach. As to climate change aspects of these agroforestry systems: their protective functions make them even more suitable for conditions with increasing climate variability and more, and more severe, extreme events (e.g. Stigter, 2011c).

GENERATING AND SUPPORTING A RURAL RESPONSE TO CLIMATE CHANGE

The next trend to be discussed is generating and supporting a rural response to climate change in (among others) agrometeorology. We discuss it for agrometeorology using case studies from Indonesia. On-farm knowledge collection will very much help in tying research and teaching to meteorological disaster impact experience and to improved preparedness of farmers in different land use and cropping patterns. An example of the latter is the research we do in Yogyakarta and west Java, Indonesia, stimulating farmers since 2007 to measure rainfall in their fields. Simultaneously they observe crops, soils, water, pests and diseases in this agrometeorological learning. We see this as a start to a rural response to climate change, planning to validate climate adaptation issues (water management, cropping alternatives), using very basic climate information and validating its use or non-use by various farmers (Stigter and Winarto, 2011). This research again very well fits a "farmers first" paradigm in a participatory approach. So far, climate prediction science has, by default, driven the development of climate application tools. Experience over the last decade indicates the need for a user-oriented approach to applications development that is characterized by participatory approaches.

Vulnerable communities across the world are already feeling the effects of a changing climate. These communities are urgently in need of assistance aimed at building resilience and at undertaking climate change adaptation efforts as a matter of survival and in order to maintain

livelihoods (e.g. Mergeai, 2010; OXFAM, 2011). They are in need of an urgent rural response to climate change. The reality of climate change calls for a need to understand how it might affect a range of natural and social systems, and to identify and evaluate options to respond to these effects (e.g. Ionescu et al., 2009). This should lead to in-depth investigations of vulnerability and adaptation to climate change, which has become central to climate science, policy and practice. But capacity to conduct vulnerability and adaptation assessments is still limited (Pulhin, 2011).

For example the International Research Institute for Climate and Society (IRI, 2011) indicates to use a science-based approach to enhance society's capability to understand, anticipate and cope with the impacts of climate in order to improve human welfare and the environment. We want to extend this approach to the rural communities of Indonesia and elsewhere. The basis of our approach is listening to the farmers concerned, to better understand their vulnerabilities and needs the way they see them, in a "farmer first" paradigm in a participatory approach, to be able to generate support with them and for them in facing the consequences of increased climate variability and climate change in their livelihoods (Stigter, 2010).

However, applied scientists can not do that all by themselves (Stigter, 2010). They should basically be the connection between applied science (developing agrometeorological services such as maps, forecasts, warnings, design proposals, response proposals etc. etc.) and the actual production environment. To that end these applied scientists would in fact be most useful to back up well educated (in service trained) extension intermediaries to train, on an almost daily basis, farmers, farmer facilitators and ultimately farmer trainers and farmer communities. Unfortunately, extension services are very often virtually absent and where they still do exist they are badly trained and have received little or no upgrading regarding the fast changes that are occurring in the agricultural production environment and about the actual crises in the livelihood of farmers (Stigter, 2011b). This has not yet become a trend anywhere.

In Indonesia experiments have taken place with so called Climate Field Schools (CFSs) (Winarto et al., 2008; Stigter, 2009a; Winarto and Stigter, 2011). This is another new trend, derived from the highly successful Farmer Field School approach. However these CFSs were set up "to teach farmers" instead of having a dialogue on their vulnerabilities, problems and questions. We have noted a gap in "training the trainers" for such CFSs (Winarto and Stigter, 2011).

We finally have experimented with so called "Science Field Shops", in which scientists meet with farmers and the former listen to the latter (Stigter and Winarto, 2011; Winarto and Stigter, 2011). Questions on climate change and its consequences for farmers are answered, vulnerabilities and possibilities/choices/options to tackle them using agrometeorology etc. are discussed. In fact I would like to propose today that a "Science Field Shops" approach would become a new trend in applied agrometeorology and other applied fields of agriculture. If we

could start here, we could derive better curricula to "train the trainers" and show how to organize new CFSs to meet the needs of farmers (for agrometeorological services etc.) in their rural response to climate change.

The new agrometeorology of today is what supports those trends:

- Stigter (2010) for services and for the "farmer first" paradigm;
- Winarto, Stigter et al. (2008-2011) for generating and supporting a rural response to climate change; and
- the same literature for a renewal of CFSs, including curricula for "training the trainers", the extension intermediaries.

REFERENCES

Ati, O.F., Stigter, C.J., Iguisi E.O. and Afolayan, J.O. 2009. Profile of rainfall change and variability in northern Nigeria, 1953-2002. Res. J. Environm. Earth Sci. 1:58-63.

Beets, W.C. 1990. Raising and Sustaining Productivity of Small Holder Farming Systems in the Tropics. AgBe'publishing, Singapore.

Fukai, S. and Trenbath, B.R. 1993. Processes determining intercrop productivity and yields of component crops. Field Crops Res. 34:247-271.

Garrity, D.P., Stark, M. and Mercado, A. 1999. Natural vegetative strip technology: a "no cost" paradigm that may help transform tropical smallholder conservation. Proc. First Asia-Pacific Conference on Ground and Water Bioengineering for Erosion Control and Slope Stabilization. International Erosion Control Association. Manila, Philippines, p.95-102.

Ionescu, C., Klein, R.J.T., Hinkel, J., Kavi Kumar, K.S. and Klein, R. 2009. Towards a formal framework of vulnerability to climate change. Environ. Model. Assess. 14, 1-16.

IRI, 2011. The International Research Institute for Climate and Society. http://webcache.googleusercontent.com/search?hl=nl&q=cache:xMyAlVW9iMMJ:http://portal.iri.columbia.edu/+International+Institute+for+climate+and+society&ct=clnk

Jagtap, S.S. and Chan, A. 2000. Agrometeorological aspects of agriculture in the sub-humid and humid zones of Africa and Asia. In: M.V.K. Sivakumar, C.J. Stigter and D. Rijks (eds.) Agrometeorology in the 21st Century: Needs and Perspectives. Agric. For. Meteorol. 103: 59-72.

Kiepe, P. 1995. No runoff, no soil loss: soil and water conservation in hedgerow barrier systems. Tropical Resource Management Papers 10. Wageningen Agricultural University, The Netherlands.

Kinama, J.M., Stigter, C. J., Ong, C.K., Ng'ang'a, J.K. and Gichuki, F.N. 2005. Evaporation

from soils below sparse crops in contour hedgerow agroforestry in semi-arid Kenya. Agric. For. Meteorol. 130: 149-162.

Kinama, J.M., Stigter, C. J., Ong, C.K., Ng'ang'a, J.K. and Gichuki, F.N. 2007. Contour hedgerows and grass strips for erosion and runoff control in semi-arid Kenya. Arid Land Res. Mgt. 21: 1-19.

Mergeai, G., 2010. Agriculture as a motor of pro-poor growth: Potentials and constraints of conservation agriculture to fight rural poverty in Sub-Saharan Africa. An Editorial. Tropicultura 28:129-132.

Mungai, D.N., Stigter, C.J. Coulson, C.L. Ng'ang'a, J.K. Netondo, G.W.S. and Umaya, G.O. 2001. Understanding yields in alley cropping maize (Zea mays L) and Cassia siamea (Lam) under semi-arid conditions in Machakos, Eastern Kenya. J. Environm. Sci. (China) 13:291-298.

Murthy, V.R.K. 2008. Field exercise on " Murthy's daily weather-agriculture (connection)". Asia, India, submitted on 6/4/'08. In: C.J. Stigter (ed.), "Hands on" training for response farming. Reactions to calls for information collection and exchange. Version 1, June 2008. Available at the INSAM website (www.agrometeorology.org) from the homepage.

Oluwasemire, K.O., Stigter, C.J., Owonubi, J.J. and Jagtap, S.S. 2002. Seasonal water use and water yield of millet based cropping systems in the Nigerian Sudan Savanna near Kano. Agric. Water Mgt. 56:207-227.

Oteng'i, S.B.B., Stigter, C.J. Ng'ang'a, J.K. and Liniger, H.-P. 2007. Soil moisture and its consequences under different management in a six year old hedged agroforestry demonstration plot in semi-arid Kenya, for two successive contrasting seasons. African J. Agri. Res. 2:89-104.

OXFAM. 2011. Owning adaptation. Country-level governance of climate adaptation finance. OXFAM Briefing Paper 146.
http://www.oxfam.org/sites/www.oxfam.org/files/bp146-owning-adaptation-130611-en.pdf

Pulhin, J.M. 2011. Scientific capacity building for climate impact and vulnerability assessments (SCBCIA). Final Report. Capacity development on integration of science and local knowledge for climate change impacts and vulnerability assessments.
http://www.apn-gcr.org/newAPN/activities/CAPaBLE/2009/CIA2009-02-Pulhin/CIA2009-02 Pulhin_FinalReport.pdf

Stigter, C.J. 1994. Management and manipulation of microclimate. p.273–284 in: J.F. Griffiths (ed.), Handbook of Agricultural Meteorology, Oxford University Press.

Stigter, K. 2008. Operational agrometeorology: problems and perspectives. Invited contribution (Souvenir Paper) to a Souvenir Booklet for an International Meeting on Agrometeorology

and Food Security. CRIDA, Hyderabad, India, pp. 41- 47.

Stigter, K. 2009a. A plea for Climate Field Schools in China. Part I. Fitting the farmer field school history.Available on the INSAM website (http://www.agrometeorology.org/) under "Educational Aspects of Agrometeorology" of 19 November. [A Chinese translation appeared in LEISA (China), 2010 (1) pp. 33-36. Also available at the INSAM website under "Chinese", from the home page.]

Stigter, K. 2009b. A plea for Climate Field Schools in China. Part II. Agrometeorological Services in China. Available on the INSAM website (http://www.agrometeorology.org/) under "Educational Aspects of Agrometeorology" of 19 November. [A Chinese translation appeared in LEISA (China), 2010 (2) pp.9-11. Also available at the INSAM website under "Chinese", from the home page.]

Stigter, K.(ed.) 2010. Applied Agrometeorology. Springer, Berlin etc.

Stigter, K. 2011a. Agrometeorological services: reaching all farmers with operational information products in new educational commitments. World Meteorological Organization Brochure in the Series "Weather and climate information for sustainable agricultural development", WMO, Geneva, in print.

Stigter, K. 2011b. Reaching farmers in a changing climate. Roving Seminar Nr. 3. Material handed out to participants. Available form the author on request (cjstigter@usa.net).

Stigter, K. 2011c. Agroforestry in coping with meteorological and climatological risks. The Overstory 233, 17 January. http://www.overstory.org

Stigter, K. and Winarto, Y.T. 2011. Science field shops may precede climate field schools but simple adaptation to climate should be validated as part of both. Available on the INSAM website (http://www.agrometeorology.org/) under "Educational Aspects of Agrometeorology" of 3 January.

Stigter, C.J., Oteng'i, S.B.B., Oluwasemire, K.O., Al-Amin, N.K.N, Kinama J.M. and Onyewotu, L.O.Z. 2005. Recent answers to farmland degradation illustrated by case studies from African farming systems. Ann. Arid Zone 44 (3): 255-276.

Winarto, Y.T. and Stigter, K. (eds.) 2011. Agrometeorological Learning to Better Cope with Climate Change. LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, Saarbrucken, in prep.

Winarto, Y.T., Stigter, K., Anantasari, E. and Hidayah, S.N. 2008. Climate Field Schools in Indonesia: coping with climate change and beyond. LEISA Mag. 24(4):16-18.

Winarto, Y.T., Stigter, K., Anantasari, E., Prahara, H. and Kristyanto 2010. "We'll continue with our observations": Agro-meteorological learning in Indonesia. Farming Matters (formerly LEISA Mag.) 26(4):12-15.

Crop Breeding for Sustainable Agriculture and Food Security in the face of Climate Change

Molly Jahn

University of Wisconsin-Madison, E-mail: mjahn@cals.wisc.edu

The twentieth century saw remarkable growth in agricultural productivity as a consequence of successes in plant breeding and supporting technologies and agronomic practices. The last century closed with growing awareness of the possibility of yield plateaus in major cereal crops, unintended consequences of agriculture and unsustainable resource use. As we enter the 21st century, plant breeding investments remain a focal point of our strategy towards global food security and continued gains in crop productivity. We must achieve these goals in the face of rapidly increasing human population and climate change producing generally warmer temperatures and more frequent extreme weather. In addition to gains in yield potential and nutritional content, we understand that we will need to accelerate our progress towards abiotic stress tolerance including crop nutrition and to prepare for new patterns of biotic stresses. It is estimated that agriculture may account for approximately 1/3 of global greenhouse gas emissions. If we are to stabilize our planetary climate, mitigation of climate change in our agricultural systems will require further innovations in crop improvement and our food systems. I will describe the challenges that lie ahead as we aim to bring our agricultural practices towards balance with our planet's ecological and physical boundaries that contribute to planetary stability, food sufficiency and global health.

Breeding for Climate-Ready Rice: Needs, Strategies, and Progress

Hei Leung

International Rice Research Institute, E-mail: h.leung@cgiar.org

Climate change is expected to significantly affect the abiotic and biotic environments where rice is grown. Changes in temperature and availability of water in quantity (too much or too little) and in quality (salinity) will directly impact rice productivity. Such climatic conditions are in fact prevalent in regions of the world where food security is a major concern. Consequently, many rice breeding programs for the unfavorable ecosystems have included tolerance to drought, salinity, submergence, and high temperature as important breeding targets. Major genes and large-effect QTL have been identified for addressing submergence, salinity, and drought conditions. Examples include the submergence tolerance gene (Sub1), salt tolerance gene (Saltol1), and several QTL for sustaining yield under drought stress. Heat tolerance research is still at its infancy but useful genetic variation in germplasm has been identified. Due to the dynamic nature of pathogen and insect populations, it is more difficult to predict the impact of climate change on the biotic environment. We are interested in establishing "bio-stations" in diverse environments to gather empirical data on the influence of climatic extremes on pest-pathogen-host interactions. Such endeavor should be a priority for international collaboration. On the germplasm side, we are exploring the approach of creating a gene pool enriched for resistance to multiple biotic stresses. This involves intermating parental lines with disease and insect resistance to create highly recombined populations with adaptability and resilience to multiple biotic stresses. As a foundation for all breeding work, we are building a genetic diversity research platform to enable efficient use of the rice Genebank. This involves a) the use of 2,000 diverse rice lines in genome-wide association studies to discover gene-phenotype relationships, and b) sequencing 10,000 germplasm accessions (10% of the IRRI Genebank) to identify rare alleles for use in breeding. For the long-term, we are exploring the engineering of C4-photosynthetic machinery into rice to make it more efficient in capturing radiation energy and using nutrients and water. The newly established Global Rice Science Partnership (GRiSP, http://irri.org/our-science/global-rice-science-partnership-grisp) can provide a mechanism to promote collaboration in genetic research and breeding to help

sustain rice productivity in new climatic regimes and to reduce impact of rice production to the environment.

農業氣象災害因應策略

申雍[1,*]　陳守泓[2]　姚銘輝[3]

[1]中興大學土壤環境科學系　[2]中國文化大學地理學系　[3]農業試驗所農業工程組
*通訊作者: yshen@nchu.edu.tw　Fax: 04-22862943

摘 要

台灣地區境內生產的糧食作物已無法滿足國人需求，對於境外輸入的依賴度很高。全球暖化預期將導致全球極端天氣發生頻率增加，由於不穩定之災變性天氣對全球農作生產的影響超過平均氣溫的上升，因此如何因應由農業氣象災害所引發的糧食危機，對滿足國人糧食安全需求至關重要。相關因應策略可概分爲四大方向，1.提高境內糧食生產能力，2.減少境內農業氣象災損，3.確保境外糧食輸入，4.提升糧食生產預測能力。本篇報告主要著重於第 2 和第 4 方向的闡述，指出提供災害發生機率資訊以供進行適栽作物和地點之選擇、研發經濟有效之防護措施、以及依據土壤內部排水能力規劃旱作區域，是減少境內農業氣象災損必須重視的方向；利用遙測技術進行國內和國外主要糧食輸出和輸入國之作物生產狀況和受災情形之監測，以及可能之產量的推估，提供決策者必要的相關情報，提早採行必要之應變措施，將可減輕我國在全球糧食危機發生時所遭受的衝擊。

前 言

聯合國糧農組織(Food and Agriculture Organization, FAO)對糧食安全的定義是「不論其社會與經濟地位，所有人民都能充分獲得符合其飲食需求與食物偏好的安全且營養的糧食，以維持具有活力與健康的生活」(FAO, 2002)。此定義指出糧食安全具有四個關鍵面向：供應能力、穩定程度、可取得性與可利用性(availability, stability, accessibility, and utilization)。

全球突然發生的自然災害(如洪水、颱風等)佔全部自然災害的比例，由 1980 年代的 14%，逐漸上升至 1990 年代的 20%，而此比例在 2000 年後已增加至 27% (FAO, 2008)。IPCC (2007a)亦指出，未來全球發生更多災害性豪雨事件的機率超過 90%，發生更多災害性乾旱事件的機率超過 66%。而氣候變遷對未來全球的糧食安全的影響，主要將來自於災變性天氣發生頻率增高的衝擊(Bruinsma, 2003; IPCC, 2007b)。聯合國糧農組織

(FAO, 2008)指出，由於全球主要穀物生產國家近年農業政策的轉變，全球穀物儲存量與消耗量的比值在 2007/2008 年已降到 19.4%，是近 30 年來的最低點，而偏低的穀物儲存量容易導致穀物價格的大幅波動。例如，2005 至 2006 年間，全球有多次災害性的氣象事件發生，導致全球穀物產量在 2005 年減少 3.6%，在 2006 年減少 6.9%；全球水稻、小麥、玉米的市場價格隨即在 2006 和 2007 年間不停上漲。2010 年中亞的乾旱和南亞的水災，2011 年澳洲的水災更助長全球糧食價格的快速上漲(FAO, 2011)。

應用全球循環模式(Global Circulation Models, GCM)預測的氣候情境，對農業生產潛力進行評估的結果顯示，由於全球暖化，穀類生產將會向高緯度地區移動(Fischer et al., 2002)，高緯度國家除可耕地面積有很大的擴張潛力外，穀類生產的潛力也隨之增加，估計總產量將可增加 6%到 9%；相反的，在所有模擬狀況中，低緯度地區國家的穀類生產力將下降，最嚴重的損失將發生在亞洲的開發中國家，其減產範圍大約是 4%到 10%。全球的穀物輸入國家多位於低緯地區，穀物產量易受全球氣候暖化影響再降低(Fischer et al., 2002)，因此預期未來將需進口更多穀物；主要的穀物輸出國家多位於高緯度地區，其穀物生產會受益於全球 CO_2 濃度升高與溫度升高，可能仍足以滿足未來全球對穀物的需求(Bruinsma, 2003)。然而，這些國家不會僅因爲全球對穀物的需求增高就盡力增產，主要還需視能否獲利而定。此外，全球對穀物的需求增高不僅來自於人口的增加，也來自於當人民經濟收入增加時，對食物品質的要求也會提高，因此崛起中的新興大國(如中國大陸、印度)，爲滿足其人民的需求，勢將進一步提高全球對穀物的需求。

糧食安全脆弱度分析

申(2010)分析我國農產品供需現況指出，國內水稻、蔬菜、水果、畜產品和水產品的產量雖然能滿足國人的基本需求，但稻米年產量約 118 萬公噸且僅佔國人每日穀物消耗量的 54%，而畜牧生產所需的飼料幾乎全部需要進口；農產品進口值年平均約 US$100.4 億，其中以農耕產品(飼料玉米 477 萬公噸、大豆 227 萬公噸、薯類 145 萬公噸、小麥 116 萬公噸)占 60.4%最多，其次爲畜產品占 19.4%。由於穀物和油料作物是我們身體所需能量、蛋白質和脂肪直接或間接(經由畜產品)的主要來源，因此以熱量爲基礎計算的整體糧食平均自給率約爲 32%，國人糧食供應依賴進口的比重甚大。柳等(2008)指出未來國內發生水災和乾旱等極端性天氣的頻率也將因全球持續暖化而提高。國內農業生產的不穩定性將因而增高，勢必加更加依賴進口糧食以補足國人的需求。

申(2007，2010)分析台灣地區農業部門受全球氣候暖化之影響指出，氣候暖化除將抵銷 CO_2 濃度增高對作物生產的潛在效益外，也將導致病蟲害損失增加，以及畜產品

和水產品的生產減少；農耕土地面積將會因海平面上升、地層下陷、土壤鹽化以及平地造林等因素逐年減少；耕地土壤品質將會因土壤有機質加速分解、過量施肥而酸化以及重金屬污染等因素而下降，導致農地生產力的減少；由於民生和工業用水需求增加，農業生產受灌溉水量減少與灌溉水質惡化之影響也將更爲顯著，因此未來國內糧食自給能力將繼續惡化。全球穀物生產的不穩定性將因災變性天氣發生頻率增加而增高；忽視溫室氣體減量的重要性，將導致出口外匯收入面臨貿易障礙而減少，進而降低在國際穀物市場的購買/競爭能力，因此依靠進口糧食補足國人需求的風險也會升高。

因應策略

爲滿足國人糧食安全需求，相關因應策略可概分爲四大方向，1.提高境內糧食生產能力，2.減少境內農業氣象災損，3.確保境外糧食輸入，4.提升糧食生產預測能力。在提高境內糧食生產能力方面，申(2007，2010)曾論及與農地資源和水資源的適切保護和調配，以及生產技術提升等方面有關的因應策略；申等(2011)則依據 WTO 有關農業境內支持之規範，提出可以提高糧食自給率，分攤農業天然災害風險，且同時減少國家溫室氣體排放量之有關農業生產政策調整方案的基本架構。在確保境外糧食輸入方面，申(2007，2010)和申等(2011)則已說明農業部門可如何協助降低國家溫室氣體排放量，希望能降低我國產品輸出所遭遇的貿易障礙，避免影響我國在國際穀物市場的購買/競爭能力。本篇報告則主要著重於減少境內農業氣象災損和提升糧食生產預測能力兩方向進行闡述，說明如何減輕我國糧食供應遭受農業氣象災害的爲害。

減少境內農業氣象災損

陳等(2006)分析臺灣地區年際異常氣象狀況對農業生產之影響指出，颱風和雨害是台灣地區首要的農業氣象災害，分別佔全部農業氣象災害損失的 66%和 17%。然而農作物是否發生嚴重的颱風災損，與侵台颱風總數或強烈颱風數目是否異常增多間的關係較不密切，反而與是否導致異常強烈之日降雨強度有較高的相關性。嚴重雨害災損與大雨日數異常增多的關係較密切，除可能因地面排水宣洩不及造成傷害外，雨日增多導致土壤長期處於水分飽和狀態，作物因根系缺氧受害也是一個重要致災因素(陳等，2004)。各地農作物是否罹害、以及罹害的程度並不相同，除具有顯著的地域性及季節性差異外，也與是否採行人爲避險措施，以及避險措施效能差異等多項因素有關(李等，2003，2007；陳等，2007)。

目前農政單位提供給農民有關減輕農業氣象災損的建議，多著重於災前

和災後作物栽培管理措施的調整(相關資料已整理於下列網址 http://amis.tari.gov.tw/MapManager/Observation/Disaster.aspx)。依據災變天氣發生時的氣象條件，開發適當的微氣象防護技術(例如，申與章，1994；申與詹，1997；申等，1998；李等，2011)，可以減輕災變天氣所造成的災損，惟所開發的微氣象防護技術不僅必須適合國內的小農栽培制度，同時也必須符合經濟效益，因此比較適合高經濟價值的園藝作物使用。對於水稻、玉米等大宗糧食作物，進行抗逆境品種的選育(例如，Leung , 2011; Lur, 2011)，對於減輕災變天氣災損之效果會比較好。台灣農地土壤多屬於沖積土，不均勻的質地層理和常伴隨之土壤壓實問題會影響土壤水分的向下移動(孫與楊，1989)。旱作種植於內部排水不良的土壤，在雨季期間極易受害，除可利用深層翻土技術改善土壤內部排水不良的問題外(蔡，1990；黃，1992)，李(1996)指出進行旱作區域規畫時若能參考楊(1986)所提出之土壤之內部排水能力分級，也可以有效降低遭逢雨害的風險。

臺灣地區氣候資源豐富，可以生產之作物種類繁多，農民爲利用所擁有的氣候和土地資源，通常無法兼顧氣候上的安全性，所以經常會因農業氣象災害而蒙受損失。若能依據歷年之氣象觀測資料，提供可能遭受之氣象災害損失的風險評估(申與陳，1994a，1994b)，並提供相關之防護與栽培管理措施建議，對於減輕農民災損會有很大的幫助。申與陳(2006)基於上述之看法，曾開發相關農業氣象專家諮詢系統，可提供台灣各地區氣候特性、農業氣象災害發生頻率、以及簡易的災害風險和經濟效益評估等資訊，目前該系統已可經由網際網路進行相關查詢(http://amis.tari.gov.tw/MapManager/Default.aspx)，並正繼續擴展其功能中(圖 1)。未來在加入必要之作物和土壤相關資料庫和查詢界面後，將可以結合既有的農業氣象查詢功能，進行適栽作物和適栽地點的推薦，除可以有效分散作物產地，減輕因農業氣象災害所引發的糧食供應危機外，還可以協助解決國內部分作物因栽培生產面積常不斷擴大，所引發生產過剩的問題，以及促進農地活化，避免因加入 WTO 導致優良農地逐漸荒廢和損失。

提升糧食生產預測能力

如前述，我國非常依賴進口糧食以補國內生產之不足，因全球不斷增長之需求以及頻頻發生之災變性天氣所引起國際穀物市場價格的上漲和波動，都將危及國人的糧食安全，其中又以因糧食進口國搶購所造成的價格激增，以及糧食出口國對糧食存量及產量認知不足所設下的出口禁令，導致國際糧價不合理的波動危害最大。因此可以即時並準確預測國內和國外關鍵地區(主要來源國和競爭國家)糧食生產狀況的能力就非常重要。

2011 年 6 月 23 日 G-20 農業部長會議通過「針對糧食價格波動和農業之行動方案」（Action Plan on Food Price Volatility and Agriculture），將建立一個農業市場資訊系統（Agricultural Market Information System, AMIS），以監測小麥、玉米、稻米和大豆等主要糧食資訊，其目的就在於提高全球農業市場相關數據之可靠性、即時性及監測頻率，並透過該機制加強各國政策協調之能力，以因應可能的糧食危機。

遙感探測具有可快速進行大面積調查之優點，因此可通過適當的衛星遙測影像，調查主要糧食作物的栽培面積(例如，Gallego, 2004; Xiao et al., 2005; Pittman et al., 2010)、監測作物生長情形(例如，Doraiswamy et al., 2004; Sakamoto et al., 2005; Busetto et al., 2008)、預測糧食生產狀況(例如，Doraiswamy et al., 2003; ecker-Reshef et al., 2010)、以及分析天然災害受害面積與受損程度(例如，Qin et al., 2008; Becker- Reshef et al., 2010; Tapia-Silva et al., 2011)。目前有 USDA FAS, JRC MARS, IRSA CropWatch 和 UN FAO Global GIEWS 等四個機構會定期公開其針對全球多個國家糧食生產狀況所做的分析，然而這些資訊的準確度仍有待進一步檢驗(GEO, 2009)。此外，若完全依賴他人提供相關資訊，不僅資訊取得時機將受制於人，尤其當資訊完全公開後，也將失去可以妥適利用的「先機」。

目前我國已初步建立利用遙感探測技術進行稻作栽培面積調查(例如，Lei et al., 2008; Wan et al., 2010)、水稻產量預測(例如，Chang et al., 2005; 章等，2006；Wang et al., 2010)、水稻氮營養狀態(例如，Lee et al., 2007, 2008, 2011)以及稻作受災程度分析的能力(例如，申與李，1998)。目前與農業生產有關之遙測技術的發展規劃藍圖如圖 2 所示，其中除包含與糧食安全有關之生長監測和產量預估技術外，由於農業生產未來勢必遭受水資源不足的影響，因此也需發展估計地表蒸發散量的遙測技術，提供進行水資源調配和管理時必要的資訊。此外，發展中之特定位址養分管理(site-specific nutrient management)相關的遙測技術仍須持續開發，以便能減少我國肥料施用，獲得包含減緩土壤酸化和協助降低我國溫室氣體排放量等的多重效益。

結 論

台灣境內生產的糧食作物已無法滿足國人需求，對於境外輸入的依賴度很高。全球暖化預期將導致全球極端天氣發生頻率增加，由於不穩定之災變性天氣對全球農作生產的影響超過平均氣溫的上升，因此如何因應台灣及全球農業氣象災害所引起的糧食危機，對滿足國人糧食安全需求至關重要。本篇報告指出提供災害發生機率資訊以供進行適栽作物和地點之選擇、研發經濟有效之防護措施、以及依據土壤內部排水能力規劃旱作區域，都是減少境內農業氣象災損必須重視的方向；利用遙測技術進行國

內和國外主要糧食輸出和輸入國之作物生產狀況和受災情形之監測，以及可能之產量的推估，提供決策者必要的相關情報，提早採行必要之應變措施，將可減輕我國在全球糧食危機發生時所遭受的衝擊。

引用文獻

申雍、陳守泓。1994a。臺灣西南部地區梅雨期間大雨發生機率空間分佈之研究。氣象學報 40: 160-167。

申雍、陳守泓。1994b。梅雨期間作物承受豪雨風險機率之估算。中華農學會報 新 168: 93-99。

申雍、章國威。1994。東勢地區葡萄園霜害發生之機制及風扇防霜方法之初步試驗。中華農業氣象 1: 93-99。

申雍、詹文揚。1997。新社地區枇杷植冠降溫方法之探討。中華農業氣象 4: 165-169。

申雍、詹文揚、郭同慶。1998。屏東地區蓮霧園寒害防護措施之評估。中華農業氣象 5: 7-13。

申雍、李佩玲。1998。應用 SPOT 衛星影像區分水稻旱害等級與受災範圍之初步研究。中華農業氣象 5: 203-208。

申雍、陳守泓。2006。農業氣象資訊在專家決策系統之應用與發展方向。作物、環境與生物資訊 3: 51-63。

申雍。2007。台灣地區農業部門受全球氣候暖化之影響及調適策略。環境工程會刊 18: 9-16。

申雍。2010。全球暖化對台灣農業資源衝擊及因應策略思考方向。全球氣候變遷與台灣農業因應調適策略座談會專刊。pp.1-1~1-18。行政院農業委員會、中興大學農業自然資源學院。

申雍、陳吉仲、蘇宗振。2011。我國農業生產政策調整方略芻議。農業經濟叢刊(已投稿)

李炳和、廖志翔、申雍。2003。蓮霧及番荔枝氣象災害及防護方法問卷調查初步分析。中華農業氣象 10:39-52。

李炳和、廖志翔、申雍。2007。高屏地區蓮霧與台東地區番荔枝氣象災害及防護方法之調查研究。作物、環境與生物資訊 4: 89-108。

李炳和、官青杉、唐佳惠、蔡惠文、申雍。2011。鳳梨日燒與寒害發生機制及防護措施之初探。氣象學報 (已接受)

李崇瑞。1996。台灣農地利用與生產力評估的模式。國立中興大學土壤環境科學系碩士論文。

柳中明、吳明進、林淑華、陳盈蓁、楊胤庭、林瑋翔、曾于恆、陳正達。2008。臺灣地區未來氣候變遷預估。臺灣大學全球變遷研究中心。

章國威、王淑姿、申雍、羅正宗、黃鼎名、蔡和霖。2006。應用多光譜航照影像預估水稻產量之研究。航測及遙測學刊 11: 27-38。

孫存禮、楊策群。1989。台灣沖積土排水不良問題之發生。中國農業化學會誌 27: 38-45。

陳守泓、張簡水紋、申雍。2004。降雨特性對西螺地區蔬菜生產之影響及因應對策分析。中華農學會報 5(3): 218-233。

陳守泓、李炳和、姚銘輝、申雍。2007。中部地區農業氣象環境與災害發生潛勢。作物、環境與生物資訊 4: 345-352。

陳守泓、李炳和、姚銘輝、申雍。2006。臺灣地區年際異常氣象狀況對農業生產之影響。作物、環境與生物資訊 3: 307-316。

黃菊美。1992。木瓜根系環境及其改良對策之研究。國立中興大學土壤研究所碩士論文。

楊策群。1986。排水不良土壤之特性與管理。土壤資料應用訓練班講義。pp.1-5。國立中興大學農學院土壤調查試驗中心。

蔡東耀。1990。深層翻土改良土壤排水和壓實的效果。國立中興大學土壤研究所碩士論文。

Becker-Reshef, I., C. Justice, M. Sullivan, E. Vermote, C. Tucker, A. Anyamba, J. Small, E. Pak, E. Masuoka, J. Schmaltz, M. Hansen, K. Pittman, C. Birkett, D. Williams, C. Reynolds, and B. Doorn. 2010. Monitoring global croplands with coarse resolution earth observations: The global agriculture monitoring (GLAM) project. Remote Sens. 2: 1589-1609.

Becker-Reshef, I., E. Vermote, M. Lindeman, C. Justice. 2010. A generalized regression-based model for forecasting winter wheat yields in Kansas and Ukraine using MODIS data. Remote Sens. Environ. 114: 1312-1323.

Bruinsma, J. (ed.) 2003. World Agriculture: Towards 2015/2030, An FAO Perspective. Earthscan Publications Ltd, London, United Kingdom, 432pp.

Busetto, L., M. Meroni, and R. Colombo. 2008. Combining medium and coarse spatial resolution satellite data to improve the estimation of sub-pixel NDVI time series. Remote Sens. Environ. 112: 118-131.

Chang, K.W., Y. Shen, and J.C. Lo. 2005. Predicting rice yield using canopy reflectance measured at booting stage. Agron. J. 97:872-878.

Doraiswamy, P.C., S. Moulin, P.W. Cook, and A. Stern. 2003. Crop yield assessment from remote sensing. Photogramm. Eng. Remote Sens. 69: 665-674.

Doraiswamy, P.C., J.L. Hatfield, T.J. Jackson, B. Akhmedov, J. Prueger, A. Stern. 2004. Crop condition and yield simulations using Landsat and MODIS. Remote Sens. Environ. 92: 548-559.

FAO. 2002. The State of Food Insecurity in the World 2001. Food and Agriculture Organization, Rome.

FAO. 2008. The State of Food Insecurity in the World 2008. Food and Agriculture Organization, Rome.

FAO. 2011. FAO Food Price Index. http://www.fao.org/worldfoodsituation/wfs-home/foodpricesindex/en/

Fischer, G., M. Shah, H. van Velthuizen. 2002. Climate Change and Agricultural Vulnerability. International Institute for Applied Systems Analysis. pp. 160.

Gallego, F. J. 2004. Remote sensing and land cover area estimation. Int. J. Remote Sens. 25: 3019-3047.

GEO. 2009. Summary and Recommendations. *in* the Workshop on Developing an Agricultural Monitoring System of Systems. Group on Earth Observation. February 11-13, 2009. Beijing, China.

Hanuschak, G.A., R. Sigman, M.E. Craig, M. Ozga, R.C. Luebbe, P.W. Cook, D.D. Kleweno, and C.E. Miller. 1980. Crop-area estimates from Landsat; Transition from research and development to timely results. IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing GE-18: 160-219.

IPCC. 2007a. Summary for Policymakers. *in*: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M.Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

IPCC. 2007b. Summary for Policymakers. *in*: Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 7-22.

Lee, Y.J., Chang, K.W, Shen, Y., Huang, D.M., Tsay, H.L., 2007. A handy imaging system for precision agriculture studies. Int. J. Remote Sens. 28: 4867-4876.

Lee, Y.J., Yang, C.M., Chang, K.W., Shen, Y., 2008. Field test of the simple spectral index using 735nm in mapping nitrogen status of rice canopy. Agron. J. 100: 205-212.

Lee, Y.J., Yang, C.M., Chang, K.W., Shen, Y., 2011. Rice canopy reflectance spectrum affected by changes in leaf anatomical structure and chlorophyll content. Bot. Stud. 52: 295-303.

Lei, T. C., Wan, S., Chou, T.Y., 2008. The comparison of PCA and discrete rough set for feature extraction of remote sensing image classification - A case study on rice classification, Taiwan. Comput. Geosci. 12: 1-14.

Leung, H. 2011. Breeding for climate-ready rice: needs, strategies, and progress. *in* the Workshop on Crop Breeding and Management of Agricultural Environment for Coping with Climate Change. August 31-Spetember 1, 2011. Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan.

Lur, H.S. 2011. Adaptation of crop cultivation and breeding to abiotic stresses: with aspect of Taiwan's environment. *in* the Workshop on Crop Breeding and Management of Agricultural Environment for Coping with Climate Change. August 31-Spetember 1, 2011. Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan.

Pittman, K., M.C. Hansen, I. Becker-Reshef, P.V. Potapov, and C.O. Justice. 2010. Estimating global cropland extent with multi-year MODIS data. Remote Sens. 2: 1844-1863.

Qin, Q., A. Ghulam, L. Zhu, L. Wang, J. Li, and P. Nan. 2008. Evaluation of MODIS derived perpendicular drought index for estimation of surface dryness over northwestern China. Int. J. Remote Sens. 29: 1983-1995.

Sakamoto, T., M. Yokozawa, H. Toritani, M. Shibayama, N. Ishitsuka, H. Ohno. 2005. A crop phenology detection method using time-series MODIS data. Remote Sens. Environ. 96: 366-374.

Tapia-Silva, F.O., S. Itzerott, S. Foerster, B. Kuhlmann, and H. Kreibich. 2011. Estimation of flood losses to agricultural crops using remote sensing. Phys. Chem. Earth 36: 253-265.

Wan, S., Lei, T. C, Chou, T. Y., 2010. An enhanced supervised spatial decision support system of image classification: consideration on the ancillary information of paddy rice area. Int. J. Geogr. Inf. Sci. 24: 623-642.

Wang, Y.P., K.W. Chang, R.K. Chen, J.C. Lo, and Y. Shen. 2010. Large area rice yield forecasting using satellite imageries. Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf. 12: 27–35.

Xiao, X., S. Boles, J. Liu, D. Zhuang, S. Frolking, C. Li, W. Salas, B. Moore III. 2005. Mapping paddy rice agriculture in southern China using multi-temporal MODIS images. Remote Sens. Environ. 95: 480-492.

Response Strategies for Agrometeorological Disasters

Yuan Shen[1,*] Shou-Hung Chen[2] Min-Hwi Yao[3]

[1]Department of Soil and Environmental Sciences, National Chung Hsing University
[2]Department of Geography, Chinese Culture University
[3]Division of Agricultural Engineering, Taiwan Agricultural Research Institute
*Corresponding author: yshen@nchu.edu.tw FAX: 04-22862043

Abstract

Taiwan's food security relies heavily on imports from abroad because of the insufficient domestic production. Climate change will result in more extreme variations in weather. Increases in frequency of climate extremes may lower crop yields beyond the impacts of mean climate change. Therefore, it is of ultimate importance to prepare ourselves to meet the impacts of global food crisis. The response strategies for the coming agrometeorological disasters can be grouped into four aspects, 1. Increase domestic crop production, 2. Reduce domestic agrometeorological losses, 3. Ensure imports from abroad, and 4. Raise the capabilities for production forecasting. In this paper, discussions are mainly focused on aspect 2 and 4. Providing disaster occurring probabilities for better site and crop selection, developing cost effective agrometeorological disasters protection techniques, and planting upland crops at regions having faster internal drainage characteristics are directions that should be placed more emphasis on when considering means to reduce domestic agrometeorological losses. Developing an operational remote sensing system to provide timely agricultural intelligence, regarding crop growth and yield forecasts at domestic and other strategic regions in the world, would allow decision makers to take proper actions in advance to better alleviate the impacts of incoming global food crisis.

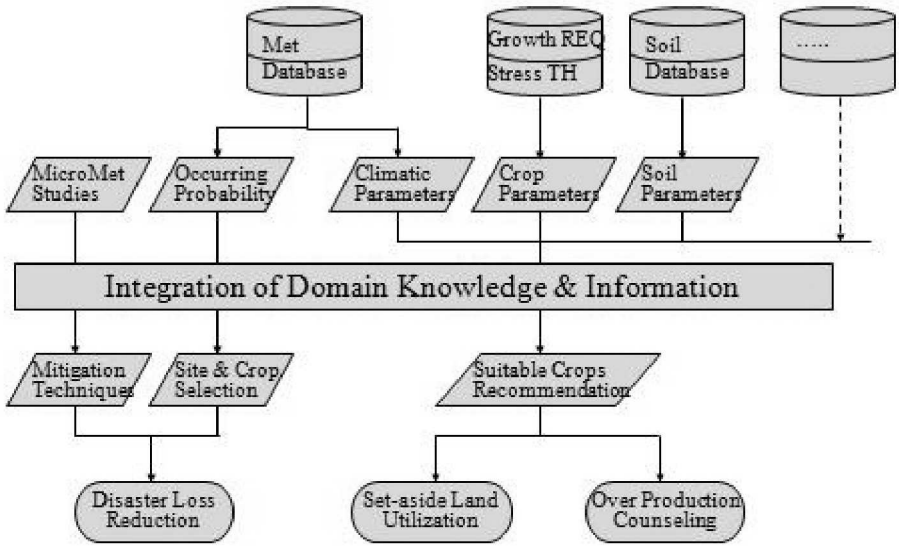


圖 1. 農業氣象專家資訊系統發展架構。

Fig. 1. Schematic diagram for developing an agrometeorological expert system.

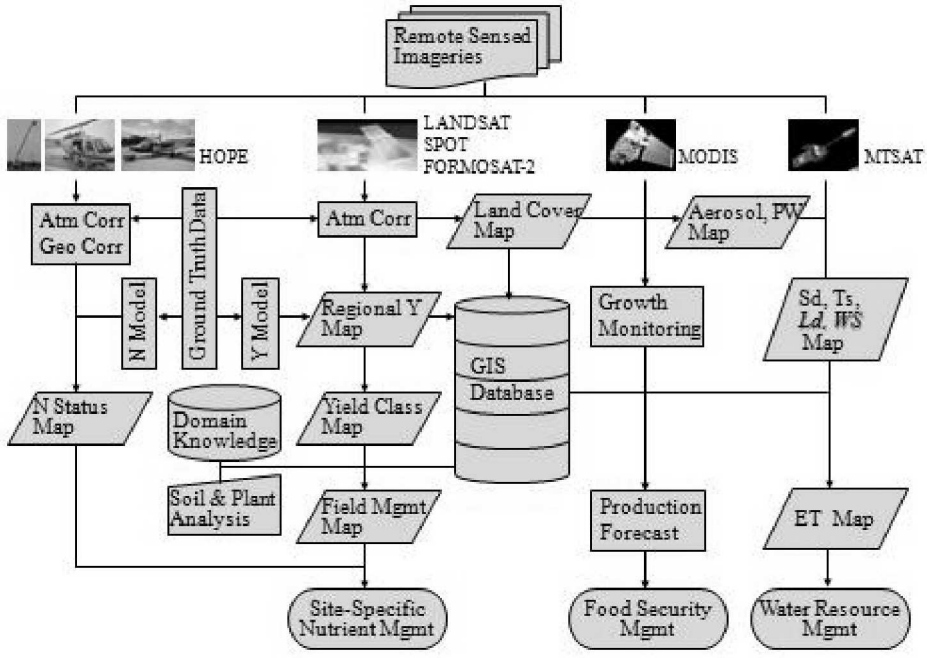


圖 2. 農業情報遙感探測技術發展架構。

Fig. 2. Schematic diagram in developing remote sensing techniques for agricultural intelligence.

氣候變遷與土壤質量管理

郭鴻裕

行政院農業委員會農業試驗所農業化學組，E-mail: HYGuo@tari.gov.tw。

氣候的組成因素：熱、水、風三者，在台灣對土壤質量的最大影響因素就是水。台灣的地形，山高地狹，河流具下列特性：流路短、河床坡降大、流域面積小、比流量大、河川水量豐枯懸殊、河川洪峰流量大、洪峰到達時間短、河川含砂量高，對於水的管理有其困難度，也連帶的影響土壤質量管理。台灣地區年平均降雨量約爲世界平均量之三倍多，降雨強度也大，台灣不同降雨延時的最大降雨量，約爲世界降雨最大值的 89%可知，所以對應的集水區逕流量亦偏大，坡地沖蝕相當嚴重。氣候變遷下，大氣圈水平衡系統變異趨大，近年局部地區降雨強度逐漸增大，土壤沖蝕問題更加惡化，造成坡地土壤功能的退化，影響層面既大且深遠，也對坡地農業經營相對增加困難。平地農業也遭遇一些困難，農業經營離不開水，氣候變遷也有機會碰上乾旱期，農業經營如何渡過乾旱災情風險也是土壤質量管理之重點。水資源調配與土壤管理方法可以應用，降低氣候變遷帶來的糧食安全風險，但台灣農業的詭譎經營型態與農民的適應性，增加風險發生機率。因爲缺水改變農業經營型態也會影響土壤質量問題，例如：土壤有機質的損失，可能造成引發一聯串的土壤品質退化問題，甚至影響國民健康（雲林北部塵暴問題）。豪大雨發生增加平地農田低窪地的淹水機率，造成農作物全滅機率加大；久澇與土壤透水性不佳，根域氧氣不足，造成旱作產量不理想原因。全球海平面上昇，沿海地區的農田遭受海水入侵影響機率加大，農田缺水、地層下陷與海水入侵因素，擴大了沿海地區鹽分地面積與增加土壤鹽分累積量。因應氣候變遷土壤改良工作急迫性不可忽略。

Climate change and the management of soil quality and quantity in Taiwan

Horng-yuh Guo

Agricultural chemical division, Taiwan agricultural research institute
E-mail: HYGuo.tari.gov.tw

Meteorology deals with heat, water and wind. The most important factor affected soil quality and quantity management in Taiwan agriculture production is water. The topography of Taiwan has very steep and high mountain ranges located in the central part of narrow-wide terrain, Taiwan's rivers have the following characteristics: short flow path, large river bed gradient, smaller drainage area, soaring river peak flow, shortly peak arrival time, densely water sediments. These causes that make the water management of Taiwan have its difficulty and the associated impact on soil quality and quantity management. The average annual precipitation is 2,500 mm; it reaches 3,000 to 5,000 mm in the mountainous regions. Taiwan's average annual rainfall is about three times higher than that of the world. Most of the precipitation concentrates in the summer season. The maximum one hour precipitation reaches 300 mm, the maximum one day precipitation reaches l,748 mm which is 93.4% of the world record (1 ,870mm). In comparison with the records in the world, the one-hour to 3-day maximum precipitations in Taiwan are approximately 85 to 93% of the world records. These evidences projected into the seriously runoff as well as soil erosion problems in the surface of watersheds in the hillland of Taiwan. The water balance system of the atmosphere variation becomes larger and larger recently, corresponding to some places have higher rainfall intensity and even breaking the historic record. These made more serious soil erosion problems and degradation of soil function in hillland. It affected so widely and deeply in the live hood of Taiwan and increased the difficulty of slopeland agriculture management. We also encountered some difficulties in the plain region agriculture management. Agricultural management can not operate without water and how to overcome the drought risk during the growth period is important. Allocation of water resources sophistically with soil management can increase the possibility of success to pass the food insecurity risk caused by climate change, but the treacherous agricultural management pattern and adaptability of farmers in Taiwan increase the risk of food security incidence. Water shortage changes agriculture land-use pattern as well as soil quality. The

soil organic mater loss caused by climate changes will be tricked on series soil qualities degradation problems, even affected the public health, for example: the sand dust storm of the north border of Yunlin County. Occurrence of heavy rains increase the flooding probability of farmland on the plains regions, resulting in increased risk of upland crop damages. It is common to find that the farmland with poor soil permeability in long periods of rainfall lacked of oxygen in the root system environment. It caused fatal of upland crops' yields or poor yields. Global sea level rising increasing the possibility of sea water intrusion, shortage of irrigation water, land sinking expand the acreage of saline soil and increase the soil salinity. Soil reclamation projects can not be ignored to cope with climate change.

氣候變遷與植物病害消長

鄧汀欽[1,4]　安寶貞[1]　鄭櫻慧[1]　林子凱[2]　蔣國司[3]

[1]農業委員會農業試驗所植物病理組
[2]農業委員會農業試驗所作物組
[3]國立中興大學農藝系
[4]通訊作者:Email: tcde@tari.gov.tw, Fax: 04-23302803

摘 要

氣候變遷直接衝擊全球農業生態系，也影響到台灣各種作物的病害生態，以流行病學觀點來檢討極端氣候及地球暖化對植物病害消長的影響。颱風或強降雨可助病原散佈，且受災植物因有傷口或生長勢弱，極易被病原感染，因此台灣常見炭疽病、細菌性軟腐病、萎凋病、晚疫病、水稻白葉枯病、柑橘潰瘍病、或病毒病在風雨後爆發疫情。氣候暖化會增加作物產量，但也誘導更多或更新的有害生物入侵造成損失，如紅龍果引進台灣後崛起的各項病害及馬鈴薯晚疫病耐熱菌系強勢流行，唯番茄斑萎病毒局限分佈於高冷地區。氣候變遷使農作病害生態系中的寄主、病媒、病原及其棲地發生變化，因而影響植物病害消長，可見於台灣瓜類病毒病害的流行趨勢演變。因應氣候變遷，未來作物病害管理應著重於：(1)預測及監測病原隨寄主遷移而改變的地理分佈、(2)掌控病原崛起的病害生態、(3)體會現有病害管理策略的極限和管理失策可能造成的損失、及(4)開發有效的健康管理策略以調適新環境。在作物育種則需先瞭解：(1)氣候因素所影響寄主與病原互動的各項反應、(2)病原發生時期與傳播速率可能的改變、(3)寄主原有的抗病性消失的情形與原因、(4)新病原或菌系崛起的情形與原因、(5)目前農事操作過程可能誘導新病原或菌系崛起的機會、及(6)作物抗逆境及抗病基因的機制與種原資料。

前 言

人類活動排放的二氧化碳等溫室氣體造成全球暖化已非預言，海平面上升讓人觸目驚心，近年來已感受到不合節令且驟變的天氣、強風、豪雨、乾旱、熱浪等發生更頻繁、更嚴重。中央氣象局 2011 年數據顯示台灣近百年 (1897－2008 年)，平地平均氣溫上升 0.9－1.2 ℃，表示等溫線已北移約 100 km；山區增溫 0.6 ℃，表示生物生存環境的臨界高度已升高約 100 m

(http://www.cwb.gov.tw/V7/climate/climate_info/statistics/statistics_2_1.html)。預測未來地球日趨暖化且逐年加速，海平面持續增高，熱的天數及熱指數將增高，結霜日及日夜溫差將減少，嚴重的極端天候事件如豪雨、乾旱、颱風等發生頻率更升高 (Smith *et al.*, 2001)。氣候變遷直接衝擊全球農業生態系，也影響到本地各種作物病蟲害的消長，改變以往植物病害的傳播規模與流行分佈，同時極可能有新型病害崛起，屆時若植物防疫工作措手不及將影響到作物生產及糧食安全。目前臺灣尚無植物流行病學對氣候變遷因應的相關研究資料，但在醫學上經分析確認臺灣地區氣溫提升或春季增溫，與蟲媒傳染病如登革熱、日本腦炎、恙蟲病等，或接觸傳染病猩紅熱等每年提前流行或病例增加具有顯著相關性 (郭浩然，2006)。颱風過後猩紅熱、阿米巴痢疾、登革熱、傷寒及腸病毒感染併發重症之發生風險亦有明顯的增加 (黃志隆，2008)。本文謹就氣候變遷可能與本地植物流行病學有關的事例提出討論，以便檢討現有的育種及病害管理策略，以調適未來的環境。

臺灣氣候與作物病害生態

北迴歸線 (Tropical of Cancer 23°26’16” N)橫貫台灣嘉義及花蓮縣境，其南屬熱帶(Tropical)，日照充足且四季氣溫變化較小，其北則屬亞熱帶(Subtropical)；中央山脈縱隔全島，造成東西部各異的天氣變化，另外從海平面到山巔約 4000 m 的垂直距離，造成多樣性的地區氣候。臺灣冬季有來自西伯利亞的大陸冷高壓，吹東北季風，迎風面才有下雨的機會；春季的天氣系統主要是鋒面；夏季受太平洋高壓影響，盛行西南風，潮濕的西南氣流常會引起豪大雨。正常的雨季是二到四月的春雨、五到六月的梅雨、及七月至九月的颱風雨，這些雨就是臺灣的水資源(http://cwb.hinet.net/V7/climate/climate_info/statistics/statistics_1_1.html)。以往農民順應各種時空變化的氣象條件，依節氣進行農耕，造就了台灣各地多樣化的農業生態環境，四季綿延不絕的各種作物生產中，病害生態複雜且經常有特殊疫情爆發作，但經適當的防疫處理，終能趨於平衡。以過去植物流行病學調查的結果來檢討病原的發生(Occurrence)、崛起(Emergence)、復發(Resurgence)、流行(Prevalence)、及分佈(Distribution)等現象來闡明氣候變遷與植物病害的消長，有以下數例。

颱風及強降雨後發生風險增高的病害

氣流、水流或雨水飛濺會助病原散佈(Fitt *et al.*, 1989)，強風或豪雨氾濫使病原快速大面積擴散(圖 1a)。颱風中植物體受強風吹襲所造成的機械傷口，或驟雨中溺水所造成的生理衰弱，使植物體極易被病原感染。風雨後轉晴之際，溫度和濕度急速升高，更有利於病害發展，尤其是烈日曝曬下的田間，受害植株的病徵很快就呈現出來。因

此經常可見水稻白葉枯病、稻熱病、紋枯病或胡麻葉枯病等在災後爆發較嚴重的疫情。蔬菜類更禁不起風雨摧殘，風雨後葉菜類容易發生的病害有軟腐病、黑腐病、青枯病、露菌病、疫病及白銹病等；瓜菜類有疫病(圖 1b)、露菌病、炭疽病(圖 1b)、細菌性斑點病及果斑病等；果菜類有青枯病、疫病、軟腐病及細菌性斑點病等；根莖菜類有疫病、軟腐病、青枯病及黑腐病等。淹水的蝴蝶蘭園則普遍爆發疫病、軟腐病、黃葉病及褐斑病等疫情。果樹類因迎風面較大受風雨影響最大，颱風後須加強管理的病害包括：香蕉有黃葉病、黑星病、葉斑病、嵌紋病及萎縮病等；蓮霧有炭疽病、疫病及果腐病等；木瓜有果疫病、黑腐病、輪點病、畸葉嵌紋病、炭疽病及蒂腐病等；及柑橘潰瘍病等 (謝廷芳等，2009) 。其中病毒病媒介蟲在颱風或強降雨中棲群密度會降低，但一般網室設施因風災破損不及彌補，讓病毒全面入侵，以木瓜輪點病毒(*Papaya ringspot virus*, PRSV)藉蚜蟲媒介入侵木瓜園之例最常見。

隨熱帶植物引進後崛起的病害

台灣氣候日趨暖化，引進的熱帶植物多能立足，並逐漸往北擴散形成一項全國產業。如紅龍果(Hylocereus sp.)引進後，農糧署 2011 年估計面積已達 827 公頃(http://www.afa.gov.tw/GrainStatistics_index.asp?CatID=52)，隨著栽培面積增加，本世紀開始有新病害的發生記錄，病毒病有 *Cactus virus* X (CVX) (Liou *et al*., 2001)、 *Zygocactus virus X* (ZVX) (毛青樺等，2008)、及 Pitaya virus X (PiVX) (Li *et al*., 2010)等三種；果實病害包括:炭疽病 (*Colletotrichum gloeosporioides*; *C. capsici* 及 *C. boninense* 等引起)、溼腐病或軟腐病 (*Rhizopus stolonifer* 引起)、*Diaporthe/Phomopsis* complex (至少有 3~5 種 species)與 *Alternaria alternata* 引起的果腐病，及 *Penicilium citrinum* 引起的果實青黴病(蔡志濃等，2011)。另有 *Bipolaris cactivora* (Petr.) Alcorn 也是引起果腐病(王智立、林正忠，2005)。其中 CVX 之前已存在於仙人掌，而 ZVX 及 PiVX 是因紅龍果廣泛栽培後才被分離鑑定出來。另一種近年引進的熱帶植物－諾麗果(*Morida citrifolia* L.)雖然引進較晚，種植面積不大，也逐漸往北部擴散栽培，目前在台灣栽培的諾麗果沒有觀察到植株上的病害，也尚無任何疫情發生的報告。

馬鈴薯與番茄晚疫病菌之演變

台灣自 1908 年即有晚疫病記載(Kawakami & Suzuki, 1908)，病原為 P*hytophthora infestans* deBary，當時的菌系為 US1 (A1 配對型)，為害馬鈴薯與番茄不嚴重，僅在夏季零星發生於高冷地區；而冬季則發生於東北部多雨地區，平地則數年偶而發生一次。主要原因是本土晚疫病菌性喜冷涼潮濕氣候，生長最高溫度為 24℃，台灣大部分地區

不適合晚疫病發生。早年馬鈴薯產區主要分布於台中后里一帶，少部份在雲林斗南地區，由於多年來一直採行健康種苗制度，並禁止種薯進口，馬鈴薯產業一直相安無事。直到 1997 年 12 月中下旬，后里冬季裡作馬鈴薯田爆發了大規模晚疫病，薯田無一倖免，罹病田區如火燒過一般（圖 2），疫情迅速向外擴展，一個月後斗南馬鈴薯田亦傳出災情，導致該年馬鈴薯的產量約減少一半。同時，各地番茄田亦傳出嚴重災情，在翌年春天就蔓延至東部地區，直到清明過後，天氣回暖，病害才逐漸減弱消失。從此以後，平地馬鈴薯與蕃茄在冬春季便經常發生晚疫病，只要一遇到連續數日降雨或起霧，病菌就肆虐發生，未及時防治的田區便嚴重受害。而 1997 年的事件也造成我國馬鈴薯產業的遷徙，目前冬季馬鈴薯主產區已南移至斗南一帶。由於南部氣候較溫暖，疫情較后里地區輕緩，病害大部分發生於春節前後的濕冷日子裡。目前已經證實病害發生係因強毒性菌株 US11 入侵之結果(Jyan *et al.*, 2004)，該菌系仍爲 A1 配對型，但致病性強、生長快速 (於最適溫 20℃時，新菌系直線生長速率平均爲 5.15 mm、舊菌系 US1 爲 2.68 mm)、耐高溫 (新菌系最高生長溫度 27-29℃、舊菌系 24-25℃)、及抗多種化學農藥 (滅達樂對新菌系菌絲生長抑制濃度(LD50)爲 200-400 ppm、舊菌系爲 0.005-0.001 ppm，抗藥性提高 4-40 萬倍)。目前新菌系幾乎已完全取代了舊有菌系。

番茄斑萎病毒(TSWV)在甜椒之發生

甜椒夏季種植於台灣中海拔地區，秋冬季則於中、南部平地栽培較多。番茄斑萎病毒 (*Tomato spotted wilt virus*, TSWV)是 Tospovirus 屬的代表型病毒，田間可經薊馬或機械傳播(Best, 1968)。在台灣可以媒介傳播 Tospovirus 的薊馬有 5 種，甜椒上以南黃薊馬(*Thrips palmi* Karny)發生率最高。南黃薊馬發生最適溫度爲 25-30℃，超過 35℃時，卵至成蟲的存活率只有 4-8%（黃莉欣、陳秋男，2004）。TSWV 於 2009 年首次在南投縣仁愛鄉被發現，約一半甜椒露天栽培區在種植 1 個月左右即超過 10%的植株發病，罹病株的上位葉黃化，有壞疽斑，接著引起植株萎凋(圖 3)，經診斷鑑定係由 TSWV 引起。調查高冷地區包括南投縣仁愛鄉(露天栽培)及信義鄉(設施栽培)的甜椒植株感染 TSWV 的情形，並以埔里鎮(平地設施栽培)爲對照，結果如表 1。2009 年在仁愛鄉測到 TSWV 感染率達 86.8%，推估其發生率約爲 17%；信義鄉測到 TSWV 感染率爲 36.1%，計算缺株估計其發生率低於 3%，埔里鎮測到 TSWV 的比率介於 0-4.6%之間。2010 年仁愛鄉樣本檢出 TSWV 的比率降至 32%，田區感染比率在 5%以下，信義鄉與埔里鎮的樣本則未測到 TSWV。試驗觀察網室設施栽培雖未能隔離薊馬，但網室內溫度較高，不利於薊馬生長，因此降低病毒媒介感染。2009 年仁愛鄉先在海拔 1200-1500 m 栽培區大量發生，9 月後，1200 公尺以下栽培區發病率逐漸升高，可能亦與栽培區最高溫

逐漸下降有關。仁愛鄉 TSWV 感染率自 2009 年的 17%降至 2010 年的 5%以下，可能因爲 2009 年 5 月至 9 月，除了 8 月莫拉克颱風期間的豪雨之外，其間的降雨量都遠低於平均值，降雨少使薊馬密度升高，而導致斑萎病大量發生。2010 年 6-7 月甜椒生長期雨量正常（400-500 毫米/月），薊馬密度降低，使斑萎病發生率降低。

瓜類病毒病長期流行趨勢演變

台灣各地都有瓜類栽培且週年都有生產，時間與空間互相重疊或銜接的結果，使得瓜類病毒病流行不絕，爲生產體系中的限制因子。現有紀錄感染台灣瓜類的病毒有 16 種，包括蚜蟲傳播的甜菜西方黃化病毒(*Beet western yellows virus*, BWYV)、瓜類蚜媒黃化病毒 (*Cucurbit aphid-borne yellows virus*, CABYV)、胡瓜嵌紋病毒 (*Cucumber mosaic virus*, CMV)、甜瓜蚜媒黃化病毒 (*Melon aphid-borne yellows virus*, MABYV)、甜瓜脈綠嵌紋病毒 (*Melon vein-banding mosaic virus*, MVbMV)、木瓜輪點病毒(*Papaya ringspot virus*, PRSV)、絲瓜蚜媒黃化病毒(*Suakwa aphid-borne yellows virus*, SABYV)、矮南瓜黃化嵌紋病毒 (*Zucchini yellow mosaic virus*, ZYMV)；薊馬傳播的海芋黃斑病毒(*Calla lily chlorotic spot virus*, CCSV)、甜瓜黃斑病毒 (*Melon yellow spot virus*, MYSV)、番茄斑點萎凋病毒 (*Tomato spotted wilt virus*, TSWV)、西瓜銀斑紋病毒 (*Watermelon silver mottle virus*, WSMoV)；粉蝨傳播的瓜類退綠黃化病毒 (*Cucurbit chlorotic yellows virus*, CCYV) 、南瓜捲葉菲律賓病毒 (*Squash leaf curl Philippine virus*, SLCuPV)、番茄捲葉新德里病毒 (*Tomato leaf curl New Delhi virus*, ToLCNDV)，及種子傳播的胡瓜綠斑嵌紋病毒 (*Cucumber green mottle mosaic virus*, CGMMV)。其中 CGMMV、CMV、MVbMV、MYSV、PRSV、ToLCNDV、及 ZYMV 還可經由病株汁液傳播(鄧汀欽， 2011)。台灣自 1944 年即有瓜類病毒病害記錄，最近的報告顯示，蚜蟲媒介傳播的病毒一直都是瓜類作物上主要的流行病毒(Peng *et al*., 2011)，1990s 年代南黃薊馬以永續型方式傳播的 tospoviruses 崛起，WSMoV 及 MYSV 陸續成爲主流病毒(Peng *et al*., 2011)。銀葉粉蝨(*Bemisia argentifolii*)入侵立足台灣後，begomoviruses 靠其媒介傳播感染瓜類，其中 SLCuPV 爲 2008 年以來造成洋香瓜絕產的流行病毒(廖吉彥等，2009)。2009 年中爆發另一粉蝨傳播的病毒-CCYV(曾獻嫻等，2009)，短期內台灣各種瓜類皆受其感染。但 2011 年初由於連續低溫，開春較晚，粉蝨密度低，病毒病疫情得以稍緩，但隨著夏季氣溫升高，二期作的瓜類幾乎無一倖免(圖 4)，CCYV 仍是目前流行的強勢病毒種。

結 論

氣候變遷對植物病害的消長之影響前人研究有限，若有也僅是探討單一環境因子

或氣象變因對寄主、病原、或寄主與病原互動的影響 (Djurle *et al*., 1996; Hibberd *et al*., 1996; Kobayashi *et al*., 2006; Narváez *et al*., 2010)，而實際田間的複雜性與不確定性更甚於報告中的狀況(Garrett et al., 2011)。迎向未來的環境，目前應發展較新的監測技術與模式推演程式，因地制宜來描述氣候變遷將會造成作物病害的流行情形、分列估算各項作物的損失程度、及對自然生態與社會經濟的衝擊力，藉以預先研擬因應對策略(Magarey, 2007; Savary et al., 2011)。

溫帶寒帶地區在氣候暖化後，因最低溫提升可增加作物產量 (Nicholls, 1997)，但是在熱帶農業環境的溫度一旦超過該作物耐熱的極限就有致死效應，使產量急速減少(Schlenkera & Roberts, 2009) ，因此全球暖化後適合農耕的區域勢必往兩極遷移(Shaw & Osborne, 2011)。寄主植物遷移至新環境也將燃起新的寄主－病原組合，其疫情發生的早晚端視病原與寄主對新環境生態的適應性、初感染源(primary inocula)越冬或越夏的跨季存活力、及病原的傳播擴散效率。以台灣引進的熱帶植物紅龍果與諾麗果爲例，紅龍果在台灣發生的病害種類與嚴重程度已勝過東南亞原產地，而目前諾麗果則無任何疫情傳出。事實上在太平洋原產地諾麗果也會感染根瘤線蟲 (*Meloidogyne spp*.)、葉斑病(*Colletotrichum sp*.)、疫病(*Phytophthora sp*.)、及果腐病(*Sclerotium rolfsii*) (Nelson, 2006)，這些病原早已存在於台灣，因此在適當時機可預期其將發生。雖然無數據直接顯示氣候變遷對新病原或新菌系崛起的影響，但環境篩選與病原演化的結果確實影響植物病害消長，以晚疫病菌 *P. infestans* 爲例，其好發於冷涼潮濕氣候，但因新菌系致病性強、生長快、耐高溫、及抗多種化學農藥，更能適應氣候環境，目前新菌系在田間已普遍取代了舊菌系。另以 TSWV 爲例，雖然 TSWV 在溫帶地區極其猖獗，但在台灣目前其分佈局限於高冷地區，因其媒介薊馬或病毒本身都不耐高溫，未來氣候繼續暖化，除非演化出耐熱的病毒系統(strain)，推測 TSWV 在台灣平地流行的機會不大。長期觀察台灣瓜類病毒的流行趨勢演變，顯示病毒種類的消長與媒介體(蚜蟲、薊馬、粉蝨)族群的興衰息息相關，而蟲體的棲群密度又與氣候及田間微氣候緊密相關(Jones, 2009; Navas-Castillo *et al*., 2011)。近來由於冬季結霜日及日夜溫差減少，蟲體或野生寄主容易越冬，造成病毒感染源不絕於田間，病害發生也就永不斷決，此時唯有適當地調整田間管理策略，才能克服這項產業發展的限制因子。

有關病害的崛起(Anderson *et al*., 2004; Jones, 2009)，本文所列病害消長例子中並無直接數據來說明以下論點，因此有待進一步實驗證明：(1)造成新病害的病原或菌系是否全由境外入侵? (2)這些新病原或菌系能被發現，是否只是因爲改進了以往的診斷鑑定技術? (3)如何證明氣候變遷與病害消長的相關性? (4)植物相及人爲的壓力對病害消長的影響力? (5) 如何證明自然演化與篩選促使新病原或菌系崛起? (6)新病害崛起過程中，病原如何調適於其寄主及媒介體? (7)這些新菌系是否與舊菌系發生基因重組?

氣候變遷對植物病害生態的影響深遠，未來在作物病害管理層面需著重於：(1)預測及監測病原隨寄主遷移而改變的地理分佈、(2)掌控新病原崛起的病害生態，抑制新病害的發生、 (3)體會現有病害管理策略的極限和管理失策可能造成的損失、及(4)開發新管理策略以調適新環境(Coakley et al., 1999)。在作物育種則需先瞭解：(1)氣候因素所影響寄主與病原互動的各項反應、(2)病原發生時期與傳播速率可能的改變、(3)寄主原有的抗病性消失的原因、(4)新病原或菌系崛起的情形與原因、(5)目前農事操作過程可能誘導新病原或菌系崛起的機會、及(6) 作物抗逆境及抗病基因的機制與種原資料等(Agbicodo *et al*., 2009; Duveiller & Sharma, 2009; Moslonka-Lefebvre *et al*., 2011)。

引用文獻

毛青樺、呂有其、張雅君。2008。感染紅龍果之蟹爪蘭 X 病毒之特性分析與田間調查。植病會刊 17: 97-98。(論文摘要)

王智立、林正忠。2005。紅龍果果腐及仙人掌莖腐病。植病會刊 14: 269-274。

黃志隆。2008。颱風對傳染性疾病爆發影響之評估。成功大學環境醫學研究所學位論文。

黃莉欣、陳秋男。 2004。 溫度對茄葉上南黃薊馬生活史特徵之影響。 植保會刊 46: 99-111。

郭浩然。2006。氣象因子變化及異常天候對台灣地區傳染性疾病之衝擊。國科會研究報告。http://ir.lib.ncku.edu.tw/handle/987654321/42244

曾獻嫻、陳宗祺、黃莉欣。2009。新興瓜類 *Crinivirus* 屬病毒之診斷與鑑定。植保會刊 51 : 132。(論文摘要)

廖吉彥、鄧汀欽、胡仲祺、鄭櫻慧。2009。2008 年南部地區洋香瓜捲葉病病害發生原因之探討。植病會刊 18:77-78。(論文摘要)

蔡志濃、徐子惠、鄭秀芳、安寶貞。2011。紅龍果果實真菌性病害之調查與研究初報。植病會刊 20: (論文摘要，付印中) 。

鄧汀欽。2011。三十年來台灣瓜類病毒病害的流行趨勢演變。石憲忠、張宗仁主編「農作物害蟲及其媒介病害整合防治技術研討會」專刊: 147 -163。2011 年 7 月 15 日農試所。

謝廷芳、陳金枝、安寶貞。2009。天然災害作物復育之病害管理研討會專刊。行政院農業委員會農業試驗所出版。台中。169 pp。

Agbicodo, A. M., C. A. Fatokun, S. Muranaka, R. G. F. Visser, and C. G. van der Linden. 2009. Breeding drought tolerant cowpea: Constraints, accomplishments and future

prospects. Euphytica 167:353-370.

Anderson, P. K., A. A. Cunningham, N. G. Patel, F. J. Morales, P. R. Epstein, and P. Daszak. 2004. Emerging infectious diseases of plants: Pathogen pollution, climate change and agrotechnology drivers. Trends Ecol. Evol. 19:535-544.

Best, R. J. 1968. Tomato spotted wilt virus. Adv. Virus Res. 13: 65-146.

Coakley, S. M., H. Scherm, and S. Chakraborty. 1999. Climate change and plant disease management. Ann. Rev. Phytopathol. 37: 399-426.

Djurle, A., B. Ekbom, and J. E. Yuen. 1996. The relationship of leaf wetness duration and disease progress of glume blotch, caused by Stagonospora nodorum, in winter wheat to standard weather data. Eur. J. Plant Pathol. 102: 9-20.

Duveiller, E., and R. C. Sharma. 2009. Genetic improvement and crop management strategies to minimize yield losses in warm non-traditional wheat growing areas due to spot blotch pathogen Cochliobolus sativus. J. Phytopathol. 157: 521-534.

Fitt, B. D. L., H. A. McCartney, and P. J. Walklate. 1989. The role of rain in dispersal of pathogen inoculum. Ann. Rev. Phytopathol. 27: 241-270.

Garrett, K. A., G. A.Forbes, S. Savary, P. Skelsey, A. H. Sparks, C. Valdivia, A. H. C. van Bruggen, L. Willocquet, A. Djurle, E. Duveiller, H. Eckersten, S. Pande, C. Vera Cruz, , and J. Yuen. 2011. Complexity in climate-change impacts: an analytical framework for effects mediated by plant disease. Plant Pathol. 60: 15-30.

Hibberd, J. M., R. Whitbread, and J. F. Farrar. 1996. Effect of elevated concentrations of CO2 on infection of barley by *Erysiphe graminis*. Physiol. Mol. Plant Pathol. 48: 37-53.

Jones, R. A. C. 2009. Plant virus emergence and evolution: origins, new encounter scenarios, factors driving emergence, effects of changing world conditions, and prospects for control. Virus Res. 141: 113–30.

Jyan, M. H., P. J. Ann, J. N. Tsai, S. D. Hsih, T. T. Chang, and R. F. Liou. 2004. Recent occurrence of *Phytophthora infestans* US-11 as the cause of severe late blight on potato and tomato in Taiwan. Can. J. Plant. Pathol. 26: 188-192.

Kawakami, T., and R. Suzuki. 1908. List of fungi on cultivated plants of Formosa, Part I. Bull Agric. Exp. Sta. Gov. Formosa. 1: 1-64.

Kobayashi, T., K. Ishiguro, T. Nakajima, H. Y. Kim, M. Okada, and K. Kobayashi. 2006. Effects of elevated atmospheric CO2 concentration on the infection of rice blast and sheath blight. Phytopathology 96: 425-431.

Li, Y. -S., C. -H. Mao, and Y. -C. Chang. 2010. Characterization of a new pitaya-infecting potexvirus and the construction of its infectious cDNA clone. Plant Pathol. Bull. 19: 111. (Abstract)

Liou, M. R., C. L. Hung, and R. F. Liou. 2001. First report of *Cactus virus X* on *Hylocereus undatus* (Cactaceae) in Taiwan. Plant Dis. 85: 229. (Abstract)

Magarey, R. D., G. A. Fowler, D. M. Borchert, T. B. Sutton, M. Colunga-Garcia, and J. A. Simpson. 2007. NAPPFAST: An internet system for the weather-based mapping of plant pathogens. Plant Dis. 91: 336 -345.

Moslonka-Lefebvre, M., A. Finley, I. Dorigatti, K. Dehnen-Schmutz, T. Harwood, M. J. Jeger, X. Xu, O. Holdenrieder, and M. Pautasso. 2011. Networks in plant epidemiology: From genes to landscapes, countries, and continents. Phytopathology 101:392-403.

Narváez, D. F., W. M. Jurick II, J. J. Marois, and D. L. Wright. 2010. Effects of surface wetness periods on development of soybean rust under field conditions. Plant Dis. 94: 258-264.

Navas-Castillo, J., E. Fiallo-Oliv'e, and S. S'anchez-Campos. 2011. Emerging virus diseases transmitted by whiteflies. Annu. Rev. Phytopathol. 2011. 49: 219–48.

Nelson, S. C. 2006. *Morinda citrifolia* (noni), ver. 4. In: Elevitch, C.R. (ed.). Species Profiles for Pacific Island Agroforestry. Permanent Agriculture Resources (PAR), Holualoa, Hawaii. <http://www.traditionaltree.org>.

Nicholls, N. 1997. Increased Australian wheat yield due to recent climate trends. Nature 387: 484–85.

Peng, J. -C., S. -D.Yeh, L. -H. Huang, J. -T. Li, Y. -F. Cheng, and T. -C., Chen. 2011. Emerging threat of thrips-borne Melon yellow spot virus on melon and watermelon in Taiwan. Eur. J. Plant Pathol. 130: 205-214.

Savary, S., A. Nelson, A. H. Sparks, L. Willocquet, E. Duveiller, G. Mahuku, G. Forbes, K. A. Garrett, D. Hodson, J. Padgham, S. Pande, M. Sharma, J. Yuen and A. Djurle. 2011. International agricultural research tackling the effects of global and climate changes on plant diseases in the developing world. Plant Dis. 95: 1204-1216.

Schlenkera, W. and Roberts, M. J. 2009. Nonlinear temperature effects indicate severe damages to U.S. crop yields under climate change. Proc. Natl. Acad. Sci. 106: 15594-15598.

Shaw, M. W. and T. M. Osborne. 2011. Geographic distribution of plant pathogens in response to climate change. Plant Pathology 60: 31-43.

Smith, B., K. L. Ebi, O. Pilifosova, I. Burton, B. Challenger, S. Huk, R. J. T. Klein, and G. Yohe. 2001. Climate change 2001: Impacts, adaptation, and vulnerability. Contribution of Working Group II to the 3rd Assessment Report of the Intergovernemental panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge.

Zheng, Y. -X., C. -H. Huang, Y. -H. Cheng, F. -Y. Kuo, and F. -J. Jan. 2010. First report of Tomato spotted wilt virus in sweet pepper in Taiwan. Plant Dis. 94: 920. (Abstract)

Climate Change and Dynamics of Plant Diseases

Ting-Chin Deng[1,4], Pao-Jen Ann[1], Ying-Huey Cheng[1], Tzu-Kai Lin[2], and Kuo-Szu Chiang[3]

[1] Plant Pathology Division, Taiwan Agricultural Research Institute
[2] Crop Science Division, Taiwan Agricultural Research Institute
[3] Department of Agronomy, National Chung Hsing University
[4] Corresponding author: E-mail: tcde@tari.gov.tw; Fax: 04-23302803

Global agro-ecosystems are directly impacted by recent climate change and that also affect the pathosystems of various crops in Taiwan. Epidemiological data revealed the extreme weather events and warming climate could influence the dynamics of plant diseases. For example, typhoon and heavy rainfall not only disseminate the pathogens but also damage plants, making the injured plants more vulnerable to attack by pathogens. In Taiwan, the most common outbreaks of diseases after typhoon are anthracnose, bacterial leaf blight of rice, bacterial soft rot, citrus canker, Fusarium wilt, *Phytophthora* rot and viral diseases. In agro-ecosystems, the increase of atmospheric temperature would raise the production of crops; yet such lavish growth of plants would also attract more or newer pests that may cause crop losses. Such as several diseases of pitaya (*Hylocereus* sp.) recently emerged in Taiwan, a severe outbreak of potato late blight occurred in Houli, and the restricted distribution of *Tomato spotted wilt virus* in high altitude areas are related to warming climates. Climate change influence the incidence and severity of plant diseases by affecting host plants, vectors, pathogens, and habitats in the pathosystems. A 30-year investigation showed that changes of trends in prevalence of cucurbits-infecting viruses in Taiwan were dependent on alternations of dominated vectors and their population densities. The future adaptation for climate change affects on plant diseases and their management should emphasize on: (1) prediction and surveillance the shifts in the distributions of host and pathogen, (2) monitoring the pathosystems to control the emergence of diseases, (3) understanding the limitation of current control strategies and estimating the losses due to invalid strategy, (4) development of effective systems for successful management of plant diseases. As for crop breeding, a thorough understanding of follows in relation to climate changes is of paramount importance: (1) what changes in the host-pathogen interactions, (2) how the occurrence and transmission of pathogens alter, (3) how and why the disease resistance modify, (4) how and why new pathogens emerge, (5) whether current agricultural practice induce new pathogen, and (6) how stress- and disease-resistant gene function in crops and where are these germplasms located.

表一、2009-2010 年 *Tomato spotted wilt virus* 在仁愛、信義、埔里感染番椒之調查結果

Table 1. Incidence of *Tomato spotted wilt virus* infecting peppers in 3 locations in 2009-2010

Year	Locations		
	Renai (仁愛)	Sinyi (信義)	Puli (埔里)
2009	86.8% (178/205)	36.1% (13/36)	5.7% (4/70)
2010	32.0% (40/125)	0% (0/43)	0% (0/32)



圖 1. 豪雨氾濫使病原快速大面積擴散(a)，雨後冬瓜疫病及炭疽病複合感染的病徵呈現。

Fig. 1. Heavy rainfall and flooding facilitate pathogens to disperse in a large area quickly (a); complex symptoms of anthracnose and *Phytophthora* rot showed on wax gourd after flooding (b).



圖 2. 1997 年 12 月中下旬，后里馬鈴薯田爆發了大規模晚疫病。

Fig. 2. A severe outbreak of potato late blight occurred in Houli, in later December of 1997.



圖 3. 2009 年蕃茄斑萎病毒 (TSWV)首先在仁愛鄉感染甜椒植株所造成的病徵。

Fig. 3. Symptoms of pepper plants infected by *Tomato spotted wilt virus* in Renai in 2009.



圖 4. 粉蝨傳播的瓜類退綠黃化病毒感染甜瓜植株所造成的病徵及田間疫情景象。

Fig. 4. Symptoms of melon plants infected by whitefly-transmitted *Cucurbit chlorotic yellows virus* and the field scene of epidemics.

氣候變遷對農業昆蟲直接與間接影響之研究回顧

石憲宗[1*]　黃毓斌[1]　林鳳琪[1]　謝雨蒔[1]　張宗仁[2,3]
黃守宏[4]　江明耀[1]　王清玲[1]　高靜華[1]

[1] 行政院農業委員會農業試驗所應用動物組
[2] 美國喬治亞大學植物病理學系
[3] 國立中興大學植物病理學系
[4] 行政院農委會農業試驗所嘉義分所植物保護系
[*] 通訊作者 e-mail: htshih@tari.gov.tw

摘 要

過去百年來全球表面均溫大約上升 0.6℃，預估至 2100 年的 CO_2 濃度爲 540-970 ppm，平均溫度將上升 1.4-5.8 ℃。因此，氣候變遷已成爲全球關注的重要環境課題。不同地理區域的氣候變化，隨著溫度增加範圍、光照度、紫外線輻射度、降雨與濕度之數量與分布型式、非生物因子干擾程度的改變，對農業生態系統產生不同程度的影響。儘管這些氣候變化因子尚有許多不確定性，但氣候暖化對變溫動物在時間與空間的動態平衡，確實可造成影響或預期會造成影響，此影響對昆蟲及其周圍生物群落尤爲明顯。昆蟲是變溫動物，體溫與環境溫度大致相同，因此溫度可能是影響昆蟲行爲、分布、發育、生存與繁殖之環境首要因子。某些研究者相信溫度是影響昆蟲最爲關鍵的因子，例如溫度上升 2 ℃，將使昆蟲在每一季節增加 1 至 5 個生活史世代；也有研究者發現氣候暖化的過程，濕度與 CO_2 也是影響昆蟲的重要潛在因子。事實上，氣候變化對農業昆蟲或植物病原微生物的影響，充滿不確定性，因爲氣候變化對某些病蟲害發育可能有利，也有可能不利。爲了瞭解溫度上升、雨量變化與 CO_2 濃度增高如何影響昆蟲，氣候變化對農民的影響以及農民可資因應的策略爲何，本文回顧氣候變化對農業昆蟲影響的研究進展，並提出若干見解。

前 言

IPCC 第三次評估報告指出，對人類排放溫室氣體若未採取任何管制措施，全球平均地面氣溫至 2100 年將比 1990 年增加 1.4-5.8℃，海平面將上升 9-88 公分，並預估全球二氧化碳濃度至 2100 年將達 540-970ppm (IPPC, 2001)，另由全球觀測站資料顯示，世界各地因地理條件不同，增暖程度也有不同，例如陸地比海洋明顯，北半球又比南

半球更爲明顯，例如位於北半球東亞季風區 (the East Asian monsoon) 的台灣，過去百年來的年平均溫度已上升 1.0-1.4℃，爲同時期全球平均增溫速率的 2 倍 (Hsu and Chen, 2002; 陳，2008)。

昆蟲爲變溫動物 (poikilothermic animal)，分布於不同緯度地區的分類群 (taxon) 或不同種類 (species) 的昆蟲，具有不同的溫度適存範圍，例如原產於寒帶的蛩蠊目 (Grylloblattodea) 昆蟲與適應熱帶環境的昆蟲，對地球表面均溫升高的反應差異極大。如果氣候變暖是一個事實，各地區農業生態系統將受不同程度的衝擊，例如改變作物相的過程，有害生物種類也隨之變化。近 20 餘年，氣候暖化、劇烈氣候與糧食安全等議題成爲全球關注焦點以來，以氣候變化影響農業昆蟲的研究主題雖然逐年增多，但多數野外監測報告引用的數據，仍與生物多樣性研究與長期生態調查一般，僅以特定採集方法調查動植物種類，再藉此結果討論可能的影響因子，甚少正視所有可能影響農業生態系統昆蟲種類變化的因子 (如生物因子、非生物因子與各因子間互爲影響的因素)。爲此，我國在推動氣候變遷與農業調適政策過程，必需重視研究方法是否相對客觀，並及早制定符合我國特色的配套政策。事實上，氣候變遷之農業調適策略，並非現代特有的課題，由歷史記載可看出氣候變遷深深影響一個國家糧食產量與國力強弱 (李，2008)，所以人類文明本身就伴隨著調適逆境而發展。有關「氣候變遷對農業昆蟲影響之研究方法」及「氣候變遷與糧食安全及作物蟲害管理調適策略」之相關內容，作者已另文發表於「因應氣候變遷之農業生產與環境調適研討會」(石等，2011)，於本文不再贅述。

氣候變化對農業昆蟲的影響

氣候變化直接影響昆蟲的地理分布、遷移擴散、取食行爲、生長發育、代謝速率及生存繁殖；另透過影響寄主植物與天敵，間接改變害蟲的種群結構與發生密度。本文於此回顧國內外往昔研究報告，歸納氣候因子 (如溫度、濕度、二氧化碳、雨量、光照與風速等) 與生物因子 (如捕食性與寄生性天敵、作物等) 單獨與聯合作用之下，對農業昆蟲可能產生的影響，以作爲我國學者擬定氣候變遷影響作物有害生物研究方法的參考，並提供政府擬定因應氣候變遷過程，作物蟲害管理調適政策的修訂參考。

一、溫度對昆蟲的影響

昆蟲爲變溫動物，生存於不同氣候帶的昆蟲類群，各有其適存的溫度範圍，此與其體內的熱休克蛋白 (Heat shock proteins, Hsps) 與抗凍蛋白等調適機制有關，當昆蟲在接受低溫威脅之前，若能在較低溫度下曝露一定時間，將可提高其耐寒性；若將昆蟲曝

露在非致死高溫一段時間，不僅可提高其忍受更高溫度的脅迫，也可增強其耐熱性。

1. 影響昆蟲發育，導致昆蟲種群密度發生變化

昆蟲發育與溫度的高低具有密切關係，在適存溫度範圍內，不同種或同種不同生物型的昆蟲，對劇烈的溫度變化，有不同程度的反應，以半翅目粉蝨科 (Aleyrodidae) 害蟲爲例，學者發現煙草粉蝨 (*Bemisia tabaci* (Gennadius)) 的熱休克蛋白基因 hsp20 與 hsp70，使煙草粉蝨具有較佳的抗高溫能力，例如 B 型煙草粉蝨成蟲在高溫環境的存活率和生殖適應性，高於溫室粉蝨 (*Trialeurodes vaporariorum* (Westwood))，此可說明 B 型煙草粉蝨種群可在夏季高溫季節發生 (王等，2010)，另在中國長江流域 Q 型煙草粉蝨已逐漸取代 B 型，此可能與 Q 型煙草粉蝨對溫度脅迫具有更強的適應能力有關 (Bonato *et al*. , 2007)，此也可說明溫度變化可改變不同種昆蟲與同種不同生物型昆蟲的種群結構，進而改變受害作物的種類。除此，Masters *et al*. (1998) 指出氣候暖化使英國出現暖冬，暖冬期間造成半翅目頸吻群昆蟲 (auchenorrhynchans) 的卵提早孵化，也縮短了幼蟲越冬時間，但幼蟲的發育速率則未受影響。

Hsu and Chen (2002) 與陳 (2008) 分析台灣百年來氣候變化的狀況，指出台灣一年四季不僅變暖，夏季暖化速率高於冬季，冬季期縮短，寒流日數減少，全年升溫最明顯的現象則出現在時序交替的季節，另外夜間增溫現象較日間更爲明顯。鄭 (1998) 與 Huang *et al*. (2010) 指出冬季溫度上升，將促使冬季以少量族群越冬的水稻重要害蟲 (如褐飛蝨、白背飛蝨及瘤野螟等)，在具備適合寄主植物的情況下，其族群越冬存活率可能因此提高，害蟲族群量可能因而大增；溫度上升導致害蟲生長發育所需有效積溫量增加，害蟲之生長發育因此加速，發生時期也因而提早，這都會加速於一期作水稻害蟲發生種類、時期及族群量之變化，增加一期作水稻產量之損失。

2. 影響昆蟲發育世代數目

Yamamura and Kiritani (1998) 模擬溫度上升 1-3℃的情況下，溫帶地區 15 種昆蟲、蟎類與線蟲發育的變化，模擬結果顯示溫度上升 1℃，僅有蟎類、纓翅目與寄生蜂 (如寄生捕食者) 等小型節肢動物的發育世代，多出 1 個世代；當溫度上升 2℃，除倉儲害蟲之外，所有受測動物的生活史均縮短，其中纓翅目與寄生蜂的發育世代，多出 2-3 個世代，蟎類則多出 4 個世代以上；當溫度上升 3℃，倉儲害蟲僅多 1 個世代，線蟲也僅多出 2 個世代，但寄生蜂多出 4 個世代，纓翅目多出 5 個世代，蟎類則多出 6 個世代以上。再者，鄭 (1998) 以台灣的水稻害蟲爲例，當溫度升高 2.5℃，二化螟 (*Chilo suppressalis*) 與三化螟 (*Scirpophaga incertulas*) 每年至少可增加 1 個世代，斑飛蝨 (*Laodelphax striatellus*) 與黑尾葉蟬 (*Nephotettix cincticeps*)

則可增加 2-3 個世代。

由以上可知，在適溫範圍內，小型昆蟲與蟎類等節肢動物的年發生世代數目，隨溫度上升而明顯增加，一般害蟲則增加 1-3 個世代，但增加繁殖世代並不代表昆蟲的發生密度及危害程度提高，這當中仍需考量害蟲發生時期、作物生長期與天敵發育之同步性，以及其他氣候因子的聯合影響。

3. 改變昆蟲的地理分布範圍

溫度是影響昆蟲地理分布與擴散的重要因素之一，當溫度超過昆蟲適存範圍或不利昆蟲寄主存活時，對昆蟲的發育、繁殖與族群密度發展等，皆有不利的影響，此時昆蟲會藉由遷飛尋找適存的生境，以避逆境。

分布在不同氣候帶的昆蟲，對溫度的適應程度並不相同。在決定昆蟲全球分布的因素中，低溫往往比高溫更重要。受低溫限制的種，將來有可能在較高的緯度地區越冬，因而增加了有害生物向兩極擴散的機會，原分布在低海拔地區的種類，則可能往高海拔遷移。以溫帶地區的日本爲例，水稻主要害蟲南方稻綠椿 (*Nezara viridula*) 是熱帶與亞熱帶地區普遍發生的種類，日本則爲此種昆蟲在亞洲的分布北界，Musolin (2007) 指出本種昆蟲隨著氣候暖化，其分布北界已往北擴散 70 km 至大阪地區；再以亞熱帶地區的台灣爲例，鄭 (1998) 指出以台灣爲分布南界的水稻負泥蟲、水稻水象鼻蟲及斑飛蝨等溫帶害蟲種類，預期氣候暖化將促使這類害蟲的族群分布範圍往台灣北部或高海拔地區移動，對台灣水稻爲害程度將逐漸減少；但以台灣爲分布北界的害蟲種類， 如台灣黑尾葉蟬 (*Nephotettix virescens*) 之族群發生將隨著氣候暖化而遍布台灣，同時，台灣水稻栽培環境也需注意在全球暖化的過程，必需嚴加預防亞洲水稻癭蚋 (*Orseolia oryzae*(Wood-Mason))、水稻螟蛾類 (*Scirpophaga innotata*, *Chilo polychrysus*)、黑尾葉蟬類 (*Nephotettix virescens*, *N. malayanus*)等原產於熱帶地區的南洋水稻重要害蟲，入侵與立足台灣。

另外，當溫度達到昆蟲之致死上限，則可能使昆蟲的空間分布進一步限縮，Deutsch *et al*. (2008) 指出熱帶生物終年處於相當穩定的氣候環境，所能忍受之溫度變化範圍很小，因此熱帶物種受到氣候暖化的衝擊，較分布於溫帶及寒帶氣候的生物還嚴重。

4. 昆蟲與寄主植物的物候同步性發生改變或昆蟲擴大寄主範圍

不同種類的昆蟲和寄主植物對溫度升高的容忍範圍並不相同，溫度升高除了直接影響昆蟲的生長發育及生存繁殖之外，同時也影響了寄主植物的生長發育時間，此將改變植食性昆蟲 - 寄主植物 - 其他生物彼此之間的相互關係，當害蟲發生種類產生變化之後，人類所需採取的防治策略也需隨之改變。Visser and Holleman (2001) 指出在荷蘭取食橡樹組織的冬尺蠖 (*Operophtera brumata*) ，於明顯暖化的春天，幼

蟲提早在橡樹抽新芽之前三週孵化，甫孵化的幼蟲找不到食物的狀況下，僅能維持 2-10 日，這種因春天暖化卻未使橡樹提早抽芽的不同步性，致使幼蟲缺乏食物而餓死；然而，在亞熱帶地區，害蟲並無明顯的越冬現象，溫度升高也可能造成害蟲與寄主植物的物候同步性，這種狀況將造成寄主植物受到更嚴重的危害，另外某些多食性的害蟲，在氣候暖化導致發育縮短的情況下，害蟲爲了延續種群發育，害蟲將會嘗試擴大寄主範圍，一旦尋獲可供給生存需求所需營養之新寄主，將進一步牽動生態平衡，造成作物害蟲組成改變。

5.對媒介昆蟲的影響

傳播植物原核生物性病害之媒介昆蟲，皆爲刺吸式口器，且多爲體型小的媒介昆蟲 (如薊馬、粉蝨、蚜蟲、木蝨與葉蟬等)。媒介昆蟲傳播病原的效率，與媒介昆蟲的發育、取食部位、傳病特性、寄主範圍等有關，例如取食木質部汁液的大葉蟬 (cicadelline leafhoppers) 與沫蟬 (spittlebugs)，可傳播侷限木質部導管之細菌性病原；取食韌皮部汁液的蚜蟲、粉蝨、木蝨與多數葉蟬，則可傳播侷限韌皮部篩管之細菌性病原 (Shih *et al*., 2011)；至於系統性的蟲媒植物病毒，則由薊馬、蚜蟲與部分葉蟬傳播。

因應氣候變遷改變作物栽培種類，勢必引起蟲媒病害與媒介昆蟲種類的改變，由 Yamamura and Kiritani (1998) 的模擬數據可知，氣候暖化將促使小型昆蟲 (包括上述各類蟲媒病害之媒介昆蟲) 的年發生世代數目增加，當媒介昆蟲族群數量提高之後，將拓展其寄主範圍 (增加寄主種類) 以維持族群發展，使得蟲媒病害與媒介昆蟲的防治，變得更爲複雜；除此，改變耕作措施 (如設施與施肥) 也會改變作物的微氣候溫度或作物營養結構發生改變，進而改變作物上的害蟲種類或族群數目，造成蟲媒病害種類與流行趨勢發生改變爲例，鄧 (2001) 指出台灣某些蟲媒病毒的流行，與田間栽培管理措施改變有關，例如 1985 年推廣洋香瓜 PE 布隧道式栽培以來，冬季保溫效果好，提高果實甜度與減少裂果，但相對也營造有利於媒介昆蟲 - 蚜蟲與粉蝨的生存環境，促使此類昆蟲媒介傳播的病毒流行於田間。

6. 對害蟲抗藥性的影響

氣候暖化對於害蟲抗藥性之影響，Liu *et al*. (2008) 比較感性品系小菜蛾與抗藥性品系小菜蛾在不同氣溫下的生長狀況，顯示抗性品系對溫度增高的適應程度較感性品系差。感性品系在高溫環境下的的適存值 (fitness) 比抗性品系優越，推測是因爲抗藥性發生的同時，也增加了小菜蛾本身的 fitness cost，故面對環境壓力時，原本 fitness cost 需求較少的感性品系，其適應度自然較佳，這點也可以從溫度增減時抗性族群互爲消長的情形獲得印證，類似的情形在黃條葉蚤 (*Phyllotreta striolata* (Fabricius)) 亦有發現 (Zhou and Wu, 2004)。

二、降雨量與濕度變化對昆蟲的影響

大部分作物害蟲的最適生存濕度範圍介於 70-95% 之間，適度降雨有利害蟲的正常發育與繁殖，例如溫帶地區的英國，暖化使夏季雨量增加，使植物獲得滋長機會，提高頸吻群昆蟲的豐度 (Master et al., 1998)；連續細雨會提高環境的相對濕度，對昆蟲寄生菌的繁殖有利，但傾盆大雨對絕多數農業害蟲則爲不利 (鄭, 1998; 劉等, 2010)。降雨也會直接影響土壤中的含水量與濕度，Vincent *et al*. (2003) 曾指出利用淹水提高土壤相對濕度，管理土中之越冬害蟲。

降雨對某些潛葉性的農業害蟲或許有利，Chhetry et al. (2011) 調查印度 Jammu 地區甜橙上柑桔潛葉蛾 (*Phyllocnistis citrella* Stainon) 爲害動態與重要氣候因子的關係，發現 2007 年的高降雨量使甜橙獲得充份水份而抽出新梢，嫩葉則成爲柑桔潛葉蛾的重要食物來源，平均降雨量、最高氣溫、最低氣溫和平均氣溫與柑桔潛葉蛾之數量呈正相關，且降雨量和溫度與柑桔潛葉蛾爲害程度呈顯著正相關。

三、二氧化碳濃度升高對昆蟲的影響

1. 對咀嚼式與刺吸式植食性昆蟲的影響

二氧化碳濃度升高會影響植物的光合作用與呼吸作用，改變植物體內的碳氮比等營養組成，甚至改變組織中胺基酸的組成種類與含量 (Stacey and Fellowes, 2002)，間接影響植食性昆蟲的發育。Bezemer and Jones (1998) 指出不同食性昆蟲對於大氣二氧化碳濃度升高的反應不同，例如潛葉性昆蟲 (如斑潛蠅或潛葉蛾等) 在高 CO2 濃度下，食量未明顯增加、蛹重減輕與發育時間縮短；取食木質部汁液的沫蟬，在高 CO_2 濃度下，其若蟲存活率降低 20% 以上、生長發育延遲、但繁殖不受影響；取食韌皮部汁液的蚜蟲，在高 CO_2 濃度下，其種群密度則隨之增高。由上可知，二氧化碳濃度升高，使蟲媒植物病毒之媒介蚜蟲族群密度隨之提高，促進病害流行速度；對於具有同樣取食習性的木蝨、粉蝨、飛蝨與部分葉蟬等昆蟲，是否也受相同程度的影響，值得深究，因爲韌皮部取食習性的昆蟲，同時也是傳播植物菌質體與柑橘黃龍病的重要媒介昆蟲。

2. 對作物-害蟲-天敵的影響

大氣的 CO_2 濃度升高，可直接影響作物光合作用及植物組織之化學組成份，並透過食物鏈，間接影響植食性昆蟲及其天敵的發育。因此，戈等 (2010) 指出研究 CO_2 濃度升高對「作物-害蟲-天敵」營養關係系統之影響研究，即能掌握 CO_2 濃度對害蟲與天敵的影響。目前所知 CO_2 濃度升高，會促使棉蚜體內可溶性蛋白質及游離胺基酸濃度升高，以 700 uL/L CO_2 濃度處理，棉蚜的營養狀況最好，對其天敵異色瓢蟲的發育也最爲有利。

四、日照時數或光週期改變對昆蟲的影響

日照時數是水稻生育過程中相當的影響因子，也會影響螟蟲的趨光性、取食、棲息、交尾、滯育和休眠。增加日照時數，使溫度增高的時數增多，促使水稻生長旺盛間接提供害蟲良好棲所與食物來源，導致蟲害發生程度可能提高 (劉等，2010)，但此一推論並未加入多因子作用的考量。在光週期部分，Bradshaw and Holzapfel (2008) 發現北美洲的一種雙翅目蚊科昆蟲-*Wyeomyia smithii*，爲了因應光週期的改變，可藉由遺傳機制調整休眠時間、遷移及繁殖時機。

氣候因子在氣候變化過程對昆蟲的聯合影響

李等 (2011) 研究中國新疆維吾爾自治區昌吉州的蝗蟲災害與氣候因子的相互關係，指出溫度與降雨是影響昌吉州蝗蟲發生之關鍵因子，並提出 3 個結論：(1) 高溫與乾旱爲蝗蟲大量發生的必要條件；(2) 蝗蟲災害發生的關鍵時段及氣候因子，爲當年 5-7 月的氣溫、降雨量及前一年 11-12 月的氣溫，持續暖冬與冬季多雪有利蝗卵越冬；春季若爲乾暖氣候，則有利蝗卵孵化與蝗蝻發育，促使種群數量上升；前一年夏季和當年溫暖少雨，對蝗蟲發育有利；(3) 蝗蟲災害是多種因素聯合作用的結果，除氣候因素之外，尚需綜合考量其他因素。

以上可知，氣候變遷對昆蟲的影響，是由環境的生物因子與非生物因子共同作用的結果，這當中還需考量昆蟲本身的遺傳特性，例如昆蟲滯育 (diapause) 是由遺傳與環境 (如溫度、濕度、光週期與食物等) 共同作用導致昆蟲生長發育或繁殖中止的現象 (涂等，2009)。因此，當吾人探討溫度提高 2℃對作物或作物有害生物到底會產生什麼影響的同時，即便以普遍運用的 Climex 這類軟體預測溫度變化對昆蟲發育與分布的影響，所獲答案仍與實際狀況存有明顯差異。因此，對於氣候變遷對農業昆蟲可能影響的研究方法，應考量多因子分析不易的情況下，如何採用兼顧理論 (單因子作用) 與現況 (多因子交互作用) 相互校正的研究方法，此部分可參考陳及馬 (2010) 與石等 (2011) 簡介之數種研究方法。

結 語

氣候暖化主要肇因於溫室氣體 (greenhouse gas) 於大氣濃度大幅增加所致。雖然全球氣候變遷的成因尚待確認，部份學者認爲是由工業革命以來溫室氣體增加所致，部份學者則認爲是地球自身週期變化的結果，但不可否認的事實是全球表面均溫的確

增加，極端氣候的發生頻度也縮短當中。因此，「因應氣候變遷的調適策略」，是全球的事，也是全民的事。

我國爲海島型國家，需仰賴進口的糧食與能源方能維繫全民所需，當糧食安全與能源需求成爲全球關注議題之際，可預期糧食與能源價格將成爲全球政治問題，爲此我國更需審慎擬定短、中、長程的因應策略。

氣候變遷是一個長期趨勢，在政策面與實務面，需針對我國整體農業環境與糧食安全組成跨部會的討論，針對國家需求與產業現況調整國家政策及研究方向。Sutherst *et al*. (2011) 指出氣候變遷需以國家層次來關心，整個策略規劃層面必需包括生態、經濟、教育與國家安全等。以農業有害生物管理層面爲例，制定因應氣候變遷的農業蟲害管理調適策略過程，必需從基礎面與應用面同步處理，將生產者至消費者的全部因素都納入考量，凡與生產者有關者 (如規劃適種地區可以栽培的作物種類、開發新型害蟲防治資材、評估市場需求與銷售等)，均需制定妥善的配套政策，例如某些分屬跨單位職掌的蟲害防治管理或害蟲防治資材的業務，則需由更高的行政機關召集相關單位進行業務討論，盼望可在農友因應未來蟲害種類發生變化之前，研究單位已完成新型防治資材的開發，以避免所開發之資材不符合農藥管理法規。

引用文獻

王豔敏、仵均祥、萬方浩。2010。昆蟲對極端高低溫脅迫的響應研究。環境昆蟲學報 32: 250-255。

戈峰、陳法軍、吳剛、孫玉誠。2010。昆蟲對大氣 CO_2 濃度升高的影響。科學出版社。北京，中國。212 頁。

石憲宗、黃毓斌、林鳳琪、黃守宏、謝雨蒔、張宗仁、張淑貞、江明耀、高靜華。2011。因應氣候變遷之作物蟲害管理調適策略。第 xx-xx 頁。因應氣候變遷之農業生產與環境調適研討會。台中。xxx 頁 (已接受) (2011 年 10 月 25 日於台中區農業改良場舉行)。

李文濤。2008。氣候變化對歷史的影響研究評述。華中師範大學研究生學報 15:110-113。

李新燕、阿帕爾、馮俊平、劉海紅。2011。昌吉州蝗蟲災害的氣候特徵分析。現代農業科技 15: 180-181。

涂小玉、匡先鉅、徐婧、薛芳森。2009。昆蟲滯育的遺傳性。江西農業大學學報 31：858-861。

陳雲蘭。2008。百年來台灣氣候的變化。科學發展 424: 6-11。

陳瑜、馬春森。2010。氣候變暖對昆蟲影響研究進展。生態學報 30: 2159-2172。

鄭清煥。1998。第五章 全球氣候變遷對台灣地區蟲害發生影響及因應對策。第 73-85 頁。氣候變遷對農作物生產之影響。林俊義、楊純明編。農試所特刊第 71 號。台中。212 頁。

鄧汀欽。2011。三十年來台灣瓜類病毒病害的流行趨勢演變。農作物害蟲及其媒介病害整合防治技術研討會專刊 (石憲宗、張宗仁主編)：第 147-163 頁。行政院農業委員會農業試驗所、行政院農業委員會動植物防疫檢疫局編印。台中市。222 頁。

劉文棟、葛意活、何燕。2010。氣候變化對水稻病蟲害發生發展趨勢的影響。中國農學通報 26: 243-246。

Bezemer, T. M., and T. H. Jones. 1998. Plant-insect herbivore interactions in elevated atmospheric CO_2 quantitative analyses and guild effects. Oikos 82: 212-222.

Bonato, O., A. Lurette, C. Vidal, J. Fargues. 2007. Modelling temperature dependent bionomics of Bemisia tabaci (Q - biotype). Physiol. Entomol. 32: 50- 55.

Bradshaw, W. E., and C. M. Holzapfel. 2008. Genetic response to rapid climate change: it's seasonal timing that matters. Mol. Ecol. 17: 157-166.

Chhetry, M., J. S. Tara, R. Gupta. 2011. Infestation dynamics of Phyllocnistis citrella Stainton (Lepidoptera: Phyllocnistidae) on Mosambi (Citrus sinensis) and its relation with important weather factors in Jammu, India. Acta Entomol. Sinica 54: 327-332.

Deutsch, C. A., J. J. Tewksbury, R. B. Huey, K. S. Sheldon, C. K. Ghalambor, D. C. Haak, and P. R. Martin. 2008. Impacts of climate warming on terrestrial ectotherms across latitude. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 105: 6668-6672.

Hsu, H. H., and C. T. Chen. 2002. Observed and projected climate change in Taiwan. Meteorol. Atmos. Phys. 79: 87-104.

Huang, S. H., C. H. Cheng, and W. J. Wu. 2010. Possible impacts of climate change on rice insect pests and management tactics in Taiwan. Crop, Environment & Bioinformatics 7: 269-279.

IPCC. 2001. Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Houghton, J.T.,Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, and C.A. Johnson (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 881pp.

Liu, F., T. Miyata, Z. J. Wu, C. W. Li, G. Wu, S. X. Zhao, and L. H. Xie. 2008. Effects of temperature on fitness costs, insecticide susceptibility and heat shock protein in insecticide-resistant and –susceptible Plutella xylostella. Pestic. Biochem. Physiol. 91: 45-52

Masters, G. J., V. K. Brown, I. P. Clarke, J. B. Whittaker, and J. A. Hollier. 1998. Direct and indirect effects of climate change on insect herbivores: Auchenorrhyncha (Homoptera). Ecol. Entomol. 23: 45-52.

Musolin, D. L. 2007. Insects in a warmer world: ecological，physiological and life-history responses of true bugs (Heteroptera) to climate change. Global Change Biol. 13: 1565-1585.

Shih, H. T., C. Y. Lee, Y. D. Wen, C. C. Su, S. C. Chang, C. J. Chang, S. J. Tuan, C. Y. Feng. 2011. Advance and application prospect in an integrated management of the vectors of plant pathogenic prokaryotes. p. 107-122. In: Shih and Chang [eds.], Proceedings of the symposium on integrated management technology of insect vectors and insect-borne diseases. Special Publication of TARI No. 152. Taiwan Agricultural Research Institute, Bureau of Animal and Plant Health Inspection and Quarantine. 222 pp. (in Chinese with English abstract)

Stacey, D. A., and M. E. Fellowes. 2002. Influence of elevated CO2 on interspecfic interactions at higher trophic levels. Global Change Biol. 8: 668-678.

Sutherst, R. W., F. Constable, K. J. Finlau, R. Harrington, J. Lucj, and M. P. Zalucki. 2011. Adapting to crop pest and pathogen risks under a changing climate. WIREs Clim. Change 2: 220-237.

Vincent, C., G. Hallman, B. Panneton, and F. Fleurat-Lessardú. 2003. Management of agricultural insects with physical control methods. Ann. Rev. Entomol. 48: 261-281.

Visser, M. E., and L. J. M. Holleman. 2001. Warmer springs disrupt the synchrony of oak and winter moth phenology. Proc. R. Soc. Lond. 268: 289-294.

Yamamura, K. and K. Kiritani. 1998. A simple method to estimate the potential increase in the number of generations under global warming in temperate zones. Appl. Ent. and Zool. 33:289-298.

Zhou, X. Z., and G. Wu. 2004. Temporal and spatial dynamics of resistance to some commercial insecticides in Phyllotreta striolata (Fabricius) (Coleoptera: Chysomelidae) in Fuzhou, China. J. Fujian Agri. Forestry Univ. 33: 158-161.

Direct and indirect effects of climate change on agricultural insects: A brief review

Hsien-Tzung Shih[1*] Yu-Bing Huang[1] Feng-Chyi Lin[1] Yi-S Shieh1 Chung-Jan Chang[2,3]
Shou-Horng Huang[4] Ming-Yau Chiang[1] Chin-Ling Wang[1] Cing-Hua Kao[1]

[1] Applied Zoology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture, Taichung, Taiwan, ROC
[2] Department of Plant Pathology, University of Georgia, Griffin, GA, USA
[3] Department of Plant Pathology, National Chung Hsing University, Taichung 402, Taiwan, ROC
[4] Department of Plant Protection, Chiayi Agricultural Experiment Station, Taiwan Agricultural Research Institute, Chiayi 60044, Taiwan, ROC
[*] Corresponding author, e-mail: htshih@tari.gov.tw

Abstract

The global average surface temperatures have increased by approximately 0.6 ℃ during the past 100 years and will continue to increase by 1.4-5.8 ℃ by 2100 with the atmospheric carbon dioxide concentrations expected to rise to between 540 and 970 ppm over the same period. Consequently, climate change is an important environmental dilemma which has caused great concern around the world. The nature of climate change will differ with geographical regions and its final impact on agroecosystems varies depending on the extent of temperature increase, changes in irradiance and levels of UVB, amount and patterns of precipitation and humidity, and alterations in the incidence and nature of abiotic disturbances. Despite many uncertainties of the above-mentioned factors on climate change, there is a consensus to the fact that global warming has already had and will continue to have impact on the temporal and spatial dynamics of poikilothermic animals, especially on insects and their surrounding biotic community. Insects are poikilothermic animals; their body temperature is approximately the same as that of the environment. Thus, temperature is probably the single most important environmental factor influencing insect behavior, distribution, development, survival, and reproduction. Some researchers believe that the effect of temperature on insects largely overwhelms the effects of other environmental factors. It has been estimated that with a 2 ℃ increase insects might experience one to five additional life cycles per season. Other researchers have found that the effects of moisture and CO_2 on insects as a result global climate change can

be potentially important. The precise impacts of climate change on agricultural insects and plant pathogens are somewhat uncertain because climate changes may or may not favor the growth of pathogens and insects. In this article, the authors review the most recent progress in the effects of climate change on agricultural insects and provide viewpoints on the following subject matters: how insects are affected by rising temperatures, changes of precipitation, and rising CO_2 levels as well as how farmers are affected and the strategy farmers can use to deal with the problem.

因應非生物逆境之栽培與育種策略：以台灣環境之考量及稻作研究爲例

盧虎生

國立台灣大學農藝學系，lurhs@ntu.edu.tw

氣候變遷正對台灣的作物產量與品質造成威脅。研究顯示台灣氣溫每 10 年上升 0.15℃，高於全球的平均暖化速度。近 30 年內的暖化速度更是明顯，年均溫每 10 年就增加 0.36℃，夜溫增加是造成暖化的主因。模擬研究顯示，台灣未來溫度估計每 10 年可增加 0.1℃至 0.3℃，明顯超過全球平均暖化速度；此外，過去百年來的日照輻射量也不斷減少。預估台灣正面臨氣溫增加、日溫差縮小、高等溫線向北(及高海拔)移動、乾濕季明顯、強降雨及熱浪頻率增加的變遷趨勢，對各種作物之分布、生產型式、產量、及品質都將造成顯著的衝擊。

以稻作爲例，在稻作栽培上過去 10 年內，水稻栽培期間的日、夜最高溫之發生頻率正持續增加，且多發生於一、二期作的穀粒充實期，此氣溫攀升正顯著威脅台灣的水稻產量與品質，可能已造成相當地區之未熟粒率/白堊質粒率增加。統計數據顯示，部份台灣農民已經「察覺」此氣候暖化的趨勢，正調整栽培管理方式以因應暖化趨勢。近 10 年來台灣南部地區農民的一期作的插秧時間明顯提前，二期作的插秧時間略爲延後，此栽種時間的調整可使兩次栽培期的穀粒充實期面對溫度較低，進而穩定產量及品質。研究也顯示，適當的調整栽培期、栽培密度、及肥培管理，可降低暖化所造成的衝擊，而吾人正以試驗找出水稻重要經濟性狀對溫度反應之關鍵溫度，可依此規劃出適當的栽培措施。

在育種方面，自台灣大量引進日本型水稻並成功育種馴化以來，現今台灣超過 90%以上的栽培稻種皆屬於溫帶型之日本型品種。基於台灣亞熱帶的地理位置，台灣育成的日本型稻種被認爲對光週期的敏感性較低，且對高溫環境的適應性較高，但目前台灣發展耐高溫及其他非生物逆境的育種計畫仍在啓蒙階段。人工氣候室初步篩選試驗的結果顯示幾乎所有現代栽培種皆不耐高溫(33℃)，低小穗花稔實率及高白堊質粒率是高溫造成各品種產量減低及品質下降的主要因素，建議需要廣泛的引進相關基因，以改良台灣日本型稻的高溫及其他非生物逆境耐受性，本報告也將呈現穀粒充實期對高溫之生理及分子反應機制，並提出育種之理想型的內涵。

台灣處於亞熱帶氣候環境，在農業生產上也屬於氣候變遷之高風險地區，作物之調適措施必需積極進行。建議此調適措施在研發上依序包括: 確認各作物敏感的重要

經濟性狀、瞭解這些重要性狀的耐性生理及分子機制及對環境因子反應之關鍵條件、調整及規劃以永續性爲基礎之栽培操作、建置快速之育種材料及基因庫的氣候因子篩選設施與技術流程(溫度、風速、降雨等)、進行整合有效的育種計畫。重要的是，此調適措施必須由跨領域間的密切合作方能成功，這才是最關鍵的挑戰，尤其是台灣。

Adaptation of Crop Cultivation and Breeding to Abiotic Stresses: With Aspect of Taiwan's Environment and Case Study in Rice

Huu-Sheng Lur

Department of Agronomy, National Taiwan University, Taiwan; E-mail: lurhs@ntu.edu.tw

It is found that the temperature has been increasing by the rate about 0.15℃/10 year, which is faster/higher than the global average rate of warming. The warming status is even significant during the recent 30 years with rate of 0.36℃/10 year. Increase of night temperature is the main course for the warming trend. In addition the radiation has also decreased during past 100 years. With respect to the future, the temperature is estimated to increase by 0.1 – 0.3℃/10 years in Taiwan, which is also faster than the trend of the globe. In addition, higher frequency of heat wave and heavy precipitation is also estimated to increase in the coming years. All the climate changing trends have been imposing significant challenges to the management systems, yield, and quality of Taiwan crops.

In case of rice, the trends of climate change have affected the yield, timing of harvesting, and quality of rice production. Statistic survey showed that the average temperature and maximum temperature have been increasing during recent 10 years for both crop seasons. The increased temperature may have been causing an increase of immature/chalky grain rate, and decrease of market value. It is interested to note that farmers may already ‘feel’ the trend of climate warming, and are adjusting their culture management in coping with the trend of warming. Statistic review revealed that the timings of transplanting for the 1st crop and 2nd crop are moved earlier in recent 10 years, especially in the main rice production regions of Taiwan. The adjustment may lead to a lower temperature at grain filling stage for both crop seasons, and result in a ‘stable’ yield and quality. Our study also reveals that modification of plant density may also improve adaptation to high temperature in yield and quality. Currently breeding program for high temperature tolerance is still at its infancy in Taiwan. Preliminary results from screening trails at phytotron reveal that almost all of modern cultivars are vulnerable to high temperature. Low spikelet fertility and high chalky rate are main factors for the low grain yield and quality in response to high temperature. A broad Introduction of adapted genes is necessary to improve the high temperature tolerance. Based on the physiological

approaches, an ideotype has been proposed for the breeding improvement of high temperature tolerance of Taiwan japonica cultivars.

To elevate the adaptation capability, integrated strategy should be urgently constructed and implemented. Crucial processes of the strategy include: identifying target/vulnerable economic traits of crops, understanding responding thresholds of the target traits, restructuring agronomic management with concept of sustainable intensification, constructing high throughput facility and phenotyping tools for screening adapt traits of breeding and gene bank materials, and conducting effective breeding process immediately. A close cooperation among scientists from multiple disciplines is also vital for the success of the adaptation of our crop production to the occurring of climate change in Taiwan.

全球暖化下台灣耐逆境水稻之育種策略及發展

林彥蓉[1]　郭素真[2]　吳永培[2,*]

[1]國立台灣大學農藝系　[2]農委會農業試驗所嘉義分所

[*] 通訊作者，E-mail: wuypei@dns.caes.gov.tw

摘 要

全球暖化導致氣候發生變遷，造成諸如 1.氣候帶及農業帶向兩極移動。2.大氣中 CO_2 濃度增加，溫室效應加遽。3.土壤水分缺乏及質地劣化。4.極端氣候促使農業氣候災害發生 5.作物生長發育發生障礙，糧食生產減少。6.病蟲害的發生頻率提高等。這些情形將對全球許多國家的稻米生產造成不同的影響，尤其高溫及缺水將導致水稻產量發生重大損失，解決之道唯有透過適當有效的育種策略的運作，創造適應環境壓力之水稻新品種，如此方能確保未來水稻產業能有效永續的經營。

因應全球暖化之耐逆境水稻育種，其內函以耐旱、耐熱、耐鹽、耐冷、耐淹、耐土壤劣化及耐生物性逆境爲主，內容相當廣泛且複雜，因此本文乃整理數年來在耐逆境水稻之研究心得，針對水稻耐逆境育種策略提出 1.種原材料之蒐集、評估與利用 2.建立耐逆境水稻之評估技術 3.耐逆境稻之傳統育種方法 4.耐逆境基因圖譜定位及分子輔助育種等研究架構與進展，藉以供國內水稻育種家參考應用；其中在耐逆境種原以陸稻、國外引進栽培種及化學誘變選育爲重點，尋出適合台灣利用之種原，結果包括 18 個秧苗期具耐旱性之陸稻、12 個栽培稻，而誘變創育則介紹 CNY911303、CNY911363 及 IR64 等誘變庫之篩選進展，目前已選育數十個於耐鹽、耐旱、耐冷及耐熱上具耐受性之突變系；又文中亦介紹耐旱及耐鹽幼苗期篩選方法、耐旱及耐鹽基因圖譜定位之流程及研究近況，包括初步定位 SM61 之耐鹽基因 ST1 於第 8 染色體，耐旱基因 QTL 於第 12 條染色體。而最後則對於耐逆境水稻分子標幟輔助育種的流程，以耐鹽基因轉移至 IR64；耐旱 QTL 轉移至台粳 9 號與 CNY911303 爲例，架構台灣未來耐逆境水稻 MAS 的育種模式，提供未來快速選育耐逆境水稻新品種利用。水稻耐逆境特性大都是多基因遺傳控制，與環境間存在著顯著的交感效應，造成研究及育種的成效不彰，故展望未來台灣對於耐逆境水稻的開發利用，重點在找出與逆境相關的 QTL，進而設計功能性之分子標幟，以高效率 MAS 之育種模式降低環境效應之影響，如此方能有效提升台灣耐逆境水稻的育種效率。

前 言

根據世界氣象組織統計報告指出，全球地表溫度年平均值在過去百年間上升約 0.5～0.6℃，顯示近年來全球暖化的(global warming)現象有逐漸加劇的情形，而此趨勢對各地氣候將造成明顯的影響，諸如降雨型態改變，農作物生產、動物遷移習性、傳染病發生率與人類健康等均受到影響。而同樣臺灣在全球暖化背景下，無可避免的亦會受到重大衝擊，因台灣地區亦出現暖化現象，其暖化趨勢過去百年間升溫約 1.0～1.4℃，是全球平均值的 2～2.5 倍，顯示台灣地區暖化的趨勢較之全球情形更爲嚴重，台灣地處於農業容易受全球變暖的影響地帶，根據農業科學家總結的經驗法：在生長過程的重要階段，諸如授粉期及穀粒充實期，氣溫在攝氏 35 度以上時，溫度每升高 1 度，作物收成減少大約 10%。而台灣主要栽培的糧食作物---水稻，其對日夜溫均相當敏感，在攝氏 40 度條件下會導致光合作用關閉，生長發育受阻，故應積極投入對環境等非生物性逆境水稻之研發，以利台灣農業因應暖化時代的來臨。

全球暖化對農業之影響

由於全球暖化是廣泛的趨勢，其中對農業之影響大致上可歸納爲：

1. 氣候帶及農業帶向兩極移動之影響：暖化會使不同的氣候帶發生移動，且趨勢日益明顯，尤其是農業及畜牧業因此發生改變，進而造成十分巨大的影響，如小麥栽培北移至加拿大、俄羅斯等原來冰封的地帶，而原來的小麥主要栽培帶卻可能因此而消失。
2. 大氣中 CO_2 濃度之影響：CO_2 濃度增加會使主要糧食作物，諸如小麥、水稻、大麥、豆類等，總計約有 16 種 C_3 作物產量有顯著增加的可能。然而增產的效果卻會因溫室效應所帶來的環境溫度升高，使得作物生長發育受阻，讓產量有不增反減的現象出現。
3. 土壤水分及質地之影響：温室效應將引起高緯度地帶降雨減少，而低緯度或赤道區降雨增加，形成土壤水分含量分布發生改變。尤其較暖的氣候或乾旱時，會造成土壤中微生物對有機質分解速度加快，使得土壤中有機質的減少，導致土壤質地日益惡化。此外暖化會使鹽化趨勢更形惡化，且因極端氣候所帶來含鹽分之雨水、海平面上升、地層下陷及土壤鹽化等因素，促使土壤鹽化情形雪上加霜。
4. 對農業氣候災害的影響：由於氣候暖化可能造成極端氣候發生頻率大爲提高，諸如異常乾旱、高溫、淹水、風暴、冷害、寒害等，因此未來作物對極端氣候的損害及防災措施會更加嚴峻。
5. 對作物生長發育及病蟲害的之影響：溫度的提升會使農作物的生長發育產生巨大的

影響，而高溫也會使作物生長積溫快速累積，造成作物有效生長期縮短，產量減少。至於病蟲害發生率亦會改變發育的起始期，使得發生時期提前或延後，或又因溫度的提升使一年中病蟲害的繁殖代數增加，或因新的環境條件使得不同類型的病蟲害出現，造成作物受到危害的頻率大幅提高。

6. 對台灣水稻產業之影響：台灣屬於海島型國家，可耕作面積相當有限而珍貴，而分析氣候暖化後對台灣地區糧食作物生產之影響，台灣水稻產區之中南部的年雨量將會減少，灌溉用水終將受到限制，至於二氧化碳濃度增高對作物生產潛在的效益，將因溫度升高及病蟲害損失增加而抵消。而因爲溫度升高加速土壤有機質的分解，使得化學肥料會因生產需要而增加用量，且因應病蟲害威脅增高，農藥防治費用將更爲提升，致使農地的生產力因土壤質地劣化而減損。其中台北及台中地區在 2050 年預計水稻減產 10%，2080 年 20%，台南及台東預測結果反而略有增加。至於雜糧方面，玉米將會減產 10~20 %、小麥減產 7~8%。水稻占全台灣作物種植面積第一位，顯示水稻在台灣糧食供應上的重要性，因此針對暖化對水稻產業影響之探討，將可對台灣農業的穩定與永續發展提供正面且重要訊息。

全球暖化下台灣水稻育種之因應策略

因應氣候變遷未來水稻主要研究策略首重耐逆境水稻新品種的育成，根據氣候變遷對水稻之影響及耐逆境特徵點，水稻新品種發展方面就其耐逆境水稻之內函，可區分耐生物性逆境及耐非生物逆境二大方面，其中前者包括爲耐旱、耐鹽、耐熱、耐冷、耐低氮、耐倒伏、耐穗上發芽及耐淹水稻等，而後者主要包括抗病(耐病)水稻，諸如稻熱病、白葉枯病、紋枯病、而抗蟲(耐蟲)水稻主要包括褐飛蝨、斑飛蝨、白背飛蝨、瘤野螟(縱捲葉蟲)等項目。並以超高產水稻爲重要發展目標，藉以降低糧食缺乏之危機。就育種策略而言，耐逆境水稻則四個主題，1. 種原材料之蒐集、評估與利用，包括山地陸稻耐逆境特性之利用、國外耐逆境稻種原之利用、誘變創育耐逆境水稻、野生稻耐逆境特性之利用等。2. 耐逆境水稻之評估技術，包括 PEG 模擬水分逆境法、田間秧苗期評估法、田間最高分蘖期及生殖生 長期評估法、產量指標選拔耐旱稻技術。3.建立耐逆境栽培模式，諸如旱稻直播法、水插旱管法、通氣栽培法(看天田)、老秧耐鹽栽培技術、調節播種期栽培。4.耐逆境稻之育種方法，有項有雜交育種法、回交育種法、誘變育種法、分子標誌輔助育種法、基因轉殖法等多個不同育種方式。其育種策略流程圖則如圖 1 所示。其中野生稻及山地陸稻由於受株型及農藝特性之影響，策略上以回交將耐逆境特性逐步轉移至栽培稻中利用爲主要考量，而國外引進之耐逆境水稻則以雜交育種及回交交互使用爲原則，而誘變育種則以耐逆境材料篩選、純化及雜交移轉爲重點。

台灣耐逆境水稻育種之研究進展

依水稻育種策略而言，對耐逆境水稻四個研究主題之進展分述如下：

(一)種原材料之蒐集、評估與利用

1. 野生稻耐逆境特性之利用：主要以 *O. Nivara* 及 *O. Rufipogon* 等一年生或多年生之 AA 染色體組野生稻或澳洲野生稻爲重點，提供耐旱、抗蟲及抗病等特性。
2. 陸稻及地方品種之利用：在陸稻方面評估農試所種原庫中保存之 84 個陸稻品種(系)之耐旱性，於存活 79 個品系中，經水稻三葉齡幼苗期進行 28% PEG6000 處理三天後復水，依國際水稻研究所 (International Rice Research Institute, IRRI) 之水稻標準評估系統手冊 (Standard Evaluation System for rice, SES) (IRRI,2002) 所定鹽害分級標準，依植株葉片捲曲及枯白化程度區分爲 1、3、5、7 及 9 等五個等級，結果發現有 8 個品種呈現抗級反應，11 個呈現耐級反應，合計占 24%。其中表現爲抗級者爲二杯、白占、員粒、烏糯稻、醉樂谷、白米粉、格仔、金門斗門紅米等，而表現呈耐級者有、蟻公包、菊花、拍伊鴨烏哇嚕、Muteka、Tahobin、銀魚子 Nabohai、失名陸稻、戰捷、金色糯及烏殼等 11 個。
3. 國外引進耐逆境品種之利用：主要是引進具有耐旱、耐鹽、耐熱、耐淹及耐冷等耐逆境特性，以供轉移至國內栽培稻利用。目前針對國內外 75 栽培稻進行耐旱性之評估，結果發現引進之國外推廣旱稻，諸如旱育 15、旱育 3、陸 1-陸 4 、CWY981124、93-11、Doddabyranellu、Dhan 4、Doddi、Kasakasth 等 12 個品種呈現 3-5 級之耐旱反應。
4. 化學誘變創育耐逆境稻之利用：主要以國內外優良之栽培稻爲材料，誘變方式以化學誘變爲主，從誘變族群中篩選出各種不同耐逆境類型之突變系，可直接命名利用，亦或提供作爲耐逆境育種親本來源。利用化學誘變法創育 IR64 及台農 67 號背景之耐逆境品系，誘變親本包括 CNY911303 號(台農 67 號香米誘變系)、CNY911363 號等，其中 IR64 誘變族群耐逆境之篩選結果如圖 2 所示，在耐旱性篩選上，目前得到 135 個耐旱品系(3-5 級)，並有 8 個品系耐旱等級達到抗級(3 級)。而耐冷性篩選則有 8 個植株存活，占 0.395%；幼苗期耐熱則有 118 株存活，占 5.9%，至於開花期耐熱性則有 42 株存活，佔 4.67%；再者，利用粳稻嘉農育 911303 號 EMS 誘變系，結果選育高耐鹽系 SM61， SM75、SM76 及 SM77 等，耐鹽等級可達 3-5 級，而 SM143 等 3 個呈現中度耐鹽品系，世代達 M14 世代。至於秈稻利用 IR64 突變族群亦篩選出 18 個耐鹽系(1001SM1-1001SM18)，世代達 M5 世代。結果顯示利用化學誘變手法，確實可創育耐逆境水稻種原，供國內外利用。

(二)耐逆境評估技術之建立

1. 耐旱秧苗期篩選技術

採用改良式木村氏 B 水耕液配方(Yoshida et al. 1976)進行水耕液中培育秧苗 14 天，待秧苗達 3-4 葉齡，施以添加 15 20、25、28%之 PEG 6000 於水耕液進行水分逆境處理，並以栽培品種及旱育 15 號進行測試，在處理 12 小時調查耐旱等級，直到 96 小時截止；結果發現在處理 72 小時耐旱品種耐旱等級達 3-5 級、敏感品種達 7 級時開始復水(不含 PEG 6000 水耕液培養)，由於大部份耐旱品種均存活恢復，而敏感品種 TCS17 等則會陸續死亡(圖 3)，顯示本技術可於水稻耐旱性選拔中利用。

2. 耐鹽秧苗期篩選技術

同樣採用改良式木村氏 B 水耕液配方(Yoshida et al. 1976)進行水耕液中培育秧苗 21 天，待秧苗達 5 葉齡，施以添加 200mM 之 NaCl 溶液於水耕液中進行鹽分逆境處理，並以高耐鹽品系 SM61 及 IR64(敏感型)進行測試，結果發現在處理 120 小時耐鹽品系耐鹽等級 3-5 級、敏感品種達 7 級開始復水(0.5 倍不含鹽分水耕液培養)，大部份耐鹽植株均存活恢復，而敏感品種 IR64 等則會陸續死亡(圖 4)。

(三)耐旱及耐鹽水稻之基因圖定位進展

1. 幼苗期耐旱特性之基因圖譜定位

以 CNY922301/HanYu15 之 F2 族群爲材料，其中 CNY922301 爲敏感型之粳稻香米品系，而 HanYu 15 爲耐旱等級 3-5 級之籼稻品種；參試水稻材料於秧苗期 3 葉齡時，以 28%之 PEG6000 處理 3 天，其後取 92 個耐旱 F2 之葉片進行 172 個 SSR 分子標幟分析，最後再進行耐旱特性與 SSR 之關連性解析。結果如圖 5 所示，利用 92 個 F2 耐旱植株進行 172 個 SSR 標幟分析，每一分子標幟的平均距離約 15cM 以下，因此若耐旱基因與 SSR 間存在連鎖關係時，則 92 個 F2 的基因型大部份會出現 HanYu15 的基因型，否則會依孟德爾遺傳之分離模式表現，經初步 coarse mapping 結果，顯示於染色體 12 之長臂及短臂上分別存在耐旱基因 ST1 及 ST2 等兩個 QTL。未來我們將繼續進行精細定位，並利用同遺傳背景系的方式，逐步逼近基因，進而將耐旱基因進行選殖與定序

2. 幼苗期耐鹽特性之基因圖譜定位

利用 SM61/TCS17 之 F2 族群爲材料，其中 SM61 爲抗鹽之粳稻香米品系，而 TCS17 爲敏感型之籼稻品種；參試水稻於秧苗達 5 葉齡時，以 200 mM 之 NaCl 溶液處理 5 天，其後取 46 個耐鹽 F2 之葉片進行 81 個 SSR 分子標幟分析，最後再進行耐鹽特性與 SSR 之關連性解析。結果如圖 6 所示，利用 46 個 F2 耐鹽植株進行 81 個 SSR 標幟分析，每一分子標幟的平均距離約 20cM 以下，因此若耐鹽基因與 SSR

間存連鎖關係時，則 46 個 F2 的基因型會出現 SM61 的基因型，否則會依孟德爾遺傳的分離模式表現，經初步 coarse mapping 結果顯示依粗定位及細定位結果耐鹽基因 ST1 與 RM302、RM7180 (染色體 1)、RM223(染色體 8)及 RM19 (染色體 12)等有共同分離現象(圖 6)；於基因存在的區域設計高密度的 SSR 或 Indel 標誌，進一步精確定位耐鹽基因所在位置，並藉由重組體發生的情形，預測基因可能存在的區域，進一步縮小耐鹽基因在染色體上的目標區域範圍後，再根據圖譜位置選殖的方式，進行目標區域存在基因的定序工作，最後檢視定序基因與台農 67 號基因序列的差異，了解基因的突變位點，完成基因圖譜定位及定序工作(圖 7)。

(四)耐逆境水稻分子標幟輔助育種策略

隨著分子標幟的進步及發展，遺傳控制複雜的農藝特性，諸如耐旱性可藉由分子標幟的協助，針對耐旱基因於後代中的分佈進行追踪，而不用針對特性進行測量與評估，節省大量的田間需求及人力的投入，亦提高了選拔的準確性；水稻耐逆境特性大都是多基因遺傳控制，與環境間存在著顯著的交感效應，造成研究及育種的成效不彰，故展望未來台灣對於耐逆境水稻的開發利用，重點在找出與逆境相關的 QTL，進而設計功能性之分子標幟，以高效率 MAS 之育種模式降低環境效應之影響，如此方能有效提升台灣耐逆境水稻的育種效率。

針對如何進行耐逆境水稻之分子育種，加速新品種之育成，觀察目前國內在耐逆境之發展現況，似仍應以分子標幟輔助回交選種法(MSB)是較適當的策略，其流程如圖 8 所示，初期仍以篩選於兩親間具多形性之 SSR 標幟爲重點，以提供回交過程中背景選拔使用。而在已找到與耐逆境特性連鎖之分子標幟的情形下，可於回交後代中先以功能性的分子標幟進行前景選拔，於選出帶有耐逆境之回交後代，再利用多形性之 SSR 標幟來進行背景篩選，選出與輪迴親最相近之回交後代，增加恢復輪迴親遺傳背景之速度，如此於 BC_2F_4 便可提出新品種命名， 3 年內便可選育出耐逆境之水稻新品種。如圖 9 所示，筆者將秈稻泸旱 15，以 MSB 的方式將耐旱特性轉移至粳稻台粳 9 號及 CNY911303(台農 67 號誘變系)中，目前已完成至 BC_2F_1 之前景及背選拔，預計於 2013 年便選育出耐旱之台粳 9 號及台農 67 號新品種。

在無與耐逆境特性連鎖的分子標幟可資利用的情形下，則可直接利用具多形性之 SSR 標幟來進行背景篩選，選出與輪迴親最相近之回交後代，增加恢復輪迴親遺傳背景之速度，於 BC_2F_4 便可提出新品種命名，3-4 年內即可選育出耐逆境之水稻新品種。筆者將粳型稻 SM61，以 MSB 的方式將耐鹽特性轉移至 IR64 號中，並於回交過程中配合耐鹽篩選及 SSR 之背景選拔，目前已完成至 BC_3F_3 世代，預計於 2012 年即可選育出耐鹽之 IR64 新品種(圖 10)

結語

近年來國外學者已針對諸如耐旱、耐鹽、耐熱、耐寒、耐淹及抗病蟲害等逆境研究投入相當大的資源，積極尋找不同抗性種源，更全力發展分子標幟輔助選拔，期以分子技術的手段短期內對各種水稻逆境相關因子進行開發與利用。而國內農業機構目前仍以良質米育種及相關研究爲主要標的，對水稻逆境材料的開發及利用，缺乏完整且深入的著墨，對逆境之分子基礎、生理機制及育種選拔更僅屬於起步階段，投入的研究人員及經費均相當有限，也許原因是台灣以往常發生稻米生產過剩的現象，讓大家認爲糧食安全的危機不會發生，然而未來全球糧食供應若發生短缺時，結果將導致台灣糧食進口不足，台灣糧食自給能力非常薄弱。以熱量計算的綜合糧食自給率僅有29%，缺糧危機隨時可能發生。

在全球暖化下，台灣將因高溫、多雨、異常乾旱、土壤質地劣化及病蟲害發生率提高等，造成稻穀產出的降低。然而在暖化逆境下要提高稻穀生產量，進而達到增加糧食供應幾乎是不可能，就全界水稻生產來看，水稻產量在多數已開發國家已達瓶頸階段，唯有有藉助耐逆境水稻的開發與利用，經由增加水稻種植面積來達到增加糧食生產的目的，確保台灣糧食自給自足免於短缺困境，因此未來台灣農業能否永續經營，水稻逆境的研究與發展將扮演關鍵性的角色。

The Breeding Strategies and Developments of Stress Resistant Rice for Global Warming in Taiwan

Yann-rong Lin[1] Su-Chen Kuo[2]and Yong-pei Wu[2,*]

[1]Department of Agronomy, National Taiwan University

[2]Chiayi Agricultrual Experiment Station, Taiwan Agricultural Research Institute

*Corresponding author: E-mail: wuypei@dns.caes.gov.tw

Abstract

Global warming leads to climate changes, such as (1) climate zones and agricultural zones are toward diverse extremes; (2) the rising CO_2 concentration in air promotes global warming dramatically; (3) soil contains insufficient water and deprives nutrients; (4) extreme climate elevates agricultural damage; (5) crop growth and development are impeded resulting the reduction of food production; (6) frequency of insect and pathogen disease increases, and so on. All mentioned above have various influences on rice production in several countries. Raised temperature and insufficient water would reduce rice production severely. To establish new rice varieties facing new environmental stresses by efficient breeding strategies could make effective and sustainable management of rice production.

The rice breeding for acquiring stress tolerance/resistance to face global warming is extensive and complicated, including tolerance to drought, flooding, heat, cold, salt, and deprived soil, and resistance to biotic stresses, and so on. Based on summary of scientific researches these years, we therefore propose breeding strategies for stress tolerances as references for the rice breeders in Taiwan. The strategies encompass (1) collection, evaluation and utilization of germplasm; (2) establishment of phenotype evaluation of stress tolerance; (3) the traditional breeding approaches of stress tolerant rice; (4) research schemes and progresses of linkage maps of tolerant genes and their applications in marker assisted selection (MAS). We focused on landrace, introgressed abroad cultivars, and chemical induced mutants for screening germplasm possessing abiotic stress tolerance, a total of 18 landrace and 12 cultivars were tolerant to drought during the seedling stage, and over dozens of mutant lines, obtained from the mutated populations of CNY 911303, CNY 911363 and IR 64, were tolerant to salt, drought, cold and heat. This report also introduces the screening methods of drought and salt tolerance during the seedling stage, the experimental flow and progress of linkage analyses of

tolerant genes. The salt tolerant gene of SM61, ST1, and one drought tolerant QTL were coarsely mapped on chromosomes 8 and 12, respectively. Finally, we cited how to transfer the salt tolerant gene to IR 64 and the drought tolerant QTL to TK 9 and CNY 911303 as examples to elucidate the breeding procedures of MAS for stress tolerant rice. The platform established here could provide an efficient way to breed new stress tolerant rice varieties in the future. However, most of stress tolerances in rice are regulated by polygene and have significant interaction with environment, leading to difficulties in research and breeding. Exploring QTLs conferring stress tolerance and consequently designing functional markers are crucial for MAS for diminishing environmental effects, which could promote efficiency of breeding stress tolerant rice in Taiwan.

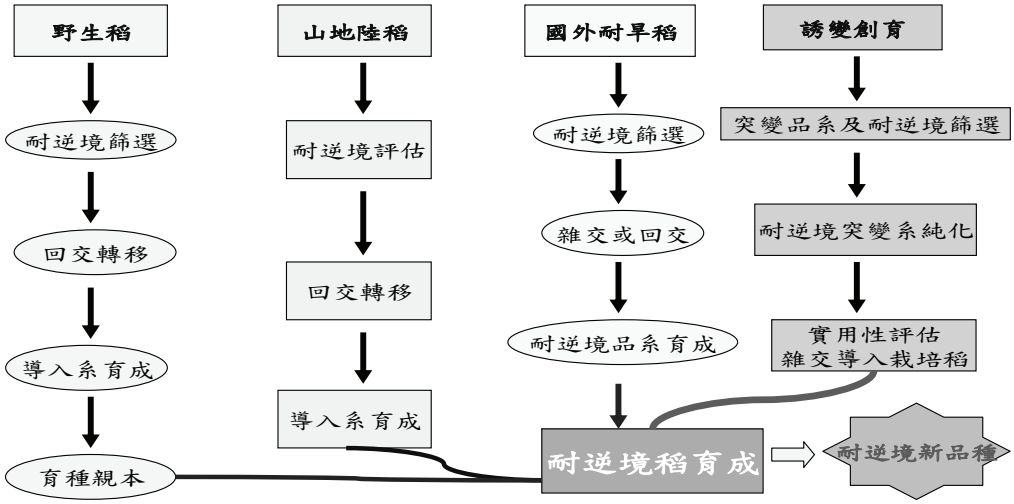


圖 1. 耐逆境水稻之育種策略圖

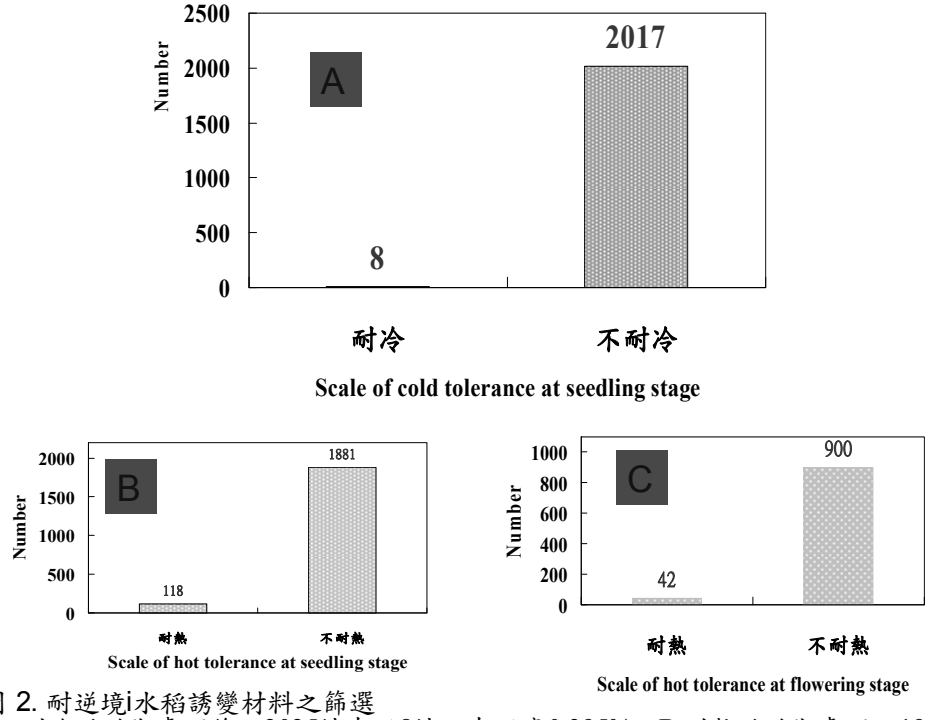


圖 2. 耐逆境i水稻誘變材料之篩選
A.. 耐冷幼苗期處理後，2025株存活8株，存活率0.395%；B 耐熱幼苗期處理，1999株存活118株，存活率5.90%；C. 耐熱開花期處理，種植942株存活42株，存活率4.67%。

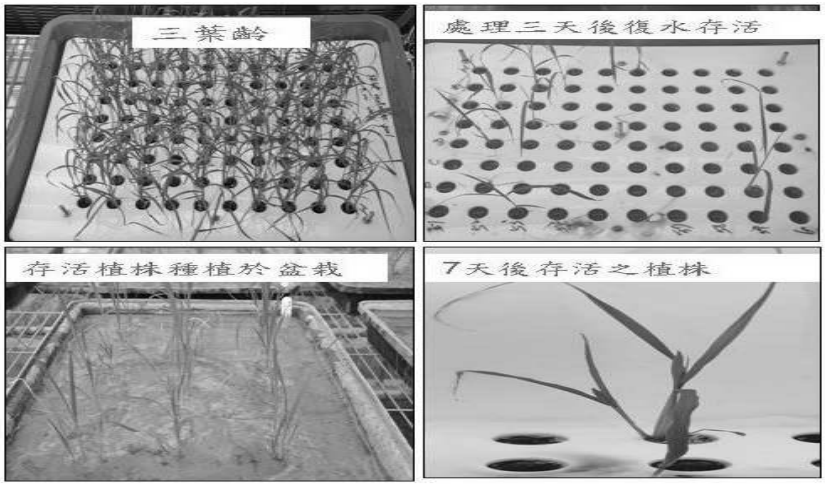


圖 3. 耐旱秧苗期篩選技術

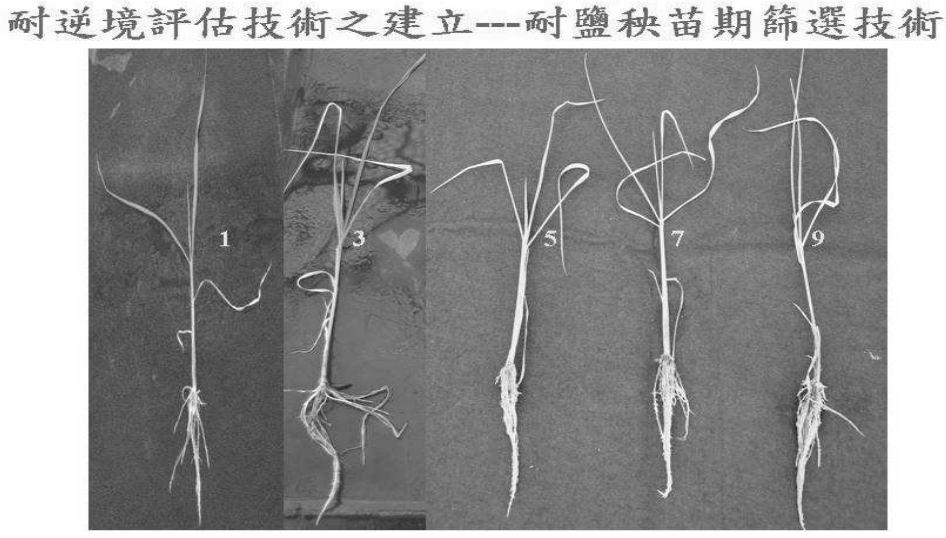


圖 4. 水稻秧苗耐鹽性調查。1：植株葉片捲曲或下位葉黃化。3：植株葉片端乾枯白化。5：植株葉片約1/2 乾枯白化。7：植株葉片2/3 乾枯白化。9：植株完全白化枯死。

參考修改國際水稻研究所 (International Rice Research Institute, IRRI) 之水稻標準評估系統手冊 (Standard Evaluation System for rice, SES) (IRRI,2002) 所定鹽害分級標準，於秧苗苗齡達 5 葉齡時進行處理五天後復水，依植株葉片捲曲及枯白化程度區分為 1、3、5、7 及 9 等五個等級。進行目視調查並紀錄鹽害指數

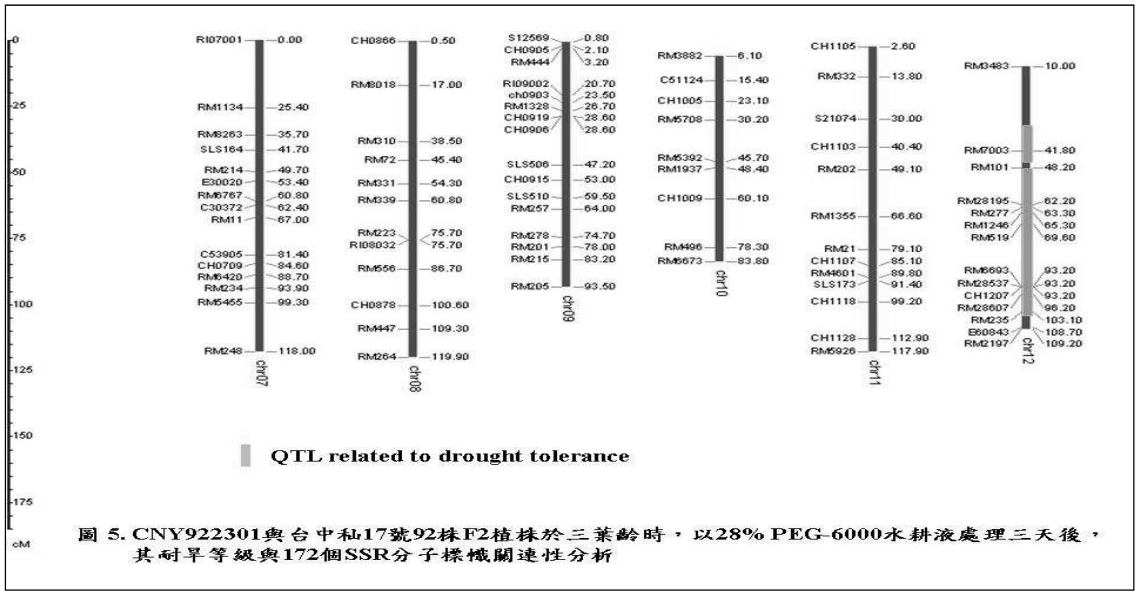


圖 5. CNY922301與台中秈17號92株F2植株於三葉齡時，以28% PEG-6000水耕液處理三天後，其耐旱等級與172個SSR分子標幟關連性分析

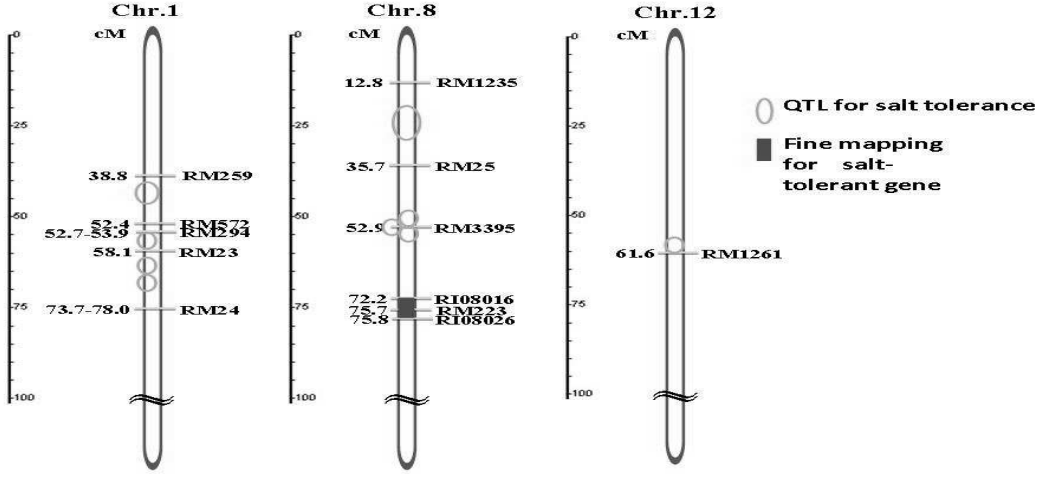


圖 6.耐鹽基因之細定位

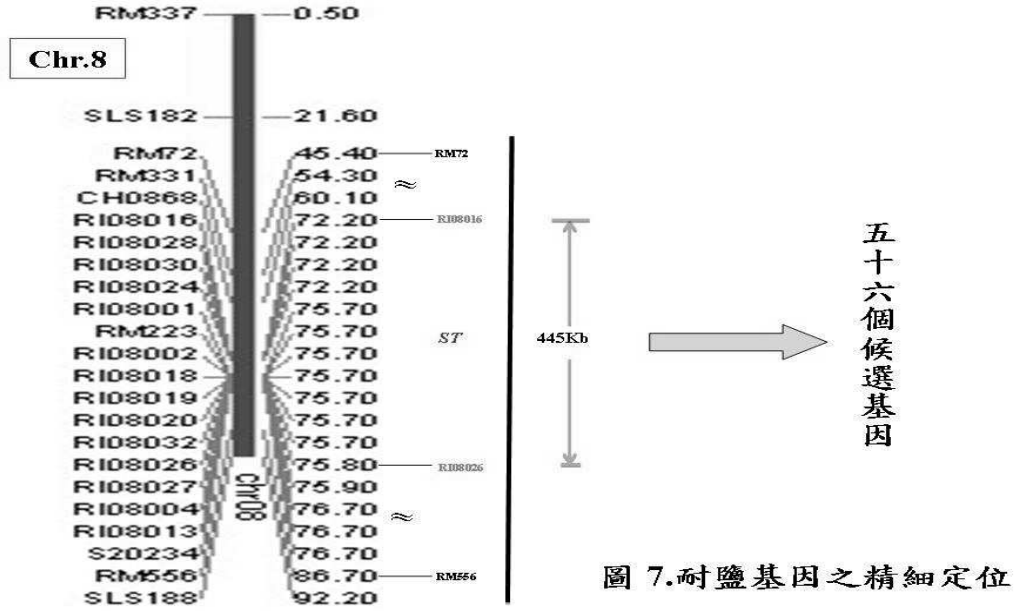


圖 7.耐鹽基因之精細定位

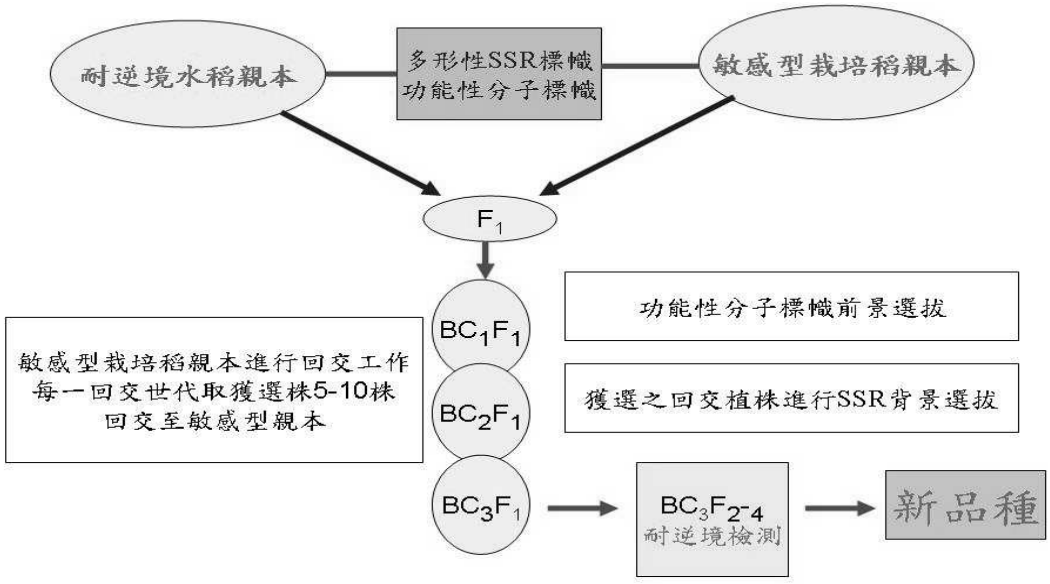


圖 8.耐逆境水稻分子標幟輔助育種策略圖



圖 9. 耐旱之分子標幟選育流程

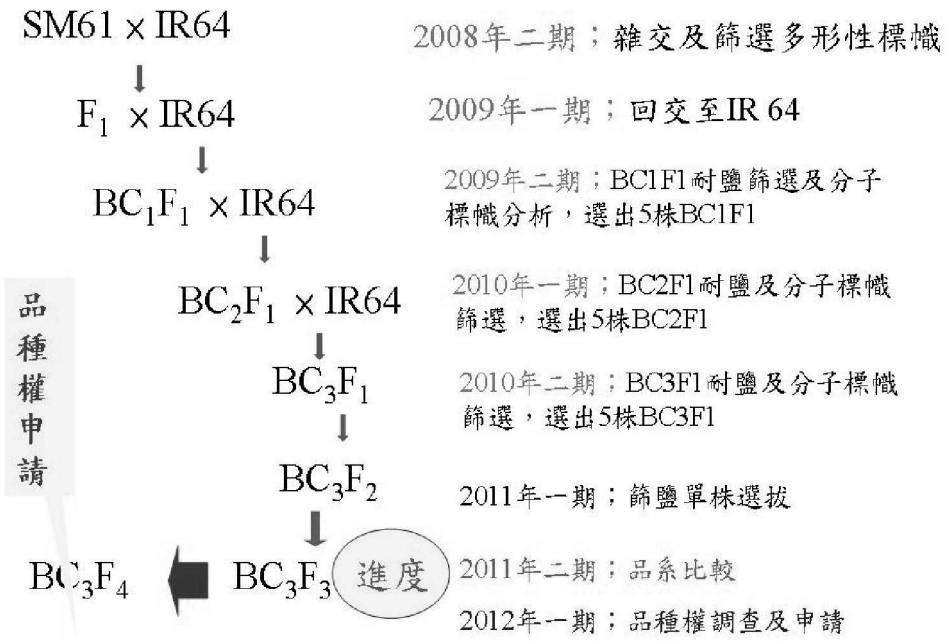


圖 10.耐鹽水稻分子標幟輔助選拔

逆境對玉米生長產量之影響與育種及栽培因應之道

謝光照

農業委員會農業試驗所作物組，E-mail: x486045@tari.gov.tw

摘 要

玉米屬旱地作物，種子發芽對浸水的反應相當敏感，種子的萌芽能力隨著浸水期間的延長而降低萌芽率。氧氣缺乏爲浸水下玉米萌芽降低的主要原因，玉米生長發育期間以幼苗期(v3-v5)對浸水溼害最爲敏感，根部的生長、生理活性、呼吸作用和植株生長均受到明顯抑制，葉片 PEPCase(PEP carboxylase)活性與葉綠素含量(Chlorophyll content)均明顯下降，對籽粒產量影響很大。最根本的解決方法是由育種改良方法育成耐溼且高產之品種，在排水良好的地區栽培。玉米生長發育與授粉後需要適量的水分供應細胞分裂與籽粒充實，若於此時發生缺水，其光合作用效率降低，光合產物如蔗糖(sucrose)與葡萄糖 (glucose) 會明顯減少，同時轉移至籽粒的量也會明顯減少，造成籽粒重、籽粒數和收穫指數都明顯減少。抗旱鑑定指標---最適用產量因素指標是單株粒重；最適合的綜合指標是乾旱係數(drought coefficient)。玉米屬於亞熱帶作物，發芽、生長及發育需要高的適當溫度。田間玉米在生長季節遭到幾天短暫幾小時熱浪來襲(37~39 ^{o}C)，葉片會產生日燒(leaves firing)及其雄穗枯萎 (tasseling blasting)，植株葉面積、株高與乾物質量均明顯減少，雄穗呈現延遲開花、發育速率降低、雌穗吐絲期同時延遲現象現象。高溫逆境發生在授粉期至胚乳細胞分裂期會造成籽粒著粒數減少與產量降低。因應高溫逆境的預防措施：(1)避開高溫期栽培。(2)在台灣夏作栽培之食用玉米應選用熱帶型品種爲宜。(3)應用玉米種源間對高溫逆境之耐熱性有程度上的差異存在，篩選較耐熱之品種。當玉米處於低溫逆境時，對玉米的發芽與生長會產生一序列生理傷害，造成寒害產生。例如根乾重、幼苗根的分支數、CO_2 交換率 (CER)、葉片葉綠素含量、光合作用 PSII 量子效率 (ΦPSII)、苗乾重、雄穗分支數、小穗花、花粉粒與籽粒產量降低或減少。目前耐寒性的育種僅能以增加產量與改善產量的穩定性爲主要目標進行選育。玉米在雜種優勢得到廣泛利用後，抗病基因篩選、株型改良、葉片保綠期延長與中晚熟品種將成爲台灣玉米育種產量潛能提高的主要育種技術方向。今後飼料玉米將朝著耐密植、抗逆、廣適應、高產和適應機械化作業的新品種選育方向發展。

前 言

每種植物在其適當的生長環境下，能生長良好且能完成生殖生長。植物因不能移動，當栽培環境或氣候改變而遭遇逆境(stress)，例如淹水造成水份過多，乾旱缺水，高溫過熱，低溫過冷均會對植株產生影響，伴隨著一序列的生理反應產生，最後對植物生長發育及最終乾物質重或產量產生極大之影響。玉米(*Zea mays* L.)爲當前世界重要的糧食作物之一，用途極多，栽培範圍也極廣，在栽培生長的過程中常遭遇環境逆境，導致歉收或無收成，對產量及糧食安全產生影響。本文僅就湛水(flooding stress)、乾旱(drought stress)、高溫 (heat stress)與低溫(chilling stress)等逆境對玉米發芽、生長發育及產量之影響進行討論，併就栽培及育種上提出因應之道。

湛水(Flooding)

台灣位於亞熱帶地區，年降雨量豐沛約有 1,500~2,500mm，但降雨分布不均，集中在 5~9 月，降雨強度大，水份過多會限制玉米生長與發育。在 5~6 月爲梅雨季節，二期作生育前期受颱風之威脅，生育後期，中北部及東部受到東北季風的影響，陰雨常持續達二星期以上，此種驟雨及長期雨水使土壤水分呈現飽和狀態，嚴重影響玉米萌芽、發育生長及產量。

1. 浸水對玉米種子萌芽的影響

玉米種子發芽對浸水的反應相當敏感，鄭與朱 (1988) 以台農 351 號及台南 5 號二個品種播種一天後，浸水 6 小時，萌芽率 (germination percentage)即明顯下降，浸水 24 小時以上即完全抑制發芽(表 1)。玉米種子的萌芽能力隨著浸水期間的延長而降低萌芽率，同時浸水的溫度由 10℃提高至 25℃，對玉米萌芽的傷害更爲嚴重，即浸水的溫度愈高萌芽能力愈低 (Crowford, 1977)。目前據研究報告指出耐浸水的玉米種子在 10℃下浸水 10 天，仍然能夠保持其萌芽能力，敏感的品種僅浸水 3 天就完全喪失其萌芽能力，顯示品種間種子萌芽對浸水反應差異極大 ，其原因可能是(1)耐浸水品種發芽時僅需要少量的能量消耗。(2)在低氧下，耐浸水品種比敏感品種更能產生足夠的能量以供給萌芽之用 (VanToai et al. 1985)。高(1984)、Martin et al.(1991) 研究結果顯示不同品種間耐浸水程度有明顯差異存在。浸水不但對玉米種子發芽率有影響，同時其發芽勢(germination vigor)、發芽係數(germination coefficient)降低。一般玉米種子在播種後 24~48 小時對人工浸水最爲敏感 (鄭與朱，1988) 。

氧氣缺乏爲浸水下玉米萌芽降低的主要原因，採取的因應之法，(1)播種前注意氣象預測，避開下雨前播種。(2)選排水良好之田區併採作畦栽培方式，開排水溝排水。

(3)以過氧化鈣(CaO_2)包裹種子改善萌芽率(陳等，1986)。(4)選耐浸水品種，以發芽率的高低與發芽勢來篩選最爲適當。

2. 浸水對幼苗生育之影響

玉米幼苗遭受浸水後，根系首先受到影響。 Wenkert et al.(1981)的研究均顯示幼根在 12~24 小時缺氧下，即降低其生長量，種子根受到的影響大於不定根，種子根的生長停止，並發生腐爛，以致其乾重、根長均減少；浸水會促進較高節位產生不定根，新形成的不定根具有通氣組織，產生對浸水之適應性。王等 (1995)發現浸水 3 天，玉米兩種根之生理活力均下降，不定根的生長、生理活性和呼吸作用卻隨浸水時間增長而有恢復現象(圖 1，2)。發芽後 15 日內之玉米幼苗不論何時浸水，均會影響爾後之地上部生育，浸水 3 日葉片出現黃化，下位葉之葉尖及葉緣發生萎凋，植株產生矮化(高，1984)。而鄭與朱 (1995)、王等(1995)以 4 葉齡期之台農 351 號品種進行人工浸水 3 天，根部的生長、生理活性、呼吸作用和植株生長均受到明顯抑制，葉片 PEPCase(PEP carboxylase)活性與葉綠素含量(Chlorophyll content)均明顯下降。一般而言，玉米植株上之老葉及幼葉對浸水較敏感，成熟葉片影響較小，浸水對老葉的作用爲促近老化、枯萎，對新葉抑制其伸出與葉面積伸展。玉米幼苗植株以第 3~5 葉齡期對浸水最敏感(蔡等，1993)。田間玉米在 3 葉齡期與 5 葉齡期遭受 3 天人工湛水，單株產量明顯降低，降低原因主要是植株供源(Source)減少，積儲(Sink)也減少(表 2)。供源減少主要葉面積指數(Leaf area index, LAI)及葉面積持續期 (Leaf area duration, LAD)顯著下降所致 (蔡等，1993)。

3. 浸水對齊膝期(Knee-high stage)及抽穗期(Tasseling stage)生育之影響

吳等 (1994)以田間生長之台農 351 號爲材料，分別於齊膝期 (Knee-high stage)及抽穗期 (Tasseling stage)遭受人工浸水 3~5 天，結果產量分別減少 12 ~31%，浸水期間愈長，減產愈嚴重，齊膝期浸水傷害較大。產量之減少主要是每穗粒數(Kernel no. per ear)的減少，百粒重(100-kernel weight)的影響較少(表 3)。同時浸水明顯降低果穗直線生長速率(Linear ear growth rate)，對果穗有效充實期(Ear effective filling duration)影響較少。植株莖與葉片內氮素濃度減少，籽粒內氮素濃度亦減少。

羅等(1986)、劉等 (1995)以單交種及其親本自交系爲材料進行耐澇性之篩選試驗，結果顯示雜交種比自交系耐澇，雜交種耐澇性與耐澇的親本自交系表現相近，表示玉米幼苗(V8-V9)耐澇性在品種間有明顯之遺傳差異存在(表 4)，可經由育種選拔來增進耐澇性之強度。耐浸水是受一組顯性的等位基因(alleles)所控制。因此由育種方法去增加玉米耐浸水是實際且可行的。一般是測定植株的殘存率或是乾物質生產相對減少量

爲依據。

玉米生長發育期間以幼苗期對浸水溼害最爲敏感，對籽粒產量影響也最大，減除溼害的措施，(1)儘可能設法迅速排除積水，於排水後補施肥料可以恢復部份玉米的生產力。(2)最根本的方法是由育種改良方法育成耐溼且高產之品種，在排水良好的地區栽培(朱與蔡，1992)。

乾旱(Drought)

玉米於授粉後需要適量的水分供應細胞分裂與籽粒充實，若於此時發生缺水，其光合產物如蔗糖 (sucrose)與葡萄糖 (glucose) 會明顯減少，同時轉移至籽粒的量也會明顯減少，造成籽粒重、籽粒數和收穫指數都明顯減少 (Setter and Parra, 2010)。如何提高作物的抗旱性是乾旱地區農業生產中十分重要的問題，李(1993)試驗結果顯示高鉀營養有助於改善玉米葉片的水分狀況，提高玉米葉片的滲透調節及氣孔調節能力，增加原生質耐旱性，對細胞膜也具有保護作用。

劉與曾(1995)以中國大陸 10 個有代表性的推廣品種爲材料，在半乾旱地區設立田間水源控制設施，分旱區(不澆水)與水區(澆水)進行試驗，分析玉米雜交種的產量及產量因素的乾旱係數、經濟學水份的利用效率。測定玉米雜交種的抗旱力試驗所獲得的主要結果如下：(1)不同玉米雜交種對乾旱的反應不儘相同，不敏感 (耐)組產量的乾旱係數介於 2.3%~14.5%，敏感 (不耐)組產量的乾旱係數介於 20.7% ~25.4%(表 5)。(2)不同玉米雜交種經濟學水份的利用效率 (籽粒 kg/ton 水)差異較大，不敏感(耐)組的經濟學水份的利用效率較敏感 (不耐)組提高 29.5% ~ 58.3%(表 6)。顯示品種間抗旱性有明顯差異，抗旱品種 (不敏感)其產量的乾旱係數值較小，而敏感(不耐)組產量的乾旱係數值則較大。不同的玉米自交系間葉片的蒸散效率 (transpiration efficiency)有明顯的遺傳差異存在(圖 3)，可以改良其蒸散效率，而不降低其光合作用 (Bunce, 2001)。當乾旱發生在玉米開花前或開花期間，吐絲期會延遲，開花與吐絲的間隔日數會增加，最終會降低籽粒產量。在極乾旱下，開花與吐絲的間隔日數有較大的廣義遺傳率，經由選種可有效改良縮短開花與吐絲的間隔日數 (Ribaut, *et al*. 1996)。

鑑定與選育抗(耐)旱 (drought-resistance)新品種需要注意下列幾點：(1)鑑定選育材料---從當前推廣的高產品種(雜交種)及其親本品系中，較易篩選到高產的抗(耐)旱新品種；(2)鑑定、選育環境----抗旱鑑定在乾旱逆境中進行效果較好；抗旱鑑定指標---最適用形態指標爲株高、捲葉情形、頂葉乾枯情形；生理指標爲電導極值、保水力；產量因素指標是單株粒重；最適合的綜合指標是乾旱係數(drought coefficient)。

高溫 (Heat stress)

每一種植物的生長發育都有其特定的溫度需求，一般的生長溫度大約在 0℃ ~ 40℃之間，而當環境溫度高於最高溫時，植物受到嚴重損害，甚至死亡。植物體暴露在高於最適生長溫度 5 ~ 10℃左右時，所誘導產生的特殊生理反應，稱爲熱休克反應 (heat shock response, HS)，熱休克反應除了抑制部分蛋白質的正長合成外，也會合成一類新的蛋白質，稱爲熱休克蛋白((heat shock protein, HSPs)。玉米幼苗植體暴露在 40℃下，1~2 小時，就會有熱休克蛋白產生(Dietrich, et al. 1991; Jorge, et al. 2002)。玉米熱休克蛋白具有保護細胞之作用，目前發現在植體的所有器官中均存在熱休克基因及其誘導形成之熱休克蛋白，熱休克蛋白的累積與基因的表現，在不同的時期是相互獨立的多基因家族所誘導產生 (Atkinson, et al. 1993)。

1. 高溫對營養生長期生育之影響

Tollenaar, et al. (1979)研究指出營養期玉米葉片生長速率，在 10 ~35℃範圍內爲曲線關係，於 32℃時達最大值，然後呈現下降現象(圖 4)。玉米在營養生長後期遭遇 36℃以上之高溫一段時間，隨後恢復回正常環境下生長，後來植株雄穗呈現延遲開花與發育速率降低；雌穗吐絲期同時延遲現象。高溫逆境下與正常溫度下相較，出現雄穗呈現延遲開花 5 天，雌穗吐絲期延遲 7 天(Cicchino, *et al*. 2010a)。

2. 高溫對生殖生長期生育之影響

Cicchino, *et al*. (2010 b)指出玉米於 11 葉齡期至雄穗抽出期遭遇大於 35℃以上之高溫一段時間，其植株葉面積、株高與乾物質量均明顯減少(表 7)；而於吐絲期遭遇大於 35℃以上之高溫一段時間，其植株生長速率、果穗生長速率、單株穗數、收穫指數、單株籽粒數及籽粒產量等均明顯降低或減少(表 8)。

Dupuis and Dumas (1990)在離體(*in vitro*)培養基的試驗結果，顯示成熟的玉米花粉對 40℃的高溫逆境特別敏感，授精不易成功，花粉粒在高溫逆境下不會產生熱休克蛋白，胚珠的熱休克蛋白合成量也減少。在高溫逆境下花粉所受到的影響程度大於胚珠，致授粉成功的機率減少(圖 5)。在田間及離體組培的試驗，發現在玉米授粉後細胞分裂期遭遇 4 天，短暫的 35℃高溫逆境下，其籽粒乾物質減少 35~40%，更嚴重時籽粒呈退化萎縮 (Cheikh and Jones, 1994;1995; Commuri and Jones, 2001)

3. 不同基因型對高溫逆境的耐受性之差異

田間玉米在生長季節遭到幾天短暫幾小時熱浪來襲(37~39℃)，玉米自交系 B106 葉片會產生日燒及其雄穗枯萎 (tasselingblasting)現象，而自交系 B76 比 B106 具有較強

之耐熱性。根據在人工氣候室精密溫控的試驗顯示 B106 在 34~35℃下，其光合作用 PSII 活性產生極大的降低現象；而 B76 在大於 38℃時才會產生其光合作用 PSII 活性產生極大的降低現象。可能係 B76 比 B106 含有較高的磷脂質含量，對細胞膜產生穩定及保護作用 (Chen, *et al*., 2001)。Commuri 與 Jones (2001) 以玉米自交系 B73 和 Mo17 授粉後 5 天的籽粒爲材料，在田間及離體培養下，以 35℃連續處理 4-6 天，結果顯示 B73 在離體培養下最終籽粒重較對照處理組減少 40~60%，而田間狀況下則較對照組減少 79~95%；而 Mo17 不論在離體培養或田間狀況下均較對照處理組減少 100% (圖 6，7)。上述的結果顯示不同自交系在授粉後細胞分裂期，對高溫的耐受性有程度上的差異存在，導致最後籽粒產量呈現減少的程度呈現不同。

台灣夏作在簡易溫網室種植玉米，中午溫度常大於 37℃以上，也常產生雄穗變小退化，雄穗分支數減少，花粉喪失活性，甚至雄穗整個白化乾枯現象，導致雌穗授粉成功的籽粒極少之現象(圖 8a-d)。因應高溫逆境的預防措施：(1)避開高溫期栽培。(2)在台灣夏作栽培之食用玉米應選用熱帶型品種爲宜。(3)應用玉米種源間對高溫逆境之耐熱性有程度上的差異存在，篩選較耐熱之品種。

低溫(Chilling stress)

1. 低溫對種子發芽之影響

在北美地區，早春(4 月初)播種 34 個不同的玉米自交系，研究其耐冷性(cold tolerance)，顯示自交系發芽率之變異介於 27.5~82.9%，發芽指數之變異介於 20~24 天，幼苗乾物重之變異介於 0.33~1.16 dg，不同的自交系其耐冷性有極大的遺傳變異存在(表 9)，其中 B73、[V3Xb14]-2-1 及 Mo17 具有較高的耐冷性(Mock and McNeill, 1979)。Hardacre and Eagles (1980)的試驗顯示不同的基因型在 13℃(極限低溫下)發芽存活率與淨乾物增重(net dry weight gain)有明顯的差異。

2. 低溫對植株幼苗期生長之影響

玉米處於 15℃以下之低溫，其地上部生長會受抑制(Verheul et al., 1996)，同時根乾重及幼苗根的分支數也會較高溫下來的少(Cutforth et al., 1986)，低於 10oC 玉米葉片產生寒害 (leaf necrosis)，植株的死亡率快速增加 (Janowiak and Markowski, 1994)。

張等 (1993)以 3 葉齡玉米幼苗進行 4℃處理二天，結果發現抗冷性較強的自交系其過氧化氫酶、過氧化物酶、超氧歧化酶活性增高。

Lee *et al* (2002)以 10 個自交系長至 7 葉齡玉米幼苗爲材料，進行冷處理(day15℃/night 3℃)，長至 8 葉齡期進行調查，結果顯示 CO_2 交換率 (CER)、葉片葉綠素含量、

光合作用PSII量子效率 (ΦPSII)、苗乾重等性狀均受影響，而根/地上部比值不受影響；不同的自交系間有明顯的遺傳變異存在(表10)。馬與馮 (1993)指出低溫對玉米PEPCase活性有明顯降低之作用，低溫時間越長，PEPCase 相對活性降低越大。

在 8 葉齡期可以 CO_2 交換率與葉片出現速率爲篩選耐冷性的生理指標，不同的自交系間有明顯的遺傳變異存在 (Lee et al ,2002)。 玉米自交系 B73、G50、B49、G84，在三種溫度下(30℃constant；14℃,constant，15℃, 16hr；8℃, 8hr)進行處理 ，結果顯示 B73 與 B49 比 G50、G84，在低溫下具有較高的地上部生長速率與較大之耐冷性，表示玉米幼苗的耐冷性因基因型而異(表 11)。

3. 低溫對植株雄穗分化期生長發育之影響

Tranel et al.(2009)指出在玉米雄穗分化發育生長期遭遇寒害，自交系間有明顯的差異。103RM 受到的影響較少。113RM 所受到的影響程度較大，在雄穗分支分化始期(branch meristem initation)遭遇寒害，其雄穗分支數減少 60%，小穗花減少 45%，花粉粒減少 43%；113RM 在雄穗小穗花分化始期(spikete meristem initiation)遭遇寒害，小穗花減少 42%，花粉粒減少 29%；在小孢子分裂形成期(meiosis of microsporogenesis) 遭遇寒害，不會減少花粉粒的數量，但低分支上小穗花飽滿的花粉粒比率會減少。

4. 選育耐低溫玉米品種的困難度與育種上須考慮的目標

玉米全生育期對低溫(0~12℃)都很敏感，在低溫逆境下，種子發芽率與生長勢下降，幼苗會引起生理作用(光合作用、生長速率……)降低，細胞膜滲透功能降低，植株初期顯示葉片凋萎、黃化退色，導致植株死亡。雄穗分化發育期遭遇低溫逆境，雄穗分支數、小穗花數、花粉粒數量減少或低分支上小穗花飽滿的花粉粒比率會減少。

目前(1)玉米各生育階段耐冷性雖有遺傳變異存在，但變異範圍小。(2)各階段生育期篩選指標性狀不同，性狀間之相關性不明。因此育種上須先從單一指標性狀篩選，再合併進行多指標性狀篩選，而耐低溫品種適應性育種須以增加產量與改善產量的穩定性爲最終目標 (Miedema, 1982)。

結 語 (Conclusion)

玉米屬旱地作物，種子發芽對浸水的反應相當敏感，種子的萌芽能力隨著浸水期間的延長而降低萌芽率。氧氣缺乏爲浸水下玉米萌芽降低的主要原因，採取的因應之法，(1)播種前注意氣象預測，避開下雨前播種。(2)選排水良好之田區併採作畦栽培方式，開排水溝排水。(3)以過氧化鈣(CaO_2)包裹種子改善明萌芽率。(4)選耐浸水品種，以發芽率的高低與發芽勢來篩選最爲適當。玉米生長發育期間以幼苗期對浸水溼害最

爲敏感，對籽粒產量影響也最大，減除溼害的措施，(1)儘可能設法迅速排除積水，於排水後補施肥料可以恢復部份玉米的生產力。(2)最根本的方法是由育種改良方法育成耐溼且高產之品種，在排水良好的地區栽培。

玉米生長及授粉後需要適量的水分供應細胞分裂與籽粒充實，若於此時發生缺水，其光合產物如蔗糖 (sucrose)與葡萄糖 (glucose) 會明顯減少，同時轉移至籽粒的量也會明顯減少，造成籽粒重、籽粒數和收穫指數都明顯減少。鑑定與選育抗(耐)旱(drought-resistance)新品種需要注意下列幾點：(1)鑑定選育材料---從當前推廣的高產品種(雜交種)及其親本品系中，較易篩選到高產的抗(耐)旱新品種；(2)鑑定、選育環境----抗旱鑑定在乾旱逆境中進行效果較好；抗旱鑑定指標---最適用形態指標爲株高、捲葉情形及頂葉乾枯情形；生理指標爲電導值及葉片保水力；產量因素指標是單株粒重；最適合的綜合指標是乾旱係數(drought coefficient)。

玉米起源於亞熱帶作物，發芽、生長及發育需要高的適當溫度。田間玉米在生長季節遭到幾天短暫幾小時熱浪來襲 (37~39℃)，葉片會產生日燒及其雄穗枯萎(tasselingblasting)，植株葉面積、株高與乾物質量均明顯減少，雄穗呈現延遲開花、發育速率降低、雌穗吐絲期同時延遲現象現象。因應高溫逆境的預防措施：(1)避開高溫期栽培。(2)在台灣夏作栽培之食用玉米應選用熱帶型品種爲宜。(3)應用玉米種源間對高溫逆境之耐熱性有程度上的差異存在，篩選較耐熱之品種。

當玉米處於低溫逆境時，對玉米的發芽與生長會產生一序列生理傷害，造成寒害產生。耐寒性育種的成果緩慢的原因在於(1) 耐寒性是一個非常複雜的性狀，(2)耐寒的性狀反應之遺傳變異小，(3)大多數耐冷性狀之遺傳機制及性狀間的相關性未明。目前耐寒性的育種僅能以增加產量與改善產量的穩定性爲主要目標進行選育。

玉米在雜種優勢得到廣泛利用後，對抗病基因篩選、株型改良、延長葉片保綠期與選育中晚熟品種將爲提高台灣玉米產量潛能的主要育種技術。今後台灣飼料玉米的育種應朝著耐密植、抗逆(耐浸水與耐旱)、廣適應、高產和適應機械化栽培管理爲新品種選育目標與方向。

引用文獻

王祝仙、朱德民、蔡秀隆。1995。濕害對玉米生長和產量的影響(六)幼苗種子到與不定根生長及代謝活性的比較。中華農藝 5：331-339。

朱德民、蔡秀隆。1992。浸水與玉米生長發育。中華農藝 2：43-56。

李秧秧。1993。鉀營養對玉米抗旱性的影響。華北農學報 8(4)：94-98。

吳柄奇、蔡秀隆、朱德民。1994。玉米對浸水的反應。中華農業氣象 1(4)：151-156。

高德錚。1984。玉米臺農 351 號耐水性之初步研究。台中區農業改良場研究彙報 08：75-80。

馬力耕、馮福生。1993。低溫和 NaCl 對玉米葉片離體 PEPCase 活性及其調節特性的影響。華北農學報 8(2)：54-58。

張敬賢、李俊明、崔四平、魏建坤。1993。低溫對玉米幼苗細胞保護脢活性及胞質質量參數的影響。華北農學報 8(3)：9-12。

陳世雄、楊策群、朱德民。1986。玉米在浸水狀況下發芽障礙之改進。農林學報 35(2)：111-118。

鄭美淑、朱德民。1988。水害對玉米生長和產量的影響Ⅰ.水害對玉米種子發芽的影響。中華農學會報新 141：7-18。

鄭美淑、朱德民。1995。水害對玉米生長和產量的影響(五)玉米幼苗反應。中華農藝 5：319-329。

蔡秀隆、吳柄奇、朱德民。1993。濕害對玉米生長和產量的影響(二)玉米對濕害敏感期的決定。中華農藝 3：251-257。

蔡秀隆、朱德民、吳柄奇。1993。濕害對玉米生長和產量的影響(三) 濕害對玉米植株供源與積儲的影響。中華農藝 3：259-269。

羅瑤年、劉玉敬、王忠孝等。1986。玉米種質資源苗期抗澇性的鑑定。作物品種資源 4：22-24。

劉曉忠、李建坤、王志霞、汪宗立。1995。澇漬逆境下玉米葉片超氧歧化脢和過氧化氫脢活性與抗澇性的關係。華北農學報 10(3)：29-32。

劉雅楠、曾孟潛。1995。十個玉米推廣種抗旱力的分析。華北農學報 10(1)：45-50。

Atkinson, B. G., M. Raizada, R. A. Bouchard, J. R. H. Frappier, and D. B. WaLden. 1993. The independent stage-specific expression of the 18-kDa heat shock protein genes during microsporogenesis in Zea mays L. Developmental Genetics 14:15-26.

Bunce, J. A. 2001. Leaf transpiration efficiency of some drought-resistant maize lines. Crop Sci. 50:1409-1413.

Chen, J., W. Xu, J. J. Burke, and Z. Xin. 2010. Role of phosphatidic acid in the temperature tolerance in maize. Crop Sci. 50:2506-2515.

Cheihk, N., and R. J. Jones. 1994. Disruption of maize kernel growth and development by heat stress. Role of cytokinins/abscisic acid balance. Plant Physiol. 106:45-51.

Cheihk, N., and R. J. Jones. 1995. Heat stress effects on sink activity of developing maize kernels. Physiol. Plant 95:59-66.

Cicchino, M., J. I. Rattalino Edreira, and M. E. Otegui. 2010a. Heat stress during late vegetative growth of maize:Effect on phenology and assessment of optimum temperature. Crop Sci. 50:1431-1437.

Cicchino, M., J. I. Rattalino Edreira, M. Uribelarrea, and M. E. Otegui. 2010b.Heat stress in field-grown maize:Response of physiological determinants of grain yield. Crop Sci. 50:1438-1448.

Commuri, P. D., and R. J. Jones. 2001. High temperatures during endosperm cell devision in maize : A genotypic comparison under in vitro and field condition. Crop Sci. 41:1122-1130.

Crawford, R. M. M. 1977. Tolerance of anoxia and ethanil metabolism in germinating seeds. New Phytol.79:511-517.

Cutforth, H. W., C. F. Shaykewich, and C. M. Cho. 1986. Effect of soil water and temperature on corn (*Zea mzys* L.) root geowth during emergence. Can. J. Soil Sci. 66:51-58.

Dietrich, P. S., R. A. Bouchard, E. S. Casey, and R. M. Sinibaldi. 1991. Isolation and characterization of a small heat shock protein gene from maize. Plant Physiol. 96: 1268-1276.

Dupuis, I., and C. Dumas. 1990. Influence of temperature stress on in vitro fertilization and heat shock protein synthesis in maize (*Zea mays* L.) reproductive tissues. Plant Physiol. 94:665-670.

Hardacre, A. K., and H. A. Eagles. 1980. Comparisons among populations of maize for growth at 13 oC. Crop Sci. 20:780-784.

Janowiak, F., and A. Markowski. 1994. Change in leaf water relation and injuries in maize seedlings induced by different chilling conditions. J. Agron.Crop Sci. 172:19-28.

Jorge, N. S., L. M. Martinez, G. Ponce, Cassab, G. I., A. Alagon, R. B. Meeley, J. M. Ribaut, and r. Yang. 2002. Maize HSP101 plats important roles in both induced and basal thermotolerance and primary root growth. The Plant Cell14: 1621 -1633.

Lee,E. A., M. A. Staebler, and M. Tollenaar. 2002. Genetic variation in physiological discriminators for cold tolerance-early autotrophic phase of maize development. Crop Sci. 42:1919-1929.

Martin, B. A., S. F. Cerwick, and L. D. Reding. 1991. Physiological basis for inhibition of maize seed germination by flooding. Crop Sci. 31:1052-1057.

Miedema, P. 1982. The effects of low temperature on *Zea mays*. Adv. Agron. 35: 93-128.

Mock, J. J. and M. J. McNeill. 1979. Cold tolerance of maize inbred lines adapted to various latitudes in north America. Crop Sci.19:239-242.

Ribaut, J. M. ,D. A. Hoisington, J. A. Deutsch, C. Jiang, and D. Gonzalez-de-Lean. 1996.

Identification of quantitative trait loci under drought conditions in tropical maize. 1. Flowering parameters and the anthesis-silking interval. Theor.Appl. Genet. 92:905-914.

Setter, T. L., and R. Parra. 2010. Relationship of carbohydrate and abscisci acid level to kernel set in maize under postpollination water deficit. Crop Sci.50:980-988.

Tranel, D., A. Knapp, and A. Perdomo. 2009. Chilling effects during maize tassel development and the lack of compensational plasticity. Crop Sci. 49:1852-1858.

VanToai,T. T., N. R. Fausey, and M. B. McDonald. 1985. Alcohol dehydrogenase and pyruvate decarboxylase activites in flood-tolerant and susceptible corn seeds during flooding. Agron. J. 77:753-757.

Verheul, M. J., C. Picatto, and P. Stamp. 1996. Growth and development of maize (*Zea mays* l.) seedling under chilling conditions in the field. Eur. J. Agron.5:31-43.

Wenkert, W., N. R. Fausey, and H. D. Watters. 1981. Flooding responses in *Zea mays* L. Plant Soil. 62:351-366.

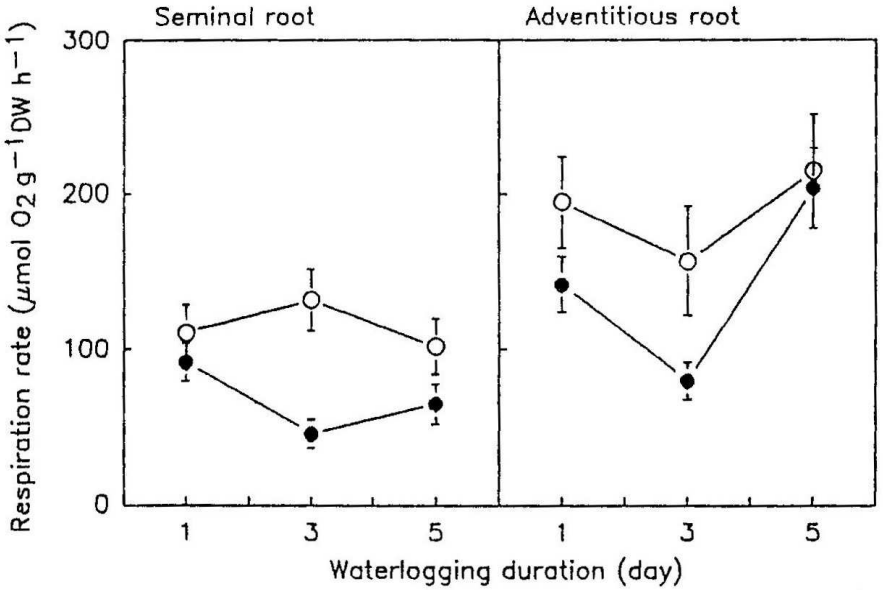


Fig. 1. Changes in respiration rates in roots of corn seedlings treated with waterlogging (Sep. 1991). (王等，1995)

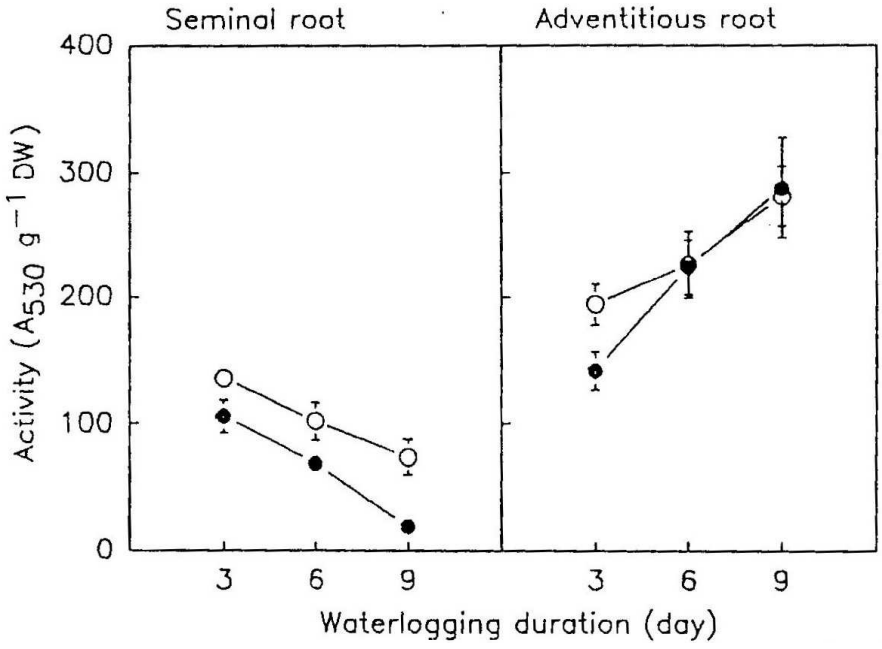


Fig. 2. Changes in root physiological activities of corn seedlings treated with waterlogging (Sep. 1989). (王等，1995)

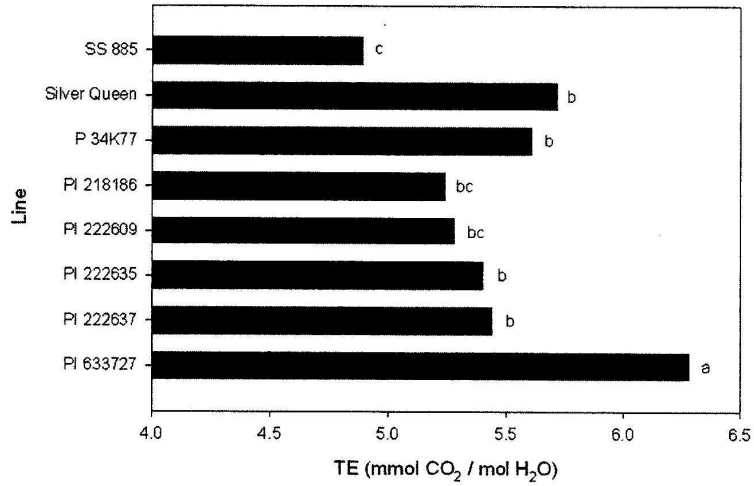


Fig. 3. Mean midday values of transpiration efficiency (TE) of eight lines of maize. Each value is a mean over six measurement dates in 2005 and 2006 made in Beltsville, MD. Values followed by different letters were significantly different at p=0.05, using Tukey's Honestly Significant Difference grouping. The line × date interaction term was not significant at p=0.05. A linear contrast between the five Pl lines that were reputedly drought resistant and the other three lines was not significant at p=0.05. (Bunce, 2010)

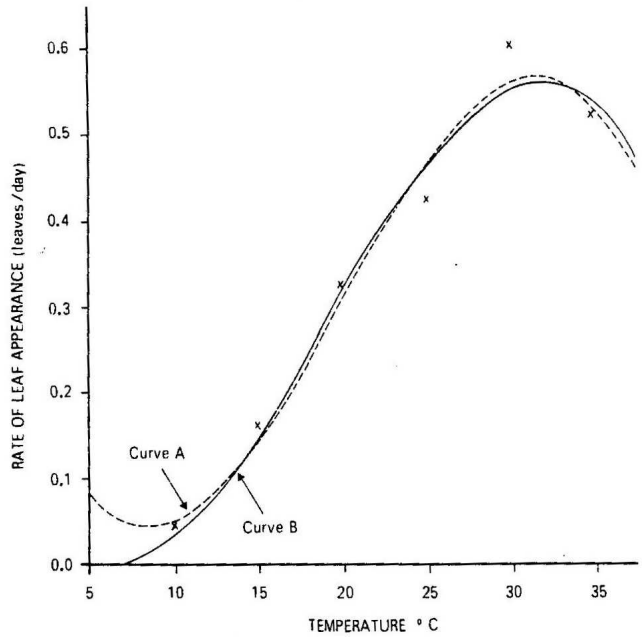


Fig. 4. Relationship between rate of leaf appearance and ambient temperature. Crosses indicate mean rate of leaf appearance at five constant temperatures (standard deviation = 0.043 leaves/day). Curve A is polynomial equation of best fit to data. Curve B is alternate polynomial in which Y = 0 when X = 6. Equation of Curve A is $Y = 0.2834-0.0639T + 0.0049T^2 - 0.0000823T^3$. Equation of Curve B is $Y = 0.0997 - 0.0360T + 0.00362T^2 - 0.0000639T^3$. (Tollenaar et al., 1979)

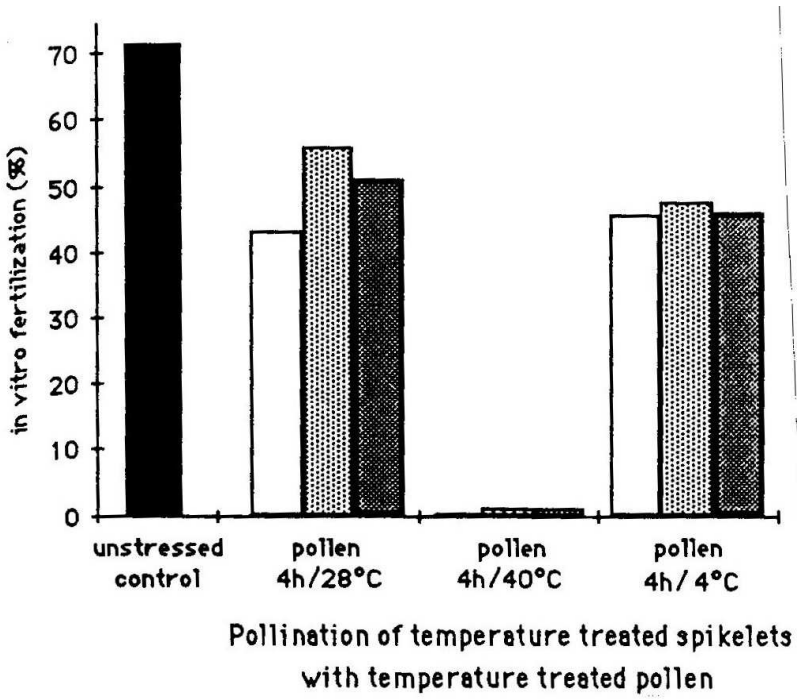


Fig. 5. Influence of temperature treatments on separated male and female reproductive tissues on in vitro fertilization. Female spikelets were pretreated 4 h at 28℃ (□), 40℃ (▒), or 4℃ (▓) prior to pollination with pollen also pretreated 4 h at 28, 40, or 4℃. All the possible combinated pollinations were carried out. For unstressed control, the pollination was repeated with untreated male and female organs as described in "Materials and Methods." (Dupis and Dumas, 1990)

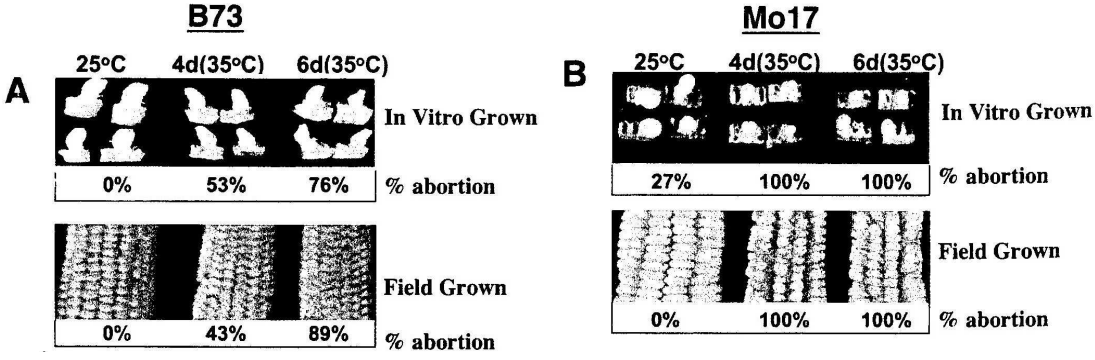


Fig. 6. High temperature-induced (35℃) changes in the growth of B73 (panel A) and Mo17 (panel B). Pictures were taken at 34 d after pollination (DAP) for in vitro-grown kernels. For field-grown kernels, pictures were taken at 28 DAP for B73, and at 24 DAP for Mo17. The numbers in the boxes show percentage abortion of kernels in each treatment. (Commuri and Jones, 2001)

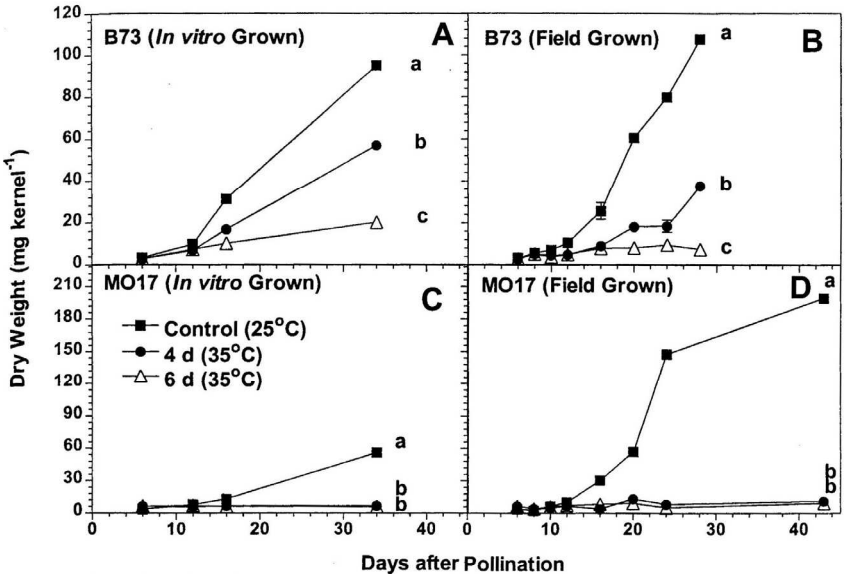


Fig. 7. High temperature-induced (35℃) changes in the dry weight accumulation patterns of B73 (A, B) and Mo17 (C, D) kernels grown either in vitro (A, C) or under field conditions (B, D). Data are means ± SE of three replications. Data points followed by the same letter do not differ significantly at P ≦ 0.01 level. (Commuri and Jones, 2001)



圖 8-a・在熱逆境下，玉米雄穗分支萎縮退化情形

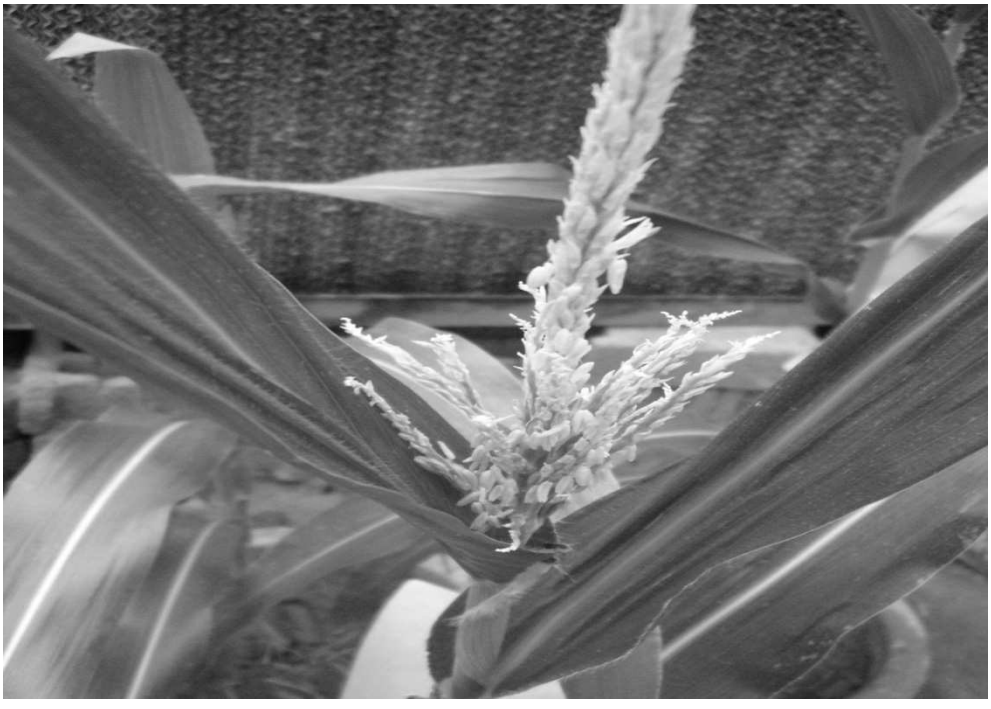


圖 8-b・在熱逆境下，玉米雄穗分支減少及退化情形



圖 8-c・在熱逆境下，玉米雄穗乾枯竭情形



圖 8-d・ 在熱逆境下，玉米雌穗著粒減少的現象

表 1. 浸水時期長短對玉米種子發芽的影響

Table 1. Effect of duration of flooding on seed germination (Germination. Temperature: 30/25℃)

品種 Cultivars	浸水時間 Flooding duration	發芽率 Germination percentage	發芽勢 Germination vigor	平均發芽日數 Mean days of germination	發芽係數 Germination coefficient	乾重 Dry weight
	hr	%	%	day		mg
TN351	Control	98.33a*	98.33a	3.14a	0.314a	74.67
	6	56.67b	25.00b	5.54c	0.103b	77.33
	12	30.00c	0.00c	8.16a	0.037c	46.67
	24	16.67cd	1.67c	7.08b	0.024c	20.00
	48	8.33cd	0.00c	7.38b	0.011c	0.00
	72	0.00	0.00	—	0.000	0.00
TN 5	Control	98.33a	93.33a	3.11c	0.301a	74.00
	6	65.00b	28.33b	5.75b	0.114b	78.00
	12	26.67c	6.67c	7.39a	0.038c	73.33
	24	8.33d	0.00c	7.67c	0.011cd	25.33
	48	5.00d	0.00c	8.00a	0.006d	0.00
	72	0.00d	0.00c	—	0.000d	0.00

*鄧肯氏的變域試驗(P<0.05)

Duncan's multiple range test at 5% level.

(鄭和朱, 1988)

表 2.飼料玉米台農 351 在不同生育期浸水 5 天處理後，供源與積儲性狀之表現

Table 2. Effect of 5-day waterlogging treatment executed at various growth on the source and sink characteristics of corn cultivar Tainung 351 (pot experiment, fall crop of 1990)

浸水時期	供源 Source			積儲 Sink			果穗
Waterlogging stage	葉面積 LAI	葉片持續期 LAD	作物生長速率 CGR	粒數 Kernel number	籽粒充實速率 KFR	有效充實期 KEFD	產量 Ear yield
	m2pl-1	m2day pl-1	pl-1day-1		pl-1day-1	days	g pl-1
Control	0.545	10.05	1.08	391	3.32	24.6	101.86
V1	0.489	9.32	1.47	366	3.00	25.4	94.40
V3	0.397	7.78	0.82	350	3.00	22.7	85.96
V5	0.396	8.37	1.14	304	2.93	23.4	84.47
V8	0.458	10.96	1.50	325	2.90	24.4	87.46
LSD.05	0.134	1.58	0.24	36	0.38	1.6	12.33

LA was determined at 12 days after silking.

LA: Leaf area. LAD: Leaf area duration. CGR: Crop growth rate. KEFD: Kernel effective filling duration.

V1: First leaf stage. V3: Third leaf stage. V5: Fifth leaf stage. V8: Eighth leaf stage.

(蔡等，1993)

表 3. 台農 351 在齊膝期與抽穗期浸水對產量與產量組成因子之效應

Table 3. Effect of waterlogging at knee-high and tasselling stages on yield and its components of corn cv. Tainung 351.

期作 Croopping season	生育期 Growth stage	浸水日數 Waterlogging duration (day)	籽粒產量 Kernel yield (kg plot-1)	單株粒重 Kernel weight per ear (g)	單株粒數 Kernel no. per ear
Fall crop (1984)	齊膝期 Knee-high	Control	8.21a	171.7a	619a
		3	6.96b	145.0b	558b
		5	5.60c	116.9c	488c
	抽穗期 Tasselling	Control	8.27a	172.3a	640a
		3	7.27b	151.4b	609a
		5	6.33c	131.9c	506b
Spring crop (1985)	Knee-high	Control	8.29a	172.7a	669a
		3	5.55b	115.7b	527b
		5	5.53b	109.9b	505b
	Tasselling	Control	8.51a	177.4a	696a
		3	5.84b	121.8b	556b
		5	6.24b	180.1b	579b

Values followed by the same letter in each colum for he same growth stage are not significantly different at 0.05level LSD.

(吳等，1994)

表 4. 浸水 5 天對不同品種單株籽粒重與籽粒數之影響

Table 4. The yield products of varieties in five days waterlogging.

品種 Varieties	籽粒重 Kernel weight			籽粒數 Kernel number		
	CK	Waterlogging	%	CK	Waterlogging	%
Huang zaosi	31.7	15.1**	47.6	165.4	82.8**	50.1
Su-80-1	35.7	24.0**	67.2	174.4	127.3*	73.0
Suyu 1.	78.2	61.8*	79.0	297.2	244.7	82.3

(劉等，1995)

Table 5. 玉米不同雜交種其灌水區與旱區產量的乾旱係數 (1992)

Table5. The yield drought coefficient in water and drought trial (1992)

雜交種 Hybrides	灌水區產量 Water yield (kg/640m2)	旱區產量 Drought yield (kg/640m2)	乾旱係數 Drought coefficient
沈單 7 號	432	333	22.9
農大 60	463	412	11.0
掖單 4 號	461	421	8.7
科單 105	447	382	14.5
遺長 101	392	383	2.3
科單 205	386	340	11.9
京單 841	367	291	20.7
煙單 14	323	270	16.4
中單 120	279	208	25.4
京旱 8 號	273	260	4.8
平均	382	330	14.2

(劉與曾，1995)

Table 6. 玉米雜交種的經濟學產量水分利用率 (1992)

Table 6. The water use efficiency for economic yield of hybrids corn(1992)

雜交種 Hybrides	籽粒產量 Kernel yield (kg/640m2)		水分利用率 Water use efficiency (Kernel kg/ton water)	
	灌水區 Water	旱區 Drought	灌水區 Water	旱區 Drought
沈單 7 號	432.0	333.0	1.37	1.36
農大 60	463.0	412.0	1.44	1.64
掖單 4 號	461.0	421.0	1.42	1.69
科單 105	447.0	382.0	1.39	1.52
遺長 101	392.0	383.0	1.23	1.55
科單 205	386.0	340.0	1.16	1.32
京單 841	367.0	291.0	1.13	1.17
煙單 14	323.0	270.0	1.00	1.07
中單 120	279.0	208.0	1.02	0.84
京旱 8 號	273.0	260.0	0.85	1.04
平均	382.3	330.0	1.20	1.32

(劉與曾，1995)

表 7. 在 11 葉齡至吐絲期後 15 天進行溫度處理下，對株高與葉面積之影響

Table 7. Maximum light interception efficiency (ei) and increase in plant height and plant leaf area from V11 to R2(of plots subjected to contrasting temperature regimes before anthesis (GS1) in two experiments (Exp. 1 and Exp. 2).

試驗 溫度處理		增值 Increase in	
Experiments and temperature regime	Maximum ei	葉面積 Leaf area	株高 Plant height
		(cm^2)	(cm)
Exp. 1			
Control	0.91	5278	182
Heated	0.93	4833	157
Exp. 2			
Control	0.91	4911	164
Heated	0.93	4511	117
Temperature effect	ns	0.02	0.009

†ns, not significant (p>0.10)

‡p values of main and interaction effects

(Cicchino et al. 2010)

表 8. 玉米在 GS1 期(11 葉齡＋11 天)溫度處理對植株及果穗生長速率,單株籽粒產量,收穫指數與單株粒數之影響

Table 8. Plant (PGRCP) and ear (EGRCP) growth rates during the critical period, plant grain yield (PGY), harvest index (HI), and kernel number per plant (KNP) for GS1 treatment periods and two experiments (Exp. 1 and Exp. 2).

處理變因	GS1(11 葉齡＋11 天)				
Experiments and temperature regime	植株生長速率 PGR	果穗生長速率 EGR	單株粒重 PGY	收穫指數 HI	單株粒數 KNP
	—g plant-1d-1 —		-g plant-1 -		No.
Exp. 1					
Control	3.90	0.86	113	0.478	490
Heated	1.06	0.26	56	0.352	236
Exp. 2					
Control	4.21	1.30	139	0.533	478
Heated	0.92	0.49	49	0.343	188
Temperature effect	0.0001	0.0003	0.0002	0.0005	0.002

†ANOVA performed on data transformed to arcsin.

‡ns, not significant (p>0.10).

§p values of main and interaction effects.

(Cicchino et al. 2010)

表 9. 三十四個玉米自交系在早春冷涼環境下發芽性狀之表現

Table 9. Rank-summation-index values and means of cold-tolerance traits for 34 maize inbreds planted in early April at two locations in Iowa in 1974 and 1976.

自交系 Inbred	來源 Origin	指數值 Index value	萌芽率 Emergence	萌芽指數 Emergence index	苗乾重 Seedling dry weight
			%	Days	dg
B73	Iowa	11.0	80.4	21.1	1.08
(V3×B14)-2-1	Iowa	125.	71.1	20.0	1.15
Mo7	Missouri	13.5	80.8	21.4	1.16
H98	Indiana	20.5	72.5	21.6	1.07
Pa351	Pennsylvania	24.5	76.7	20.4	0.79
Pa70	Pennsylvania	25.0	82.9	21.3	0.85
Oh40B	Ohio	26.0	71.1	22.4	1.15
Ky30A	Kentucky	32.5	60.8	21.8	1.07
MS141	Michigan	35.5	72.5	22.6	0.93
E2891-1	Indiana	36.0	70.0	23.6	0.82
MS93	Michigan	41.0	75.4	22.2	0.72
Va35	Virginia	41.0	67.5	23.0	1.08
K731	Kansas	41.5	64.2	22.0	0.85
N132	Nebraska	47.5	60.8	21.9	0.83
Mo17	Missouri	49.0	60.4	22.4	0.92
Mp1	Mississippi	51.5	70.8	22.3	0.61
N160	Nebraska	53.5	65.0	22.7	0.75
NY693	New York	53.5	53.8	22.0	0.76
CG10	Guelph, Ontario	54.0	52.9	21.2	0.70
A340	Minnesota	55.5	54.2	23.0	1.00
Oh43	Ohio	58.5	56.9	23.5	1.06
Oh26	Ohio	59.0	44.5	22.4	0.88
A334	Minnesota	61.5	61.2	22.3	0.63
F6	Folrida	61.5	70.0	23.6	0.82
Pa405	Pennsylvania	69.5	52.1	23.7	0.94
Mo13	Missouri	74.0	62.1	23.3	0.65
Va28	Virginia	75.5	56.7	23.1	0.58
B57	Iowa	76.0	41.8	23.2	0.81
WF9	Indiana	78.5	33.8	23.0	0.68
Mp317	Mississippi	78.5	55.4	23.2	0.61
A502	Minnesota	90.0	50.4	23.5	0.48
N139	Nebraska	91.0	42.1	24.0	0.57
Mp305	Mississippi	92.5	27.5	23.1	0.33
K41	Kansas	94.0	31.2	23.6	0.57
Means			60.3	22.4	0.83

(Mock and McNeill, 1979)

表 10. 玉米在 7~8 葉齡進行冷處理下對光合作用生理性狀之影響

Table 10. Spilt-plot analysis of variance for CER, SPAD value, ΦPSII, stomatal conducance, DW, root/shoot ration, days from 7- to 8-Leaf Stage and days from planting of 7-Leaf stage.

變因 Source	自由度 df	MSE					
		CO2 交換率 CER	捕獲光子量 SPAD	光合動量 ΦPSII	氣孔傳導度 Leaf conductance	乾重 DW	根/地上部 Root/shoot
Replication	7	81.68	42.16**	0.01	2.97×10-3	11.64**	0.07
Treatment	1	16649.05**	7272.65**	10.09**	0.33**	3.53*	0.02
Error A	7	30.55	4.24	0.02		0.61	0.02
Genotype	48	53.73**	93.19**	1.49×10-2**	1.81x10-3*	11.00**	0.14
Treatment ×Genotype	48	11.50**	19.85**	4.30×10-3**	6.56x10-4	0.22	6.50x10-3**
Error B	666	5.39	5.52	1.68	4.31x10-4	0.3	3.90x10-3

*Indicates significance at P=0.05

**Indicates significance at P=0.01

ns, nonsignificant

(Lee et al.,2002)

表 11. 不同的溫度處理下對四種玉米自交系生長速率之影響

Table 11. Growth Rates of Four Corn Inbreds Grown at Different Temperature Regimes

生長溫度 Growth Temperature	自交系乾重 Dry Weight of Inbred (20plants)			
	B73	B49	G50	G84
℃	mg seedling-1d-1			
30℃ (constant)	7.4	5.8	6.3	5.9
14℃ (constant)	2.2 (30)	1.9 (33)	1.6 (25)	1.4 (24)
16 h at 15℃/8 h at 8℃	1.9 (26)	1.8 (31)	1.3 (21)	1.1 (19)
16 h at 13℃/8 h at 4℃	1.3 (18)	1.2 (21)	0.9 (14)	0.6 (10)
LSD = 0.05	0.62	0.18	0.46	0.26

Numbers in parentheses represent growth rates as a percent of the rate at 30℃. Values represent mean dry weights of 20 seedlings.

(Stewart et al., 1990)

Effects of stress on the growth responses of corn and related operations in breeding and cultures

Guang-Jauh Shieh

Crop Science Division, TARI, E-mail：x486045@tari.gov.tw

Abstract

Maize (*Zea mays*) originates from subtropical regions and often cultivates in upland field. The experimental results indicated that the emergence of corn seed was highly susceptible to flooding, and more damages occurred as flooding period increased. This may be due to deficient of oxygen in the flooding. Generally, the most sensitive stages at which were inflicted by flooding resulted in the reduced grain yield was the early growth stage (V3-V5 stages). That the root growth, physiological activity, respiration, shoot growth, PEP carboxylase activity, chlorophyll content and grain yield decreased in the flooding than those of the non- flooding. The best solution is to select the tolerant cultivars for waterlogging condition and cultures in the well-drained field in the rainy season. When drought stress occured just before or during the flowering period, the decreases in the sucrose and glucose content, with transport of assimilates to kernel would decrease, and the kernel weight, kernel number per plant, heave index and the grain yield significantly decreased. Maize had significantly genotypic variation in drought resistance or tolerant traits. The drought coefficient for yield and yield of per plant were the critical traits for drought tolerance in the breeding program. The maize was used to high optimum temperature needed for germination and growth, and belonged to the thermophilic plant species. Heat stress (37-39 ^{o}C) during late vegetative growth and the silking-pollination periods had severely negative effects on the plant height, leaf area per plant, plant dry weight and growth rate. It also delayed the anthesis and silking, with increasing the length of anthesis-silking interval of maize in heat stress. Heat waves during growing season caused leaf firing in developing leaves and tasseling blasting. When high temperature occurred during endosperm cell division would reduce the sets of kernel and grain yield of maize. The precautions of high temperature stress are (1) avoiding to plant corn in the high temperature season. (2) It is appropriate to plant the tropical-type varieties of green corn under high temperature season. (3) To

select tolerant varieties to high temperature stress from germplasm in the breeding program. When Maize was in low temperature stress, it might cause various type of physiological damage (chilling injury). Low temperature stress reduced the shoot growth, root dry weight, root number, and it also reduced the respiration rate, CO_2 exchange rate, PEP carboxylase activity, chlorophyll content. The leaf necrosis was also found in chlilly injury and the tassel size, branches number, spikelet and pollen grain per tessel decreased in chilling stress. The objectives of breeding for low-temperature adaptation will focus on (1) to increase yield and (2) to improve yield stability, and gene combination from the hybridization of different anti-stresses will be largely used. After heterosis was extensively gotten, disease-resistance gene selection, plant type improvement, green-keeping and middle-late maturing have become the main directions to develop the breeding techniques of increasing maize yield potential. In the future, the breeding program of field-maize varieties will focus on tolerance to high planting density, stress resistance, high adaptability to environment, high yield and adaptability for mechanized operation.

因應氣候變遷之甘藷育種及栽培管理策略

賴永昌[1,*]　黃哲倫[1]　羅筱鳳[2]　林冠宏[3]

[1]農業試驗所嘉義分所
[2]台灣大學園藝系
[3]文化大學生技研究所
*通訊作者，E-amil: davidlai@dns.caes.gov.tw

摘 要

甘藷原產熱帶美洲，生長期間需要較高溫度，當種植期間受低溫逆境危害時，甘藷葉長、葉寬、葉柄長、莖長、根長、根直徑及葉數皆顯著降低，而以電子顯微鏡觀察亦發現葉細胞之長及寬、葉柄細胞之長、根細胞之長及寬皆變小。甘藷生長需要適當水分，當水分過多或過少皆影響其生長。當甘藷生育期間遭受淹水危害，其塊根重、塊根個數皆降低，但莖葉重反而增加；另外生育初期遭受淹水逆境，在淹水消退後，甘藷可以逐漸恢復生長；但甘藷生育中期遭受淹水危害，在淹水消退後，甘藷仍然無法恢復生長。甘藷生長在乾旱狀態下，其莖葉鮮重、分枝數、葉面積、最大藷直徑、結藷數、藷重及生物產量等皆降低；另外在缺水狀態下，甘藷葉片之淨光合作用速率(Pn)、氣孔導度、蒸散速率、葉片之葉綠素含量降低。甘藷耐鹽力較一般作物強，土壤含鹽量在 0.2-0.4%時，對藷苗之生長影響不大；鹽分爲 0.8%時受害明顯，而鹽分爲 1.6%以上時藷苗無法成活。甘藷種植在高鹽分逆境下，甘藷葉片水勢、相對含水量、 光合速率、蒸散速率、氣孔導度等皆下降；但甘藷葉片細胞間 CO_2 濃度、ABA 含量皆隨著鹽分濃度增加而上升。

因應氣候變遷，甘藷在栽培管理上之策略爲(1)利用生長調節劑控制淹水下之莖葉生長，以提高塊根產量(2)排水處理以降低淹水危害(3)施用鈣肥或 Paclobutrazol 以加強甘藷對低溫及淹水逆境之忍受力。在育種上包含(1)利用野生種作爲雜交親本以選育耐旱品種(2)採用誘變育種以選育耐鹽品種(3)導入耐逆境基等方法選育耐旱、耐鹽、耐低溫及耐熱等性狀之甘藷品種。

前 言

台灣每年夏季經常遭受颱風侵襲，而帶來大量雨水，大部分甘藷田皆被雨水淹沒，

往往造成農民極大損失。以民國 98 年爲例，6 月份及 9 月份遭受蓮花及莫拉克颱風危害，甘藷田受損面積達 1506 公頃，佔總面積之 28%，損失金額爲 104283 仟元；99 年遭受凡那比颱風侵襲，甘藷田受損面積達 252 公頃，佔總面積之 14%，損失金額爲 10689 仟元。故颱風所帶來之淹水危害，爲甘藷最主要天然災害。另外寒害、乾旱及鹽害亦造成台灣甘藷生產之損失，故本文將針對四種主要氣氛災害對台灣甘藷生產之影響，並提出在育種及栽培管理上之改善方法。

氣候變遷對甘藷生育之影響

（一）淹水對甘藷生育之影響

李與高(1985)將甘藷品種台農 57 號、台農 64 號、台農 67 號及沖繩 100 號等種植 1.5 月後分別淹水 0、2、4 及 6 天，發現品種間對淹水處理有明顯差異存在，沖繩 100 號對淹水處理之表現較其他品種差；另外將甘藷品種台農 66 號種植 1.5 月後淹水 6 天處理，並於淹水後第 2、3 及 4 週開始調查農藝性狀之表現，結果發現台農 66 號淹水處理後逐漸恢復生長，但淹水處理之塊根重、塊根直徑、塊根個數皆低於未淹水處理組(對照組)，而淹水處理之莖葉重高於對照組(圖 1)；但淹水處理之莖葉重高於未淹水處理組(圖 2)。

李等(1987)將甘藷品種台農 66 號種植後第 45、100 天分別淹水 6 天，並於淹水處理後第 0、14、28、42、56 天開始調查農藝性狀之表現，結果發現種植後第 45 天淹水 6 天，在淹水處理後甘藷逐漸恢復生長，但淹水處理之塊根重低於對照組，而淹水處理生長後期之塊根個數(圖 3)；反觀甘藷品種台農 66 號種植後第 100 天分別淹水 6 天之處理，在淹水後甘藷生育不再恢復，而淹水處理之塊根重、塊根個數皆低於對照組(圖 4)；但第 45 天及第 100 天淹水處理之莖葉重高於對照組(圖 5)。本試驗顯示甘藷生早育期遭受淹水危害，在淹水消退後，甘藷可以逐漸恢復生長；但甘藷生育中期遭受淹水危害，在淹水消退後，甘藷仍然無法恢復生長。

Roberts and Russo(1991)將甘藷品種 Jewel、Shore Gold、Cordner 及 W241 分別於生育中期及採收前淹水 5 天，結果發現採收前淹水處理與未淹水處理之塊根產無明顯差異存在，但生育中期淹水 5 天處理之具商品價值之塊根產量分別在 1989 及 1990 年降低 36%及 53%，而 1 級甘藷產量降低 46%及 57%。Paterson *et.al* (1979)發現淹水 5 公分之甘藷莖葉鮮重、塊根個數及塊根重皆高於淹水 15 公分之處理，而淹水 5 公分之入土第 1、2 及 4 節種苗之塊根個數皆高於淹水 15 公分相同節數之塊根個數，顯示淹水量將抑制甘藷塊根個數之形成(圖 6)。

淹水對甘藷塊根營養成份亦有明顯影響。劉等(1997)發現在甘藷生育中後期淹水，

除了塊根乾物率下降外，部分品種亦有糖份下降之現象。

(二) 低溫對甘藷生育之影響

甘藷生長明顯受溫度影響。李(1994)認爲甘藷原產熱帶美洲，性喜高溫，15℃才發芽生根，最適生長溫度在 20-30℃，10-15℃生長呈休眠狀態，低於 10℃發生寒害。白等(2004)將 24 種甘藷品種於種植 5 週後置於常溫(24/20℃)2 天，然後放置於低溫(7/7℃)5 天，之後回溫(24/20℃)3 天，發現大部分品種皆有頂芽褐化、葉脈黃化、葉緣枯黃、葉片黃化萎凋、莖部褐化等寒害病症，而調查葉片相對含水量、葉綠素含量、丙二醇含量、電解質滲漏與葉綠素螢光等耐寒性指標，發現台農 71 號、沖繩 100 號及金門種較耐寒，而台農 65 號、Satsumahikari、陽明紫心及日本紫心較不耐寒，顯示耐寒程度在品種間亦有所差異。Noh(2009)將甘藷分別將甘藷放置於 12℃及 28℃下 4 週，發現在低溫下生長之甘藷葉長、葉寬、葉柄長、莖長、根長、根直徑及葉數皆顯著降低，而以電子顯微鏡觀察葉、莖及根之細胞，亦發現葉細胞之長及寬、葉柄細胞之長、根細胞之長及寬皆變小，顯示低溫明顯影響甘藷之生長發育。

(三)乾旱對甘藷生育之影響

顏等(1964)甘藷品種在乾旱下之莖葉鮮重、分枝數、葉面積、最大塊根直徑、塊根數、塊根重及生物產量皆低於正常灌溉之處理組(表 1)。周等(2008)發現甘藷品種在乾旱下其淨光合速率、氣孔導度、蒸散速率等皆隨著乾旱時間增加而降低，而細胞間隙之 CO_2 濃度隨著乾旱時間增加降低，但 2-3 天後逐漸增加(圖 8)。

(四)鹽分對甘藷生育之影響

柯與潘(2001)將干甘藷品種浸於 0、85、170、255、及 350 mmol.L-1 之 NaCl 溶液中 6 天，發現相對含水量、水勢、氣孔導度皆隨著 NaCl 濃度增加而降低，而細胞間隙之 CO_2 濃度隨著 NaCl 濃度增加降低，但至 85-170 mmol.L-1 後逐漸增加，但 ABA 含量則隨著 NaCl 濃度增加而增加(圖 9)。而光合速率、蒸散速率及水分利用率皆隨著 NaCl 濃度增加而降低(表 2)。

在育種及栽培管理上之因應策略

(一) 在栽培管理上之因應策略

(1) 利用生長調節劑控制淹水下之莖葉生長，以提高塊根產量

甘藷在淹水狀態下，地上部莖葉生長旺盛，但抑制地下部塊根生長。施(1979)

利用生長調節劑控制莖葉生長，以提高塊根產量，試驗以 300ppm 及 500ppm 之 SADH(succine acid-2.2-dimethyl hydrazide)及 CCC(2-chloroethyl-trimethyl ammonium chloride, cycocel)二種生長調節劑施用台南 18 號及台農 64 號等二甘藷品種，施用時期分別爲種植後第 45 天施用、種植後第 75 天施用及種植後第 45、75 天施用等，結果顯示無論施用 1 次或 2 次生長調節劑，可抑制莖葉產量(表 3,4)，並提高塊根產量(表 5,6)。

(2) 排水處理以降低淹水危害

Akparanta, *et.al*.(1980)將甘藷品種 Centennial、Julian、NC257 等種植於盆栽中，然後浸水 24 小時，24 小時後分別每天排水 5、20、35 及 100 公分，結果發現三品種採收後之塊根，以每天排水 100 公分處理之塊根腐爛率最低(表 6)，顯示甘藷浸水後儘速排水，可減少塊根腐爛率。

(3) 施用鈣肥或巴克素(Paclobutrazol)，以加強甘藷對低溫即淹水逆境之忍受力

鈣肥及巴克素被任爲可保護植物抵抗各種逆境壓力，其中鈣肥主要在逆境壓力下保護細胞膜之完整性，減少膜滲透性及阻止離子流失；而巴克素可強化植物抗氧化防禦系統，及增加自由基清除能力。Lin, *et.al*.(2008)將甘藷品種桃園 2 號、西蒙 1 號及徐藷 18 號分別施用每公頃 0、60、120 及 1580 公斤之鈣肥，並種植 50 天後浸水 2 天，結果發現施用高鈣肥可增加 Catalase、Glitathione reductuctase、Ascorbate peroxidase 及 Superoxide dismutase 等酵素之活性(圖 10)。

Lin, *et.al*.(2006)亦發現施用巴克素可增加甘藷對寒害之抵抗性(表 8)；Lin, *et.al.*(2008)亦發現施用巴克素可增加甘藷在淹水狀態下之 Catalase、Glitathione reductuctase、Ascorbate peroxidase 及 Superoxide dismutase 等酵素之活性(圖 11)。

（三）在育種上之因應策略

(1) 利用野生種作爲雜交親本以選育耐旱品種

郭等(2003)利用甘藷野生種 I. trifida 之後裔 y_2 及 y_6 爲雜交材料，以選拔抗旱品種(表 9)，結果發現以 y_2 及 y_6 爲雜交材料之組合在 F1 及 F2 代之組合皆較具抗旱(表 10,11)。

(2) 採用誘變育種以選育耐鹽品種

Luan, *et.al*.(2007)將甘藷之癒傷組織(Calli)分別以 Ethylmethanesulphonate(EMS)及 200Mm 之 NaCl 處理，以篩選耐鹽之甘藷品系，結果在 0.5% EMS 2 小時及 200Mm 之 NaCl 下選到 ML1 及 ML2 二品系，及 0.5% EMS 2.5 小時及 200Mm 之 NaCl 下選到 ML3 品系，三品系在高濃度鹽分下之莖長、鮮莖重、葉綠素含量及膜通透性皆較對照種佳(表 12)。

王等(2003)將甘藷品種栗子香之懸浮液以 $80G_y$ 之 γray 照射後以 0%-35%之 PEG6000 進行耐旱品系選拔，結果在 20-30%濃度下 PEG6000 可選到耐旱品系(表 13)，且其中 9 個品系之耐旱係數高於對照種(表 14)。

(3) 導入耐逆境基等方法選育耐旱、耐鹽、耐低溫及耐熱等性狀之甘藷品種

Polyamines 被認爲具有抗逆境之作用。Kasukabe, *et.al*.(2006)將帶 Polyamines 之基因轉入甘藷品種，結果發現導入 Polyamines 基因之甘藷莖葉及塊根皆含較高之 Polyamines 含量(圖 12)，且 Polyamines 基因之品系在乾旱、鹽分逆境下之塊根鮮重、塊根個數、澱粉含量及澱粉產量皆較未導入之品系高(表 15,圖 13)。

結 語

甘藷主要經濟部位爲塊根，台灣每年 6-9 月爲颱風季節，此時期爲春作甘藷生育中後期及夏、秋作生育前期，故遭受颱風所帶來之淹水危害，將造成甘藷生產損失，爲台灣甘藷生產主要之氣候災害。近年來因氣候變遷，造成水資源不足，乾旱已變成台灣甘藷栽培另一個影響因子。另外寒害及鹽害目前雖然不嚴重，但未來可能會發生，故仍需要加以注意。本文提供氣候變遷下對甘藷生產之影響，並提供可行之因應方法，希望未來面臨各種逆境下，能夠減少種植甘藷農民之損失。

引用文獻

王玉萍、劉慶昌、李愛賢、翟红、張松束、劉保利。2003。甘藷耐旱突變體的璃體篩選與鍵定。中國農業科學，36（9）：1000 -1005。

施保華。1979。高溫多濕長日季節利用生長調節劑對甘藷生長及塊根產量之影響。中華農學會報 新 122:24-35。

周忠、李楊、馬代夫、孫存淮。2008。乾旱胁迫對甘藷幼苗光合作用的影响。安徽農業科學，36(6) :2215- 2216。

柯玉琴、潘廷國。2001。NaCl 胁迫對甘藷葉片水分代謝、光合速率、ABA 含量之影響。植物營養與肥料學報，7(3):337-343。

郭元章、劉兰服、張松樹、王淑芳。2003。甘藷近缘野生種雜交後代用作抗旱親本的研究。河北農業科學，7(4):13-16。

劉依昌、羅筱鳳、陳榮芳。1997。乾、濕逆境對甘藷葉片蛋白質、過氧化酵素及一些塊根性狀影響之研究。中國園藝，43(2)126-140。

顏振德、朱崇文、盛家廉。1964。甘藷品種的耐旱性及其鑑定方法之研究。作物學報，

3(2):183-194。

Akparanta, S.E.,R.W. Skaggs and Sander. 1980. Drainage requirements for sweet potato at harvest. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 105(3)447-451.

Li, L., and C. H. Kao.1985. Stress physiology of sweet potatoes.1 .Flooding effects on sweet potato. J. Agric. Assoc. China New Ser. 132：115-120.

Li, L., and C. H. Kao.1989.Stress physiology of sweet potato. Ⅱ.A reevaluation of flooding effect. J. Assoc. China New Ser.147:28-37.

Lin, K.H., C.C. Tsou. S.Y. Hwang, L.F.O. Chen and H.F. Lo.2008. Paclobutrazol leads to enhanced antioxidative protection of swwet potato under flooding stress. Botanical Studies 49:9-18.

Lin, K.H.,F.H.Pai, S.Y. Hwang and H.F. Lo.2006. Pre-treatment Paclobutrazol enhanced chilling tolerance of sweet potato. Plant Growth Regul. 49:249-262.

Lin, K.H.,Y.K.Chiou, S.Y. Hwang, L.F.O. Chen and H.F. Lo.2008. Calcium choride enhances the antioxidative system of sweet potato(Ipomoea batatas) under flooding stress. Ann. Appl.Biol. 152: 157-168.

Luan, Y.S., J.Zhang, X.R.Gao and L.J.An.2007.Mutation induced by ethylmethanesulphonate (EMS), in vitro screening for salt tolerance and plant regeneration of sweet potato(Ipomoea batatas L) . Plant Cell Tiss. Organ. Cult. 88: 77-81.

Kasukabe Y.,L.He, Y.Watakabe, M.Otani, T.Shimada and S.Tachibana. 2006. Improvement of environmental stress tolerance of sweet potato by introduction of genes for spermidine synthase. Plant Biotechnol. 23:75-83.

Noh, S.A., S.H. Park, G.H. Huh, K.H. Paek,J.S. Shin and J.M. Bae. 2009. Growth retardation and differential regulation of expansion genes in chilling- stressed sweet potato. Plant Biotechnol Rep. 3:75-85.

Paterson, D. R., D. R. Earthart and M.C.Fuqua.1979.Effects of flooding level on storage root formation, ethylene production, and growth of sweet potato. HortScience 14(6):739-740.

Roberts, W, and V.Russo. 1991. Time of flooding and cultivar affect sweet potato yield. HortScience 26(12):1473-1474.

The Breeding and Cultivation Practices of Sweet Potatoes for the Responses of Climates Changes

Y.C. Lai[1,*] J.L. Hwang[1] Hsiao F. Lo[2] Kuan H. Lin[3]

[1]Chiayi AES, ARI, COA, Executive Yuan

[2]National Taiwan University

[3]Chinese Culture University

*corresponding author, E-mail: davidlai@dns.caes.gov.tw

Abstract

Sweet potatoes are originally from South American, and they grow at higher temperatures. If sweet potatoes encounter low temperatures, the growth of leaf length, leaf width, petiole length, root length, root diameter, stem length, and leaf number will be remarkably reduced. The reduction of elongation growth of the epidermal cells in above organs can be observed using a microscope.

Sweet potatoes grow well with appropriate water supply. However, the growth of sweet potato will be affected by flooding or water deficit stress. When sweet potatoes were inflicted by flooding, the root weight and root number were reduced but the shoot weight was increased. If sweet potatoes were inflicted by flooding at the early growing stage, the growth of sweet potato would recover after flooding. If sweet potatoes were inflicted by flooding at the middle growing stage, the growth of sweet potato would not recover after flooding.

When sweet potatoes were under the water deficit stress, the shoot fresh weight, branch number, leaf area, maximum root diameter, root number, root weight, and biological yield would be reduced. Likewise, the net photosynthetic rate (Pn), stomatal conductance, transpiration rate, chlorophyll content of sweet potato leaves would also be reduced.

Sweet potatoes have better soil salinity tolerance than other crops. The growth of sweet potato was not significantly affected with the salt concentration of 0.2-0.4%. If the salt concentration was greater than 0.8%, the growth would be significantly reduced. If th salt concentration was greater than 1.6%, no sweet potatoes could survive. When sweet potatoes were under the salt stress, the water potential, relative water content, photosynthetic rate (Pn), stomatal conductance, and transpiration rate of sweet potato leaves would be reduced.

But the intercellular CO_2 concentration and ABA content of sweet potato leaves would be increased with the increase of the salt concentration.

To ease the change of climate, the strategies of sweet potato cultivation include (1) Clipping vines or the use of growth regulator reagents to control the yield of vines and increase the yield of tuberous roots during flooding. (2) Using drainage treatment to reduce the damage of sweet potatoes after flooding. (3) Applying calcium chloride or paclobutrazol for improving the flooding and chilling tolerance of sweet potatoes. The breeding strategies are (1) Using wild sweet potato varieties as the drought resistance parent. (2) Using EMS to induce mutation for screening sweet potato varieties with better salt resistance. (3) Using stress tolerant genes to transform sweet potato varieties with the ability of drought, chilling, heat, and salt resistance.

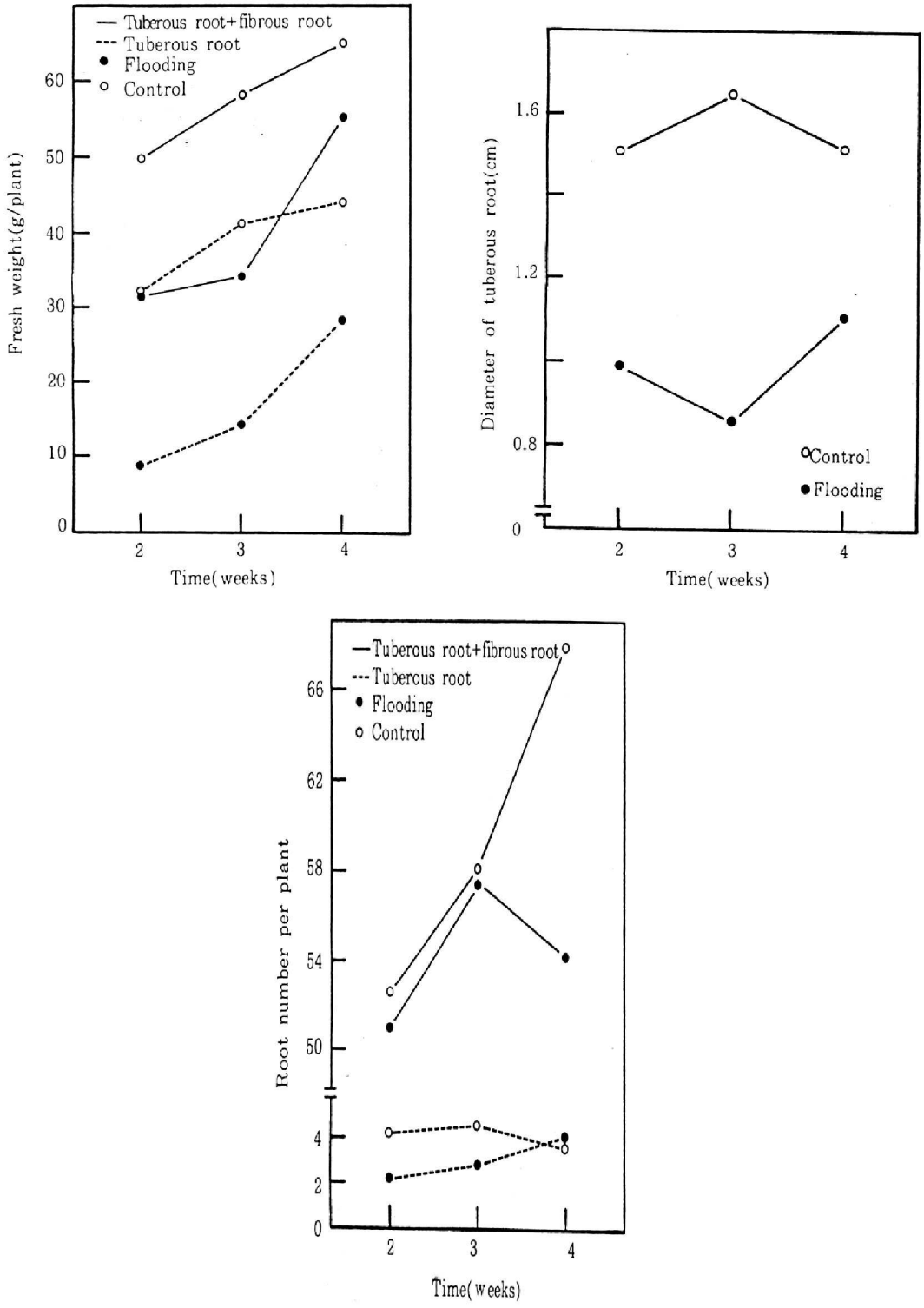


圖 1 台農 66 號在淹水下塊根重、塊根直徑、塊根個數之生育情形

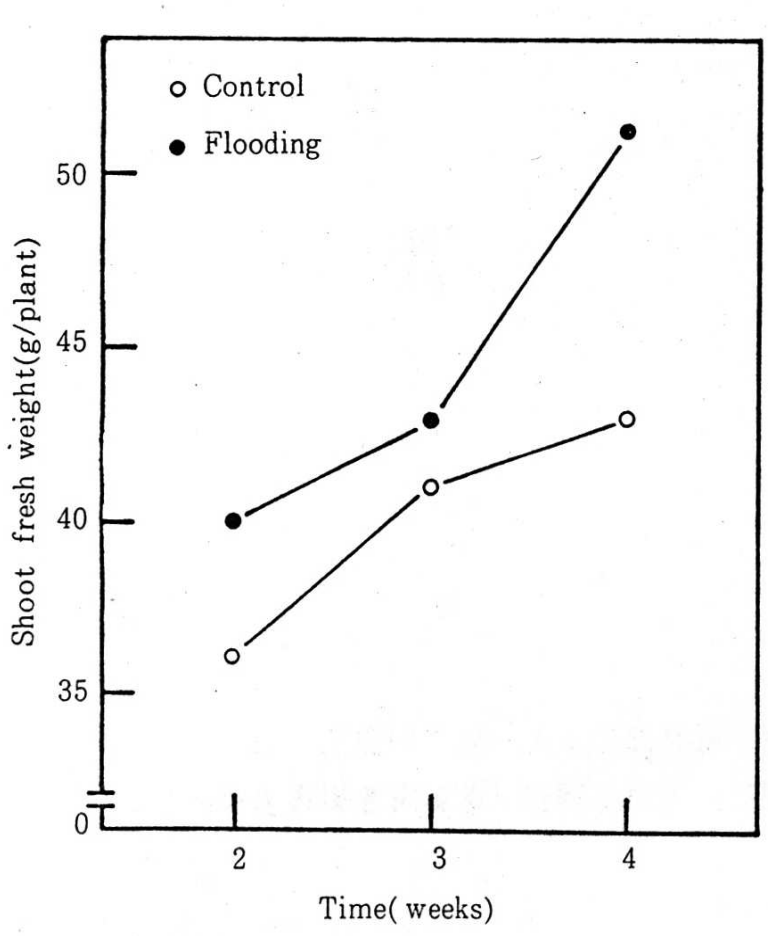


圖 2 台農 66 號在淹水下莖葉重之生育情形

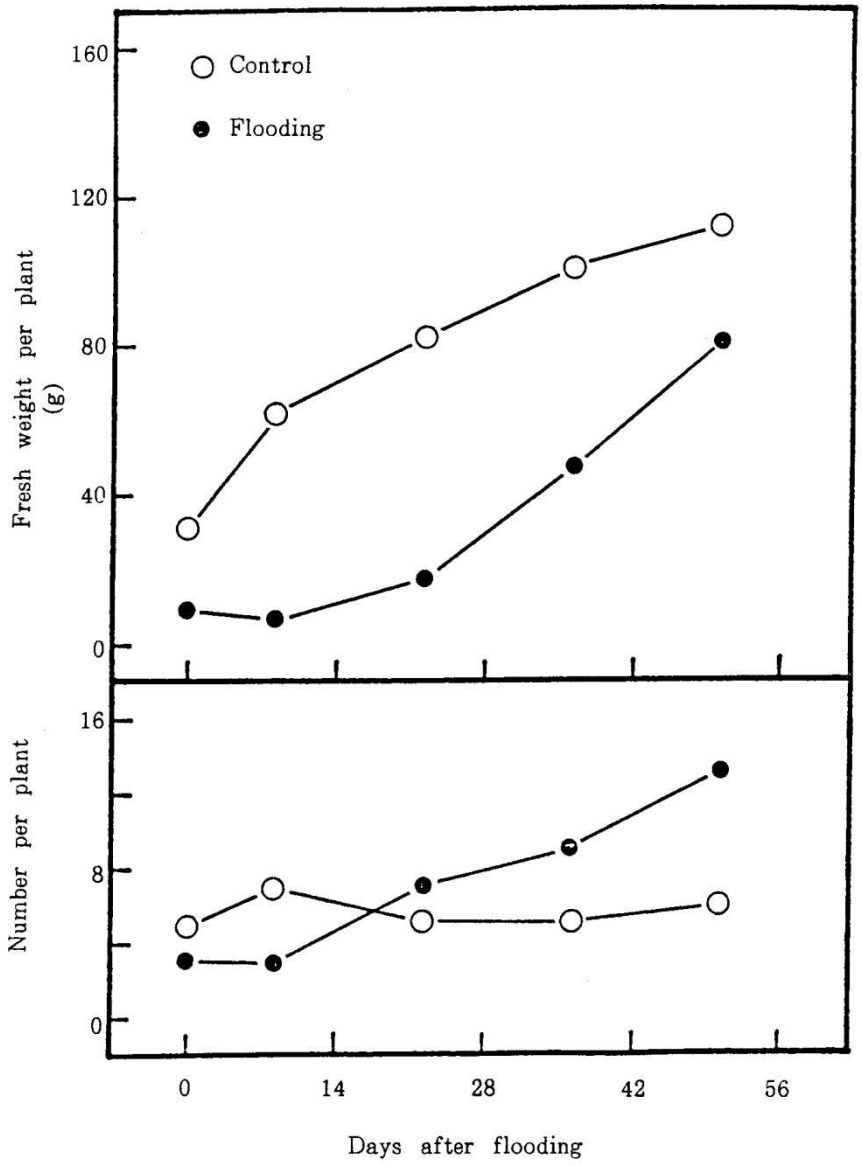


圖 3 台農 66 號種植後第 45 天淹水 6 天塊根重及塊根個數之生育情形

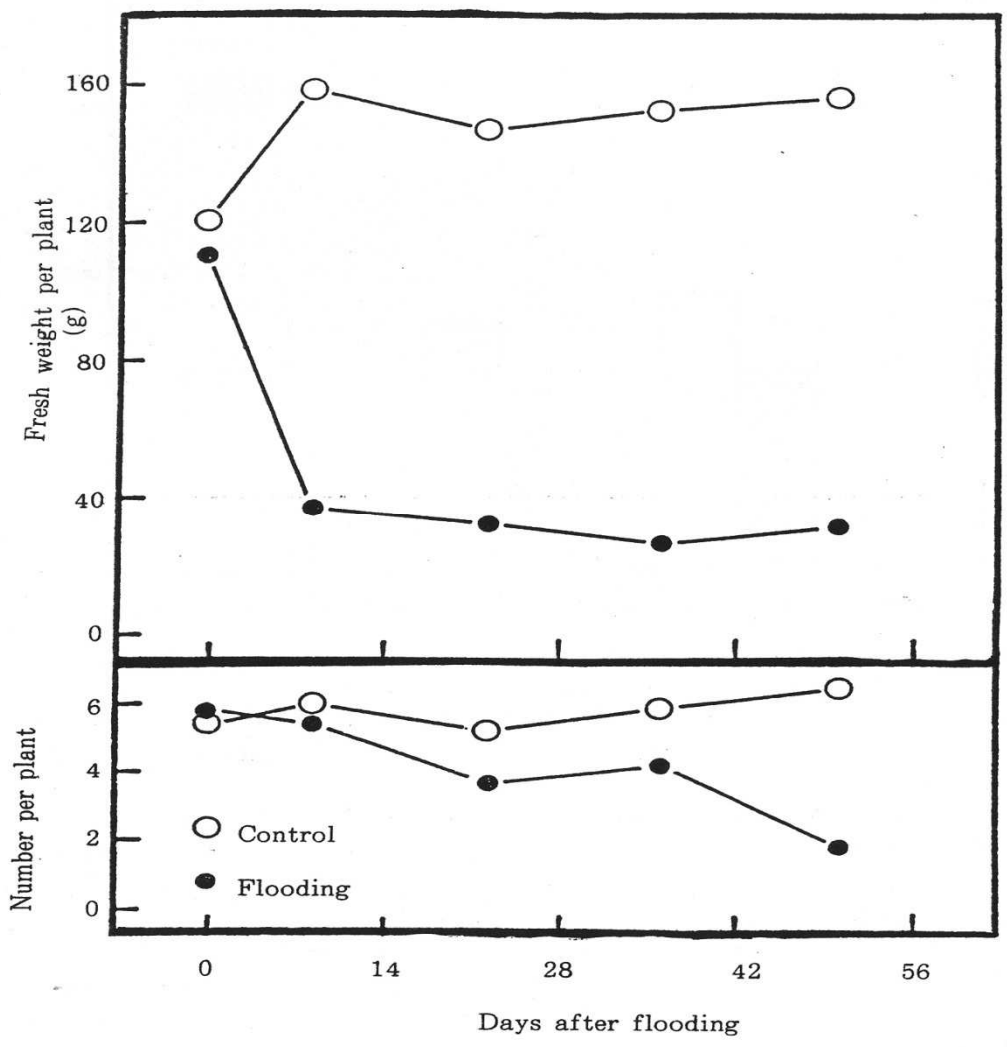


圖 4 台農 66 號在種植後第 100 天淹水 6 天塊根重及塊根個數之生育情形

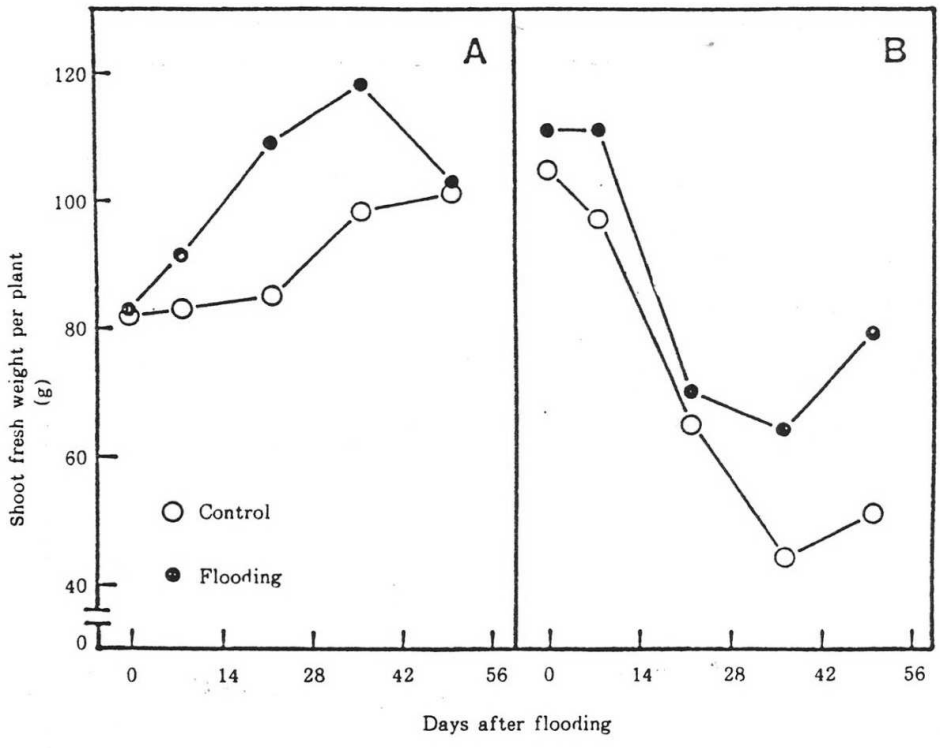


圖 5 台農 66 號在種植後第 45 天及 100 天淹水 6 天莖葉之生育情形

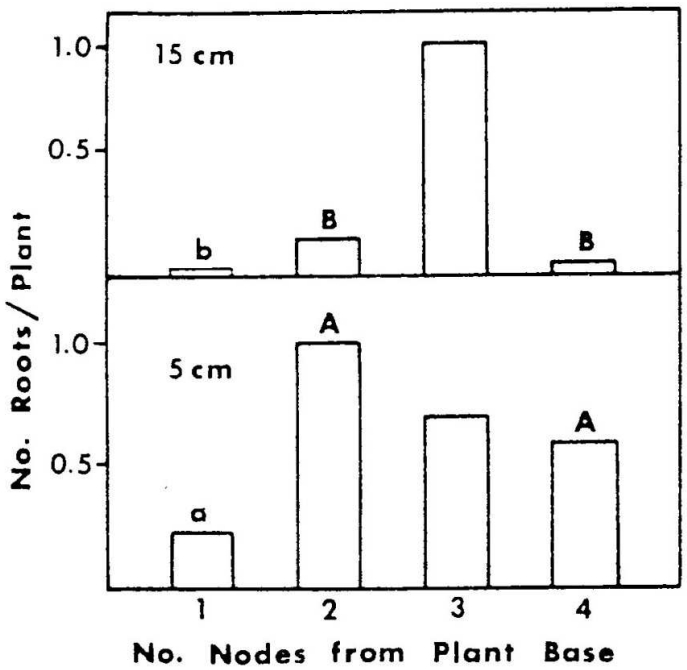


圖 6 淹水後不同節位甘藷塊根生長情形

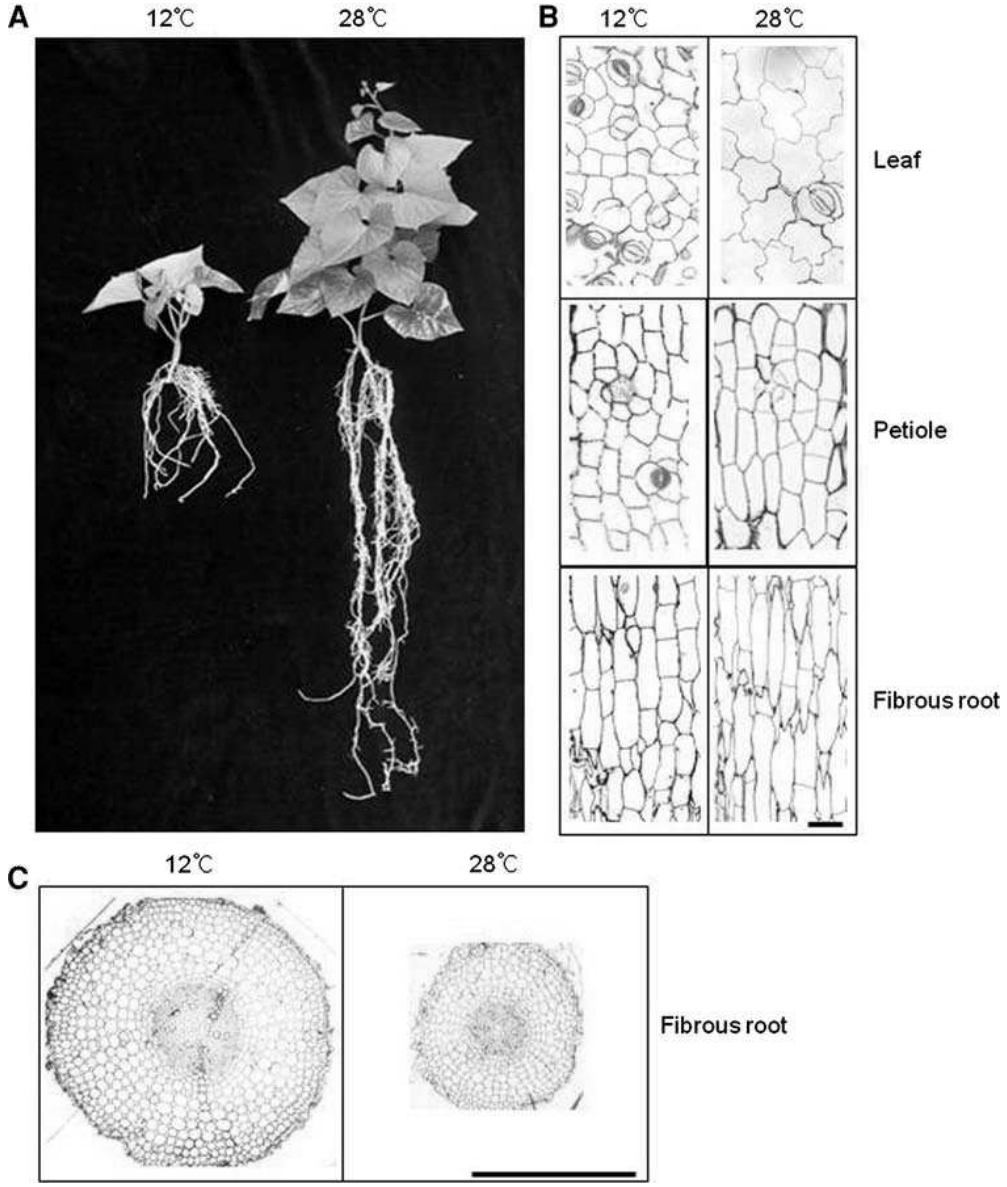


圖 7 甘藷放置於 12℃及 28℃下以電子顯微鏡觀察葉、莖及根之細胞生育情形

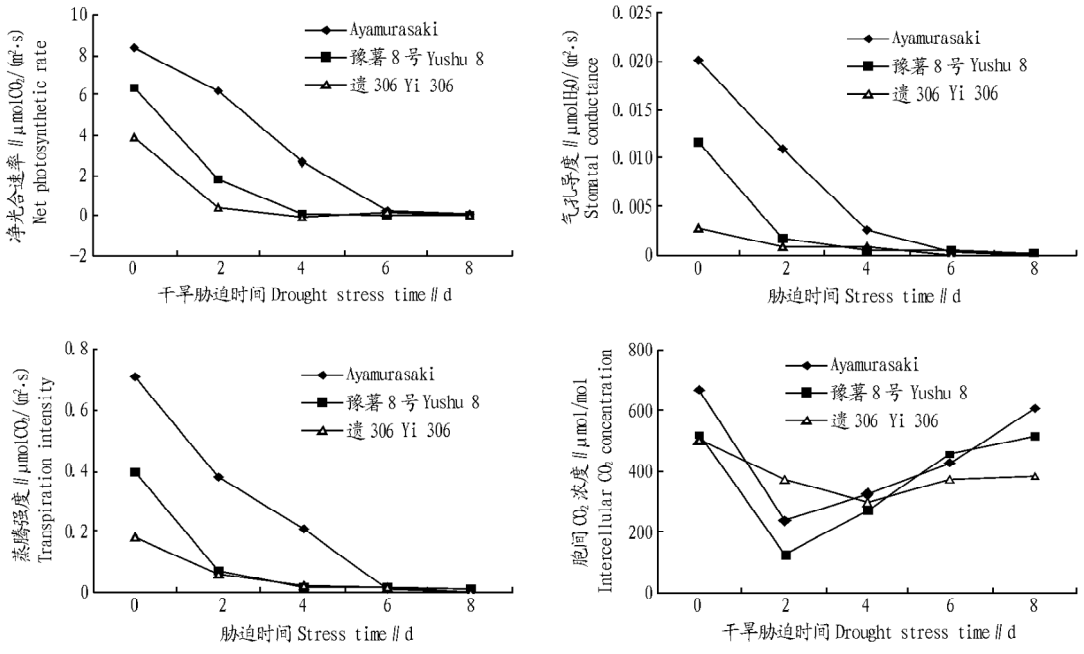


圖 8 在乾旱下甘藷葉片之淨光合速率、氣孔導度、蒸散速率及細胞間隙之 CO2 濃度之表現情形

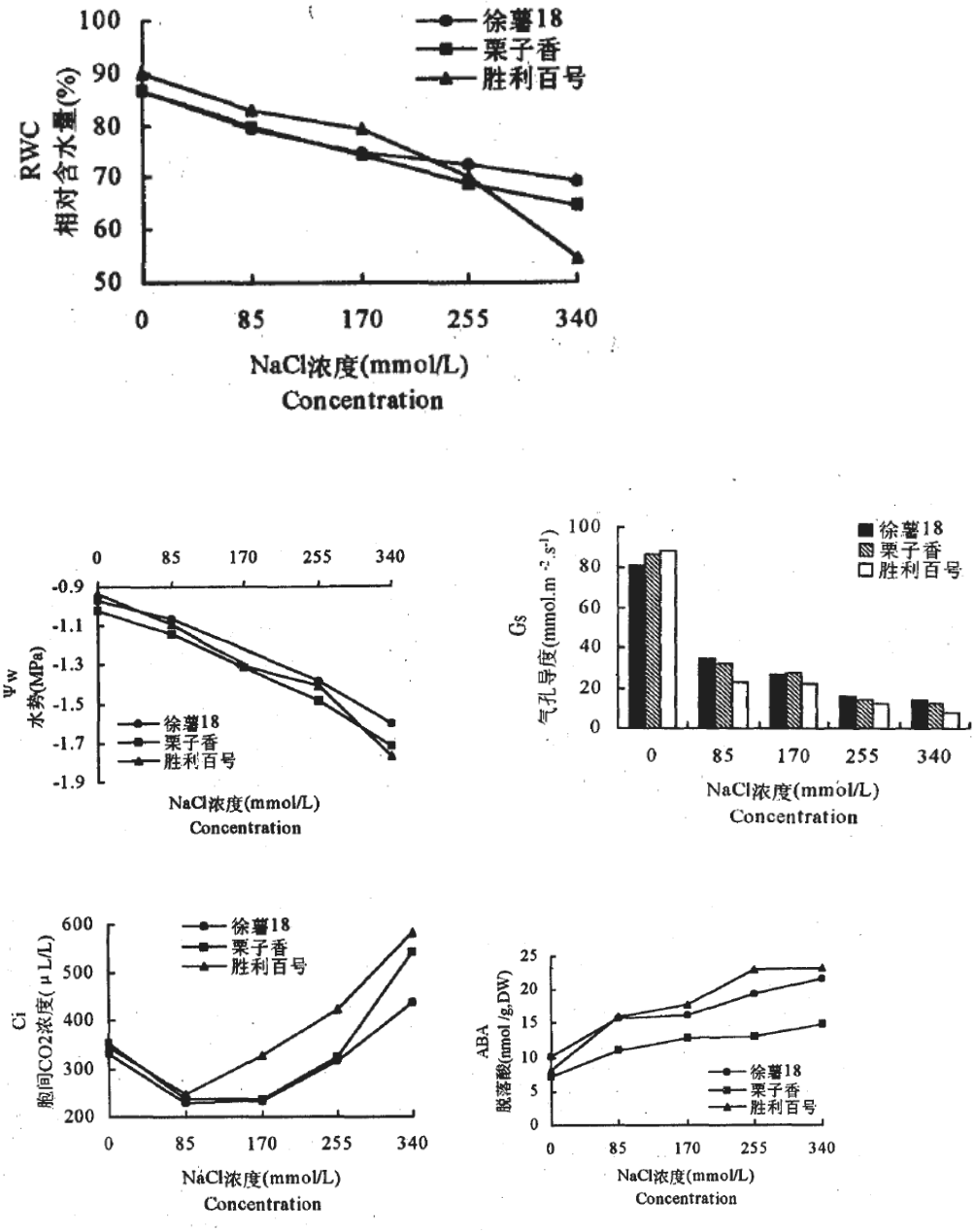


圖 9 甘藷品種在不同鹽分濃度下之相對含水量、水勢、氣孔導度、細胞間隙之 CO_2 濃度及 ABA 含量之表現情形

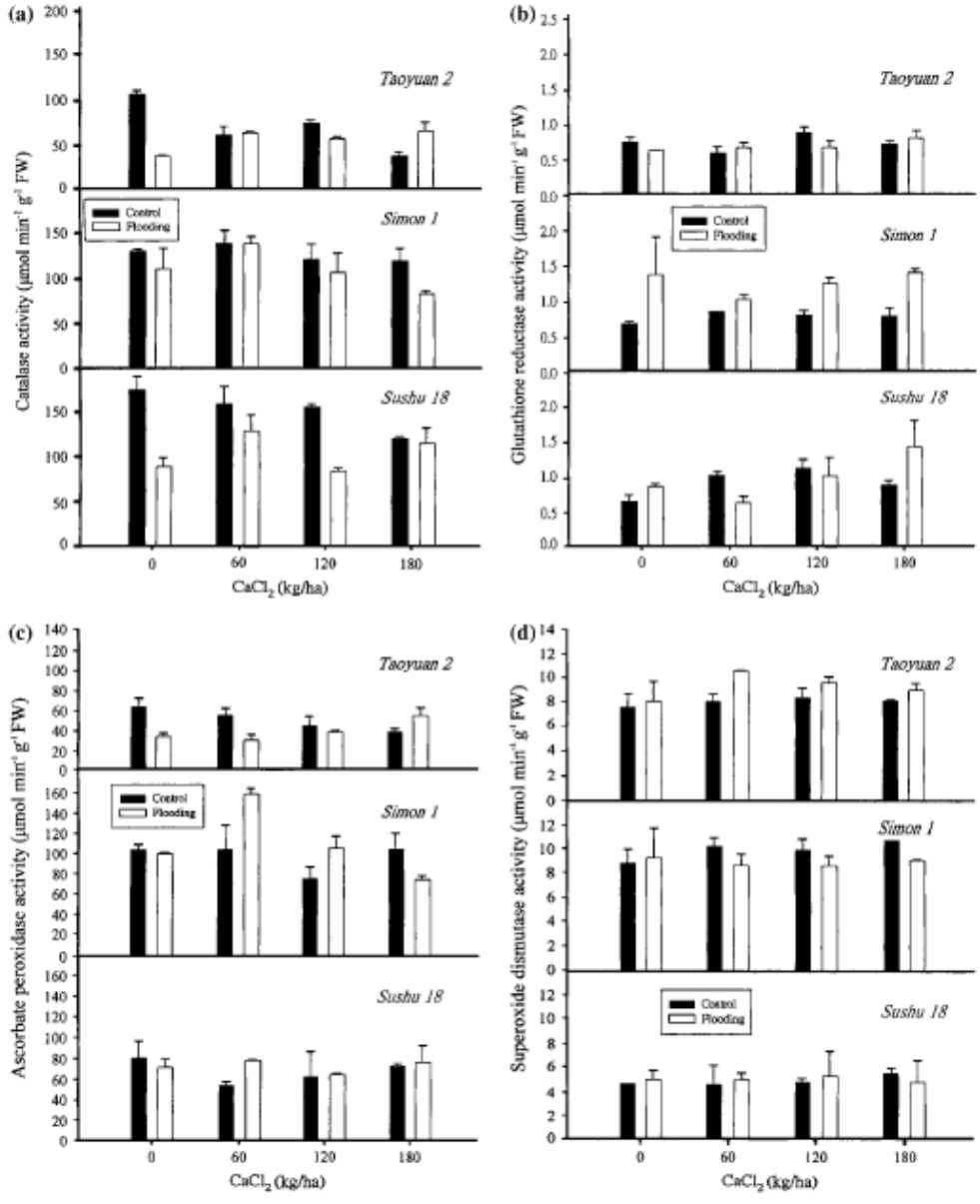


圖 10 施用鈣肥對甘藷所含 4 種酵素活性之影響

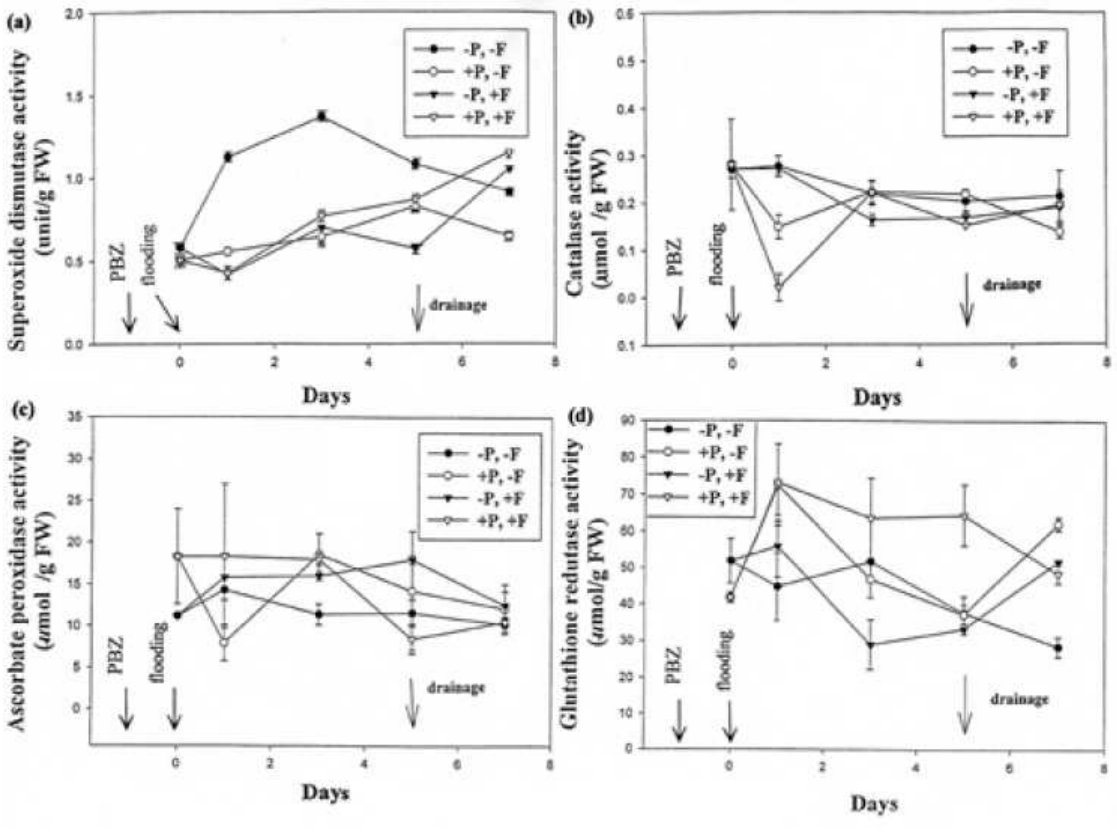


圖 11 施用巴克素對甘藷所含 4 種酵素活性之影響

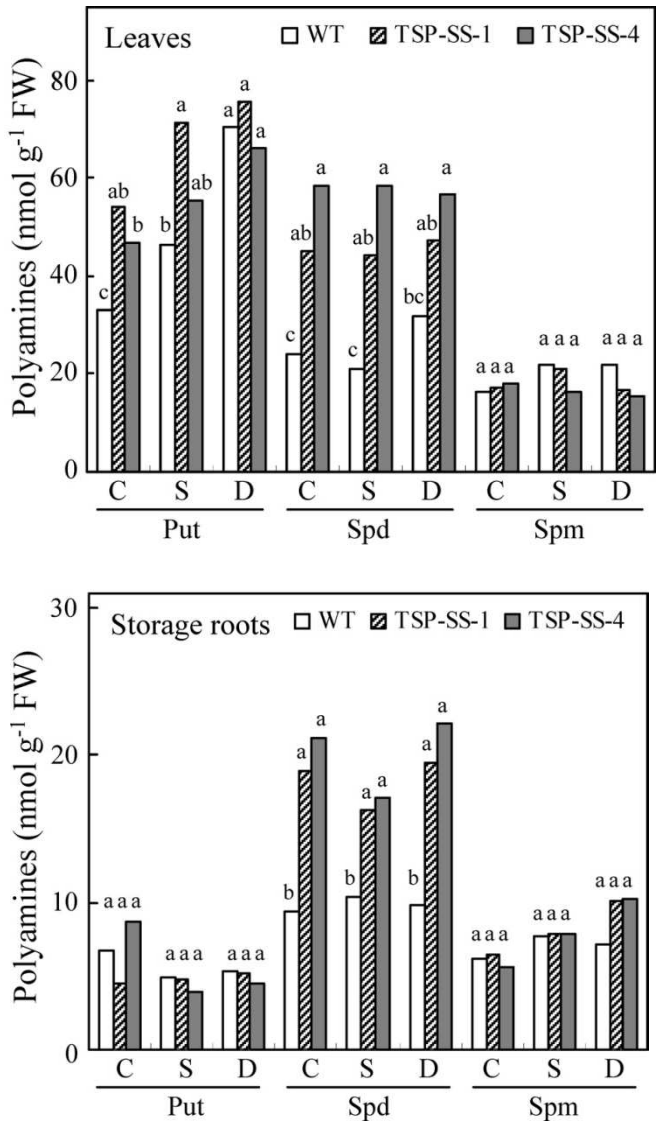


圖 12 導入 Polyamines 基因在甘藷莖葉及塊根之 Polyamines 含量

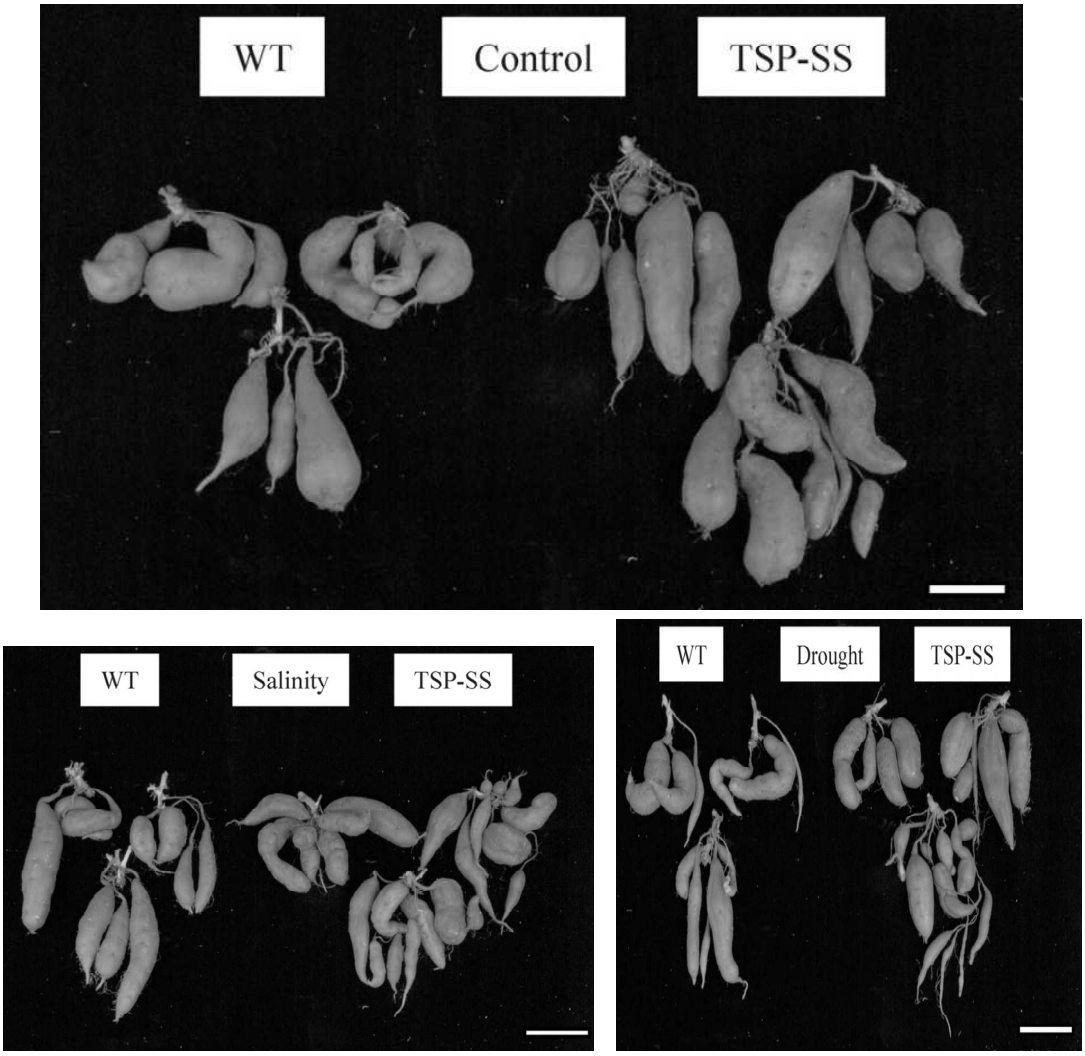


圖 13 導入 Polyamines 基因之甘藷品系之塊根

表 1　甘藷品種在乾旱及灌溉處理下之生育情形

品　　种	52—45		华北 117	
处　　理	干　旱	正　常	干　旱	正　常
茎叶鮮重(克)	33.6	121.1	71.5	128.5
分枝数	2.0	3.4	4.4	6.6
叶面积(平方厘米)	665.0	1906.0	1401.1	2054.2
最大薯粗(厘米)	0.30	3.01	0.42	0.61
結薯数	0.4	0.8	0.8	1.4
薯重(克)	0.19	8.35	0.59	1.04
生物产量(克)	3.86	16.90	7.09	13.92

表 2　甘藷品種在不同鹽分濃度下之光合速率、蒸散速率及水分利用率之表現情形

NaCl	徐薯 18			栗子香			胜利百号		
($mmol \cdot L^{-1}$)	Pn	Tr	WUE	Pn	Tr	WUE	Pn	Tr	WUE
0	7.48	1.74	4.30	8.64	1.80	4.80	6.62	1.83	3.63
85	5.03	1.21	4.16	4.54	1.20	3.78	3.45	1.09	3.17
170	2.90	0.70	4.14	2.98	0.78	3.82	2.25	0.69	3.26
255	1.60	0.48	3.33	1.56	0.49	3.18	0.98	0.41	2.39
340	-0.04	0.19	-0.21	-0.23	0.21	-1.10	-0.28	0.19	-1.47

注(Note):Pn(CO_2, $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$); Tr($H_2O$, $mmol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$); WUE($CO_2$, $\mu mol \cdot mmol^{-1}$, H_2O).

表 3　嘉義地區施用生長調節劑後之莖葉生長情形

		Concentration and time applied						CK	Significant compared with CK	
		300 ppm			500 ppm					
		45 days after planting	75 days after planting	45 & 75 days after planting	45 days after planting	75 days after planting	45 & 75 days after planting		*on 5% level	**on 1% level
Tainong 64	SADH	**26,667	**25,556	**21,256	**26,811	**26,667	**20,978	30,556	2,589	3,544
	CCC	**26,256	* 27,778	**23,056	**26,256	28,333	**24,167		2,256	3,089
Tainan 18	SADH	**42,089	**39,589	**40,833	**42,367	**37,222	**37,089	49,722	4,122	5,656
	CCC	**38,756	**36,389	**37,367	* 43,056	**35,556	**39,311		5,333	7,311

表 4　屏東地區施用生長調節劑後之莖葉生長情形

		Concentration and time applied						CK	Significant compared with CK	
		300 ppm			500 ppm					
		45 days after planting	75 days after planting	45 & 75 days after planting	45 days after planting	75 days after planting	45 & 75 days after planting		*on 5% level	**on 1% level
Tainong 64	SADH	**43,611	**44,444	**42,500	**45,833	**46,389	**40,000	51,944	3,889	5,344
	CCC	**46,389	**46,111	**43,056	**45,833	**45,000	**42,500		3,978	5,456
Tainan 18	SADH	70,833	* 65,556	**64,722	68,889	**65,000	**62,222	75,556	7,556	10,356
	CCC	**62,778	**65,278	**61,111	* 67,222	68,889	**61,667		6,822	9,356

表 5　嘉義地區施用生長調節劑後之塊根生長情形

		Concentration and time applied						CK	Significant compared with CK	
		300 ppm			500 ppm					
		45 days after planting	75 days after planting	45 & 75 days after planting	45 days after planting	75 days after planting	45 & 75 days after planting		*on 5% level	**on 1% level
Tainong 64	SADH	**12,167	**12,389	**13,056	**12,811	**13,833	**15,944	10,422	1,177.78	1,611.11
	CCC	**14,811	**14,756	**14,944	**16,033	**14,833	**15,589		1.344.44	1,844.44
Tainan 18	SADH	** 4,111	** 4,000	** 4,644	* 3,756	** 4,278	** 3,944	3,056	577.78	800.00
	CCC	* 3,756	** 3,978	** 4,144	** 3,922	** 3,867	** 4,144		533.33	722.22

表 6　屏東地區施用生長調節劑後之莖葉生長情形

		Concentration and time applied						CK	Significant compared with CK	
		300 ppm			500 ppm					
		45 days after planting	75 days after planting	45 & 75 days after planting	45 days after planting	75 days after planting	45 & 75 days after planting		*on 5% level	**on 1% level
Tainong 64	SADH	**18,200	**17,200	**18,867	**17,778	**17,589	**18,867	14,167	2,133.33	2,933.33
	CCC	**19,311	* 16,778	**19,056	15,333	16,111	**18,222		2,233.33	3,066.66
Tainan 18	SADH	** 5,667	** 5,333	** 6,278	** 6,389	** 5,444	** 5,833	4,444	766.67	822.22
	CCC	** 5,500	* 5,256	** 6,700	4,667	** 5,611	** 6,111		744.44	1,022.22

表 7　不同排水量對採收後塊根腐爛率之影響

Cultivar	Drawdown rate (cm/day)	Decay (%) Days after harvest 2	9	12	16	23
Centennial	5	1	15	25	42	54
	20	2	9	18	38	48
	35	0	9	29	51	60
	100	0	9	11	28	40
Julian	5	0	1	9	25	34
	20	0	2	6	24	27
	35	0	5	12	31	34
	100	0	2	12	21	31
NC 257	5	50	60	88	96	97
	20	41	68	78	85	89
	35	35	58	70	81	85
	100	6	15	31	43	54
LSD 5%		13	14	17	17	16

表 8　施用巴克素對甘藷對寒害之抵抗性

Temperature regime period	Oxidized glutathione (μ mole/g fw) Control period 24/20°C 0 h (day 0)	24/20°C 1 d (day 1)	Chilling period 7/7°C 1 d (day 2)	7/7°C 3 d (day 4)	7/7°C 5 d (day 6)	Recovery period 24/20°C 1 d (day 7)	24/20°C 3 d (day 8)
Variety/PBZ							
TN71/–P	0.35[x] A[y] d[z]	0.42 A cd	0.37 B d	0.61 B c	0.99 B b	1.24 C a	0.27 B d
TN71/+P	0.29 A c	0.29 AB c	0.72 A b	0.99 A b	1.43 A a	1.55 BC a	0.96 AB b
TN65/–P	0.11 B c	0.09 C c	0.32 B c	0.39 B c	1.13 AB b	2.01 B a	0.62 B c
TN65/+P	0.19 B d	0.20 BC d	0.39 B d	1.03 A cd	1.40 AB bc	3.00 A a	3.38 A b

[x] Each value was the mean of four replicates of each PBZ treatment or for each temperature time

[y] Among four PBZ treatments (column), means with same capital letters were not significantly different by the Duncan test at $P \leq 0.05$ with completely randomized design

[z] Among seven temperatures of each period (row), means with same small letters were not significantly different by the Duncan test at $P \leq 0.05$ with completely randomized design

–P: no paclobutrazol treated; +P: paclobutrazol pre-treated

表 9 各材料之抗旱系數、產量及乾物率比較

基因型 Genotypes	抗旱系数 Drought coefficient Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	抗旱系数 Drought coefficient	干物率（%） Dry matter content	小区平均产量（kg） Average yield of plot
y_6	0.44	0.36	0.24	0.35	30.1	9.28
y_2	0.87	0.45	0.81	0.71	36.9	1.99
y_{25}	0.61	0.23	0.36	0.40	38.4	2.39
紫张 17	0.1	0.27	0.23	0.20	37.4	2.69
丰收白	0.23	0.41	0.15	0.26	26.6	15.30

表 10　y_2、y_6 雜交 F1 代主要性狀表現

组　合 Cross	鲜薯产量 Fresh root wt				烘干率（%） Dry matter content		
	平均（g/株） Average	最高值（g/株） Maximum	杂种优势（%） Heterosis	变异系数（%） CV	平　均 Average	最高值 Maximum	中选率 Selection ratio
冀 21-2×y_2	520	1 650	31.6	78.1	26.9	34.8	7.3
y_6×冀 21-2	495	1 350	25.3	70.3	28.7	38.4	2.7
徐薯 18×y_6	405	1 700	−13.4	74.4	25.6	34.0	1.5
y_6×徐薯 18	305	875	−34.8	74.0	25.6	40.1	0
南丰×y_6	405	800	44.6	56.2	29.0	38.8	0
y_6×南丰	330	1 075	17.9	66.5	31.1	36.7	0
济 78066×y_6	275	1 325	−20.1	104.6	23.5	28.8	0
y_6×济 78066	265	925	−20.9	99.4	23.1	33.2	1.5
商 52-7×y_6	455	1 275	35.8	86.5	25.1	29.0	0
商 52-7×y_2	535	1 050	189.2	92.1	22.8	36.1	2.7
y_2×商 52-7	250	475	35.1	96.1	25.8	41.6	2.1
冀薯 4 号×y_2	305	825	5.2	77.8	26.3	34.0	3.7
徐 34-14×y_2	350	1 275	131.4	92.5	25.3	32.2	3.5

表 11　y_2、y_6 雜交 F2 代入選優良品系產量結果

品系号 Variety No.	鲜　薯 Fresh root		薯　干 Dry matter			淀　粉 Starch		
	产量（kg/hm²）	较对照增产（%）	产量（kg/hm²）	较对照增产（%）	干物率（%） Dry matter content	产量（kg/hm²）	较对照增产（%）	淀粉率（%） Starch ratio
17-71	43 884	13.4	12 067.5	17.2	27.5	7 705.5	18.6	17.56
17-78	45 669	18.0	12 741	23.7	27.9	8 128.5	25.1	17.80
17-4	44 241	14.3	13 051.5	26.7	29.5	8 538	31.4	19.30
17-88	48 879	26.3	12 463.5	21.0	25.5	7 737	19.1	15.83
17-79	40 317	4.2	13 023	26.5	32.3	8 764.5	34.9	21.74
15-75	51 021	31.8	12 807	24.4	25.1	7 897.5	21.6	15.48
7-13	43 536	12.5	11 929.5	15.8	27.4	7 609.5	17.1	17.48
ck	38 698.5	-	10 297.5	-	26.6	6 496.5	-	16.78

* 17 组合是冀 21-2×y_6，15 组合是徐薯 18×y_6，7 组合是徐 43-14×y_2。

表 12　誘變品系在不同鹽分濃度下之表現

NaCl conc. (mM)	Plantlet	Shoot length[a](mm)	Shoot fresh weight (g)	Chlorophyll content (mg/g)	Membrane permeability
50	ML1	34.2 ± 2.857 a	0.287 ± 0.035 ab	1.463 ± 0.110 ab	0.317 ± 0.019 ab
	ML2	34.6 ± 2.728 a	0.260 ± 0.051 ab	1.402 ± 0.112 ab	0.332 ± 0.029 ab
	ML3	35.0 ± 3.162 a	0.323 ± 0.057 a	1.591 ± 0.171 a	0.285 ± 0.028 b
	Control	35.4 ± 2.871 a	0.200 ± 0.039 b	1.288 ± 0.133 b	0.361 ± 0.051 a
100	ML1	14.6 ± 1.200 a	0.271 ± 0.038 ab	1.463 ± 0.110 ab	0.377 ± 0.018 b
	ML2	4.6 ± 2.245 a	0.246 ± 0.050 b	1.288 ± 0.112 b	0.389 ± 0.015 b
	ML3	16.4 ± 2.728 a	0.317 ± 0.057 a	1.505 ± 0.158 a	0.330 ± 0.036 c
	Control	11.2 ± 1.720 b	0.171 ± 0.042 c	1.076 ± 0.067 c	0.476 ± 0.021 a

[a] Value is mean ± SD

表 13　PEG6000 濃度對栗子香之懸浮細胞存活率之影響

PEG 浓度 Concentration (%)	处理 Treatment	处理细胞团数 Number of cell aggregates treated	1 周后存活细胞团 Cell aggregates surviving after 1 week		2 周后存活细胞团 Cell aggregates surviving after 2 weeks		3 周后存活细胞团 Cell aggregates surviving after 3 weeks		4 周后存活细胞团 Cell aggregates surviving after 4 weeks	
			Number	(%)	Number	(%)	Number	(%)	Number	(%)
0	Ⅰ	62	62	100	62	100	62	100	62	100
	Ⅱ	77	77	100	77	100	77	100	77	100
	Ⅲ	72	72	100	72	100	72	100	72	100
20	Ⅰ	248	138	55.6	75	30.2	71	28.6	51	20.4
	Ⅱ	210	120	57.1	65	31.0	63	30.0	43	20.6
	Ⅲ	138	96	69.6	48	35.5	45	32.6	29	21.2
30	Ⅰ	301	148	49.1	65	21.6	55	18.3	0	0
	Ⅱ	259	107	41.3	66	25.1	60	23.2	0	0
	Ⅲ	330	131	39.7	63	19.1	53	16.1	0	0
32	Ⅰ	305	98	32.1	40	13.2	0	0	0	0
	Ⅱ	240	70	29.2	24	10.0	0	0	0	0
	Ⅲ	210	62	29.5	20	9.5	0	0	0	0

表 14　選拔品系之耐旱系數

系号 Line No.	小区 Plot			平均数 Mean	0.05 显著性 Significant at 0.05	0.01 显著性 Significant at 0.01
	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ			
6	0.75	0.73	0.69	0.72	a	A
2	0.55	0.78	0.60	0.64	ab	AB
10	0.71	0.57	0.63	0.64	abc	AB
11	0.53	0.68	0.62	0.61	abcd	AB
8	0.61	0.48	0.37	0.49	bcde	BC
1	0.48	0.36	0.60	0.48	cde	BC
12	0.51	0.43	0.43	0.46	de	BC
7	0.48	0.50	0.35	0.44	e	BCD
9	0.30	0.48	0.37	0.38	ef	CD
CK	0.39	0.42	0.33	0.38	ef	CD
5	0.57	0.28	0.22	0.35	ef	CD
3	0.22	0.25	0.22	0.23	f	D

表 15　導入 Polyamines 基因之甘藷品系莖葉及塊根性狀之表現

	Plant	Growth condition		
		Control	Salinity	Drought
Fresh weight of vines (g plant^{-1})	WT	249.6 a	338.6 a	167.3 b
	TSP-SS-1	249.4 a	274.8 a	144.1 b
	TSP-SS-4	257.3 a	258.6 a	144.0 b
No. of storage roots per plant	WT	3.3 cd	4.0 c	2.7 d
	TSP-SS-1	5.0 ab	6.1 a	4.5 bc
	TSP-SS-4	5.0 ab	5.3 ab	4.0 c
Fresh weight of storage roots (g plant^{-1})	WT	324.0 a	237.1 c	111.3 d
	TSP-SS-1	348.9 a	284.0 b	139.1 d
	TSP-SS-4	338.2 a	284.3 b	127.2 d
Starch content in storage roots (%, w/w)	WT	15.0 b	16.7 ab	12.4 c
	TSP-SS-1	15.1 b	17.0 ab	15.2 b
	TSP-SS-4	15.7 b	17.5 a	17.1 ab
Starch yield (g/plant)	WT	48.6 a	39.6 b	13.8 d
	TSP-SS-1	52.7 a	48.3 a	21.1 c
	TSP-SS-4	53.1 a	49.8 a	21.8 c

Means with different letters are significantly different at $P<0.05$ by Turkey's multiple range test.

因應氣候變遷毛豆育種及生產環境管理

周國隆

行政院農業委員會高雄區農業改良場，E-mail: lung@mail.kdais.gov.tw

摘 要

在全球氣候變遷明顯的趨勢下，極端及異常氣候發生頻繁。目前栽培的毛豆品種因對氣候環境敏感，生育季節常遇水害、旱害或寒害等極端氣候，易導致產量和品質低下，加上水資源越來越有限，生產管理上的風險越來越高，如 2010 年秋作高屏地區毛豆結莢期遇低溫，豆莢減產約 40%，品質低劣，農民損失超過 1 億元以上。加上毛豆外銷專區一年種植春、秋兩作僅約 6 個月，土地利用效率低，且有連作障礙問題。因此如何因應氣候的變遷，育成對環境適應性廣及耐逆境的毛豆品種，至少達到潤年多增產，凶年少減產的目標。在毛豆耐逆境育種策略中，首先必須將這些耐逆境的基因，從種質資源中篩選鑑別出來，作爲雜交親本加以利用，近程目標期育成適合開花結莢期耐寒或耐旱的毛豆高產品種，並建立毛豆外銷專區環境親和型輪作經營模式，強化農業生態環境維護，解決連作障礙，以提升台灣毛豆產品在國際市場的競爭力。

前 言

氣候變遷是目前全球關切重要議題，在全球氣候變遷明顯的趨勢下，極端及異常氣候發生頻繁，影響人類生活及生存環境。農業是維持人類存續之主要產業，亦對環境變遷最爲敏感的產業，農業生產受環境條件的影響很大，尤其是氣候條件與土壤資源，並伴隨著作物品種及耕作模式而有不同的差異。其中，以氣候條件的變化對農業的生產力、穩定性及耕作制度所產生的影響最爲重大。一般來說，氣候變遷對於農業環境所造成重大的影響有：氣溫上升，尤以夜溫升高對 C_3 型作物影響最大；CO_2 濃度增高；極端氣候頻率增加；水資源減少等，預期將對全球農糧生產發生劇烈衝擊。我國位處於熱帶及亞熱帶海洋氣候區，糧食生產屬於小農型態，在國際的氣候變遷研究中屬於高風險的邊緣地區，加上我國糧食自給率不高，更將威脅我國糧食安全及社會安定。過去 60 年來臺灣地區氣溫有上升之趨勢，極端異常氣候現象頻率急增，尤以近 10 年來因旱、澇所造成農業損失大增。因此，如何在氣候變遷的趨勢下，穩定發展我國農糧產業，提高國產糧食自給率，確保糧食安全及建全農業生產環境，是目前必須積極面對的重要課題。因此本文針對因應台灣氣候的變遷，探討毛豆的育種及生產環境管理，期育成適合生育季節短期耐寒或耐旱的毛豆高產品種，建立外銷專區環境親

和型輪作經營模式，強化農業生態環境維護，開發新的蔬菜產品如甜玉米、菠菜、青花菜等外銷，解決連作障礙，以提升台灣毛豆產品在國際市場的競爭力。

南台灣氣候變遷的趨勢

綜觀百年來台灣地區氣候暖化的趨勢亦極爲明顯，按中央氣象局表示，台灣陸地平均日氣溫則從 1901 至 2000 年上升 1.3℃，暖化速度是全球總平均兩倍，增溫趨勢在夏季上升 1.3℃比冬季 0.8℃明顯。若以南台灣(嘉南及高屏 4 縣市)近 30 年來的氣候變遷趨勢來看，平均日氣溫上升 0.5℃，夜溫上升的幅度大於日間，因此日夜溫差呈現下降趨勢；雨年與旱年總雨量從相差 2 倍增加至 3 倍，年降雨日數卻減少約 15%，瞬間降雨量大幅增加，農作物遭受颱風、雨害、旱災及寒害等逆境傷害的頻率也會增多，加上我國糧食自給率不高，更將威脅我國糧食安全及社會安定。

氣候變遷對毛豆生產的影響

毛豆（Glycine max (L.) Merr.）爲具大粒豆仁，適合鮮食之大豆品種。一般以 R6 綠莢成熟期爲採收指標，即全株的鮮莢 80%達飽滿時採收，此時豆莢呈綠色帶有茸毛，故名爲「毛豆」，中國稱爲菜用大豆，日本稱爲「枝豆」，英名爲 vegetable soybean、green soybean 或 edamame。若以種子種皮的顏色來分類，可分爲黃色種皮的黃豆，綠色種皮的青皮豆，黑色種皮的黑豆，褐色種皮的茶豆等。若以香氣有無來分類，可分爲芋香毛豆及一般毛豆。目前栽培的毛豆品種以高雄 9 號及香姬茶豆爲主，因對氣候環境敏感，春作生育期常遇乾旱，秋作種植期常遇大雨，延誤最適的種植期，生育期常遇低溫寒害等極端氣候，導致產量和品質不穩定，加上水資源越來越有限，生產管理上的風險越來越高。如 99 年高屏地區毛豆在營養生長期及幼莢形成期均遇 13-15℃低溫，造成畸形莢增加，R5 籽粒充實期遇高溫，全生育期總降兩量又僅 14.6 公厘，以灌溉補充水分，但仍造成產量較往年降低約 10%，病蟲草害也較往年發生嚴重。秋作因遇連續大雨，9 月-10 月降雨量 1,223 公厘，毛豆種植期延遲至 10 月中旬-11 月上旬，造成結莢期遇低溫，葉片有寒害徵狀，畸形莢增多，豆莢減產約 40%，品質低劣，農民損失超過 1 億元以上。

因應對策

（一）選育耐逆境優良品種及建立健康管理技術：初期目標是育成適合生育季節短期耐寒或耐旱的毛豆高產品種，以避免冬季的寒害及夏季高溫逆境的傷害，並建立合理的健康管理作業，輔導大農場使用根瘤菌、性費洛蒙及誘蟲盒等，減少

化學肥料及農藥施用，生產安全衛生之毛豆原料。

（二）建立外銷專區環境親和型輪作經營模式：毛豆外銷專區一年種植春、秋兩作 5 個多月，土地利用效率低，且有連作障礙問題。配合台灣的氣候變遷及水資源變化，推動環境親和型輪作經營模式，建立合理的健康管理作業，除可減少作物需水量外，病蟲草害採共同防治，減少農藥施用，強化農業生態環境維護，開發新的蔬菜產品如甜玉米、菠菜、青花菜等外銷，解決連作障礙，以穩定糧食生產及增加農民收益。

（三）積極研發節水技術及防逆境等栽培技術：以自走式噴灌車進行灑水，建立防寒及降溫技術，避免早春的寒害及夏季高溫逆境的傷害，並可提高水分利用率及效能，在有限的水資源下獲得最大生產效益。

結 語

台灣在全球暖化下，未來面臨災害性的天氣會增加，台灣氣象災害以颱風最多，雨害及寒害其次，未來極端及異常氣候發生越來越頻繁。農作物遭受颱風、雨害、旱災及寒害等逆境傷害的頻率也會增多，對於農業總產量及農業損失影響甚鉅，造成農業天然災害救助金增加與市場價格飆漲，將大幅增加政府的財政及消費者的負擔。台灣可利用大豆及毛豆兩用高產優質的品種，建立優質安全的大豆機械化量產技術，降低國產大豆的生產成本，並可因應產銷需求，機動調整做爲毛豆或大豆生產，確保糧食供給的穩定性。氣候變遷具高度不確定性，台灣必須加快育成耐逆境品種及加強研發農作物防護技術，推廣農民使用。另外也必須加強氣候變化趨勢的預測和短期的農業氣象預報，結合媒體快速傳播速度，使農民多能掌握動態，主動採取防範措施，以減少損失，確保糧食供給的穩定性。

引用文獻

申雍、姚銘輝。2009。氣候變遷對台灣地區農業衝擊之評析及因應策略研究。行政院國家科學委員會專題研究計畫報告。

周國隆。2004。毛豆大農場機械化生產技術。高雄區農技報導 54：1-7。

林國慶。2009。我國糧食適當自給率水準與結構之研究。行政院農業委員會 98 年度科技計畫研究報告。

柳中明、吳明進、凌淑華、陳盈蓁、楊胤庭、林瑋翔、曾于恒、陳正達。2008。台灣地區未來氣候變遷預估。國立台灣大學全球變遷研究中心。

盧虎生。2010。第三場次糧食安全及節能減碳調適策略引言報告。全球氣候變遷與台灣農糧產業因應調適策略座談會專刊 3-1~9。

蘇宗振。2009。氣候變遷下台灣糧食生產因應對策。農政與農情 200 期。

Breeding and Cultivated Management of Vegetable Soybean for Adaptation to the Climate Change

Kuo-Lung, Chou

Kaohsiung DARES, COA, Executive Yuan, E-mail: lung@mail.kdais.gov.tw

Abstract

Under the global climate change obvious tendency, the extreme and unusual climates occur frequently. At present cultivated vegetable soybean varieties are sensitive to the climatic environment, and so often meet the flood, the drought or the cold extreme climates in the spring and fall seasons, to cause the product and the quality are low. In addition the water resource is precious and cultivation risk is higher. For example in the fall crop of 2010, the vegetable soybean met the low temperature in form pods stage, to cause the pod yields were reduced up 40% and the quality was inferior. The farmers' loss surpassed above 100 million NT dollars in the fall crop of 2010. In addition to export special area, vegetable soybean is planted approximately 6 months in spring and fall crops per year, the lands utilization efficiency are low, and have the continuous cropping question. Therefore, it is important how to adapt the climate change, and to develop new vegetable soybean varieties with the broad adaptability and tolerance stresses to environment. The goals can achieve the normal year to increase production, the unusual year to reduce loss at least. In the vegetable soybean breeding strategies to combat stresses, the basis of stress tolerance breeding is to identify and select the corresponding functional genes from soybean germplasm resources, and to use as the hybrid parent. The short-range goal is breeding a new variety for adaptive the short-term cold tolerance or the drought tolerance in growth season, and with higher yield. In addition to establishes environment compatible crop rotation management model at the export special area, in order to strengthen agriculture ecological environment, and to improve vegetable soybean continuous cropping question. The overall objective of this proposal is to promote the international competitiveness of Taiwanese vegetable soybean products.

氣候變遷對十字花科蔬菜育種的挑戰

王三太[1,5]　許秀惠[2]　陳甘澍[3]　邱金春[1]　李碩朋[1]
林楨祐[1]　羅惠齡[1]　林照能[1]　許淼淼[1]　洪爭坊[2]　張連宗[4]　陳姵華[1]

[1] 鳳山熱帶園藝試驗分所蔬菜系。
[2] 鳳山熱帶園藝試驗分所植物保護系。
[3] 鳳山熱帶園藝試驗分所分所長。
[4] 前亞蔬-世界蔬菜中心十字花科組研究員。
[5] 通訊作者，電子郵件：stwang@fthes-tari.gov.tw；傳真：(07)7315590。

摘 要

由於人類工業化使全球之二氧化碳濃度提高造成氣候變遷，而氣候變遷將導致平均溫度升高、乾旱期拉長、海平面上升與土壤鹽化等非生物問題日益嚴重，進而影響病蟲害與以往有所不同，此種生物與非生物逆境將造成十字花科蔬菜穩定生產困難。十字花科蔬菜是人類最重要的葉菜類，提供人類營養的經濟來源與農民收入。氣候變遷將造成原本的產地調整或者在相同產地栽培適應新生態的品種。臺灣育成的品種普遍以耐熱性見長，未來在溫帶地區暖化，預期將更有機會延伸使用的範圍。臺灣未來十字花科育種將以國際援助及提高種苗產業競爭力爲兩大主軸。國際援助以高生態適應性、高營養、易留種爲原則，在作物別上以複二元體的大油菜與芥菜爲主，提高產業競爭力則以花椰菜、青花菜、結球白菜、甘藍、芥藍與不結球白菜爲主。國際援助育種的作物具有生態適應廣泛特性，除由現有品種篩選外，針對耐熱性等目標篩選白菜類與甘藍類蔬菜，再透過種間雜交、胚拯救與染色體倍加技術創造複二元體的大油菜，在確認花粉稔性與足夠的種子量的早期世代，透過亞洲蔬菜研究中心、東協或國際合作基金會進行熱帶或亞熱帶地區當地篩選與留種，最終將獲得適應各地生態的品種，而選拔出來的回饋品種再進行下一輪迴族群改良或回交改善甘藍類或白菜類蔬菜。提高種苗產業競爭力的甘藍類及白菜類蔬菜，雖然臺灣品種具有耐熱特性，但並未針對耐旱或抗病毒育種進行研究。溫帶地區的病原與臺灣有差異，必須有計畫的加以研究釐清，以十字花科黑腐病爲例，日本、英國及德國以生理小種 1、4 爲主，臺灣則以 4 爲主，此與溫帶地區有所差異，透過生理小種的釐清，可望在臺灣育成能夠適應溫帶地區的品種。氣候激烈變化引起頂燒症，不僅是高溫期嚴重的生理障礙，同時也是正常季節生產的晚熟品種的問題，應針對其特性及早篩選因應。早熟品種可以減少受氣

候變遷影響，但目前極早熟品種尚有耐熱性不足及易頂燒等缺點，有待改善。花椰菜與青花菜的生產，需要足夠的低溫進行花球的分化，臺灣的花椰菜品種在耐熱性有其優勢，未來應以輪迴選種方式提高適合溫帶地區夏季栽培，並進一步利用改良青花菜，此外利用創育耐熱的大油菜回交青花菜或花椰菜，創造更耐熱新族群。未來因氣候變遷，氮肥的價格將不會如現在便宜，所以育成高氮肥利用率(NUE)將是育種上的挑戰。分子輔助育種、誘變育種、胚拯救技術、花藥培養等皆爲未來十字花科育種不可或缺技術。育種需要時間、資金與人力，我們必須在現在投入研發才來的及應付氣候變遷的災難。

前 言

氣候變遷是近年大眾關心的議題，從地球的歷史看，至少有四次巨大的氣候變遷，第一次在 3 億 5 千萬年至 4~5 千萬年前，期間第一個有葉片植物誕生；第二次在二億五千萬年的火山大爆發，覆蓋 5 百萬平方公里，臭氧層減少，造成當時 95%物種滅絕；第三次則在 1 萬 5 千年至 1 萬 3 千年間冰河期結束時，氣候變得長期乾燥，使得具有休眠特性的種子與塊莖得以優勢存活，而促成農業的誕生；第四次發生在 9 千年前，冰棚的崩解，造成海水上升 1.4 公尺與大洪水。最近 5 千年，因爲水分缺乏造成農業減產，最後導致數個帝國滅亡，例如 4164 年前因爲乾旱與降雨減少，造成美索不達米亞的阿卡德帝國滅亡；1000 年前中美洲長達 200 年乾旱，導致馬雅文明崩解，400 年前南美洲的 30 年的洪水接著 30 年乾旱，造成馬丘滅亡(Ceccarelli *et al*, 2010)。Zhang 等人分析公元 1400 至 1900 年的歐洲與中國的氣候型態與戰爭的次數有強烈關聯；Burke 等人研究提出近年的全球暖化，增加非洲國家內戰的風險(Reynolds & Ortiz, 2010)。

大氣中的二氧化碳、甲烷、一氧化二氮、臭氧等溫室效應氣體，當太陽光線穿越大氣由大地或海洋吸收其熱能，折射的紅外線由溫室效應氣體吸收，造成地球暖化，其中又以二氧化碳貢獻最多。目前二氧化碳濃度大約比工業革命前增加 35%，現在還在持續增加中。地球暖化的嚴重性，經聯合國的跨政府氣候變遷小組(IPCC)第四次報告指出，1850 年開始有溫度紀錄以來，最熱的 11 年落在 1995~2006 的 12 年間，可見氣候變遷是現在進行式(Ceccarelli *et al*, 2010)。二氧化碳濃度根據夏威夷的馬納洛觀測站測量結果，二氧化碳濃度在 2007 一年內就增加 2.14 ppm，這是過去 6 年間第四次年上升值超過 2 ppm，這種增加的速度遠高於科學家的預期。預估當溫度上升超過 2℃將對農業造成嚴重衝擊，而到 2090~2099，不同經濟與排碳量不同國家分類的 B1，A1B 與 A2 推估分別平均氣溫達到 1.8℃、2.8℃及 3.4℃，而熱帶地區則會達到 1.4 至 5.8℃範圍，而 A1B 大部分國家，到 2050 時，會增加到 2℃，排碳量最多的 A2 情境國家，

甚至在 2020 時就會升溫達到 2℃(Jarvis *et al*, 2010)。

雨量的預測模型並不能像溫度那麼肯定,根據 IPCC 推估未來的年總雨量變化不大,但在濕季降雨量集中,同時伴隨降雨次數減少,造成乾旱期增長(Jarvis *et al*, 2010),可能造成非洲南部、大部分墨西哥、美國西南部、南歐與澳洲等熱帶與亞熱帶地區的乾旱(Lobell & Burke, 2010),而世界上最貧窮的地區常在半乾旱或乾旱等地區(Ceccarelli *et al*, 2010)。

由於溫度升高造成海水體積增加,同時造成冰山與冰層的溶化,到本世紀末,海平面上升少則 18~38 公分,多則 26~59 公分,將造成沿岸的淹水,以及土壤與地下水的鹽化,預估當海平面上升 55 公分,將造成 1 千 6 百萬至 3 億 8 千 8 百萬人遭遇洪水危害(Jarvis *et al*, 2010)。

氣候變遷將造成食物生產、品質與安全的衝擊,預估到 2080 年與 1990 年相比,營養不足人口在中東、北非增加 150%,在次撒哈拉增加 300% (Ceccarelli *et al*, 2010)。蔬菜是人類獲得營養最經濟的來源。也是農民投資少又回收快的現金作物。氣候變遷造成的高溫、乾旱與土壤鹽化等非生物逆境,以及由此衍生的病害變化、蟲害增加的生物逆境,皆造成未來蔬菜穩定生產的困境。葉菜類蔬菜因爲栽培期短、複作指數高、資金需要少及栽培技術門檻低等因素,是蔬菜作物的主要類型,其中又以十字花科最爲普遍。根據 FAOSTAT 統計,甘藍與其他十字花科的栽培面積若加上花椰菜與青花菜部分,是萵苣的 3 倍,菠菜的 4.1 倍,所以由栽培面積來看,十字花科爲最重要葉菜;由生產量來看甘藍、青花菜與花椰菜的十字花科的生產量爲萵苣與朝鮮薊的 3.5 倍,菠菜的 5 倍,由此可見其對食物影響程度(表 1)。依據美國農部公佈的資料來看,十字花科蔬菜供應蛋白質、鈣、維他命 A、維他命 C、維生素 B1、維生素 B2 及菸鹼酸等營養成分,若以每人每日所需營養成分來看十字花科蔬菜貢獻度,比較明顯爲鈣與維他命 C 的量較高,其他雖量少,除玉米外,不低於主要糧食小麥及水稻(表 2),是人類重要營養來源。

十字花科蔬菜最重要有甘藍類、白菜類、芥菜類、大油菜與蘿蔔,皆包含不結球葉菜;也多分化出結球的甘藍、結球白菜、包心芥菜,具有耐運輸特性;食用莖部爲主有球莖甘藍、瘤芥;食用花球與花苔的青花菜、花椰菜、大心芥藍、油菜心、大心芥菜;作爲油料作物的油菜、芥菜與大油菜;食用根部的蕪菁、根芥、瑞典蕪菁與蘿蔔。幾乎在不同十字花科物種在根、莖、葉、花苔與種子多分化出利用。而溫度則由出北方寒冷的瑞典、英國分化出來的瑞典蕪菁、孢子甘藍、越冬花椰菜、越冬甘藍;適應最熱如不結球白菜、油菜心、芥藍、耐熱花椰菜、芥菜。十字花科蔬菜爲短期作物,所以會在最適合的地區形成產地。例如台灣秋冬溫度適中,雨量少適合生產,夏季平地溫度高,高冷地形成產地;熱帶地區多在中海拔冷涼氣侯下,形成主要產地,

生產後再運輸至消費地，但在未來可能面臨雨量減少，因此造成乾旱及單一雨量造成淹水，或因地形高雖無淹水，可能土壤流失、植株機械傷害或道路損壞，而影響產地的運銷，熱帶與亞熱帶平原預期面臨高溫、乾旱與淹水的三重危機，更難生產。但溫度升高，造成如蘇俄、加拿大、中國東北方與日本北海道等新的產區，在全球自由貿易下，預估變成夏季北菜南運，而冬季能否南菜北運則端視冬季能否有穩定的溫度，如果未來冬季亦如台灣的春季溫度變化激烈，則很難穩定生產，或則必需有適應該生態品種，日本結球白菜品種在台灣春季栽培，非常容易頂燒症，而台灣的結球白菜與花椰菜品種爲適合春季溫度變化大情形，已經發展出特定適應品種，所以假設未來產區，如果在東南亞與南亞的結球葉品種，必需有耐熱、耐雨水、抗頂燒特性，未來除需具備抗黑腐病特性外，溫度提高，促使軟腐病發生，而在熱帶平地，爲了穩定生產，預防暴雨損害，而進行設施栽培，耐熱又抗頂燒症成爲必備條件。亞洲最大生產葉菜基地預期將移到北方。台灣育成的品種具有耐熱特性，已行銷到南中國、印度等地，但如要進入北方市場，將面臨不同病原的新挑戰，而乾旱造成病毒媒介昆蟲密度提高危害，因此栽培的品種必需具備抗病毒特性。北方的暖化對台灣的種苗公司是一個成長與挑戰的機會。

台灣公部門的十字花科育種方向

台灣未來公部門十字花科育種分爲國際援助與提高種苗業競爭力兩項，分述如下：

一、國際援助

根據國際貨幣基金會(IMF)公布 2010 年台灣的每人每年生產毛額(GDP)爲 18,457 美元，在 179 個國家中，排名第 38 位，在亞洲僅次於日本、新加坡、以色列、汶萊、科威特、香港與韓國。台灣外銷依存度(出口總值/國內生產毛額)在民國 99 年高達 70.4％，國際經濟的興衰，勢必影響台灣經濟的表現。氣侯變遷的影響預估對全球經濟生產毛額將減少 5％，如果將風險與衝擊一起納入考慮，甚至達到 20％(Ceccarelli *et al*,2010) ，因此對外貿易依存度高的台灣也必難以倖免。台灣的碳排放量根據國際能源總署(EAI)統計 2008 年平均每人 11.53 噸，列爲亞洲第 2 名，僅次於生產石油的汶萊，在世界 140 個國家中排第 16 名，而同樣發展石化業的新加坡與韓國分別爲 9.16 公噸/人與 10.31 公噸/人。台灣是二氧化碳主要排放者之一，而國際經濟的興衰又直接影響台灣；又加上台灣的許多邦交國是在受氣侯影響最激烈的非洲與大洋洲，所以從經濟或道義責任考量，台灣必須減少友邦受氣侯災難影響的痛苦，進行國際援助。除了直接以金錢人道救援外，從農業方向可以提供糧食與蔬菜作物品種，供當地自力救濟。

世界上重要的葉菜多爲十字花科蔬菜，所以如何提供十字花科蔬菜品種以供應當地農民種植，考慮必需符合以下條件：

1. 生長強勢，早熟高產，適應性廣。
2. 熱帶與亞熱帶地區高溫暴雨，引起黑腐病與軟腐病等逆境狀況。
3. 提供農村婦女就業機會與兒童的營養。
4. 小農自行留種，又不會易退化，而減產。
5. 以當地烹飪方式，市場接受性好。

綜合上述條件，利用複二元體的十字花科不結球葉菜是解決的方法。Morinaga 針對蕓苔屬主要作物親和性與親緣所提出主要蕓苔屬之間關係(Morinaga, 1934)(圖 1) ，蕓苔屬(*Brassica*)的甘藍(*B. oleracea* 2n=18,CC)、白菜(*B.rapa* 2n=20,AA)與黑芥(*B.nigra* 2n=16,BB)爲基本種，而其複二元體雜種非洲芥藍(*B.carinata* 2n=34,BBCC)、大油菜(*B.napus* 2n=38,AACC)與芥菜(*B.juncea* 2n=36,AABB)、與，而其假說由禹長春首先以抱子甘藍(*B.oleracea*)與四日市丸葉種(*B.campestris*)雜交獲得染色體數 38 的大油菜(*B.napus*)証明假說，而歐洲的學者成功合成大油菜(*B.napus*)、芥菜(*B.juncea*)與非洲芥藍(*B.carinata*) ，印度則人工雜交出芥菜(*B.juncea*)(Olsson & Ellerström,1980)。

複二元體具有不同套染色體作用的雜種優勢，所以芥菜、大油菜與非洲芥藍都具有適應廣泛的優點。非洲芥藍發源於非洲，目前主要由非洲衣索比亞保存，在三種複二元體中，數量最少(Bukema & van Hintum, 1999)。人類利用芥菜至少可追溯五千年前，種原中心爲中亞至喜馬拉雅山，次種原中心爲印度、中國與高加索，做爲蔬菜與油料作物(Hemingway, 1976) ，而世界保存的種原數量與大油菜相當(Bukema & van Hintum, 1999) ，足以進行進一步選拔與育種。大油菜(*B.napus*)被人類發現與利用的時間很短，1620 年瑞典才有文字記載大油菜，主要作爲油料與飼料作物，少數當蔬菜食用(McNaughton, 1976)。可以越冬栽培，產油量一般高於白菜類，因而以做爲油料作物爲主(Weiss, 1983)；回顧引入日本的歷史也是從溫度低的北海道開始栽培(Shiga, 1970)。大油菜具有耐旱的特性，在澳洲開花期只需要 450 至 500 公釐降雨(Weiss, 1983)。在澳洲開花初期平均高溫 28~31℃，開花後期 33~36℃，而成熟期甚至高達 38℃至 41℃，足見其耐熱特性(Weiss, 1983)。大油菜在日本引入栽培，具有高油份、抗白絹病與豐產等優點，但卻怕溼與晚熟，所以日本育種家將大油菜回交白菜，選拔早生抗病特性，由 1930 年至 1970 年育成的 41 個大油菜品種中，15 個爲與白菜的種間雜交後代選拔，16 個至少有雜交的一親有白菜的血統，僅有 10 個得自大油菜族群中選拔(Shiga, 1970)。由於大油菜的耐逆境優點，所以在日本(Namai *et al*, 1980)、歐洲(Olssen & Ellerström, 1980)以及廣泛應用芥菜的印度(Pakash, 1980)也投入人工合成大油菜，初期在進行甘藍與白菜雜交，有雜交障礙，難以穫得雜種，加以利用嫁接、混合授粉、

切除柱頭、化學處理及胚培養、4 倍體雜交等不同方法克服，其中以 4 倍體雜交約可高出其他方法 1 倍的效果(表 3)，但仍僅有 0.5%成功率，胚培養的效果最佳，10 篇有 8 篇獲得雜交株，成功比率較一般方法高 4 至 29 倍，而母本使用白菜的效果優於甘藍(Namai et al,1980)。人工合成大油菜可以有較高乾物含量與較高單位面積蛋白質產量(Olosson & Ellerström, 1980)。台中區農業改良場由複二元體千寶菜 2 號選育的台中 1 號芥藍，其鐵與鈣的含量比美國農部的標準高(表 4)。日本試驗機構由白菜轉移耐濕性到大油菜，因爲以大油菜爲母本白菜爲父本的雜交較易獲得雜交種子，白菜類易感軟腐病，一直是栽培的限制因子，甘藍類較耐軟腐病，日本以甘藍與結球白菜雜交獲得‘CO’的大油菜，再回交結球白菜，獲得‘平塚一號’結球白菜，對軟腐病的抗性佳(金沢, 1959) ，而其抗病性也廣泛導入後來的栽培種。日本蒔田種苗與麒麟啤酒公司合作，利用抗黃葉病的成功甘藍與耐熱的葉深甘藍，分別與晚生小松菜雜交，種間雜交後再以秋水仙素處理獲得複二元體具有稔性品系，再經選拔後進行雜交組合，歷時 4 年，獲得‘千寶菜 1 號’與‘千寶菜 2 號’(永野等人, 1988)，具有耐暑、耐寒、耐病、晚抽苔與營養價值高等優點(永野, 1987)。日本爲改良白菜感軟腐病缺點，除了育成耐軟腐病的‘平塚一號’結球白菜，也同時直接由結球白菜與甘藍雜交，利用秋水仙素處理獲得結球大油菜，因爲兩親分別由結球白菜(日文 HAKUsai)與甘藍(日文 kanRAN)來，所以稱爲‘白藍菜’(HAKURAN)，品質柔軟多汁，高抗軟腐病與其他細菌病害，同時兼具耐旱與耐熱性，容易栽培(Nishi, 1980)。由抗軟腐病的野生芥藍與結球白菜體胚雜交，由後代亦獲得較結球白菜耐軟腐病品系 (Yamagishi *et al*, 1990)。高田宗男以自交不親和的‘GC’與‘甘 8’結球大油菜雜交獲得新組合，具有早熟、糖度達 13 度、抗軟腐病與露菌病強等優點，爲紀念與報答細田友雄博士，命名爲‘F1 細田早生’(高田宗男 2006)。綜合上述試驗，利用人工合成大油菜，達到豐產、抗軟腐、口感佳是已經這些溫帶國家成功的案例。但在熱帶與亞熱帶的我們，必需量身訂製適合我們生態的品種。

考慮的順序如圖所示：

1. 生態適應：以適合熱帶具耐熱、耐雨水、耐脊、耐酸性土壤、耐鹽、耐黑腐病、耐軟腐病爲目標。甘藍類蔬菜以芥藍與花椰菜爲篩檢種類，白菜類以油菜心、小松葉、皇京白菜、黑葉白菜、小白菜爲篩檢種類，每一個項目，必需發展出可重複檢驗流程，針對目標地區收集種原。評估以單一項目最佳與綜合評比佳爲入選供試材料。
2. 品質要求：①針對已符合生態適應要求品種，進行營養成份分析，以符合本案的宗旨。
   ②不放冰箱下，貯架壽命不低於當地品種，在台灣必需先以參考品種比較。
   ③以不同地區亨飪方式料理，可符合當地需求。
3. 產量評估：①符合生態品質要求品種，進行白菜類與甘藍類種間雜交，接著進行胚拯救，最後成株再以秋水素處理誘導複二元體產生，複二元體產生後

授粉，評估自交不親性，下一代不進行選拔直接隔離留種，採種量低者，代表稔實性差，直接淘汰。

②針對自交稔性佳者，在以隔離網室下利用蜜蜂隔離留種，淘汏採種差者，以每品系留種 1 公斤爲目標。

③由農委會與國際合作發展基金會合作，至大洋洲友邦進行耐熱與耐鹽篩選品系，與世界蔬菜中心合作至非洲或南亞進行耐熱與耐病篩選，與東協個別國家透過雙邊會議進行合作發展可能性，篩選品系必需共同回報產量、口味、接受性、當地亨飪方式後接受性、耐貯架壽命，當地自行留種的採種情形。

④成功品系推廣，由國外單位與當地推廣人員合作介紹營養與產量表現。

⑤不同地區與生態品系再回台灣，進行不同品種人工蕾期雜交，獲得 F_1 後，下一代利用蜜蜂授粉，獲得遺傳岐異度大 F_2。

⑥F_2 再依不同生態目標進行下一輪迴選種。

二、提高種苗業競爭力

工研院是電子業研發的活水，不論是技術或人才皆源源不絕，台灣農業研究單位希望對台灣的種苗業扮演輔助角色，提高業界競爭力。面對氣侯變遷影響，農民栽培難度提高，尤其是貧窮地區農民，很難投入足夠的資本增添設施應付變局，而其最簡便的方法就是使用抗逆境品種。台灣育成的耐熱花椰菜行銷南中國、印度與東南亞，未來在青花菜、甘藍甚至結球白菜，皆有可能再進一步突破，耐熱的十字花科品種是台灣未來改善氣侯變遷對農民與消費者衝擊的具體辦法，也是台灣種苗業立足世界與人競爭的根本，未來氣侯不穩定，預期最大的產區可能在北方，而東南亞與印度高地生產，如果平均溫度升高，將面對新的生態。亞蔬專家調查印度 3 個省栽培花椰菜與甘藍 300 位農民，花椰菜最重要蟲害是小菜蛾，甘藍則是蕃茄夜蛾，而兩個作物最重要病害爲細菌性病害引起的焦枯,而其防治病害的葯劑依使用量排序前三者爲大生粉、貝芬替與菲克利，並未使用針對細菌性病害的銅劑或抗生素葯劑，因爲花椰菜單價較高，三個省有兩個省會連作 1 至 2 次分別高達 48％與 49％，造成病害與蟲害不易中斷的背景(Weinberger & Srinivansan, 2009)。未來溫度升高，對蟲害的密度有利，病害可能是黑腐病，因爲連作的習慣將會持續有利發病，但軟腐病因溫度升高，可能成爲另一個問題，未來針對黑腐病，最可行方式爲育成抗特定生理小種雜交種送至產地，再依產地表現修正品種發展策略，如果花椰菜短期內無法有效抗病種原，則必需考慮由白菜類導入抗黑腐病，目前已成功將混合菌株仍表現抗性的種原與花椰菜進行種間雜交，未來將進一步導入花椰菜。

未來北方溫度升高對台灣的品種是一個機會，但台灣品種對病害的抗性缺乏具體抗性品種是我們的弱項。日本的甘藍、結球白菜與蘿蔔商業品種對病害抗性，甘藍最強調抗黃葉病，其次是黑腐病；結球白菜依序抗根瘤病與軟腐病；蘿蔔則爲抗黃葉病與病毒病，三種十字花科共同強調爲土壤性病害，例如可以在'六五'至'十五'期間用原膜孢子殘存土壤的黃葉病或殘株造成下一作感染的黑腐病，其次是由媒介昆蟲傳播的病毒病。中國針對甘藍的蕪菁嵌紋病毒(TuMV)、胡瓜嵌紋病毒(CMV)、花椰菜嵌紋病毒(CaMV)、黑腐病與根瘤病進行篩選，育成抗蕪菁嵌紋病毒 2 個品種，抗蕪菁嵌紋病毒病與黑腐病 8 個品種，抗蕪菁嵌紋病毒病、耐黑腐病與抗根瘤病 2 種，抗 TuMV、CMV、黑腐病 2 種(劉, 2008)。近來則甘藍黃葉病在中國北方與根瘤病在中國西南方有日益嚴重趨勢(楊等, 2011)，而抗黃葉病甘藍種原主要來自日本、韓國與荷蘭(康等, 2010)。中國的結球白菜研究在病毒病、露菌病研究豐碩，也育成雙抗品種，其他對軟腐病、黑斑病、黑腐病與白斑病亦有作抗性篩選(李, 1995)。近年來除了根瘤病、病毒病、露菌病、黑斑病有新的生理小種變化，而黑腐病與黃葉病也逐漸流行(張等, 2011)。以前中國與日本甘藍品種在抗性非常大差異在中國強調抗 TuMV 與黑腐病，日本則是黃葉病與黑腐病，但由新的結果看，抗黃葉病已經是在北方栽培品種必需具備條件；結球白菜中國除了軟腐病仍是個問題外，黑腐病是新的問題。綜合北方十字花科狀況，台灣品種如要在北方栽培，結球白菜在抗病性必需抗 TuMV，耐軟腐、黑腐、抗根瘤病；甘藍或花椰菜則除了抗黑腐、TuMV 外，必需能抗黃葉病。但每一個項目都有其複雜性與必需投入相當的人工進行基礎研究，才能有較穩定的結果，以十字花科黑腐病作說明。黑腐病抗病育種最早由日本的品種‘富士早生’篩選到抗病性(Bain, 1952)，其抗病性是由 1 個隱性基因與 2 個修飾基因控制(William *et al* 1972)。而農試所由美國種原‘PI 281552’篩選純化抗病自交系，經遺傳分析確認由 1 顯性基因控制(蕭與張, 1988)。造成此種遺傳分析差異如此大，除了種原本身的特性外，主要是病原的生理小種分化。 Kamoun 等人首先以 3 個蕪菁、1 個芥菜與 1 個甘藍品種作爲鑑別寄主將黑腐病分爲 0 至 4 共 5 個生理小種(Kamoun *et al*, 1992)。Vincent 等人再根據 Kamoun 的模式，保留原來使用的鑑別寄主，另外增加非洲芥藍‘PI 19947’與花椰菜‘Miracle’，依此 6 個品種對黑腐病的不同抗感反應，區分爲 6 個生理小種(Vincent *et al*, 2001)。Fargier 與 Manceau 根據 Vincent 模式，以相同鑑別寄主，依其與不同鑑別寄主反應與原來 6 種不同，增加爲 9 個生理小種(Fargier & Manceau, 2007)。小種爲 1 與 4 爲最重要生理小種(Ignatova, *et al*, 1998; Vincent *et al*, 2001)。所以必需先釐清臺灣有無生理小種 1 與 4，甘藍的黑腐病分別由台北市的陽明山、新北市的三峽、宜蘭縣、南投縣的仁愛鄉、雲林縣的崙背鄉及二崙鄉收集的病葉分離，編號共 39 個菌株，依照 Vincenile 等人以鑑別寄主區分，依鑑別寄主反應，分成不同生理小種，其中以生理小種 4 有 22

菌株，生理小種 7 有 5 菌株，生理小種 1 僅有 2 菌株，無法歸類有 5 菌株(許, 未發表)，此與國外生理小種 1 與 4 爲主有所不同，但亦有生理小種 1，所以可以進一步選拔抗病株。透過生理小種的確認，後續的遺傳分析與分子標誌，才能有可再現結果，亦可以了解是否有新的生理小種，但這些需要從病原收集分離，鑑別寄主建立，接種方法建立，逐代篩選純化，前後需要的病理與育種人力、資金與長達 6 年等待，遺傳分析族群建立則另外需要 3-4 年，並非臺灣 1 間中型私人公司可負擔，但如能完成全程，其結果可以與世界其他大型種苗公司比較。所以未來必需選擇重點項目，但必需跨領域整合，政府投入與支援長期與足夠資金，但在不同階段檢核，作到佔世界一席之地。未來短期可以選擇項目爲黃葉病，因爲日本有足夠的抗病商業品種，難在是否收集足夠有歧異度與代表性病原。根瘤病與病毒病必需先從鑑別寄主引入或建立著手。

頂燒症常被歸爲缺鈣所造成，但實際補充鈣肥，不是效果不彰，就是成效有限，但若更換品種，則能克服或減緩此種問題。頂燒可分爲外部頂燒與內部頂燒，外部頂燒在夏季栽培，不適合的品種，會完全無法結球或影響品質，以甘藍在鳳山栽培爲例，55 個甘藍品種，頂燒指數低於 5%有 11 個品種佔評估品種數的 20%，所以夏季栽培品種必需具抗頂燒特性。內部頂燒在生長快速的秋作或長期貯藏品種較易發生，而以下栽培因子易促成內部頂燒，同時也是篩選的條件(Everaarts & Blom-Zandstra ,2001)：

1. 高相對濕度，抑制蒸散，減少鈣的補充。
2. 提高生長速度的方式，易造成內部頂燒。
3. 低密度栽培，單一球過大易頂燒。
4. 施過量氮肥，氮肥型態爲銨態氣肥。
5. 延遲採收。
6. 冷藏一段時間。
7. 根系發展受限制。
8. 白天高蒸散，夜晚低蒸散。

氣侯變遷提高栽培失敗的機率，雖然早熟品種單一球重較低，但其提早採收，可降低風險，而且產量則可由提高密度稍加改善，但甘藍極早熟品種有耐熱不足與易缺鈣問題，有待改善；花椰菜則易有頂燒與缺硼問題，品種間差異明顯，有待改進。

花椰菜與青花菜花球的生產需要一定的低溫或涼溫，才足以花芽分化，生產正常花球，否則會有柳葉、小花蕾枯黃或花球表面枯焦情形。花椰菜耐熱性優於青花菜，但有在圃性差問題，必需由熱帶耐熱與溫帶耐熱族群雜交選拔耐熱在圃性佳品系。青花菜亞蔬改良的品系已可在台灣的 6-7 月採收，這是一大突破，相信未來也猶如耐熱花椰菜成爲另一個品項，未來必需解決可能是感黑腐與不耐貯放問題。未來利用耐熱花椰菜與耐熱的油菜心雜交，可創育新的花球型大油菜，可以再導入青花菜或花椰菜，

一方面提高耐熱性，另一方面提高其抗黑腐病特性。

未來能源的價格上揚，依據能源生產的氮肥將較現在更貴，而過量的氮肥流入地下水，最後到達海洋，過量氮肥造成藻類過度生長，使海洋逐步死亡，而海洋中的細菌可將氧化態的硝酸還原爲氧化亞氮，而氧化亞氮(N_2O)的溫室氣體效應是二氧化碳的300 倍，所以對農作物而言，如何用育種的手段，在低氮肥或正常施肥篩選具有高氮肥利用率品種(NUE)爲未來重要的課程。

耐熱大油菜、非洲芥藍與芥菜等複二元體優於白菜、甘藍與黑芥(Ashraf *et al*,2001)，其中大油菜 200mM 濃度的乾物重是原來的 52.4%，白菜、甘藍與黑芥則分別是對照組的 40.4%、36.5%與 28.8%但其最高濃度僅用到 200mM，十字花科野草以死亡 50% (LD50)方式評估，可忍受到 600mM，未來如能經由屬間雜交，體胚雜交或其他方式導入現有品種，可以擴大沿岸邊緣土地利用，減少氣侯變遷衝擊(Orsini *et al*,2010)。

結 論

氣侯變遷的研究學者紀登斯針對各國很難對減碳提出具體承諾，提出「登登斯的弔詭」(Gidden's paradox)：由於全球暖化帶來的危害在日常生活中並非有形的、立即的、明顯可見的，就算危害很可怕，很多人會依然袖手旁觀，未採取實際行動，等到危害變得可見而且嚴重時，才採取嚴勵的措施，顯然已經太慢了。相同的育種需要爲政者的支持，資金、人力長期的挹注，需要一個輪迴一個輪迴改進，需要時間，但中間過程的檢討修正，可以讓結果更盡善盡美。

引用文獻

永野浩司、時田勉、深水孝明、川野隆明、森本博幸。1988。アブラナ科合成ナプス千宝菜 1 号の育成および特性。育種學雜誌(別冊 2): 306-307。

金沢幸三。1959。平塚一号。p.193。蔬菜の新品種。藤井健雄編。誠文堂新光社出版。東京。227pp。

高田宗男。2006。F_1 細田早生。p.88。蔬菜の新品種(第 16 卷)。伊東正編。誠文堂新光社出版。東京。166pp。

康俊根、田仁鵬、耿麗華、陳延陽、簡元才、丁芸花。2010。甘藍抗枯萎病種質資源的篩選及抗性基因分布頻率分析。中國蔬菜。(2):15-20。

張淑江、李菲、章時蕃、張慧、孫日飛。2011。 "十一五"我國大白菜遺傳育種研究進展。中國蔬菜。2011(6):1-8。

楊麗梅、方智遠、劉玉梅、庄木、張揚勇、孫培田。2011。“十一五”我國甘藍遺傳育種研究進展。中國蔬菜。2011(2):1-10。

Ashraf, M., N. Nazir. and T. McNeilly. 2001. Comparative salt tolerance of amphidiploid and diploid *Brassica* species. Plant Sci. 160:683-689.

Bain, D. C. 1955. Resistance of cabbage to black rot. Phytopathology 45: 35-37.

Boukema, I. W. and Th. J. L. van Hintum. 14 Genetic resources. p.461-479. *in*: Biology of *Brassica* Coenospecies. (Cómez-Campo, C. ed.) Elsevier Science B. V. Amsterdam. 489 pp.

Ceccarelli, S., S. Grando, M. Maatougui, M. Micharl, M. Slash, R. Haghparast, M. Rahmanian, A. Al-Yassin, A. Benbelkacem, M. Labdi, H. Mimoun. and M. Nachit. 2010. Plant breeding and climate changes. J. Agri. Sci. 148:627-637.

Everaarts, A.P. and M. Blom-Zandstra. 2001. Review: internal tipburn of cabbage. J. Hort. Sci. Biotech. 76(5): 515-521.

Fargier, E., and Manceau, C. 2007. Pathogenicity assays restrict the species *Xanthomonas campestris* into three pathovars and reveal nine races within X. c*ampestris pv. campestris*. Plant Pathology 56:805-818.

Ignatov, A., Kuginuki, Y., and Hida, K. 1998. Race-specific reaction of resistance to black rot in *Brassica oleracea*. Eur. J. Plant Pathol. 104:821-827.

Inomata, N. 2007. Chapter4 *Brassica* vegetable crops. p.115-146. in: Gentic Resources, Chromosome Engineering, and Crop Improvement Voume3: Vegetable Crops. (Singh, R. J. ed.) CRC Press. New York. 530 pp.

Jarvis, A., J. Ramirez, B. Anderson, C. Leibing. And P. Aggarwal. 2010. Scenarios of climate change within the contex of agriculture. p.9-37. in: Climate Change & Crop Production. (Reynolds, M. P. ed.) CABI. Oxfordshire. 292 pp.

Kamoun, S., Kadmar, H. V., Tola, E., and Kado, C. I. 1992. Incompatible interactions between crucifers and *Xanthomonas campestris* involve a vascular-hypersensitive response: Role of the hrpX locus. Molecular Plant-Microbe Interactions. 5:22-33.

Lobell, D. and M. Burke. 2010. Economic impacts of climate change on agriculture to 2030. p.38-49. *in*: Climate Change & Crop Production. (Reynolds, M. P. ed.) CABI. Oxfordshire. 292 pp.

McNaughton, I. H. 1976. 18. Swedes and rapes. p.53-56. *in*: Evolution of Crop Plants. (Simmonds, N. W. ed.) Longman Group Limited. New York. 338 pp.

Nishi, S. 1980. Differentiation of Brassica crops in Asia and the breeding of ‘Hakuran’, a

new synthesized leafy vegetable. p.133-150. *in: Brassica* Crops and Wild Allies, Biology and Breeding. (Tsunoda, S., K. Hinata and C. Cόmez-Campo, eds.) Japan Scientific Press. Tokyo. 354 pp.

Namai, H., M. Sarashima and T. Hosoda. 1980. Interspecific and intergeneric hybridization breeding in Japan. p.191-203. *in: Brassica* Crops and Wild Allies, Biology and Breeding. (Tsunoda, S., K. Hinata and C. Cόmez-Campo, eds.) Japan Scientific Press. Tokyo. 354 pp.

Olsson, G. and S. Ellerström. 1980. Polyploid breeding in Europe. p.167-190. *in: Brassica* Crops and Wild Allies, Biology and Breeding. (Tsunoda, S., K. Hinata and C. Cό mez-Campo, eds.) Japan Scientific Press. Tokyo. 354 pp.

Orsini, F., M.P. D'Urzo, G. Inan, S. Serra, D.H. Oh, M.V. Mickelbart, F. Consiglio, X. Li, J.C. Jeong, D.J. Yun, H.J. Bohnert, R.A. Bressan and A. Maggio. 2010. A comparative study of salt tolerance parameters in 11 wild relatives of *Arabidopsis thaliana*. J. Expt. Bot. 61(13): 3787-3798.

Prakash, S. 1980. Cruciferous oilseeds in India. p.151-163. *in: Brassica* Crops and Wild Allies, Biology and Breeding. (Tsunoda, S., K. Hinata and C. Cόmez-Campo, eds.) Japan Scientific Press. Tokyo. 354 pp.

Reynolds, M. P. and R. Ortiz. 2010. Adapting crops to climate change: a summery. p.1-8. *in:* Climate Change & Crop Production. (Reynolds, M. P. ed.) CABI. Oxfordshire. 292 pp.

Vicente, J. G., Conway, J., Roberts, S. J., and Taylor, J. D. 2001. Identification and origin of *Xanthomonas campestris pv. campestris* races and related pathovars. Phytopathology 91: 492-499.

Vicente, J. G., Taylor, J. D., Sharpe, A. G., Parkin, I. A. P., Lydiate, D. J., and King, G. J. 2002. Inheritance of race-specific resistance to X*anthomonas campestris pv. campestris in Brassica* genomes. Phytopathology 92:1134-1141.

Weiss, E. A. 1983. Oilseed crops. Longman Group Limited. New York. 660 pp.

Williams, P. H., Staub, T., and Sutton, J. C. 1972. Inheritance of resistance in cabbage to black rot. Phytopathology 62: 247-252.

Williams, P.H. 1980. Black rot: a continuing threat to world crucifers. Plant Dis. 64: 736-742.

Yamagishi, H., H. Yoshikawa. and S. Yui. 1990. Leaf morphology and soft rot resistance in offspring of a somatic hybrid between Chinese cabbage and kale. Euphytica 47:215-221.

Adjusting Breeding Strategies of Cruciferous Vegetable to Match Challenges of Climate Change

San-Tai Wang, Shiow-Huey Hseu, Kan-Shu Chen, Chin-Chun Chiou, Shuo-Peng Li, Chen-Yu Lin, Hui-Ling Lo, Jaw-Neng Lin, Miao-Miao Hsu, Cheng-Fang Hong, Lien-chung Chang, Pei-Hua Chen

Abstract

Climate change had started from industrialization by increasing CO_2 concentration. Stable production of cruciferous vegetable will be more and more difficulty with climate change by biotic or non-biotic stress with higher average temperature, drought, higher sea level, salinity of soil, disease or pest changing. Cruciferous vegetable is the most important leafy vegetable for human being to supply nutrition economic and farmer's income. Production area of cruciferous vegetable will change or adjusting new varieties to adapt new eco system in the same production area. Taiwan varieties of cruciferous vegetable with characters of heat tolerance will have chance to cultivate in temperature area where will be warmer under climate change. Breeding strategies of cruciferous vegetable will be two major items, one is international assistance, and another is promoting competition of seed industry. The aims of international assistance breeding are selecting and breeding of *Brassica napus* and *Brasscia juncea* which are amphidiploids with characters of high eco-adaptation, nutrition and easy propagation locally. The aims of prompting seed industry breeding are breeding of *Brasscia oleracea* and *Brasscia campestris* which are major consumer crop to match climate change. Besides selection germplasm of *B.napus* and *B.juncea*, interspecies crossing, embryo rescuing and chromosome doubling of *B. oleracea* and *B. campestris* which select for characters of heat tolerance and other eco-adapting characters will create new population in early generation with fertile normally and enough seeds. New population of *Brasscia napus* will send to tropic or subtropics countries to select its own eco-adaptation variety by AVRDC, ASEAN or International Cooperation and Development Fund (ICDE). New variety of local adaptation *Brasscia napus* will send back to Taiwan for next recurrent selection and back crossing to *B. oleracea* or *B. campestris* for improving eco-adaptation. Although Taiwan's varieties posses heat tolerance character, but lack of drought tolerance and virus resistance will be problems. Different of disease

population between Taiwan and temperature area need more researches to understand. For examples, race 1 and 4 of *Xanthomas campestris* were major races in Japan, England and Germany, but race 1 is major race in Taiwan. Varieties of *Brasscia spp*. could be also resistant to *Xanthomas campestris* of temperate area with screening of specific races in temperate region. Disorder of tipburn is not only by high temperature, but also for late maturity variety. Screening and breeding of tipburn resistant varieties are necessary under climate change. Early maturity varieties can reduce damage of climate change, but shortages of lacking heat tolerance and tipburn must improve. Enough specific low temperature period treatment is necessary for production of cauliflower and broccoli. Although Taiwan's cauliflower varieties had character of heat tolerance, recurrent selection for improving ability to produce in the summer of temperate region will hold in the future. Introduction heat tolerance character from cauliflower to broccoli and introduction heat tolerance character from *Brasscia napus* to cauliflower or broccoli will create a new more heat tolerance population for further breeding. Breeding of high nitrogen use efficiency (NUE) cultivars will be a challenge for expensive nitrogen fertilizer under climate change. Molecular marker assist breeding, mutation breeding, embryo rescuing and another culture are necessary technologies for further breeding of cruciferous vegetable. Time, financial support and human resource are necessary for breeding to well done. We must invest in breeding right now for reducing suffering of further disaster under climate change.

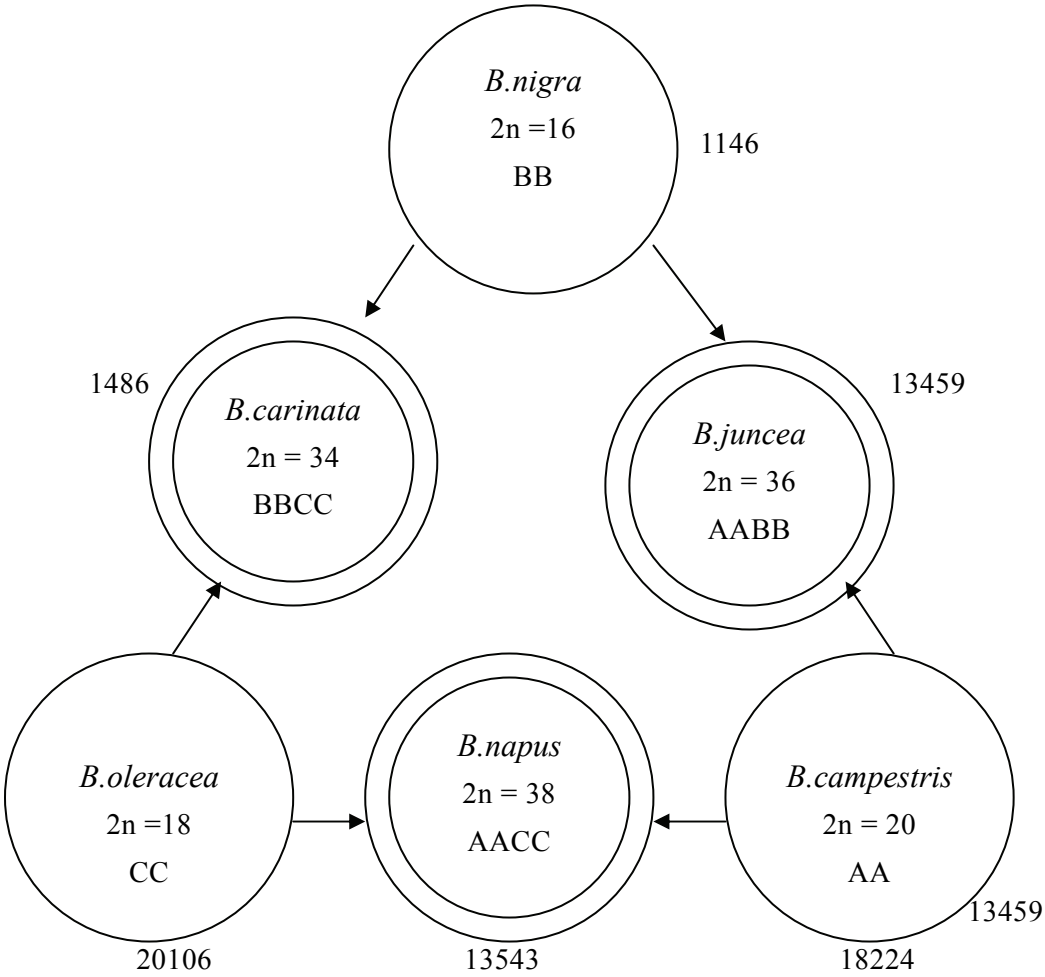


圖 1　主要蕓苔屬之間親緣關係與種原數量
(Frandsen, 1943；Boukema and Hintum, 1999)

表 1　世界十字花科與其他葉菜 5 年收穫面積與生產量

	2009	2008	2007	2006	2005	平均
甘藍及其他芸薹屬：						
收穫面積 (千公頃)	2,287	2,224	2,192	2,218	2,385	2,261
生產量 (千噸)	64,327	63,597	61,201	65,535	66,460	64,224
花椰菜及青花菜：						
收穫面積 (千公頃)	1,164	1,053	1,080	1,036	954	1,057
生產量 (千噸)	19,872	18,802	18,333	17,782	16,628	18,283
萵苣及朝鮮薊：						
收穫面積 (千公頃)	1,107	1,094	1,090	1,087	1,042	1,084
生產量 (千噸)	24,327	23,704	23,610	23,374	22,318	23,466
菠菜：						
收穫面積 (千公頃)	813	813	810	821	799	811
生產量 (千噸)	19,611	18,819	16,101	14,915	13,155	16,520

(資料來源：FAOSTAT)

表 2　每日營養建議攝取量及十字花科蔬菜與主要糧食營養

生命階段	卡路里 (kcal)	重量 (g)	蛋白質 (g)	維生素 A (RE)	鐵 (mg)	鈣 (mg)	維生素 B1 (mg)	維生素 B2 (mg)	菸鹼酸 (mg)	維生素 C (mg)
小孩(4~6)	1800		24	500	10	800	0.6	0.6	8	25
男人 (25~50)	2900		63	1000	10	1000	1.2	1.3	16	90
女人 (25~50)	2200		50	800	15	1000	1.1	1.1	14	75
孕婦	2500		60	800	30	1000	1.4	1.4	18	85
甘藍	33	150/杯	2	20	0.3	47	0.09	0.08	0.4	30
青梗白菜	20	170/杯	3	437	1.8	158	0.05	0.11	0.7	44
白菜	17	119/杯	2	115	0.4	38	0.05	0.05	0.6	19
花椰菜	29	124/杯	2	2	0.4	20	0.05	0.06	0.5	55
芥藍	36	130/杯	2	962	1.2	94	0.07	0.09	0.7	53
球莖甘藍	48	165/杯	3	7	0.7	41	0.07	0.03	0.6	89
芥菜	21	140/杯	3	424	1	104	0.06	0.09	0.6	35
蕪菁	33	156/杯	1	0	0.3	34	0.04	0.04	0.5	18
玉米	83	77/穗	3	1,017	1.9	357	0.08	0.2	1.1	45
水稻	205	158/杯	4	0	1.9	16	0.26	0.02	2.3	0
小麥	407	120/杯	16	0	4.7	41	0.54	0.26	7.6	0

(資料來源：USDA)

表 3　不同方法進行白菜與甘藍種間雜交獲得雜交數與比率

		授粉數(A)	獲得雜交數(B)	B/A(%)
B.campastris × *B.oleracea*	其他方法	48572(25)[z]	127(19)[y]	0.26
	4n × 4n	36496(5)[z]	189(2)[y]	0.54
	胚培養	3877(6)[z]	323(6)[y]	8.33
B.oleracea × *B.campastris*	其他方法	21614(10)[z]	34(1)[y]	0.30
	4n × 4n	28577(2)[z]	131(2)[y]	0.46
	胚培養	11627(4)[z]	147(2)[y]	1.26

[z]：雜交組合發表的篇數　　(由 Namai, H 等人資料整理,1980)

[y]：雜交組合有獲得雜交株篇數

表 4　台中 3 號與千寶 2 號大油菜與其他十字花科葉菜類營養成份比較

	卡路里 (kcal)	重量 (g)	蛋白質 (g)	鐵 (mg)	鈣 (mg)	維生素 C (mg)
甘　　藍	22.0	100	1.3	0.2	31	20.0
青梗白菜	11.7	100	1.7	1.0	93	25.8
白　　菜	14.2	100	1.6	0.3	32	15.9
花 椰 菜	23.3	100	1.6	0.3	16	44.3
芥　　藍	27.6	100	1.5	0.9	72	40.7
球莖甘藍	29.0	100	1.8	0.4	25	53.9
芥　　菜	15.0	100	2.1	0.7	74	25.0
蕪　　菁	21.1	100	0.6	0.1	22	11.5
蘿　　蔔	20	100	0	0	20	20.0
台中 3 號	13.0	100	2.0	1.5	145	16.3
千寶 2 號	10.0	100	1.6	0.9	88	16.6

(資料來源：USDA 與台中區農業改良場)

農業環境變遷對葫蘆科蔬菜育種與栽培技術之挑戰

王毓華[1,3]　林子凱[1]　林照能[2]

[1]農委會農業試驗所作物組　[2]鳳山熱帶園藝試驗分所
[3]通訊作者 e-mail：yhwang@tari.gov.tw　聯絡電話：04-23317132

摘 要

藉由作物品種改良、優良種子推廣及栽培技術進步，可提升作物生產，並提供足夠糧食，以滿足人類日常生活的飲食需求與營養元素來源。隨著世界人口爆炸性的增加，加上農業栽培環境受到經常性或暫時性的氣象變化所影響，可能衍生糧食供應的危機。然而，蔬菜在糧食危機議題中所扮演的角色，可定義爲微量營養元素的來源，一旦發生供應上的問題，則會引起人類營養不良，甚至造成死亡。因此本報告擬探討如何藉由改善品種、種子及栽培技術，以挑戰農業環境變遷對作物的影響。蔬菜種類具有多元化，其中葫蘆科蔬菜爲重要蔬菜之一，根據 FAO 統計資料，西瓜、胡瓜、南瓜及甜瓜爲四大葫蘆科蔬菜作物，而台灣則以西瓜、甜瓜、胡瓜、絲瓜及苦瓜爲主要的瓜類蔬菜。大多數葫蘆科作物以栽培於溫暖季節爲主，栽培過程中可能面臨氣候變遷的問題，包括溫度、水分及病蟲害等。爲解決因農業環境變化，所衍生的葫蘆科蔬菜栽培生產上的障礙，可從提升育種與栽培技術兩方面著手，藉由擴大種原歧異度、利用種原變異性、建立適當且有效之抗逆性篩選指標、強化研究團隊合作功能、開發與應用提升育種效率之新科技以及培訓育種與栽培研究人力等多管齊下，以期減輕農業栽培環境變遷下，對於葫蘆科蔬菜生產的衝擊，進而增進葫蘆科蔬菜之產量、品質、營養價值及適應性，穩定糧食供應的安全。

前 言

葫蘆科 (Cucurbitaceae) 蔬菜種類多元，長久以來經過人爲選拔馴化，在世界各地已成爲重要經濟栽培作物，原產地大多位於溫暖的熱帶及亞熱帶地區，也是台灣重要蔬果來源。葫蘆科蔬菜不但種類多，食用方式也很多元化，如以採收果實做爲鮮食用蔬菜的胡瓜 (cucumber)、絲瓜 (sponge gourd)、苦瓜 (bitter gourd)、南瓜 (squash)、扁蒲 (bottle gourd) 及冬瓜 (wax gourd)；以採收嫩梢爲蔬菜用的佛手瓜 (chayote)；採收果實經加工後做爲蔬菜食用的越瓜 (pickling melon)；而西瓜 (watermelon) 及甜瓜

(melon) 則採收果實做爲水果食用。根據 2009 年國際農糧組織 (FAO) 統計資料，西瓜、胡瓜、甜瓜、南瓜等瓜類蔬菜在世界蔬果生產上扮演著相當重要的角色，其中以西瓜種植面積最大，估計全球栽培 3,413 仟公頃，胡瓜次之，種植面積 1,958 仟公頃，接著爲南瓜及甜瓜，種植面積分別爲 1,667 仟公頃及 1,088 仟公頃 (FAO 2009)。

台灣葫蘆科蔬菜生產概況

台灣主要栽培的葫蘆科蔬菜種類包括胡瓜、西瓜、甜瓜、胡瓜、絲瓜、苦瓜及冬瓜，估計栽培面積達 4 萬公頃以上。胡瓜種類多，依其生態特性可分爲大胡瓜、小胡瓜、加工用胡瓜、四葉系統胡瓜和溫室系統胡瓜，依據 99 年農業統計年報，栽培面積爲 2,465 公頃，產量爲 44,556 公噸，主要栽培於屏東縣及高雄縣。西瓜可分爲紅肉大瓜、紅肉小瓜，黃肉西瓜、橙肉西瓜及無子西瓜，栽培面積爲 11,610 公頃，產量爲 225,925 公噸，主要栽培於花蓮縣、台南縣及雲林縣。甜瓜可分爲洋香瓜，東方甜瓜及哈密瓜，洋香瓜栽培面積爲 3,103 公頃，產量爲 41,156 公噸，主要栽培於台南市及雲嘉地區；東方甜瓜栽培面積爲 2,121 公頃，產量爲 27,726 公噸，主要栽培於高雄市、屏東縣、嘉義縣及雲林縣。苦瓜依果實外型可分爲白皮苦瓜、綠皮苦瓜、翠綠苦瓜及野生苦瓜，栽培面積爲 1,768 公頃，產量爲 30,742 公噸，主要栽培於屏東縣、彰化縣及高雄縣。冬瓜依外形可分爲粉皮冬瓜、青皮冬瓜及小型冬瓜，栽培面積爲 1,477 公頃，產量爲 35,996 公噸，主要栽培於屏東縣及彰化縣。絲瓜主要分爲圓筒絲瓜及稜角絲瓜，栽培及生產資料未調查，預估栽培面積約 2 千多公頃，高屏地區爲主要生產地，約佔 50%。其他之扁蒲，南瓜，越瓜及佛手瓜爲零星栽培，約有數百公頃。進一步分析近十年來，葫蘆科蔬菜生產狀況，大部分栽培面積都呈現下降的趨勢，平均減少 30%左右，其中又以甜瓜栽培面積下降最爲劇烈，減少面積約 40% (COA 2010)。由於造成葫蘆科蔬菜栽培面積大量下降的因素很多，除了從事農業勞動人口老化、栽培成本提高等，農業環境的變化更是不容忽視的問題。

農業環境變遷對葫蘆科蔬菜生產的潛在衝擊

葫蘆科蔬菜生長過程中，影響其最終產量之重要生物性因子，包括病害、蟲害及草害等。由於農業栽培環境變遷，可能造成整體農業生態系之平衡發生變化，進而改變病害、蟲害及草害之發生模式，使得葫蘆科蔬菜生產受到衝擊，因此如何避免環境中的生物性因子抑制作物的生長發育則成爲現今蔬菜研發重要議題之一，並探討如何藉由育種技術以因應生物性環境因子的衝擊。

首先探討病害因子，病害會抑制植物的生長與發育，從種子到採收全程都可能受到病害的侵襲，一旦發生病害問題，則會影響作物的生產力，尤其發生快速傳播的流行病時，更是造成作物生產的嚴重損失。由於構成病害的三大元素爲病原菌、感病寄主及環境，因此流行病害發生似乎與環境因子的變化息息相關，依據 Madden *et al*. (2007) 針對流行病的定義可知，造成危害作物生長的流行病的兩大因素爲寄主族群與寄主-病原菌間相互關係，所以一旦環境發生劇烈變化，則病害的問題就可能會難以控制。病原菌的感染會經過一定的過程，從侵入作物體內、繁殖到危害組織細胞等，都需要在適當環境下，才會有所表現。因此環境變遷可能對有病害的發生是有利的，但對有些病害反而是不利的。也就是說，農業環境因子的變遷，對於部分病害的發生有重要的影響作用。若要利用育種或栽培的手段，降低氣候變遷所引發的病害問題，則要審慎評估有發生潛力的病害種類與生態，才能有效加以防範。以台灣所栽培的葫蘆科蔬菜而言，夏季颱風豪雨常會造成短時間或長時間的湛水現象，包括細菌性、真菌性病害，即使部分葫蘆科蔬菜的根系可忍受短暫湛水，但因湛水而傳播之病害卻仍會造成瓜田農損，尤其是葫蘆科蔬菜的疫病 (Phytophthora blight)、腐霉病 (Pythium root rots) 等，有必要針對此類氣候變遷產生之農業栽培環境培育相關抗病品種，以及發展栽培技術以因應衝擊。

蟲害亦爲葫蘆科蔬菜生產上的重要挑戰，由於台灣地處熱帶及亞熱帶地區，氣候高溫高濕多雨，多元而複雜的環境條件，全年適合多種蟲害繁殖與蔓延。昆蟲對於作物的危害行爲，與病害相同，從植物的種子到採收都有可能受到傷害。作物一旦受到昆蟲的危害，不但會影響其光合作用，也會降低商品價值，尤其昆蟲媒介傳播性病害，更是普遍受到研究人員的重視。近年來農業環境變遷，易發生下雨集中，一年之中部分季節發生豪大雨，卻在部分季節發生長期乾旱無降雨現象，推論可能是造成昆蟲異常危害作物的重要因素。由於台灣所栽培之葫蘆科蔬菜爲週年生產，因此提供其共通性蟲害之繁殖環境，一但在蟲害適合發生條件下，往往造成葫蘆科蔬菜全面性受害。以瓜實蠅的危害問題來談，這是屬於全面性的產業議題，尤其對於露天栽培的絲瓜、苦瓜等，更是值的重視的議題。自從有葫蘆科蔬菜的栽培紀錄，昆蟲媒介的病害則伴隨著發生，尤其是病毒病問題更是產業上重大挑戰。過去從蚜蟲媒介之矮南瓜嵌紋病毒 (Zucchini yellow mosaic virus, ZYMV)、木瓜輪點病毒 (Papaya ringspot virus, PRSV)、胡瓜嵌紋病毒 (cucumber mosaic virus, CMV)及瓜類蚜媒黃化病毒(cucurbit aphid-borne yellow virus, CABYV)，藉由網室隔離已較爲有效防治。然而近十年來，小型昆蟲傳播性病毒病開始蔓延，民國 95 年期間由薊馬傳播之甜瓜黃斑病毒 (Melon yellow spot virus, MYSV)和西瓜銀斑紋病毒 (Watermelon silver mottle virus, WSMoV)，經過徹底清園防治後加以控制，民國 97 年又爆發粉蝨所傳播的南瓜捲葉菲律賓病毒 (Squash leaf curl Philippine virus, SLCPHV)，接著民國 98 年又發生瓜類退綠黃化病毒 (Cucurbit chlorotic yellow virus, CCYV)的危害，同樣也是經由粉蝨加以傳播 (Deng 2011; Peng *et*

al. 2011)。然而光是仰賴育種手段已達到抗蟲的效果，似乎是個長期抗戰，但是若能配合開發有效的農業資材與設施，共同抵抗蟲害對於葫蘆科蔬菜的直接傷害，也可加速防禦蟲害所帶來的間接傷害。

雜草在田間生長會與作物發生競爭作用，干擾作物生長，甚至降低產量與品質，增加生產上的成本。然而更重要的一項缺點，則是與病、蟲害之間有著密不可分的關係。由於雜草可能是病、蟲害的中間寄主，亦或是提供庇護場所，影響田間清潔衛生。另一方面，非生物性逆境因子對於葫蘆科蔬菜的生長的影響也頗爲劇烈，主要包括溫度、水分及鹽化等逆境，降低作物光合作作用效率、酵素的活性等，抑制植物生長與發育，使得植株發生萎凋、壞疽、死亡，從種子萌芽、葉片生長、開花授粉、著果等過程，都有可能受到傷害，降低品質及產量，影響作物生產。

溫度對作物生長的衝擊，包括極高溫、極低溫及劇烈溫度變化。高溫傷害又可分爲空氣及介質高溫障礙，雖然全球部分地區的溫度變化可藉由氣象因子加以預測，然而有些地區的急速高溫往往是無法預知，尤其是伴隨著強風的高溫，對於作物的生長發育更是致命性的影響。由於台灣環境中相對濕度高，對於高溫逆境更具有加成作用。另外近年來設施精緻栽培普遍應用於葫蘆科蔬菜，夏季高溫的所發生的溫度蓄積問題及栽培介質溫度等，都是值得注意的議題 (Higashide 2009; Wubs *et al*. 2009)。極低溫的氣候條件並不常見於台灣，唯季節變化時所發生的霜害冬季，以及冬季寒流低溫傷害，由於大多數葫蘆科蔬菜適合於溫暖的環境生長，當寒害發生時對於植物的生長會有明顯的抑制作用。另外氣溫在高溫與低溫之間於短時間內發生劇烈變化，也是葫蘆科蔬菜生產的逆境，尤其春夏及秋冬兩個季節交替時，也是葫蘆科蔬菜栽培的主要季節，因環境變遷，使得溫度變化過於劇烈，容易造成植物體的生理性障礙。由於葫蘆科蔬菜屬異交作物，必須就由媒介昆蟲授粉 (主要爲蜜蜂)，溫度劇烈變化時，對於昆蟲授粉環境不利，容易發生授粉不良的問題，此現象亦值得注意

水爲作物生長之必要元素，然而在氣候變遷下，水卻也是造成作物生長逆境的原凶之一。水所引起的逆境包括乾旱及湛水，近年來台灣的雨水分佈不均，變異性大且難以預測，春夏季時常發生連續豪大雨，造成葫蘆科蔬菜產區發生淹水情形，甚至連續多日湛水，由於土壤中的孔隙被水所佔據，降低土壤中的有效氣體利用率，植株發生病害甚至死亡，尤其在雨後大晴天下，更是加速作物的損失。作物本身對於湛水的耐受性，主要只要受到根系構造內的生理性因子所影響。另一方面，水亦爲葫蘆科蔬菜生長之所需，尤其是連續性採收的葫蘆科蔬菜種類，植株對水的需求很高，當作物生長進入著果期階段，適當提供水分則可提高產量，因此葫蘆科蔬菜生長過程中，若遭逢乾旱發生，不但抑制植株生長與發育，影響微量元素的吸收，同時也會降低開花、著果及品質。不同葫蘆科蔬菜對於乾旱逆境的耐受性也有所差異，一般而言根系分佈愈廣，根系數量愈多者，理論上適應性較佳。

另外鹽化逆境則普遍發生於沿海低窪地區，往往也伴隨著淹水的問題。當土壤中

離子濃度升高 (主要爲 Na^+和 Cl^-，還有 Ca^{2+}，Mg^{2+}和 SO_4^{2-})，迅速地降低作物對水分的利用效率，同時伴隨植物體內離子的累積，緩慢地影響作物的生長與代謝，產生毒害現象。植物本身對於鹽化逆境的耐受性源自於其生理特性，藉由抑制有毒離子的運移，提升高鹽環境下生長，另外確保種子生命力及維持萌芽能力。

葫蘆科蔬菜研發策略以因應農業環境變遷

爲了因應農業栽培環境變遷對於葫蘆科蔬菜栽培的影響，如何擬定研發策略以提升育種效率及強化栽培技術，並提供維護全體人類生活必須營養元素之來源，則爲當前從事葫蘆科蔬菜之研究人員必須重視的議題。由於這個議題屬於整合性的，包括如何選擇適當作物種類、提高種原歧異性及多元化、抗(耐)逆境基因遺傳行爲、改良育種效率、提升栽培管理技術以及新技術之引進等，經由層層分工研發，以正面迎擊氣候變遷可能帶來的負面影響。

農業環境變遷對葫蘆科蔬菜生產的影響因子，不論生物性或非生物性因素，對於葫蘆科蔬菜作物之生長及發育都會產生負面作用，從種子發芽、開花、授粉、著果以及果實採收後貯運性，均可能有所影響。環境逆境進而降低植物光合作用、酵素活性、生化生理反應等，使得植株發生萎凋、黃化、壞疽、果實異常，因此若能了解各種葫蘆科蔬菜之生長特性，考量對逆境之耐受性、植株受到傷害後之復原能力及強健根系等條件，篩選適當作物種類，並兼具高營養價值與對環境（日照長短、溫度需求）鈍感，進行重點式發展。舉例而言，2009 年之八八風災，豪大雨造成絲瓜產區嚴重淹水，然而由於絲瓜的根系較爲發達，因此災後復原能力強，經過適當肥培及病蟲害防治處理後，短期內即可開始生產絲瓜果實，提供果菜類消費市場食用。另外根據筆者過去從事葫蘆科蔬菜研究觀察，中國南瓜類型之木瓜型南瓜較西洋南瓜耐熱，東方型甜瓜則較洋香瓜耐高溫，深綠皮類型之絲瓜通常較淺綠皮絲瓜耐淹水，而綠皮苦瓜則較白皮苦瓜耐低溫。因此，選擇適當作物種類及品種，針對因應農業栽培環境變遷所可能發生的逆境，進行研發育種或開發栽培技術，以維持提供人類日常生活所需之基本蔬果來源。

遺傳資源爲育種之根本，維持遺傳多樣性則爲進行品種改良之基礎。由於葫蘆科蔬菜爲國際間重要種苗之一，具有較高的經濟利益價值，因此世界各國均有大量資源投入葫蘆科蔬菜之育種研發工作，其中以西瓜、南瓜、胡瓜及甜瓜爲主。爲了提高葫蘆科蔬菜之產量、品質、抗逆性等特性，以育成優質、高產及具適應性之新品種，若能掌握遺傳多樣性的種原，則在因應農業環境變遷育種較具優勢。整理幾個國際間葫蘆科蔬菜相關之重要種原網站，第一個首推美國農業部 USDA-ARS 之植物種原系統，收集各種作物種原，可提供研究及教育目的進行種原索取，這些種原收集自世界各地；針對這些種原的特性進行評估，尤其包括抗病性等重要資訊，可以提供育種者參考。

另外還可參考由西班牙所整合的歐洲瓜類作物遺傳資料庫。而農委會農業試驗所作物種原庫多年來亦有針對重要作物種原收集、繁殖及評估，部分已調查評估之特性資料亦可在種原庫網站查詢。另外在亞蔬-世界蔬菜中心 (AVRDC-The World Vegetable Center) 的種原庫，也有少量葫蘆科種原。作物為了適應廣大環境生態，在天然淘汰的條件下，形成對環境具適應性之多樣性。然而自從人為淘汰因素的介入，為了滿足人類日常生活所需，以提高產量、品質等目的，長期進行定向選拔，捨棄非期望的特性，漸漸造成遺傳歧異度太小，降低選拔效率，浪費育種資源等現象。因此育種者應重新檢視育種材料的親緣關係，妥善利用種原資訊，並透過國家種原庫進行重要種原引種工作，導入有用的種原，必然有助於未來因應氣候變遷下，葫蘆科蔬菜育種之發展。

人類自從開始農耕生活模式後，即開啓作物育種之發展，利用遺傳學原理來改變或改良作物之遺傳行為，育成利用價值較現有品種更高之新品種。當進入因應氣候變遷議題時，了解可能面對的逆境，篩選適當種原材料，評估如何利用育種方法，達到育成抗(耐)逆境之新品種。因此除了傳統育種方法之外，還有幾項關鍵技術值得投入開發，首先可先可從方法學開始，針對重要性狀，建立客觀評估指標，這也是國內目前葫蘆科蔬菜研究上最缺乏的一部份，包括抗生性與非抗生性之外表型評估指標，建立穩定可重複之評估方法，以有效選拔育種材料。過去葫蘆科蔬菜之遺傳機制的研究，在國內的研究並不多，針對少數基因所控制的性狀，可利用古典遺傳分析，即可評估其遺傳行為，若是數量性狀，則要配合現代生物技術，也可略窺其遺傳行為的狀況。由於葫蘆科蔬菜屬於異交作物，商業經濟價值高，加上具有自交弱勢不明顯的特性，普遍栽培品種均大多育成雜交品種推行栽培，促使育種過程中因定向選拔，育種人員可能為商業利益，忽略維持遺傳歧異度的重要性，容易造成遺傳過於狹窄，甚至發生遺傳脆弱性，一旦發生逆境時，造成產業上的全面性問題。若要面臨氣候變遷所從事的育種行為，可考量以族群改良為原則，擴大族群遺傳結構之複雜性，並評估不同地區環境之表現，遺傳與環境間的相互作用關係，進而提升作物對於環境之適應性。另外，由於氣候變遷所導致的非生物性因子之衝擊，針對葫蘆科蔬菜作物的根系改良亦為一大重點，藉由改良根系結構，強化根系對逆境的耐受性，配合嫁接技術之研發，或許可提供解決作物地下部生長障礙的問題。

葫蘆科蔬菜植株生長方式為蔓性，早期開始栽培時，大多採匍匐式露地栽培，例如西瓜、甜瓜及冬瓜等，栽培方式較為粗放。隨著栽培技術發展，包括畦面使用銀黑塑膠布覆蓋、植株直立式栽培、簡易設施的應用，進而開發溫室栽培，使葫蘆科蔬菜栽培更穩定。由於設施栽培具有防寒、保溫、防雨、防蟲及調節產期等功能，可降低植株直接暴露於自然環境下的風險，以生產生產高經濟價值的蔬果為目的。然而設施栽培（包括簡易設施及溫室栽培）卻容易發生連作障礙，影響葫蘆科蔬菜生長發育。乃因溫室受限於固定式的結構，不易與水田輪作，加上土壤缺乏天然雨水淋洗，可能

造成土壤傳播病蟲害或其他鹽積、營養失衡等問題。針對這些抑制因子，除了以育種、物理性或化學性方式防治，嫁接栽培亦爲克服逆境之重要解決方法。嫁接技術在日本的溫室栽培小黃瓜幾乎都採用嫁接苗，而甜瓜也有極大比例採用嫁接苗。國內目前葫蘆科作物以西瓜、苦瓜、絲瓜嫁接苗應用得較爲普遍，嫁接技術原則上已沒有太大問題。不過值得注意的是嫁接親和性的問題，尤其在嫁接砧木的選擇，更需審慎評估。過去溫室栽培主要栽培介質爲土壤，爲了解決連作障礙，還可藉由無土栽培方式，以克服連作障礙的問題。無土栽培方式有很多種，包括水耕、泥炭土槽植耕、泥炭土袋植耕、泥炭土籃耕等，由於泥炭土比水耕方式具要較大緩衝能力，因此栽培上相對較水耕方式容易管理，但是提供泥炭土栽培之營養源的管理技術，則是另外一門學問。在許多農業技術進步的國家均有開發葫蘆科蔬菜栽培用的養液配方可供參考，不過隨著栽培環境、設施結構、品種、管理技術等，則需改良一套適合的養液管理技術，將來應配合健康管理概念，以合理安全的病蟲害防治技術，進而整合成設施養液介質栽培技術，提升設施栽培技術價值。

爲因應農業環境變遷對葫蘆科蔬菜栽培所造成的衝擊，除了利用傳統的育種與栽培技術之外，藉由引進新技術可提升育種及栽培技術研發之效率，減少將來栽培所面臨的困境。本報告提供幾項可引進葫蘆科蔬菜研發利用之技術概念，其一爲生物技術。由於近年來生技技術發展神速，從遺傳研究到基因體學的進步，從外表型表現進入基因型表現以認識育種材料，由於瓜類蔬菜的基因體組相對較小 (Wang *et al*. 2006)，可藉由分子標誌 (Molecular marker)的應用，評估親緣關係、抗逆境基因表現等。並進一步利用數量性狀基因座定位 (Quantitative trait loci, QTLs) 技術，針對過去不易掌握的數量性狀深入研究，並走入分子輔助育種 (Marker-assisted breeding, MAS or MAB) 的世代 (Garcia-Mas 2008)。另一爲 reverse breeding (Driks *et al*. 2009)，可應用於任何異交作物育種，在不同世代中干擾配子體形成過程所發生的染色體互換及配合其他生物技術，藉由固定未知的異型結合體，以增加族群的歧異度；也可藉由已知遺傳背景的材料，直接生產染色體置換系，以加速親本的育成效率。最後有關種雜交的引進也是葫蘆科蔬菜研究可參考的議題，過去的種間雜交僅見南瓜的屬間雜交 (Robinson and Decker-Walters, 1997)，其他則尚未有成功的案例，現今生物技術及組織培養的技術進步，將來針對部分葫蘆科蔬菜種類所缺乏的性狀，例如抗病性，或許可以發展種間雜交導入特殊性狀，以因應氣候變遷的衝擊。

結 論

近年來氣候變遷的議題普遍受到重視與關心，農作物即是生長於這片即將或正在面臨變動的自然環境中，加上全球人口快速成長，一旦發生問題則會危急到糧食安全。然而農業研發工作的最終目的爲滿足全體人類生活的基本需求，從事農業研究人員應

及早因應，儘快預測農業栽培環境變遷可能發生的逆境，研發育種及栽培技術，並善用過去已開發的技術，整合新興的發展的科技，以縮短各項技術間的鴻溝。綜合而論，爲因應氣候變遷的衝擊，以提升葫蘆科蔬菜育種及栽培技術發展之效率，配合農業生態系發展對環境友善之農耕技術，有效利用遺傳資源，長期監測環境逆境之變化，建構研究成果資訊分享平台，組織不同研究領域團隊，進而促使農業研究永續發展，以及農業長期經營與管理。

參考文獻

Chang, Y. H., C. H. Hsaio, W. Z. Yang, S. H. Hseu, Y. J. and C. H. Huang. 1987. The occurrence and distribution of five cucurbit viruses on melon and watermelon in Taiwan. J. Agri. Res. 36:389-397. (in Chinese with English abstract)

Council of Agriculture (COA). 2010. Agricultural Statistics Yearbook. COA, Executive Yuan. Taipei, Taiwan.

Deng, T. C. 2011. Evolutionary change of trends in prevalence of cucurbits-infection viruses in Taiwan, 1981-2011. p. 147-164. *in* the Proceeding of the Symposium on Integrated Management Technology of Insect Vectors and Insect-Borne Diseases. Taiwan Agricultural Research Institute, Coa Pub. Taiching. (in Chinese with English abstract)

Dirks, R. et al. 2009. Reverse breeding: a novel breeding approach based on engineered meiosis. Plant Biotech. J. 7:837-845.

Garcia-Mas, J. 2008. Current genomic resources in melon and other cucurbits. p.201-205. *in* the Proceeding of the IXth EUCARPIA meeting on genetics and breeding of Cucurbitaceae. INRA Pub. Avignon, France.

Higashide, T. 2009. Prediction of tomato yield on the basis of solar radiation before anthesis under warm greenhouse conditions. Hortscience 44:1874-1878.

Madden, L. V., G. Hughes and F. van den Bosch. 2007. The study of plant disease epidemics. American Phytopathological Society. Minnesota.

Peng, J. C., S. D. Yeh and L. H Huang. 2011. Emerging threat of thrips-borne melon yellow spots on melon and watermelon in Taiwan.Europ. J. Plant Pathol. 130:205-214.

Wang, Y. H., R. A. Dean and T. Joobeur. 2006. Genetic mapping and molecular breeding in Cucurbits. Pl. Breed. Rev. 27:213-244.

Wubs, A. M., E. Heuvelink, and L. F. M. Marcelis. 2009. Abortion of reproductive organs in sweet pepper (*Capsicum annuum L.*): a review. J. Hort. Sci. Biotechnol. 84:467-475.

Breeding and cultural technologies of cucurbits in the changing agricultural environment

Yu-Hua Wang[1,3] Tzu-Kai Lin[1] and Jaw-Neng Lin[2]

[1] Taiwan Agricultural Research Institute
[2] FengShan Tropical Horticultural Experiment Branch TARI
[3] Corresponding author: yhwang@tari.gov.tw, 04-23317132

Abstract

Genetically improvement of crops, high quality seeds extension and advanced cultural techniques promotion have been contributors to yield increase and to nutrient supply. However, the global population is growing and the agricultural environment is changing, the world food supplies will meet strongly pressure in the future. To feed the several billion human beings and to maintain food security, the production of food must be increased. Vegetables are the important sources to provide micronutrient to people living. Among the vegetables, the cucurbit crops are one of the largest groups with the wide adaptation from temperate to tropical climate environment. The Cucurbits is a group for cultivated species of the family Cucurbitaceae which is originated from tropical and subtropical regions around the world. By production area, the top four cucurbits produced in the globe are watermelon, cucumber, squash and melon. In Taiwan, cucurbit crops also occupy the dominant source of vegetables in consumption market, especially watermelon, melon, cucumber, sponge gourd and bitter gourd. Cucurbits are one of the major providers of vegetables and supplementary food. Because the cucurbits are grew in warmer seasons in Taiwan, the production of cucurbits face some stress challenges which are due to the changing agricultural environment. Temperature variation, floods, drought, disease pathogens and pest are the major stress, which adversely affect cucurbit plants growth and productivity. Therefore, it is important to improve the breeding and cultural technologies of cucurbit crops in the changing agricultural environment. Some essential components are required simultaneously: mining and exploit of genetic diversity, establishment of stress breeding indices, enhance of collaboration, advanced research techniques and efficiency and developing high quality researchers. The integrated strategies for scientific research should be implementing to maintain and increase cucurbit crop production in unpredictable environment.

Solanaceous Vegetable Breeding at AVRDC–The World Vegetable Center to Meet the Challenges of Climate Change in the Tropics

Peter Hanson[1], Paul Gniffke[2], Jin Shieh[3], and Chee-wee Tan[4]

[1]Plant Breeder, AVRDC - The World Vegetable Center, PO Box 42, Shanhua, Taiwan 74199, E-mail: peter.hanson@worldveg.org
[2] Plant Breeder, AVRDC - The World Vegetable Center, PO Box 42, Shanhua, Taiwan 74199, E-mail: paul.gniffke@worldveg.org
[3] Assistant Specialist, AVRDC - The World Vegetable Center, PO Box 42, Shanhua, Taiwan 74199, E-mail: jin.shieh@worldveg.org
[4] Principal Research Assistant, AVRDC - The World Vegetable Center, PO Box 42, Shanhua, Taiwan 74199, E-mail: chee-wee.tan@worldveg.org

Abstract

Abiotic and biotic stresses are major constraints of vegetable production in the tropics and climate change is expected to aggravate these problems. Depending upon the crop, the combined effects of multiple stresses may reduce total yield, reduce product quality, increase postharvest losses, and alter nutrient content. Consequently, vegetable varieties for the tropics should possess tolerance to heat, salinity, and other abiotic stresses, carry an array of disease and insect resistances, and still produce high yields of good quality produce that meet market requirements. Meeting this challenge requires robust protocols to screen and identify useful alleles from exotic germplasm and efficient selection methods to facilitate incorporation of multiple stress-tolerance genes into new varieties. Development of tropically adapted varieties of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) and pepper (*Capsicum annuum*) is a high priority at AVRDC – The World Vegetable Center. Tomato production in the tropics has been devastated by increased incidence and severity of tomato yellow leaf curl diseases (TYLCD) caused by whitefly-vectored begomoviruses. Development of resistant varieties is complicated because the pathogen is highly diverse and almost all TYLCD resistance genes originated from wild tomato species. Application of marker-assisted selection (MAS) by AVRDC has facilitated development of tomato varieties homozygous for multiple begomovirus resistance genes that are expected to offer higher levels of resistance to a wider range of begomoviruses. Most modern tomato varieties are

sensitive to heat, drought, and salinity, but sources of stress tolerance have been found mainly in wild tomato accessions. AVRDC uses a multidisciplinary approach to map genes conditioning heat, drought, and salinity tolerance in tomato and to identify markers linked to targeted genes to facilitate gene introgression. Sweet pepper is a high value crop but sensitive to heat. AVRDC's strategy to develop a tropical sweet pepper emphasizes the evaluation of sweet pepper lines under Taiwan summer stress (high temperatures and humidity) for yield components (fruit number, fruit weight) and traits linked to heat stress adaptation (pollen viability, root mass, vegetative biomass). Lines performing well for different components or traits have been identified and our hypothesis is that crossing lines with complementary traits and selection will lead to new lines with improved levels of heat tolerance. Breeding varieties adapted to climate change will shift more attention toward breeding for tolerance to abiotic stresses, which are often genetically and physiologically complex. Manipulation of multiple genes and traits will complicate vegetable breeding and will require effective use of conventional breeding techniques and molecular markers involving multidisciplinary teams.

Introduction

The solanaceous vegetables include globally important crops such as tomato, chili pepper and sweet pepper as well as regionally important crops such as eggplant (Solanum melongena), African eggplant (S. aethiopicum, S. anguivi, S. macrocarpon), and African nightshade (S. scabrum, S. villosum, others). Solanaceous crops are major significant sources of pro-vitamin A carotenoids, vitamin C, and other micronutrients. Production of high value horticultural crops offers smallholders in developing countries opportunities to substantially boost income and alleviate poverty. Because horticulture is labor- and capital-intensive, jobs are generated on-farm; transport and processing of horticultural products also creates off-farm employment for semi-skilled or unskilled workers (Weinberger and Lumpkin, 2005). Unfortunately, insect pests, diseases, high temperatures, salinity, drought and other factors limit solanaceous crop production for smallholder farmers in Africa, Central/South America, and Asia. For example, tomato yields are 10 to 12 t/ha in sub-Saharan Africa and tropical Asia, compared with 28 t/ha worldwide (FAO, 2006). It is expected that the direct and indirect effects of climate change will only exacerbate problems for small-scale tropical vegetable farmers.

Depending on the crop and region, the combined effects of multiple abiotic and biotic stresses can reduce total yield, increase unmarketable yield, lower produce quality, increase postharvest losses, or alter nutrient content of the produce. The possible effects of climate change should be assessed by crop, and appropriate breeding objectives and strategies designed. For example, fruit set and yield of most tomato and sweet pepper will be adversely affected as mean temperatures exceed 25 °C (de la Peña et al., 2011), while eggplant may not suffer significant declines in fruit set until mean temperatures exceed 30 °C. Climate change will impose multiple stresses that should be addressed by a combination of improved varieties and management practices. For most crops, tolerance to heat, drought, salinity and other stresses are both physiologically and genetically complex, which will complicate breeding programs. Even if stress tolerant varieties are developed, farmers may not adopt them unless these varieties meet the requirements of all stakeholders in the value chain, including farmers, transporters, wholesalers, retailers and consumers.

AVRDC's breeding programs aim to develop varieties to expand opportunities in tropical vegetable production. Vegetable varieties for the tropics should possess multiple disease and insect resistance and tolerance to stress—and still produce high yields of high quality, nutritious produce. This paper will focus on two examples of approaches AVRDC uses to breed improved varieties better adapted to climate change: (1) pyramiding virus resistance genes via marker-assisted selection to manage tomato-infecting begomoviruses and (2) improving heat tolerance in sweet pepper.

Tomato varieties resistant to tomato yellow leaf curl disease for the tropics

A direct relationship between climate change and the rapid spread of tomato yellow leaf curl disease (TYLCD) in Taiwan, the subtropics and tropics, is not certain; however, periods of warm and dry conditions favor rapid increase of whiteflies (*Bemisia tabaci*), the vector of the begomoviruses that cause TYLCD. Early begomovirus infection of susceptible tomato plants results in severe stunting, reduced leaf size, foliar chlorosis, and yield losses up to 100%. Early efforts by the worldwide tomato breeding community to identify TYLCD resistance in cultivated tomato were unsuccessful but high levels of resistance were found in some wild tomato species, especially some accessions of *S. chilense*, *S. peruvianum*, and *S. habrochaites*. Interspecific crosses and backcrosses have led to the introgression of *Tomato*

yellow leaf curl virus (TYLCV) resistance genes *Ty*-1, *Ty*-2, *Ty*-3, *Ty*-4, *Ty*-5 (Ji et al., 2007; Anbinder et al., 2009). Early TYLCD resistance breeding at AVRDC focused on *Ty*-2, which offered excellent resistance to begomoviruses in Taiwan, south India, and parts of the Middle East. However, the failure of *Ty*-2 to provide resistance to *Tomato yellow leaf curl Thailand virus*, first detected in Taiwan in 2005 (Tsai et al., 2011), and other major begomoviruses in the tropics prompted AVRDC to adopt a strategy of pyramiding multiple Ty genes into its lines to increase the chances of broad-based resistance to multiple begomoviruses. Screening for TYLCD resistance by exposing seedlings to viruliferous whiteflies and scoring plants for symptom severity was limited by several factors such as seasonal fluctuations of whitefly populations affecting TYLCD incidence; limitations imposed by screening with only the begomoviruses present in Taiwan; inability in some cases to determine by appearance whether targeted Ty genes were present in a particular line and whether genes were in homozygous or heterozygous condition; and wasted resources spent growing susceptible plants in the field. Fortunately, marker-assisted selection for TYLCD resistance genes offers many advantages, including the possibility of eliminating susceptible plants in a segregating population before transplanting, and the identification of plants homozygous for *Ty*-2 and *Ty*-3 or other combinations in early generations so that selection in later generations could focus on horticultural, fruit quality or nutritional traits. Routine application of marker-assisted selection (MAS) in tomato breeding began at AVRDC in 2007 with the availability of fast, relatively low cost polymerase chain reaction (PCR) protocols for Ty genes. Because Ty markers are not perfect, conventional exposure of populations and breeding lines to viruliferous whiteflies coupled with MAS reliably facilitated development of AVRDC lines with known combinations of resistance genes from 2009-2011 (Table 1). A 2009 AVRDC field trial of tomato lines in Taiwan under high TYLCD pressure indicated that the group mean of lines with combinations of *Ty*-1+*Ty*-2+*Ty*-3, *Ty*-1+*Ty*-3, or *Ty*-2+*Ty*-3 yielded about nine-fold more than the susceptible check (Table 2). Initial results from multilocation trials conducted by AVRDC cooperators in Jordan and Honduras indicate that AVRDC lines with the same two or three Ty gene combinations above display mild or no symptoms to TYLCD infection, although plants usually are begomovirus-infected.

Even though multiple Ty lines demonstrate effective resistance to many begomoviruses, the diversity of tomato-infecting begomoviruses increases the likelihood of virus forms that will overcome resistance. Use of cultural practices for TYLCD control such as pre- or

post-transplant nets to exclude whiteflies, application of imidacloprids, and crop-free periods coupled with resistance can augment TYLCD resistance. Varieties resistant to both begomoviruses and their vector offer great potential for durable TYLCD resistance. AVRDC is initiating work in collaboration with Cornell University to incorporate the acyl sugar insect resistance trait via MAS into AVRDC multiple Ty lines.

Heat tolerant sweet pepper

Among the persistent constraints to production of sweet pepper in tropical climates is the crop's poor tolerance to high temperatures. Optimal temperatures for sweet peppers average 2-3 °C less than for hot chili peppers, and exposure to temperatures greater than 40 °C can cause dramatic reductions in net photosynthesis (Wu et al., 2001). When grown at high temperatures rather than at optimal cool temperatures, average fruit set and average fruit size are reduced, resulting in substantially reduced yield. AVRDC searches for genetic variability for these and other physiological parameters, and through recombination and selection, aims to improve the heat tolerance of sweet pepper. In addition to comparative yield component measurements gathered on varieties grown under contrasting temperature conditions (cool fall or winter vs. warm summer), we evaluate temperature sensitivity in root development and pollen viability.

An array of sweet pepper varieties, including heat-tolerant and susceptible checks, are grown in the field under spring and summer conditions, and flowers are harvested the day prior to expected anthesis. The flowers are dried under a heat lamp, and pollen is screened from them. The pollen is placed on glass microscope slides and a drop of 10% sucrose solution with 10 PPM boric acid is added. Samples are incubated at a given temperature for four hours, after which the germination process is stopped with a fixing solution (25% acetic acid, 75% ethanol). Slides are examined under magnification, and the percentage of germinated pollen grain and average pollen tube elongation are estimated. We have found that pollen viability declined progressively with increasing temperature beyond 36 °C, with most lines failing to germinate at temperatures greater than 39 °C; a very few lines, including heat-tolerant checks, may display low rates of pollen germination at temperatures as high as 42 °C. Pollen tube elongation mirrored these germination results. Heat tolerant lines incubated at 36 °C, produced tubes averaging 0.8 mm, while susceptible lines produced pollen tubes 0.2 mm or less in length. Heat tolerant lines could not be

distinguished from non-tolerant lines at incubation temperatures of 27 °C.

Roots of plant lines with contrasting heat tolerance were carefully excavated at monthly intervals, separated into three categories (primary [tap] root, secondary roots, and fibrous roots), cleaned, and dried. The dry weight of the primary root was best correlated with summer fruit yield potential (r=0.707). This study was compromised by the practice of establishing field crops via plug transplants, which often truncate the primary root.

Summary characterization of numerous genotypes for the noted field performance traits (fruit count, fruit weight, vegetative biomass, as well as relative fruit counts and weights under contrasting growing temperatures, root fraction weights, pollen viability, and pollen tube elongation at elevated temperatures) were compiled, and correlations were conducted with yield results under stressful conditions. Correlations of the several yield components and contributing developmental traits suggested that the most effective way to identify heat tolerant varieties is to grow them under stressful conditions, and select those that perform best. However, genotypes were frequently identified that excelled in one or another of these parameters, but which were not regarded as heat-tolerant. We hope that recombinations among selected parent lines and improvements in our methodologies will allow us to combine those genetic contributors to heat tolerance that are currently obscured by countervailing influences. Greater clarity in understanding the processes of response to elevated temperatures and their genetic control will allow us to make progress in developing superior sweet pepper with improved tolerance to high temperatures.

Outlook

For some solanaceous crops, especially tomato, sources of genes to improve abiotic traits include wild relatives, landraces, or other exotic germplasm. The problems of working with unadapted germplasm with poor horticultural traits and linkage drag, and traits conditioned by many small quantitative trait loci (QTLs) present tremendous challenges to plant breeders. Success will require strong interdisciplinary teams working to design effective protocols that identify trait sources, efficient high throughput marker protocols that effectively screen large populations for many markers, and basic research to understand the mechanisms of crop adaptation to stress.

Literature Cited

Anbinder, I., Reuveni, M., Azari, R., Paran, I., Nahon, S., Shlomo, H., Chen, L., Lapidot, M., and Levin, I. 2009. Molecular dissection of Tomato leaf curl virus resistance in tomato

line TY172 from *Solanum peruvianum*. Theor. Appl. Genet. 119: 519-530.

de la Peña, R.C., Ebert, E.W., Gniffke, P., Hanson, P., and Symonds, R.C. 2011. pp 396-410 in: Crop Adaptation to Climate Change. S.S. Yadav, R., Redden, J.L. Hatfield, H. Lotze-Campen, and A. Hall, A., eds. John Wiley and Sons, New Delhi.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2006. Agricultural data FAOSTAT. April 2006. http://faostat.fao.org/faostat/collections?version=ext&hasbulk=0&subset=agriculture

Ji, Y., Scott, J.W., Hanson, P. Graham, E., and Maxwell, D. 2007. Sources of resistance, inheritance, and location of genetic loci conferring resistance to members of the tomato-infecting begomoviruses. Pp. 343–266 in: Tomato Yellow Leaf Curl Virus Disease. H. Czosnek, ed. Springer, Dordrecht, the Netherlands.

Tsai, W.S., Shih, S.L., Kenyon, L., Green, S.K., and Jan, F.-J. 2011. Temporal distribution and pathogenicity of the predominant tomato-infecting begomoviruses in Taiwan. Plant Pathology 60: 787-799.

Weinberger, K. and Lumpkin, T.A. 2007. Diversification into horticulture and poverty reduction: A research agenda. World Development 35: 1464-1480.

Wu, H., Shou, S.Y., Zhu, Z.J., and Yang, X.T. 2001. Effects of high temperature stress on photosynthesis and chlorophyll fluorescence in sweet pepper (*Capsicum frutescens* L.) Acta Horticulturae Sinica, 28(6): 517-521.

Table 1. Elite AVRDC Multiple Ty tomato lines and checks identified from AVRDC trials, 2009-2011.

AVRDC Distribution code	Internal code	Pedigree	Tomato yellow leaf curl virus (TYLCV) resistance genes[1]						Bacterial wilt	Disease Resist.[3]	Fruit Shape[4]	Fruit wt
			*Ty*1	*Ty*2	*Ty*3	*Ty*3a	*Ty*5	SLM 4-34	% Surv[2]			g
AVTO1007	CLN3078A	CLN3078F1-12-34-29-7-8-7	S	R	R	S	S	S	16	TMV	SQR	80
AVTO1132	CLN3078I	CLN3078F1-12-34-27-9-4-10-19-14	S	R	R	S	S	S	78	TMV	SQR	69
AVTO1139	CLN3078L	CLN3078F1-12-34-26-8-23-7-6	S	R	R	S	S	S	85	TMV	OBL	77
AVTO1141	CLN3109F	CLN3109F1-26-35-11-2-29-10-11	S	R	S	R	S	S	23	TMV	SQR	68
AVTO1130	CLN3126A-7	CLN3126A-10-23-8-11-1-13-7	S	R	S	R	S	S	53	TMV	Plum	65
AVTO1002	CLN3125E	CLN3125F2-21-15-7-25-14	R	R	R	S	S	S	9	TMV, F-2	SQR	144
AVTO1133	CLN3125O-19	CLN3125F2-21-15-13-29-25-19	R	R	R	S	S	S	78	TMV, F-2	OBL-R	84
AVTO1005	CLN3125P	CLN3125F2-21-4-13-1-0	R	R	R	S	S	S	83	TMV, F-2	OBL-R	69
AVTO1122	CLN3150A-5	CLN3150F1-4-18-8-26-4-5	S	R	S	S	R	S	30	TMV	PL-SQR	61
AVTO1143	CLN2819B	CLN2819F1-2-1-4-25-6-13-13-21-4-4	R	R	R	S	S	R	8	TMV	OBL	62
AVTO1137	CLN3167B	CLN3167F1-13-18-10-29-6-6-8	S	S	S	S	R	S	73	TMV, F-2	R	94
AVTO0922	CLN3024A	CLN3024F2-104-48-1-18-0	R	R	S	S	S	S	87	-	SQR	59
VI045743	TY52 (ck)	BL982	R	S	S	S	S	S	NT		PL	70
AVTO0301	CLN2498D (ck)	CLN2498F1-68-15-22-17-19-12-17-8-0	S	R	S	S	S	S	83	TMV	OBL	56
AVTO1080	CLN3022E (ck)	CLN3022F2-154-4-2-30-0	S	S	S	S	S	S	53	TMV, F-2	OBL	59

[1]R=homozygous for resistance allele, S=homozygous for susceptible allele as determined by PCR. *Ty*3a is allelic to *Ty*3. SLM4-34 is a marker associated with a resistance gene near or allelic to *Ty*5.

[2]Values are percent healthy plants after drench inoculation with *Ralstonia solanacearum* (strain Pss4 from Taiwan) in the greenhouse.

[3]TMV=homozygous for *Tm2*[a] allele for resistance to *Tobacco mosaic virus* (TMV); F-2= resistance to race 2 of the fusarium wilt pathogen

[4]SQR=square-round, PL=plum, OBL=oblong, R=round

Table 2. Group mean comparisons of Ty genotypes with different Ty gene combinations Evaluated under:

Ty Genotype[1]	No. Entries	Mean Ty severity score[2]	Mean MY (t/ha)
Ty-1+*Ty*-2+*Ty*-3	9	0.8 a	39 a
Ty-1+*Ty*-3	4	0.9 a	42 a
Ty-1+*Ty*-2	2	1.6 b	37 a
Ty-2	7	2.1 c	25 b
None	2	3.0 d	4 c

[1]Lines within the group are homozygous for indicated Ty genes.

[2]Severity scores range from 0 (no symptoms) to 3 (severe leaf size reduction, curling, yellowing and plant stunting)

Entry means within columns followed by the same letter not significantly different according to single degree-of-freedom linear contrasts

因應氣候變遷之菇類育種與栽培管理

石信德*、陳美杏、李瑋崧、呂昀陞、陳錦桐、吳寬澤

農委會農業試驗所植物病理組
*聯絡作者：電子郵件信箱：tedshih@tari.gov.tw

摘 要

氣候變遷必然會導致增加氣候的可變性、極端的事件及衝擊。這種氣候的變異及極端所帶來的衝擊即使連較爲堅固的全球菇類族群也會受到影響。致力育成地區性的菇類適應品種將可提升吾人對於氣候變遷的準備。爲因應全球氣候變遷及未來菇類產業發展，菇類育種目標也必需有所調整，歸納起來主要分成下列三個面向：一、選拔生長溫度適應廣之品種，以減少能源消耗及降低生產成本。二、選育可以快速分解大量農業廢棄物的品種，縮短走菌培養的時間。三、選育適合環控栽培之菇類品種，穩定菇類生產。菇類育種的策略包括雜交育種法(cross-breeding)、誘變育種法(mutation breeding)和原生質體融合法(protoplast fusion)等。另一方面，掌握栽培菇種的生物學特性是栽培管理最主要的關鍵，生物學特性包含所需營養和各階段生長條件，生長條件包含環境溫度、溼度、光照及二氧化碳濃度等因子。一旦確實掌握了生物學特性，即能以自己擁有(既有)的菇舍進行必要的改善措施，或設計適當的環控栽培設施進而降低菇類栽培時因氣候變遷所帶來的不利影響。面對氣候變遷此等難題時，各種農作物所遭遇的病蟲害(pest)及逆境(stress)都和以往不同，糧食穩定度面臨挑戰，菇類是相當良好的素食蛋白質來源，其設施化程度遠高於其他農作物。菇類相較於他種作物而言，在面臨氣候變化的衝擊時，或許可成爲最穩定的糧食。爲了維持糧食安全以因應人口成長及全球暖化，包括逆境容忍的種原、永續性的作物、天然資源的管理及妥善的政策介入在內的整體性研究是必要的。菇類在於不可預測的環境中得以永續生產是基本的課題，其討論的項目包括適應生物性與非生物性的逆境、永續性的生產、資源保存的技術及新的育種工具以增加菇類的適應性。這是研究人員和決策者規劃基本概念需求，以因應氣候變遷下菇類栽培環境的根本對策。

前 言

菇類爲我國重要之食藥兩用資源，台灣自 1918 年有栽培椎木香菇之紀錄起，其間曾歷經洋菇外銷之興盛時期，並讓我國擁有洋菇王國之美名，菇類栽培迄今已有近百

年之歷史。目前國內主要生產之生鮮菇類包含香菇、金針菇、木耳、杏鮑菇等數十種，每年生產之太空包約 4 億包，年產值約爲 88 億新台幣，爲精緻農業中相當重要的一環。過去菇類栽培仰賴天然氣候，其主要產期爲秋冬兩季，而產地也以海拔較高的新社、埔里、魚池與中埔等地爲主。近年來由於環控技術之進步，菇類栽培雖較不受天然氣候之影響，然而如香菇、木耳等傳統型菇類，目前仍以傳統菇舍栽培爲主，產量受氣候變遷影響較大。環控栽培菇類包含金針菇、杏鮑菇、秀珍菇和鴻喜菇等，雖然不會直接受到外界氣候變化之影響，由於多數業者環控設備較爲簡陋，當培養的菇類需要大量新鮮空氣進入栽培庫房內進行換氣時，即會影響到菇類品質，並可導致細菌病害之發生與冷氣用電量增加。以香菇與木耳兩種傳統菇類爲例，2009 年秋季平均溫度提升 1.1℃，九月份溫度達 29.3℃；冬季平均氣溫較往年提昇 1.4℃，且翌年二月份平均溫達到 21.3℃，使得許多香菇太空包在走菌階段，即因遇到高溫(包溫達 32℃以上)而產生菌絲死亡之現象，嚴重影響香菇太空包之成數，進而降低產量。今年度(2011 年)雖然冬季氣均溫僅下降 0.6℃，但由於數波寒流在新社地區皆產生 5℃以下之低溫，使得香菇子實體生長受到抑制，也使得香菇產量下降 30%。此外，木耳亦有類似之現象，由於氣溫下降，因而使得今年度木耳生長勢減緩，業者爲了保持栽培室溫度，因而減少通氣量，因此造成許多木耳發生無法順利展耳情形，也導致產量與品質之下滑。爲減少氣候變遷對於菇類產業之衝擊，除積極進行菇類品種之選育以因應極端氣候環境外，亦可藉由適當之栽培管理技術，來減少環境變異對於菇類之影響，期以增加菇類對於環境之耐受性，並減少能源之使用，藉以達到菇類產業永續發展之目的。

因應氣候變遷菇類育種之目標

爲因應全球氣候變遷及未來菇類產業發展，育種目標也必需有所調整，歸納起來主要分成下列三個面向：

一、選拔生長溫度適應廣之品種，以減少能源消耗及降低生產成本為目標

利用傳統菇舍栽培之菇類，最容易受到氣候變遷的影響，例如香菇、木耳和草菇等。以木耳爲例，國內主要栽培的木耳品種爲毛木耳，其菌絲生長溫度以 22~32℃最適宜，低於 15℃以下生長緩慢，高於 35℃生長受到抑制，至於子實體發育則以 20~25℃最爲適宜，15℃以下受到抑制，超過 30℃則停止生長或產生自溶分解[16]。目前夏天要生產高品質的木耳必須在菇舍內設置水牆以協助降低溫度，否則就得由平地移到較高海拔的山區才能種植。冬天遇到寒流來襲，溫度低於 15℃時，農民爲維持菇舍內的溫度因而減少外氣的引進，造成二氧化碳累積太高使得木耳無法順利展耳並有畸型菇體

產生情形。同樣的問題也發生在香菇和草菇之栽培上，使得產量和菇體品質急劇下降，香菇價格因而高居不下。當務之急，應該開發溫度適應較廣之傳統菇舍栽培菇類品種。較廣溫度適應範圍包括兩個面向，其一是菌絲生長可以忍受較高或較低的溫度範圍，通常是指 32℃以上或較低的溫度(如 10℃以下)；使得在養菌的過程中，菌絲生長不會因爲溫度的驟升或驟降而降低活性甚至死亡。其二則是菇體發育的溫度，如開發可在 32℃出菇的香菇品種。其他以空調菇舍栽培之菇類如杏鮑菇、金針菇等菇類如能提高培養或出菇溫度，也有助於節省能源，降低生產成本。

二、選育可以快速分解大量農業廢棄物的品種，縮短走菌培養的時間

多種菇類在菌絲長滿栽培介質之後，還須經一段後熟的培養時間，讓養份完全轉化後才能順利出菇，這類菇種包括香菇、鴻喜菇、巴西蘑菇和白靈菇等。以香菇太空包栽培爲例，菌絲培養到包體外層菌膜轉成褐色，依據當令之氣候，短則 3 個月，長則需 5 個月[3]；有些香菇品種的木質素利用率只有 23%，半纖維素的利用率只有 16%[41]。另外，鴻喜菇也要經歷至少 70 天的培養時間。選育可以快速分解栽培基質的菌種，例如透過育種方式提高優良菌株對於木質素或半纖維素利用率[38]，便可以有效縮短走菌培養的時間，在太熱或太冷的極端氣候發生之前，即可完成整個生產週期，避開氣候變異太大的時節，穩定菇類之生產，同時也可以降低生產成本。

三、選育適合環控栽培之菇類品種，穩定菇類生產

以往香菇栽培過程中，出菇時必須依靠天然氣候的溫差才能讓菇體發育成高品質的產品。隨著氣候的變遷，選育適合環控設施栽培之菇類品種，以降低菇類生產中因氣候變化造成的不確定因素，方能穩定菇類之生產。

育種之策略

面對快速變化的全球氣候，育種的策略也得和時間賽跑，一般常用的菇類育種方法包括雜交育種法(cross-breeding)、誘變育種法(mutation breeding)和原生質體融合法(protoplast fusion)等。傳統雜交育種方法以單胞雜交法(monokaryon matting)爲主，所需時間較久，少則 5-7 年，多則達 10 年以上。目前國內「植物種苗法」並未將菇類納入，其新品種需以申請微生物專利方能受到保護。專利申請從送件到核可的時間至少需要兩年，這樣的速度往往趕不上市場上新品種的汰換需求。利用單雙核雜交(monkaryon-dikaryon matting)之方法，分離欲導入性狀的後代單胞菌株和原有性狀良好之親本(雙核菌株)進行雜交，透過細胞核之交換產生新的菌株，這樣的方法類似於植物

上的回交方法，可以有效縮短育種時間[34,46]。此外，利用誘變育種法和原生質體融合法可以在短時間內產生大量的變異菌株，較能因應氣候變遷所需求。近年來在微生物和植物上發展非常快速的基因體重排技術(genome shuffling)[19,45]和基因轉殖技術(gene transformation)也都可以應用在菇類品種改良[41]。

誘變育種法

菇類的菌絲在有絲分裂的複製過程中會產生變異之率不高，大概只有百萬分之一[36]。有自然的變異無法以肉眼觀察，有些則非常明顯，如白色變種的斤耳(又稱爲雪耳)、舞菇和柳松菇等。爲了提高突變發生的機率，需利用人工的方法處理，如使用誘變劑造成染色體上核苷酸之鹼基產生變異，進而影響其外表的表現性狀，甚至創造原來沒有的性狀或突破原有部分性狀表現之極限。誘變劑的使用方法簡單、處理時間短，且一次就可以獲得大量的突變菌株，然而其最大的困難在於如何從大量各式各樣的變異菌株中篩選符合育種目標需要的變異個體。由於菇類菌絲爲多細胞構造，有時菌絲互相重疊，再加上單一細胞內具有兩個或以上分開之細胞核，在未進行核融合之前，可能只有一個細胞或單一核產生突變，爲了確保在多次移植後仍不會喪失其新的性狀，菌絲體並不是一個作爲誘變的最佳材料，若要使得突變體穩定，許多學者發現改以菌絲片斷、原生質體、分生胞子或擔孢子作爲誘變的材料較爲適合[8,45]，惟使用擔孢子必須再經過雜交的過程才能產生子實體，在手續上較爲複雜，但仍被採用[10]。另外，銀耳有酵母態和菌絲態兩型，並且可以互相轉換，因此酵母態非常適合作爲誘變育種的材料，經過誘變劑之處理後再生爲菌絲態，可以直接和香灰菌一起製作成菌種生產銀耳子實體，提高單位面積之產量。

誘變方法可分成物理性和化學性兩種，物理方法以紫外線、鈷 60、X 射線、離子束、鐳射等爲主[10,15,20,47,51]，化學誘變劑則以亞硝酸、氯化鋰、疊氮化鈉和 N-甲基-N-硝基-N-亞硝基脲（N-methyl-N-nitro-N-nitrosoguanidine，NTG）等爲主[14, 45]。付氏等人[1]認爲利用輻射誘變要產生高產量的食用菇菌株成功的案例並不多，主要是造成對菇類有益變異的機率小，選育工作量卻相當大，但對於菇類非有益的變異如產生少量孢子甚至是無孢的變異菌株恰可以作爲商業栽培，降低人類對於菇類孢子的過敏反應或累積在肺部的不良影響，這部份應用在杏鮑菇、秀珍菇、蠔菇上非常成功[47,51]。

原生質體融合技術應用於菇類品種改良

在菇類相關研究之中，原生質體除可被應用於菇類菌種去病毒感染之技術上外[39]，

還可被應用於菇類之品種選育上，特別是不同菇種融合菌株的產生，包括同屬不同種之菌株融合[13,37,55]，甚至不同屬間的菌株也可進行融合，進而產生新的物種[2,4,17,35,40]。近年來更被應用於轉殖粒線體 DNA 或是特定功能之 DNA [41,42]等。原生質體主要係利用酵素將菌絲之細胞壁去除，並利用醣類或鹽類控制其滲透壓，使原生質體能維持其細胞形態，而不會死亡，而在此形態下之細胞，具有極佳之通透性，因此藉由化學或物理之方式，即可促進原生質體進行融合，而細胞的融合則可使基因部分或全部重組，進而獲得新的重組子，爲菇類提供了一種新的育種策略。

原生質體技術已廣泛應用於多種菇類育種中，如香菇、草菇、鮑魚菇、鴻喜菇、冬蟲夏草、桑黃等[6,7,9,11,18,52]。原生質體技術雖然看似較傳統雜交育種技術更爲簡便與快速，但對許多因素皆會影響原生質體融合之效率，如：培養基成分、菌齡、酵素種類、酵素濃度、酵素作用時間、酵素作用溫度、pH 值與滲透壓等，因此在進行原生質體融合前須對此些影響因子進行最適化測試。此外，原生質體技術一次可獲得多個變異株，因此若缺乏有效且快速之檢定技術，篩選此些變異菌株即會變成一個耗時費力之工作，因此若希望以原生質體相關技術作爲菇類品種快速選育之策略，可在育種初始時，即訂定明確之育種目標，並針對此一目標設定直接且快速之檢定與篩選方式，如此方可使原生質體技術獲得最大之效力。

目前利用原生質體融合技術應用在菇類品種改良上還有一些關鍵技術有待突破，例如融合子的遺傳不穩定、種間融合子難以形成子實體以及融合體難以產生優良性狀等[5]。由於經由原生質體再生之菌絲體本身即存在有許多變異，因此亦可直接作爲品種篩選之用。此外，將原生質體融合技術搭配誘變劑的使用，更可以提高誘變的效果，所以目前的原生質體融合技術主要獲得原生質體再生，作爲誘變或配合生物技術以成爲基因轉殖的材料之用[1]。

基因體重排技術之應用

基因體重排技術源自於原生質體融合技術，但不同的地方是基因組改組技術使用多個親本而不是兩個親本，藉由 DNA 重組的隨機性，進行多輪的原生質體融合，產生各式各樣的突變組合，最後產生遺傳距離高於兩親本之間的新菌株，因而提高子代的遺傳多樣性，同時也提高了獲得優良性狀菌株之機率，提供豐富的菌種改良資源[19]。基因組改組技術應用在育種上是由 Zhang 等人於 2002 年所提出[59]，以弗氏鏈黴菌(*Streptomyces fradiae*)營養缺陷型菌株作爲親本，經過 4 次的原生質體融合，得到產生大量泰樂黴素(tylosin)之菌株。基因體重排技術目前在食用菇類上之應用尚無相關的文獻報導，最主要的限制和誘變育種和原生質體融合一樣，在每一次的基因體重排都可

以產生大量的突變菌株之後，如何運用快速、簡單且有效的方法大規模篩選目標菌株。未來在菇類上應可利用此一技術可以選擇一至多個原始親本，經由突變獲得多個表現型提高之正向突變株，構建突變株候選基因庫，以這些突變株進行第一次多親本融合，獲得第一代融合株，再以其中表現型獲得提高的菌株做第二次的融合，以此類推經過多次多親本的融合之後，最後獲得性狀被提升的目的菌株[19]。

應用基因轉殖技術於菇類新品種之開發

基因轉殖技術已經大量被應用在植物、動物和微生物上，其導入新的基因比起傳統育種方式具有更強之方向性與目的性[5]，徹底打破自然規律中不同種不能雜交的限制。儘管國內對於基因轉殖作物上的安全性還在評估，基改微生物於直接食用或添加於食品之安全爭議性仍高，因此並不鼓勵利用基因轉殖方式改良食用菇類。基因工程改造酵素/蛋白質等技術已普遍應用於工業界或食品工業上，將菇類作爲平台以大量生產有效的保健成分具有其發展潛力[58]。選殖優良性狀表現的基因是基因轉殖的成功要件之一，許多和菇類木質素分解有關的酵素如漆酶(laccase)等基因已被選殖出來[27]，未來可以藉助這些基因提高食用菇對於介質之利用率，進而提高產量或是作爲分子農場生產有用的菇類二次代謝物。

任何一種育種方法都需找到有效的篩選方法，才能縮短育種的時間，在出菇試驗之前，發展生物學檢定、生化檢定與分子生物學檢定等方法，淘汰不良的品系，以減少人力和財力之損耗。應用分子標記輔助選拔法(marker-assisted selection, MAS)，尋找與優良性狀緊密連鎖的分子標記，例如洋菇抗細菌性褐枯病菌(由 P*seudomonas tolaasii* 所引起)之基因和菇傘顏色控制基因連鎖[44]，以減少雜交育種過程中盲目的篩選過程，提高育種效率[48]。分子標記技術近年來應用在菇類品種的鑑別上或遺傳性狀之控制[50,57]，但應用在輔助育種上還非常少，其限制的因素包括缺乏操作簡單、經濟實用且適合於大規模分析的分子標記技術[12]，以及缺乏完整的菇類遺傳圖譜，許多與特定性狀分離或緊密連鎖的分子標記正積極建構中，未來應可運用於菇類育種。

栽培管理技術之改進

栽培管理技術是門藝術，憑藉知識和經驗的積累以面臨不同菇種、各式場房設備與四時變化之挑戰，進而調和天時地利以克服各類問題。早期台灣四季分明，春夏秋冬依時令運行，無論洋菇、香菇、草菇、靈芝或鮑魚菇均可在適當的時節開始製作堆肥或太空包，再於簡易菇舍內栽培，僅需拿捏補水、通風時間點和管控污染原即可順

利出菇。近年來，全球暖化造成年均溫上升或是極端氣候出現頻度增加，都使得傳統的簡易菇舍所栽種的菇類面臨了極大的威脅與挑戰。

掌握栽培菇種的生物學特性是栽培管理最主要的關鍵因素，生物學特性包含菇類所需要的營養和各階段的生長條件，如包含環境溫度、溼度、光照及二氧化碳濃度等因子，一旦確實掌握了生物學特性，即能以自己擁有的菇舍進行必要的改善，或設計適當的環控栽培設施進而因應氣候變遷之影響。以秀珍菇爲例，要出菇整齊需要有 6~8 ℃以上的溫度差並刺激 10~12 小時，出菇後維持常溫的環境。多年前無環控設施的本地菇農爲克服溫差刺激的困境，在出菇前將太空包在冰庫中冰存一晚再上架出菇，使得簡易菇舍在冬季以外也能夠生產秀珍菇。此法在中國大陸的福建[21]和浙江[22][23]等地也被以「反季節栽培技術」作推廣。在台灣金針菇和洋菇利用空調設施進行全年環控生產已有許多年，不受氣候影響。此後，杏鮑菇等各式菇類亦利用環控栽培方式以跳脫氣候的束縛。近年來中國大陸也持續推廣以環控方式栽培洋菇[24]、金針菇[25]、秀珍菇[26]、茶樹菇[27]、白靈菇[28]等以達周年生產之目標。

菇類栽培除了需要設備以外，材料選用亦是重要的考量因素。一般常用木腐性菇類的栽培原料有木屑(或其他富含纖維素、半纖維素和木質素的材料)及米糠、粉頭、碳酸鈣等輔料。在製作太空包或者自動化栽培瓶時，必須選用新鮮無霉的原料[29]；而使用堆肥栽培之菇類如洋菇及高溫菇等，在多變的氣候狀態下要特別注意堆肥製作時，堆肥內部的溫度和通氣性，應該適時加以整堆，以免堆肥品質不佳影響菇類生長。不良的堆肥常遭受污染導致菇類產量與品質大幅下降，尤其是木黴菌(*Trichoderma* spp.)的汙染會使下種後的堆肥形成綠黴病(green mould disease)，其分泌之抗生物質能抑制菇類菌絲生長[30]並抑制洋菇子實體生成。1980 年代中葉與 1990 年代初期，英國和北美就分別曾因 2 種木黴菌(*T. harzianumc* 和 *T. aggressivum*)污染了洋菇堆肥而嚴重減少了洋菇產量[49]。

相較於一般農業操作，菇類是一種在控管的環境下栽培的產業。其栽培基質在栽培前都需經過某種程度的消毒，如巴斯德滅菌(Pasteurisation)、高溫高壓殺菌、堆積發酵等。雖然消毒後之基質在接種大量菌種後，降低了可能遭遇的弱病原菌競爭力。然而，栽培時會因生物性和非生物性因子造成其他微生物的污染[56]。最易引起菇類大規模病害發生的木黴菌，平時即存在於機械、庭院、地板、牆壁、樓梯等環境；雙翅目昆蟲(Sciarid flies, *Lycoriella* spp.)、蟎(Mites, *Pygmephorus* spp.)及鼠(Mice, *Mus musculus*)亦是其載體(vector)[53,54]。平時維持菇舍內外清潔衛生已屬不易，在地球暖化加劇下，原本菇舍四周不存在的病原菌、蚊、蠅、蟲、鼠可能因暖化導致活動範圍擴展而出現。因此在菇類栽培室之整潔維護與週遭可能入侵的病媒之隔離防範措施架設都是必要的管理工作。

在土壤、空氣、糞便及稻草堆等有機物中大量存在著鏈格黴菌(*Alternaria spp.*)、黃麴菌(*Aspergillus spp.*)、鬼傘(*Coprinus spp.*)、紅色麵包黴菌(*Neurospora spp.*)、毛黴菌(*Mucor spp.*)、青黴菌(*Penicillium spp.*)、木黴菌、單端孢黴(*Trichothecium spp.*)及根黴菌(*Rhizopus spp.*)等菇蕈類病原真菌[31]，這些病原菌也極有可能隨著昆蟲或蜱、鼠進入接種室、培養室或出菇室。接種室若受到污染，在接種時稍有風動，飛散的病原菌孢子落入介質後即會產生汙染。培養室與出菇室也很容易受到生長快速的病原菌如紅色麵包黴菌及木黴菌污染而造成危害。

在清潔管理部分，菇類栽培之機械設備經清水洗淨清潔後，以 10 %漂白水噴灑消毒。在若干次栽培後，菇舍可密閉部分可參照植物保護手冊進行燻蒸處理[32]。此外，菇舍的通氣孔要加紗窗或濾網防杜昆蟲進入，排水孔要能堵住以防蟑螂、老鼠、蝸牛或蛞蝓進入，必要時以殺蟲劑噴灑設施外圍防止蟑螂和螞蟻進入，設捕鼠器或投擲餌劑誘殺老鼠，施佈聚乙醛餌劑防杜蝸牛或蛞蝓[32]，並吊掛黏蟲板搭配捕蚊燈使用以減少昆蟲進入菇舍，如此，菇舍內外保持清潔，再將可能攜帶病原菌的生物性因子隔絕於菇舍外，配合上良善和完整的菇類生物學特性相關知識再輔以調節環境因子的技術，即使在育種上遭遇了瓶頸，仍會有辦法克服氣候變遷所帶來的種種挑戰。

結論與未來之展望

氣候變遷是 21 世紀全人類所共同面臨的問題，時令節氣不再如農民曆進行。現今全球暖化加劇，針對高溫或低溫的菇類耐性品系篩選與育種是必要且不容忽視的工作。耐高溫之菇類品系不但有益於簡易菇舍的栽培，即便栽種於空調環控菇舍中也可大為減少能源利用程度，對節能減碳具有相當助益。面對氣候變遷所帶來的難題時，各種農作物所遭遇的病蟲害及逆境都和以往不同，糧食穩定度也面臨挑戰。菇類是相當良好的素食蛋白質來源，其設施化程度遠高於其他各種農作物(包含花卉)，相較於他種作物而言，菇類在面臨氣候變化的衝擊時，或許可成為最穩定的糧食。

引用文獻

付立忠、吳學謙、魏海龍、吳慶其、李海波、張新華、賈亞妮。2005。食用菌學報 12(3):63-68。

江力、黃健威、慈淩坤、盧雲峰。2011。茶樹菇與雞腿菇原生質體融合及再生。食品科學 32：141-144。

呂昀陞。2011。香菇太空包黑木耳有機栽培技術。台灣有機農業技術要覽策劃委員會編著。台北。901-906 頁。

肖在勤、譚偉、彭衛紅、鄭林用、龍章富、周俊初、繆禮鴻、陳雯莉、郭文潔。1998。金針菇與鳳尾菇科間原生質體融合研究。食用菌學報 5:6-12。

林芾。2010。我國食用菌育種現狀與展望。農技服務 2010(8):1076-1079。

朱蘊蘭、陳安徽、王陶、陳宏偉。2010。冬蟲夏草原生質體誘變育種研究。食品科學 31：256-260。

宋春豔、尚曉冬、譚琦、劉德雲、鄭巧平、項壽南。2008。香菇原生質體單核體雜交後代性狀變異初探。食用菌學報 15: 1- 6。

李蕘、虞磊、闞勁松。2005。金針菇菌絲斷片單細胞誘變育種的研究。合肥學院學報 15(1):16-18。

邱文娜、王秋穎、曾念開、王秋雯、陳磊。2010。桑黃原生質體融合菌株及其親本生物學特性的比較研究。中國農學通報 26:58-61。

況丹、葉亞建、王飛。2010。杏鮑菇高產菌株的紫外線誘變選育。安徽農業科學 38(16):8404-8405。

胡開輝、劉建忠、孫淑靜、饒榆平、陳明祥、張俊蘭、肖雅敏、熊芳。2010。斑玉蕈育種中漆酶轉化體系建立的初步研究。菌物學報 29:528-835。

.張瑞穎、胡丹丹、左雪梅、張金霞、胡清秀。2011。分子標記技術在食用菌遺傳育種中的應用。中國食用菌 30(1):3-7。

郭成金、趙潤、朱文碧。2010。冬蟲夏草與蛹蟲草原生質體融合初探。食品科學 31:165-171。

董玉瑋、曹澤虹、苗敬芝、呂兆啓、周衛東、李文、王乃馨。2011。氯化鋰誘變赤靈芝原生質體選育高鍺菌株的研究。食品科技 36:18-22。

陳恒雷、武寶山、石偉娜、曾憲賢。2010。阿魏菇多糖高產菌的離子束和激光復合誘變育種。生物技術 20(1):30-33。

陳啓楨。2011。黑木耳有機栽培技術。台灣有機農業技術要覽(下)。台北。912-926 頁。

彭衛紅、甘炳成、鄭林用、王勇、劉本洪、譚偉、黃忠乾、唐家蓉、肖在勤。2005。茯苓與鳳尾菇目間原生質體融合研究初報。菌物學報 24:42-47。

趙風雲、林俊芳、葉澤波、王藝紅、楊博、郭麗瓊。2009。草菇高產新菌種的選育。食用菌學報 16 : 23-26

劉芳、謝寶貴。2010。基因組改組技術及其在食用菌育種上的應用前景。福建農業學報 25:526-530。

顏麗君、鄭煥春。2008。姬松茸 60Co-γ 射線輻射誘變育種試驗初報。中國食用菌 27(5):19-21。

陳君琛、沈恒勝、湯葆莎、楊菁、劉韜、楊嘉金。2003。秀珍菇反季節高效栽培技術研究。中國食用菌 22(4) : 21-23。

周春滿。2006。秀珍菇高溫反季節栽培技術。食用菌 4: 48。

周新偉、俞慧玲、趙麗萍。2006. 秀珍菇反季節栽培技術. 食用菌, 增刊: 86.

周保亞、魏鋒。2008。利用閒置冷庫反季節栽培雙孢蘑菇技術。中國果菜 1: 11-12。

王紅霞。2009。冷庫金針菇反季節栽培技術。北京農業 11 月上旬刊: 23-24。

張德云、潘祖華、徐向進。2008。秀珍菇設施化反季節栽培技術。浙江食用菌 16(1): 32-34。

程端春、周修趙。2008。泡沫房反季節栽培茶樹菇技術。浙江食用菌 16(2): 35-36。

趙美華、張云川、李永軍、李明、吳晗。2008。濕冷技術改造民房低溫蘑菇反季節出菇試驗。中國食用菌 27(2): 21-22。

張樹庭、P. G. Miles. 1992。食用菌蕈及其栽培。河北大學出版社。

羅朝村。2006。木黴菌之簡介與應用。農業生技產業季刊。第八期: p.17-19。

潘崇環、陳成基。1992。食用菌栽培技術圖解。農業出版社。p.162-210。

費雯綺、王喻其。2007。植物保護手冊糧食作物及其他篇。行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所。

Baars, J. J. P., Sonnenberg, A. S. M., Mikosch, T. S. P., and van Griensven, L. J. L. D. 2000. Development of a sporeless strain of oyster mushroom Pleurotus ostreatus. Proceedings of the 15th International Congress on the Science and Cultivation of Edible Fungi, Maastricht, Netherlands. pp. 317-323.

Callac, P., Spataro, C., Caille, A., and Imbernon, M. 2006. Evidence for outcrossing via the Buller phenomenon in a substrate simultaneously inoculated with spores and mycelium of Agaricus bisporus. Appl. Environ. Microbiol. 72:2366-2372.

Chakraborty, U., and Sikdar, S. R. 2008. Production and characterization of somatic hybrids raised through protoplast fusion between edible mushroom strains Volvariella volvacea and Pleurotus florida. World J. Microbiol. Biotechnol. 24:1481-1492.

Drake, J. W., Charlesworth, B., Charlesworth, D., and Crow, J. F. 1998. Rates of Spontaneous Mutation. Genetics 148: 1667–1686.

Dhitaphichit, P., and Pornsuriya, C. 2005. Protoplast fusion between Pleurotus ostreatus and P. djamor. Songklanakarin J. Sci. Technol. 27: 975-982.

Giardina, P., Cannio, R., Martirani, L., Marzullo, L., Palmieri G., and San, G. 1995. Cloning and sequencing of a laccase gene from the lignin-degrading basidiomycete Pleurotus ostreatus. Appl. Environ. Microbiol. 61:2408-2413.

Guan, Y. Y., Zhou, S. J., Wang, Z., Ma, B. J., Gao, Y. Q., Qiu, L.Y., Qi, Y. C., and Shen, J. W. 2011. Effect of protoplast regeneration technology on the virus elimination of Pleurotus ostreatus. Mycosyst. 30: 108-115.

Kim,C. K., Choi, E. C., and Kim, B. K. 2000. Generation of nuclear hybrids overcoming the natural barrier of incompatibility: transfer of nuclei from Lentinula edodes into protoplasts of Coriolus versicolor. Arch. Pharm. Res. 23: 79-86.

Kuo, C. Y., Chou, S. Y., Hseu, R. S., and Huang, C. T. 2010. Heterologous expression of EGFP in enoki mushroom Flammulina velutipes. Botanical Studies 51: 303-309.

Masaki, F., Masayoshi, W., Masayuki, U., Yukitaka, F. N., and Teruyuki, M. 2007. Introduction of mitochondrial DNA from Pleurotus ostreatus into Pleurotus pulmonarius by interspecific protoplast fusion. J. Wood. Sci. 53:339–343.

Miyazaki, K., Maeda, H., Sunagawa, M., Tamai, Y., and Shiraishi, S. 2000. Screening of heterozygous DNA markers in shiitake (Lentinula edodes) using de-dikaryotization via preparation of protoplasts and isolation of four meiotic monokaryons from one basidium. J. Wood Sci. 46:395-400.

Moquet, F., Desmerger, C., Mamoun, M., Ramos-Guedes-Lafargue, M., and Olivier, J.-M. 1999. A quantitative trait locus of Agaricus bisporus resistance to Pseudomonas tolaasii is closely linked to nature cap color. Fungal Genetics and Biology 28:34-42.

Mukherjee, M., and Sengupta, S. 1986. Mutagenesis of protoplasts and regeneration of mycelium in the mushroom Volvariella volvacea. Appl. Environ. Microbiol. 52(6):1412-1414.

Nogami, T., Kamemoto, Y., Ohga, S., and Kitamoto, Y. 2002. The Buller phenomenon in a bipolar basidiomycetous mushroom, Pholiota nameko. Micrologia Aplicada International 14:11-18.

Obatake, Y., Murakami, S., Matsumoto T., and Fukumasa-Nakai, Y. 2003. Isolation and characterization of a sporeless mutant in Pleurotus eryngii. Mycoscience 44:33-40.

Okuda, Y., Murakami, S., and Matsumoto, T. 2009. Development of STS markers suitable for marker-assisted selection of sporeless trait in oyster mushroom, Pleurotus pulmonarius. Breeding Sci. 59:315-319.

Oliver Albert Krupke, Alan J. Castle and Danny Lee Rinker. 2003. The north American mushroom competitor, Trichoderma aggressivum f. aggressivum, produces antifungal compounds in mushroom compost that inhibit mycelial growth of the commercial mushroom Agaricus bisporus. Mycol. Res. 107(12)：1467-1475.

Qin, L.-H., Tan, Q., Chen, M.-J., and Pan, Y.-J. 2006. Use of inter-simple sequence repeats markers to develop strain-specific SCAR for Lentinula edodes. FEMS Microbiol. Lett. 257:112-126.

Ravishankar, S., Pandey, M., Tewari, R. P., and Krishna, V. 2006. Development of sporeless/low sporing strains of Pleurotus through mutation. World J. Microbiol. & Biotechnol. 22:1021-1025.

Ren, P. F., Li, J., Qu, L., Ren, H. X., and Gong, Z. Y. 2008. Fine xianggu mushroom (Lentinula edodes) strain breeding using protoplast monokaryonization technique. J. Microbiol. 28:45-48.

Royse, D. J., Boomer, K. Du., Y., Handcock, M., Coles, P. S., and Romaine, C. P. 1999. Spatial distribution of green mold foci in 30 commercial mushroom crops. Plant Dis. 83:71-76.

Seaby, D. A. 1996. Investigation of the epidemiology of green mould of mushroom (Agaricus bisporus) compost caused by Trichoderma harzianum. Plant Pathology. 45：913-923.

Singh, R. I., Aarti, K., and Singh, S. S. 2007. Formation of interspecies fusants of Agaricus bisporus and Agaricus bitorquis mushroom by protoplast fusion. Indian J. Microbiol. 47:369-372.

Singh, S. K., Sharma V. P., Sharma, S. R., Kumar, S., Tiwari, M. 2006. Molecular characterization of Trichoderma taxa causing green mould disease in edible mushrooms. Curr. Sci. 90: 427-431.

Su, H., Wang, L., Ge, Y., Feng, E., Sun, J., and Liu, L. 2008. Development of strain-specific SCAR markers for authentication of Ganoderma lucidium. World J. Microbiol. Biotechnol. 24:1223-1226.

Yeh, C. M., Yeh, C. K., Hsu, X. Y., Luo, Q. M., and Lin, M. Y. 2008. Extracellular expression of functional recombinant Ganoderma lucidium immunodulatory protein by Bacillus subtilis and Lactococcus lactis. Appl. Environ. Microbiol. 74:1039-1049.

Zhang, Y.-X., Perry, K., Vinci, V. A., Powell, K., Stemmer, W. P. C., and del Cardayré, S. B. 2002. Genome shuffling leads to rapid phenotypic improvement in bacteria. Nature 415:644-646.

Breeding and Cultivation Management of Mushroom for Mitigation and Adaptation to Climate Change

Hsin-Der Shih*, Mei-Hsing Chen, Wei-Sung Li, Yun-Sheng Leu, Jin-Tong Chen, Kaun-Tzer Wu

Plant Pathology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture (COA), Executive Yuan, Taiwan ROC
*Corresponding author. E-mail: tedshih@tari.gov.tw

Climate change entails an increase in climatic variability, extreme events and shocks. The impacts of climate variability and extremes are felt even more strongly as the global population mushrooms. Efforts in breeding locally adaptive mushroom varieties will increase our ability to be ready for the climate change. In response to the global climate change and the future development of the mushroom industry, the goals of mushroom cultivation need to be readjusted to focus on three parts: (1) the selection of bored temperature range mushroom species that yield low energy consumption and production cost, (2) the breeding of mushroom species that possess the ability to rapidly decompose mass agricultural wastes, which shortens the mycelia cultivation time, and (3) the cultivation of mushroom species that are suited for environmental controlled houses for stable productions. The strategies on mushroom breeding include cross-breeding method, mutation breeding method and protoplast fusion method. On the other hand, understanding the biological characteristics is the key to mushroom cultivation and production. Biological characteristics refer to aspects such as nutrition and cultivation condition of various stages, which also include environment temperature, humidity, light exposure, and carbon dioxide concentration. Once biological characteristics are understood, the existing cultivation houses may be modified and suitable environmental control facilities installed to curtail the harmful impacts on mushroom cultivation brought on by global climate change. Confronted by the predicament of global climate change, the pest and stress problems faced by various corps are different from those in the past, and stability of the world food supply is challenged. Mushroom is a wonderful source of vegetarian protein and its level of facility standardization is far greater than other crops, perhaps making it the most stable food source under the adverse impact of global climate change. In order to maintain food security in the face of challenges of population growth and global warming, a holistic approach that includes stress-tolerant germplasm, sustainable crop and natural resource management, and sound policy

interventions will be needed. The essential disciplines required for sustainable mushroom production in unpredictable environments include discussions on adaptation of biotic and abiotic stresses, sustainable and resource-conserving technologies, and new breeding tools for enhancing mushroom adaptation. It is essential for researchers and policy makers to layout the basic concepts needed to adapt to and mitigate changes in mushroom cultivation environments.

台灣熱帶果樹產業因應氣候變遷之調適

顏昌瑞

國立屏東科技大學農園系
e-mail: yencr@mail.npust.edu.tw　　電話：08-7740265, 7740451

氣候變遷對台灣熱帶果樹之影響為經由地球暖化造成急遽氣候變化引起之災害，其因素依次為雨量、溫度、光照。本文擬從高生產力及高品質的原則與生態環境維護，探討熱帶果樹從品種及栽培管理之調適。分別說明如下：

一、品種之選擇：品種多樣化及栽培簡化，以耐病蟲害，性狀及產量穩定，適應當地環境之品種為主，以蓮霧為例，主要品種`粉紅' 種（及印尼大果等品種）常隨氣候季節及栽培管理改變果色、果重及裂果率，不如泰國引進之`Tub Thim Chan'（深紅色）及越南引進之`Bac Thao'（ 白色）。以一年多熟果樹及品種取代一年一熟之品種，發展耐高低溫及旱澇逆境之品種。

二、栽培管理之調整：應從氣候變遷異常及節能減碳碳原則，加強防風林及防風設施，植株矮化，適當種植密度，適當的設施栽培，果園排水及草生環境，適量合理的投入，減少人為材料如棚架、支柱之成本及管理，栽培管理由「繁變簡」，降低人力及成本之投入。

三、科技整合及利用：採用有效率、合理的營養管理及病蟲害防治，確切了解植株及環境（光、溫、水、土）與其他生物生態（病蟲害），探討合理有效及低化學藥劑投入之栽培管理。

四、降低人力投入之機械化操作，發展小型多用途之農機，建立省工模式之栽培管理。

Realignment of Tropical Fruit Production to Climate Change in Taiwan

Chung-Ruey Yen

Dept. of Plant Industry, National Pingtung University of Science and Technology
e-mail: yencr@mail.npust.edu.tw Tel:08-7740265, 7740451

The effects of climatic change on tropical fruit production are mainly through the damages induced by dramatic change of rainfall, temperature, light. The adjustment from variety and management to maintain ecology, productivity and quality of tropical fruit in Taiwan are discussed.

Development of various varieties to adapt simple and minimum input, multiple harvest and stable characteristics (under stress environment) are required. Sustainable and simplified management including windbreak, tree size control, best density and facility, drainage and grass cover, and minimum input are followed. Integrated research on nutrition, pest control and ecological response of management should be conducted. Multiple use and small machines in the orchard should be development for simple and minimum input of management.

氣候變遷對亞熱帶果樹之影響

呂明雄*

嘉義大學園藝系

*嘉義大學園藝系退休教授　e-mail：mhlu@mail.ncyu.edu.tw

台灣地處熱帶、亞熱帶之交，山地多、氣候溫和、雨量充沛，適合各種果樹栽培。亞熱帶果樹種類以柑桔類、荔枝、龍眼、鳳梨番荔枝爲主，另有百香果、枇杷、酪梨等。亞熱帶果樹栽培面積佔台灣果樹總面積 1/3 以上。對果樹產業發展具有舉足輕重之影響。近幾十年來，由於溫室效應、全球暖化、氣候變遷已影響台灣亞熱帶果樹之物候環境，如日照時數減少，溫度上升，包括夜溫、土壤溫度、極端溫度變化以及因溫度上升伴隨之氣候乾旱，降雨型態改變，氣候變遷影響亞熱帶果樹營養生長，花芽分化、開花、結果及果實品質。又因氣候變遷下，造成之果園生態環境變化，亦影響果樹病蟲害發生。台灣亞熱帶果樹產業爲因應氣候變遷之衝擊，未來應加強研發、選育各種抗逆境與抗病力強之品種及砧木，並開發建立各種增強果樹健康抗逆境之栽培管理技術，以求台灣亞熱帶果樹之發展。

Impacts of Climate Change on the Subtropical Fruit in Taiwan

Ming-Hsiung Lu*

Department of Horticulture, National Chiayi University
* adjunct professor, Department of Horticulture, National Chiayi Unviversity.
e-mail：mhlu@mail.ncyu.edu.tw

Taiwan, a mountainous island with tropical and subtropical climate, is famous for diversified fruit production. There are many subtropical fruits such as citrus (*Citrus spp.*), lychee (*Litchi chinensis*), longan (*Euphoria longana*), loquat (*Erobotrya japonica*), passion fruit (*Passiflora edulis*), atemoya (*Anona atemoya*) and avocado (*Persea americanan*) had produced in Taiwan. The production area of subtropical fruits had occupied over one third of total fruit production area in Taiwan. In recent decades, due to greenhouse effect, the global warming and climate change had affected subtropical fruits production environments, these factors like sunshine hour has reduced, temperature has increased (include night temperature, soil temperature and extreme temperature), rainfall models also changed. These environmental factors change affected subtropical fruits tree growth and developments, the more vegetative growth of fruit trees and affected flower differentiation, anthesis, fruit setting and fruit quality. The orchard ecology also changed that affected pests and diseases occur of fruit trees. The impacts of climate change on subtropical fruit production, we should accelerate research and innovation to develop and select varieties these have environment stress-tolerance and diseases resistance, and production techniques for subtropical fruit sustainable to adapt climate change.

溫帶果樹對氣候變遷的育種及生產管理應變

施昭彰

行政院農業委員會農業試驗所，E-mail: jcshih@tari.gov.tw

摘 要

當前的農業面對全球化、氣候暖化、人口快速增長、新興國家崛起、基改作物的生產等議題，牽涉到糧食安全、能源及水資源供應等問題，尤其是能源供應加速全球暖化，引致災害發生頻率、嚴重程度增加、對溫變敏感的作物逐漸改變其地理分布、病蟲害的增生擴散、設施能源需求增加、水資源供應不穩定且調配越發困難的結果。面對危機尋求轉機，必須以全球的觀點去審視氣候變遷所導致衝擊影響的層面。大多數衝擊對農業產生負面的影響，但有些衝擊帶來新的機會，促成新的產業變革，進而產生正面的結果。因此因應氣候變遷必須訂定行動計畫且落實執行才能趨吉避凶。

台灣建構優質、安全、效率、永續經營的現代果樹產業需要：

1. 育成能適應氣候變遷之優新品種(砧木)－包括:育成低需冷量(抗暖冬高溫逆境)、不怕冷（抗低溫逆境）、喜高溫（抗高溫逆境）、早或晚熟品種尤其是（極）早熟且環境管理與保護都容易的品種；
2. 開發因應氣候變遷之栽培管理關鍵技術－包括：夏季修剪、除葉、清園，秋冬季提前或延後除葉，冬季噴霧蒸發降溫及防病技術，冬春季日光增溫、噴催芽劑及光照處理技術；
3. 發達設施農業產業－設施栽培採用環控科技整合系統，透過電腦依作物生長需求自動調控設施內生育環境狀態。設施生產具備環境偵測、資訊整合、即時分析、決策判斷等要件，利用各式環境感測器檢測設施內之各項環境條件，如溫、濕度、光照度、日長、空氣組成成分、水質檢測、土壤分析等與作物生育相關之環境狀況，以調控符合作物最佳生育之條件，並善用作物的生長逆境達成最優化生產；
4. 進行大規模產業產區及國土規劃－針對有全球競爭力的產業，進行大規模產業的產區規劃，做到：除維護生態環境外，在氣候上能夠依據上述創新項目應變而在經濟面上又能以產期、品質、經營效率拉大與競爭對手的差異，進而形成長期的相對優勢。

前 言

當前的農業面對全球化、氣候暖化、人口快速增長、新興國家崛起、基改作物的生產等議題，牽涉到糧食安全、能源及水資源供應等問題，尤其是能源供應加速全球暖化，引致災害發生頻率、嚴重程度增加、對溫變敏感的作物逐漸改變其地理分布、病蟲害的增生擴散、設施能源需求增加、水資源供應不穩定且調配越發困難的結果。面對危機尋求轉機，必須以全球的觀點去審視氣候變遷所導致衝擊影響的層面。

(一)氣候變遷造成農業負面的影響

1. 高溫及缺水逆境造成生理障礙，生育受阻，光合作用效率變差， 營養蓄積變少，花芽分化、開花授粉受精著果不正常造成流花、落果
2. 強降雨及陰雨連綿造成著果率變差、果實品質劣化
3. 落葉果樹休眠不足、亂花，影響正期產果
4. 病蟲害加劇

(二)氣候變遷對農業正面的影響

1. 高日溫逆境、高二氧化碳濃度及低夜溫造成果實變甜、有風味
2. 縮短生育期促進果實早熟
3. 紫外線增強，抑制菌核病、灰黴病等病害發生

台灣水果產業發展的機會

各類水果生產有其生理習性，必須配合一年四季氣候而有不同產期。由於台灣地理位置及伴隨的微氣候特殊，可以生產溫帶、亞熱帶及熱帶的大部分水果。生產條件得天獨厚，加上育種及栽培技術成果不斷推陳出新，可以在傳統生產季節外生產非當令季節的優質水果，形成舉世十分獨特的生產樣態。因此可以說，台灣農業的最優勢在水果產業，台灣水果產業的最優勢在世界市場果欠期（反季節）的水果。

在規劃台灣水果產業發展優先次序時，必須考慮到各類水果產業的綜合比較優勢。某些溫帶水果像梨，因爲：1.耐儲運；2.易於調節以錯開產期。是最佳選擇。一般熱帶及亞熱帶水果因爲：1.較不耐儲運、出事率高；2.易有競爭者。所以是次要選擇。

在全球貿易自由化的潮流裡必須考慮去賣人家需要的東西－市場導向，而不是生產導向－把過剩的東西賣給人家！

(一)台灣水果產業可資持續開拓的時空要件（蘊含趨勢大師大前研一及諾貝爾經濟獎得主克魯曼觀點*）

1. 具特殊生理習性結合「台灣獨特」微氣候之依存關係
2. 台灣企業行銷管理經驗豐富應變靈活
3. 物流通路蓬勃發展
4. 距離世界三大主要市場地理位置距離均適中*
5. 結合產業轉型優質人力新失業潮及農業人力素質更新春化需求

(二)台灣適合重點發展的農業產業項目前提

1. 具備反季節優勢的種類
2. 擁有優質、安全、耐儲運的品質
3. 自創品種及與其配套技術專利的國際智財權保護

(三)台灣締造世界級水果王國的基本認知

1. 要從最有差異化的產業開始
2. 著眼於小的、不起眼的產業
3. 從困難的、起點高的產業下手
4. 從成本高而報酬超高的產業切入
5. 屏棄成見、偏見，與異業結合

台灣水果產業全球化的競爭策略

(一)廣積糧、高築牆、緩稱王

如果台灣某類水果產業的發展機會加上優勢遠遠超過對手的威脅與自身的劣勢，那這類台灣水果只有一條出路，就是一路進攻世界市場！華新麗華的創辦人焦廷標先生是山東人，他說山東有一句老話：「種田錢萬萬年，技藝錢數十年，生意錢眼面前，機會錢一篷煙！」，如果台灣能夠善用優勢、掌握機會，並建立進入障礙，那麼，「種田＋技藝＋生意＋機會」錢，通通是萬萬年！基於此，要選擇有台灣相對優勢的水果種類，做好產業規劃和佈局，以品種權、專利、生產技術及營業機密，在台灣獨特的地理位置與微氣候加持、保障下，台灣可以慢慢的成就爲世界級的水果生產輸出王國！

(二)建構優質、效率、永續經營的後現代農業產業

1. 開發適應氣候變遷的優新品種。
2. 廿一世紀進入知識經濟的時代，隨著資訊科技的應用，自動控制系統的開發，農業經營已經逐漸脫離天然環境的限制。部分先進設施農業生產更將自動化元件、環控

技術、遙感設備，整合成高效率的植物工廠化農業。

台灣溫帶果樹產業應變氣候的行動計畫

(一) 育成適應氣候變遷之優新品種（砧木）

積極進行耐逆境（高低溫、旱、澇）、低需冷量（抗暖冬高溫逆境）、不怕冷（抗低溫逆境）、喜高溫（抗高溫逆境）的優新品種育種工作。

(二) 育成早晚熟品種，尤其是（極）早熟品種

(三) 產品需優質、耐儲運

(四) 重視抗、耐病育種

(五) 開發因應氣候變遷之栽培管理關鍵技術

因應反季節產品的世界市場需求及氣候變遷需要積極開發的技術項目如：1.夏季修剪、除葉、清園；2.秋冬季提前或延後除葉；3.冬季噴霧蒸發降溫及防病技術；4.冬春季日光增溫、噴催芽劑與光照處理克服休眠障礙、抑制病害蟲害。

(六) 發達設施農業產業

把設施農業視爲因應氣候變遷的最優先發展項目，藉由科技整合生產品質優良、安全兼具市場相對優勢之產品，又能達到維護生態環境的要求。

設施栽培採用環控科技整合系統，透過電腦依作物生長需求自動調控設施內生長環境狀態。設施生產具備環境偵測、資訊整合、即時分析、決策判斷等要件，利用各式環境感測器檢測設施內之各項環境條件，如溫、濕度、光照度、日長、空氣組成成分、水質檢測、土壤分析等與作物生長相關之環境狀況，以調控符合作物最佳生育之條件，並善用作物的生長逆境達成最優化生產。

1. 安全農業生產必須在設施下完成的理由

（1）露天下生產不能排除酸雨的影響

（2）露天條件下很難調控作物生理變化

（3）露天條件下病蟲發生條件複雜，很難掌控

（4）設施內可以改善通風及調控溫溼度、日長

（5）設施內可以依據作物生理需求改變環境，生產優質、安全、反季節高利潤農產品，並藉以持續改善生產條件

2. 台灣發展太陽光與人工光源並用型植物工廠相較於日、荷等先進國家的優勢

（1）能源上

■ 不需補光。

■ 不需加溫。

■ 強日照時，以遮陰與水分蒸發、通風換氣降溫即可。

因此，生產單位乾物質的能耗極爲節省。

（2）空間上

■ 光線供應充足，日照量大，可導光。

■ 日長不太長也不太短，易於調控。

■ 有冷有熱、不太冷也不太熱，易於調控。

■ 地理位置、微氣候極爲特殊，少有可匹配競爭者。

台灣發展高接梨產業之相對優勢

(一) 在北半球產期最早

(二) 育成及引進多個優越品種

(三) 早熟梨生理研究&生產技術全球領先

(四) 研發配套自動化環境調控技術

(五) 擁有最先進採後儲運冷鏈配套技術

全球各國東方梨可供應期一覽表

產區	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
中國	CS	CS	CS	CS	CS		V	V	W	W	W	CS
日本	CS	CS	CS	CS				V	W	W	W	CS
南韓	CS	CS	CS	CS					V	W	W	CS
台灣	CS	CS	CS	V HG	V HG	HG	HG	V	W	W	V	CS

CS：冷藏　CS：質差，V：產期，HG：高接梨盛產期，W：盛產期

表　台灣發展梨產業具全球產期比較優勢－產期早、品質優、耐儲運



圖 1　以新品種新技術克服氣候變遷造成的障害在新產區可以成就新產業

台灣發展枇杷產業之相對優勢

(一) 在北半球產期最早

(二) 育成多樣化優越品系(種)及抗病砧木

(三) 生理研究&生產技術領先全球

(四) 擁有配套自動化環境調控技術，延長產期及可望年穫 2 收

(五) 具備最先進採後儲運冷鏈配套技術

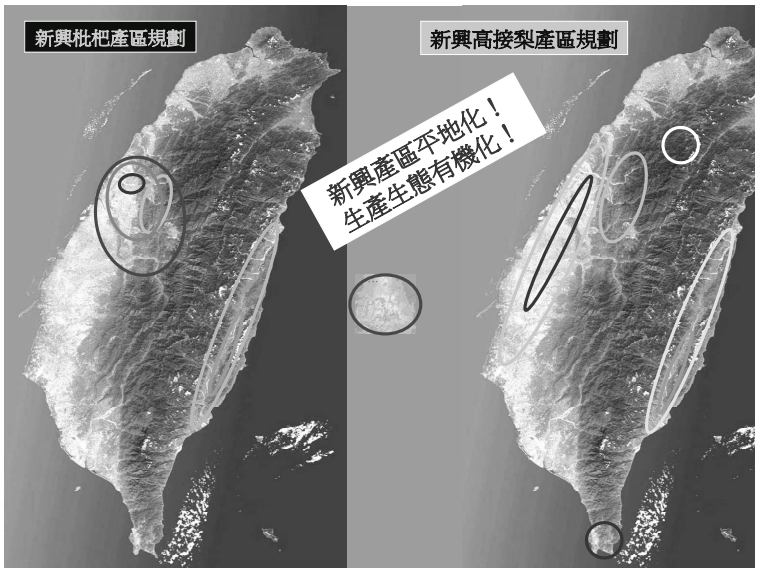


圖 2　因應氣候變遷及全球貿易自由化台灣溫帶果樹產業需規劃有競爭力之新產區

結 語

針對前述之類有全球競爭力的產業，要進行大規模產業的產區規劃，做到：除維護生態環境外，在氣候上能夠依據所列創新項目應變，而在經濟面上又能以產期、品質、經營效率拉大與競爭對手的差異，進而形成長期的台灣果樹產業的相對優勢。

The Strategies of breeding and production management of temperate fruits for climate change

Jau Chang Shih

Agricultural Research Institute, E-mail: jcshih@tari.gov.tw

Abstract

The current agricultural face of globalization, global warming, rapid population growth, the rise of emerging countries, GM crop production issues involved in food security, energy and water supply issues, particularly energy supply to accelerate global warming, disaster caused by the frequency, severity increases, the temperature change-sensitive crops gradually alter their geographic distribution, pests and diseases proliferate, increasing demand for energy facilities, water supply and deployment of more and more difficult to unstable results. For turning the face of crisis, must be a global perspective to examine the impact of climate change caused by the level of impact. Most of the impact on agriculture is negative, but some impacts bring new opportunities, to promote new industrial revolution, and thus produce positive results. Therefore, in response to climate change action plan must be set and implemented in order to solve the problems.

To construct Taiwan's modern fruit industry with quality, safety, efficiency, and sustainable management needs:

1. To bred to adapt to climate change of the excellent new varieties (the rootstocks) - include: bred low chilling requirement (anti-warm winter temperature stress), cold tolerable (anti low-temperature stress), like high-temperature (anti high-temperature stress), especially (very) early or late-maturing varieties with easy environmental management and protection from plant pests;
2. To develop key technologies of cultivation and management in response to climate change-include: summer pruning, defoliation, orchard clearance, advance or delay defoliation in autumn and winter, winter spraying to create evaporative cooling and diseases prevention techniques, sunlight natural warming in winter and spring, spraying emerging agents and lighting technology;
3. To promote the development of orchard under the structure-through the computer using an integrated environmental control system to regulate the growth and development of fruit trees

according to physiological demand automatically. Production under the structure with environmental detection, information integration, immediate analysis, decision making, the use of various types of environmental sensors to detect the environmental conditions, such as temperature, humidity, light intensity, day length, air composition, water quality testing, soil analysis, crops growth associated with environmental conditions to the best control in line with the conditions of crops, and utilize the stress to achieve an optimum production;

4. To push a large-scale industrial production areas and land planning-for a globally competitive industry a producing large-scale industrial planning is necessary, so that: in addition to maintenance the ecological environment, the microclimate can be regulated on these innovative items but also in the economic to widen the difference with the competitors in production date, quality, management efficiency, and thus the formation of long-term comparative advantage.

綜合討論

一、會議時間：2011 年 8 月 31 日 16:40 – 15:30

二、會議地點：技術服務大樓國際會議室

三、與會人數：260 人

四、會議主持人：方副處長國運、陳所長駿季、鄒理事長篤生

會議紀錄：李副研究員雅琳

五、綜合討論

鄒理事長篤生引言：台灣爲因應氣候變遷可能帶來的影響，已經進行許多研究，累積可觀的數據，此次邀請國內外專家學者舉辦研討會，希望能就此議題，提出具體可行的目標，藉以提供政府單位未來決策的建議。

Dr. Dyno Keatinge：全世界對於氣候變遷議題，已舉行過多次大規模的國際會議，然而卻未有具體的措施加以改善及因應，此次會議探討其對農業可能造成的影響，包括作物生理、生長改變、病蟲害問題可能加劇及農損增加等，具有明確的方向與目標。農業科學家最重要的存在價值，是妥善運用已證實的科學研究成果，爲農民解決天候不確定性所導致的問題，期望此次會議能得到幾項具體可行的解決策略，並且後續能夠貫徹執行，這樣就勝過世界上過去所有舉行過相關會議的成果了。

提問一：個人非常同意 Prof. Kees Stigter 提出的"farmer-first"觀念，想請教演講中提到，曾在印尼及中國創辦當地 Climate Field Schools (CFSs)，這些學校是如何運作? 並請教 Dr. Hei Leung 演講中提及對 GMO 研究與利用並不十分支持，請教其原因? **(張研究員素貞)**

Prof. Stigter 答：因爲氣候變遷，農民遭遇更多的病蟲害問題，CFSs 是教導農民運用有害生物整合管理 (IPM, integrated pest management)，在遭遇問題的第一時間，可以即時解決。我們目前在印尼正在進行另外一項實驗—"Science Field Shops"，是在農田中建立觀察站監測雨量，並且由農民觀察記錄農地與作物的變化，以解釋發生變化的原因與過程，這項工作將提供我們實際農地的資料，並且這是因地而異的，我預期這種實驗將會越來越普遍，獲得的研究成果更具價值，因爲可以直接運用於該研究農地的栽培規劃。我建議台灣政府可以強化推廣服務(extension service)，這對農民的幫助非常大，也就是訓練農民對各種作物有一定的了解，可以自己規劃作物栽培策略，例如選擇輪作的作物與栽培管理，才能因應氣候變遷所帶來的衝擊。另外，我也建議學生在專業能力養成之餘，能同時注重對社會、經濟面的認識，以具備更廣的視野。

Dr. Leung 答：我個人對 GMO 沒有特別成見，只是 GMO 的研發過程常需要花費極高的成本，因此我目前較支持使用傳統雜交育種法。以水稻爲例，IRRI 目前已收集 120,000 個水稻品種，具有相當大的遺傳基因歧異度，並且已經成功證實，可以利用雜交育種方法

結合分子標誌輔助系統，將耐淹、耐鹽、耐熱及耐旱等性狀的基因導入栽培稻中，顯見傳統的育種技術，可以有效運用於水稻特殊性狀的選拔。另外，由於過去 20-30 年來生物技術快速發展，傳統農業技術研究反而沒落，建議台灣能鼓勵年輕學子，學習將二者結合，預期如此可以創造農業科技快速、長足的進步。

提問二：請教與會的專家，對於台灣因應氣候變遷有何具體的建議? **(楊研究員純明)**

Dr. Molly Jahn、Dr. Keatinge、Prof. Stigter、Dr. Leung 答：台灣具備特殊的地理、氣候特徵，有亞熱帶與熱帶氣候，豐富的生物多樣性，並且冬天高山地區氣溫可達降雪的冰點，最重要的是台灣的科學研究發達、人才濟濟，且已對氣候變遷投注許多努力，累積了許多寶貴的科學數據，所以我認爲台灣是最具潛力，可以成爲世界上研究氣候變遷議題的先驅者，並且藉由研究成果，可以成功因應此變化，作爲世界其他國家的典範。幾點具體建議包括：(1) 對於氣候變遷引發各種現象的觀察，必須建立系統化的分析資料庫，以提供未來氣候變化的預測；(2) 找出台灣栽培作物的重要性排序，依序研究其受氣候變遷可能發生的影響，再據此設計栽培計畫；(3) 必須考慮作物栽培的最佳方式，同時兼顧環境的永續發展性；(4) 可以研究並推廣生產週期短的作物(shorter season crops)，例如蔬菜與雜糧等，以備因應突然發生的食物短缺問題。

鄒理事長篤生結語：我們感謝各位專家的建議，台灣對氣候變遷的研究成果資料，將會做有系統的彙整，所獲得的具體結論，也會用於政府未來決策的建議，此外，此成果也會回饋貢獻於國際社會。台灣有糧食安全的議題，但是問題不在不足，是在不均，我們應該鼓勵人民減少肉類並增加蔬菜與雜糧等的攝取。對於農民的教育訓練，除了提供作物生產栽培管理的技術，同時也會加強科學方法的應用以及銷售面的技能，例如資料整理、統計分析及網際網路利用等，以培養專業、現代化的農民。

陳所長駿季結語：非常感謝各位專家寶貴的建議，我們會收集氣候變遷相關資料，進行系統分析研究。農委會爲因應氣候變遷的問題，已投入每年 500 萬美金的經費，並設有 5 個依任務編制的工作小組。農委會的推廣服務工作亦相當積極，例如此次南瑪都颱風發生，造成南部地區嚴重的農損，第一時間即有技術服務人員進入災區，指導農民如何搶救農產品以減少農損。同時，農民學院成立在即，這是以農試所爲總部，爲訓練養成專業農民而設立，並且在其他農業改良場所，將成立 15 個訓練中心，這是目前台灣政府因應氣候變遷，以及農業發展主要進行的工作。

方副處長國運結語：農委會感謝各位專家的建議，本會將會彙集各方研究氣候變遷的相關資料，進行有系統的分析，並將研究結論導入未來政府政策的制定。

六、會議結束：下午 5 時 30 分

糧食議題討論

一、會議時間：2011 年 9 月 1 日 10:40 – 12:10

二、會議地點：技術服務大樓國際會議室

三、與會人數：105 人

四、會議主持人：盧教授虎生　　**會議紀錄**：卓助理研究員緯玄

五、議題討論：

(一) 作物種原：

(1)台灣玉米栽培環境所遭遇問題及解決方式？

因應策略爲先解決台灣玉米栽培耐熱性瓶頸。台灣目前缺乏耐熱性玉米基因來源，如果要解決則必須由國外引入或其他方式創造新特性基因，如此育種家才能進一步應用，短期要有成果有困難度，必須做爲長期目標。研發重點將加強耐熱性玉米引種及檢定技術之研究。

(2)如何因應氣候變遷所造成糧食短缺問題及增加不同作物配補，使國民營養均衡，以台灣小麥栽培爲例？

因應策略應 1.加速小麥育種計畫之恢復；2.改良適合台灣栽培之小麥品種；3.進行適量種子庫存。因小麥爲需冷性作物，台灣要發展小麥栽培除非育成耐熱性品種；然而台灣目前缺乏可利用的核心種原，若考量種原特性可引入大陸華南一帶品種或由國外引入耐雨季品種進行種原改良，才可獲得有用核心種原，有核心種原才能進一步進行育種工作。台灣小麥栽培早期約有 62,000 公頃，由台南以北到苗栗卓蘭以南均有栽培，但台灣生產小麥的「筋性」問題仍有待克服；以台灣目前小麥研究能量，建議研究部份可先進行，但推廣應暫緩。研發重點將維持適度的小麥研發能量，積極進行各種有用小麥種原收集評估及核心種原改良；並進行小麥引種、試種與評估，選取適合台灣栽培品種，並進行適量種子庫存，以備急需。

(3)短期作物備用種苗(子)庫存及更新？

因應策略應選育(選拔)適合台灣栽培的短期作物，並進行安全庫存。台灣目前許多短期作物，特別是生育期短的作物，平常因產量較低，難以形成商業化栽培規模，當缺乏糧食時卻往往是救急的作物。但此時若無適量的種苗(子)，也難以形成栽培規模，故應建立適當的安全庫存量機制，並定期更新。研發重點爲加強短期作物品種選育及種苗(子)安全庫存量的研究。

(二) 育種策略 (目標、技術)：

(1)因應氣候變遷台灣耐逆境作物育種策略

因應策略著重於 1.分子輔助選拔在各種糧食作物之應用；2.利用輪迴選種方式進行某些有利基因聚合；3.應用分子技術進行耐逆境水稻品種性狀選育之優先順序；4.多樣

化作物品種之選育（例如：特殊成分高 GABA 成分），以增加品種多樣性，分散單一品種的環境風險。

因應措施分別爲 1.利用分子技術輔助在雜交後不同世代進行性狀選拔；2.輪迴選種的育種模式主要應用在異交作物，用以堆疊性狀，但最後仍需選育自交系，故組合力才是雜種優勢利用的根本；但自交作物應用輪迴選種的育種模式仍需進一步評估；3.大豆育種上目前主要採取分季選拔，應用改良式單粒後裔法，採取單莢進行育種選拔，並針對產業需求直接由高級世代系統內進行選取應用；4.目前多數研究顯示秈稻在抗非生物逆境（例如耐旱、耐鹽、耐熱等）的表現均較粳稻佳，且多數分子階層之研究成果亦以秈稻較多，短期內應以秈稻爲主進行耐逆境品種之選育，藉以建立台灣技術環境，如此發展出來的品種，平常可爲特殊用途的專用品種（例如供做飼料），缺糧時可適度轉爲糧食用，減少糧食短缺的衝擊；5.GABA 成分是否可以直接口服後由人體吸收發揮其功效，目前已愈來愈多負面研究報告產出，是否仍要持續進行仍有討論空間。

未來研發重點可在 1.確立在水稻雜雜交育種過程中分子輔助選拔技術介入時機，建立不同基因控制性狀之分子輔助選拔技術操作流程；2.詳細評估特殊成分作物品種研發的可利用性；3.對於作物品種應增加其品種多樣性，如有需要應進行分季選拔；4.加速耐逆境水稻品種之選育。

(2)台灣玉米耐逆境育種目標如何擬定？

在研究策略上應先擬定適合台灣栽培制度的耐逆境玉米育種目標。建議措施爲：台灣目前農民栽培飼料玉米爲配合氣候環境（颱風），往往延後（9 月）播種，此時若採用高產、生育期長的晚熟品種則會遇到低溫產生不稔情形，由於 9 月後逐漸進入旱季水源較爲缺乏，因此配合現有耕作制度下，耐旱、抗銹病、早熟應是主要育種目標。不然台灣栽培制度行之有年，無法一下子就改變農民栽培習慣，如此就算是有好的品種，但農民無法適應就沒有用。將以加強以耐旱、抗銹病、早熟爲飼料玉米育種目標的研究爲其研發重點。

(三) 栽培技術 (目標、技術) ：

(1)台灣玉米生產限制如何解決？

因應策略著重於 1.農機配合；2.兩期作玉米生產模式；3.春作梅雨問題改善。

因應措施分別於 1.玉米生產受機械化程度限制，在生產規模無法擴大情形下，農機業者因不符成本效益，投入意願不高，故首要目標應擴大栽培面積；2.擴大玉米栽培面積可考慮建立一年兩期作玉米栽培模式；3.加強玉米耕作機械的補助投入；4.加速玉米春作採收期梅雨問題改善；5.評估現有玉米高產品種，並將其安排於春作進行試種之可行性。

未來研發重點可在 1.適度增加玉米耕作機械的補助投入；2.進行台灣兩期作玉米栽

培模式評估研究；3.進行台灣現有玉米高產品種春作試種評估；4.加強春作玉米梅雨問題解決方式研究。

(四) 產銷調節：

(1)台灣糧食作物生產問題資訊如何搜尋、交換？

策略上應加強民間及政府機關間的產、銷對話機會。台灣目前產、銷間的連繫管道缺乏，連政府機關間的資訊交換亦明顯不足，政策執行機關與技術單位連繫產生障礙，各行其事，由今日研討會出席參與人員可窺一二，此種情形應儘速解決。

六、會議結束：中午 12 時 40 分。

蔬菜議題討論

一、會議時間：2011 年 9 月 1 日 10:40 – 12:10

二、會議地點：生物技術大樓會議廳

三、與會人數：95 人

四、會議主持人：王場長仕賢

會議紀錄：林助理研究員楨祐、林助理研究員子凱

五、議題討論：

引言(王主任三太)：氣候變遷將造成高溫、乾旱、病害種類改變與病原壓力增強、蟲害與病毒大規模傳播及土壤鹽化等生物與非生物逆境，造成蔬菜栽培困難。臺灣公私部門研究總人力不及國外一家大型種子公司研發人力，在有限人力與財力資源下，如何選擇重點項目並加以結合育種目標、栽培技術，以團隊進行分工與合作，集中人力與資源投入研究，以因應氣候變遷帶來之衝擊，並提升種苗業國際競爭力，提請討論。

(一) 因應氣候變遷發展重點蔬菜作物的種類與育種項目討論。

1. 葫蘆科：

(1)由於西瓜、甜瓜及胡瓜之經濟產值及栽培面積較大，因此國內試驗機關的科技計畫漸漸趨向於此三種作物進行研發，然而如同主講人所提及，較次要之葫蘆科作物如絲瓜及苦瓜分別具有特殊的耐熱或耐淹水之種原材料，在生產上可研究創新的栽培模式而提高這些次要瓜類作物的種植利用。而育種上，針對次要瓜類作物不一定要投入大量資源進行品種改良，但爲因應氣候變遷可針對這些耐非生物性逆境之特性加以研究其機制，進而擴大衍生至主要瓜類作物。

(2)可針對抗逆境之瓜類作有系統之選育並配合學校進行基礎研究。

(3)可考慮從生理之角度探討氣候變遷對於根系與二次根之發展與利用。

(4)氣候變遷可能導致傳播病害的媒介昆蟲生態發生改變，針對昆蟲媒介所傳染之瓜類病毒問題，可藉由不同瓜類的種原進行篩選，選出抗病種原並可藉由種間雜交等技術之利用，導入不同瓜類之抗病性，此外育種時可考量昆蟲之生活史並搭配氣候環境選育。

2. 茄科：

(1)近來茄科作物在種苗生產上常有種子產量供給不足或種苗價格貴的問題，此外在生物逆境方面，病毒病非常嚴重，期望能投入更多的抗病毒病研究。

(2)可針對番茄、甜椒及茄子等作物加強抗病、耐熱性研究。

(3)番茄方面，亞蔬中心已針對粉蝨傳播的病毒開發了抗病品種，並利用分子標誌輔助選種的方式將不同抗病基因堆疊在同一品系，田間表現有明顯的成效，未來將進一步以抗粉蝨的種原將抗蟲性導入上述抗病品系，以進一步提升抗病能力，因應氣候

變遷所致的病害逆境。

3. 十字花科:

(1)育種之作物別可考慮以甘藍類及白菜類蔬菜爲研究主軸，並結合該兩類作物所分別具有之抗病性與耐熱性開發,結合兩種基因體的類似大油菜(Brassica napus)之作物以增加對環境變遷之耐受性。

(2)葉菜類可朝早熟性、耐熱性與無頂燒症等育種目標進行，藉由縮短栽培期程減少災害與病害發生的機會。

(3)在甘藍類作物中，青花菜可篩選更具耐熱之品種，甘藍可朝向抗病、耐運輸與圓球型之育種方向邁進,至於花椰菜已有不錯的耐熱品種,目前主要市場爲中晚生品種，應多加發展。

(4)十字花科作物之育種，可以創新複二倍體物種之開發利用爲重要策略。

(二) 針對因應氣候變遷蔬菜育種的短中長期工作，種苗業、研究機構與學校單位如何分工與合作，提請討論。

1. 因應氣候變遷之相關耐熱、耐淹水等特性非常重要，但這些特性並未建立完善的評估指標，在研究分工上，建議可由學校單位針對作物生理特性與耐受性之關係進行較基礎之研究並建立出評估的標準作業流程，(例如:花粉發芽與耐熱性之關係，並建立花粉培育有關培養基、溫度及時間等之標準化平台)，進一步由試驗機關進行種原、品系或雜交後裔之篩選，最後經授權的相關程序轉移給種苗業進行實際應用面之評估。
2. 成立蔬菜各科作物之研究小組，並建立不同作物種原耐熱篩選之 SOP 方式，同時爭取經費以針對氣候變遷衍生問題進行育種，相關細節可另擇期於蔬菜推動小組討論，並廣邀種苗業者共同參與。

(三) 如何因應氣候變遷以創新設施栽培技術。

1. 可結合學校並爭取經費,設計規劃人工氣候室以模擬風、相對濕度及溫度等環境條件，以解決基礎研究缺乏之問題。
2. 依據氣候模擬之重要環境參數，改良當前設施栽培之硬體設計，進而結合無土栽培、滴灌、品種與嫁接等技術達安全穩定生產之目的。

(四) 菇類栽培技術如何因應氣候變遷以求更節能並兼顧品質。

1. 選拔對溫度適應性廣的菇類品種，最好能耐高溫超過 32℃，低溫低於 10℃。
2. 提升菇種對資材的利用效率或開發其他資材，以縮短生長週期。
3. 開發新的環控技術，以先進的設施進行菇類栽種。
4. 在菇類育種的策略上，雜交育種、誘變育種、原生質體融合、基因轉殖等均已有應用及實例，而具高效率潛力的基因體重排(Genome shuffling)技術則尚未應用，可加強其發展。

六、會議結束：中午 12 時 40 分。

果樹議題討論會議紀錄

一、會議時間：2011 年 9 月 1 日 10:40 – 12:10

二、會議地點：土壤陳列館會議室

三、與會人數：59 人

四、會議主持人：張場長致盛　　**會議紀錄**：邱助理研究員國棟

五、議題討論：

(一) 氣候暖化對落葉果樹之休眠和產業位移的影響為何？（臺中場 張場長）

氣候變遷下，日長變短、溫度變低等，勢必造成果樹生長障礙及產業的位移。將來需靠育種來解決，另外可善用工業輔助，例如 LED 燈的運用，可以讓落葉果樹在設施器材輔助下，利用緯度、溫度來調節，把它當成亞熱帶或熱帶果樹來栽培。（施昭彰博士）

本所的農業試驗研究計畫，主要以育種為核心工作，栽培管理基礎的研究有待加強。落葉果樹在全球暖化下，如平地水蜜桃需冷量評估之關鍵溫度 13℃，較溫帶地區的 7.2℃高出很多，在暖化的趨勢下，更加劇對產業影響。可加強種原蒐集，低需冷量品種的選育。應付暖冬，可利用控制秋梢、礦物油落葉、打破休眠與修剪期的調整等技術開發加以克服。（歐組長錫坤）

(二) 由顏院長的報告中可知，目前粉紅種蓮霧表現不穩定，請問依您的研究觀察有哪些新品系較佳？（黃子彬教授）

現今蓮霧的產業必須靠育種、引種及技術開發這 3 項的結合未來才能使經濟栽培品種更好。目前市面上都有很多表現很好的新品系，如泰國種（Thub Thim Chan）、白色種等。但未來仍須繼續育成新品種。（顏院長昌瑞）

(三) 請問顏院長對於臺灣重要果樹的盤點建議為何？（黃子彬教授）

建議栽培面積 5000 公頃以上的果樹就應該針對技術及研究整合。例如番荔枝、番石榴及新興果樹紅龍果等也是都值得盤點的。（顏院長昌瑞）

(四) 由呂教授的報告中，30 年來臺灣的日照時數減少了約 100 小時，這樣氣候的變遷有無長期趨勢或影響？（黃子彬教授）

對於氣候變遷，國內的相關研究單位都做了相當多研究，也很多資料。但對果樹的產量、品質是否造成影響仍須長期觀測。這方面可參考日本和澳洲的相關經驗，推算氣候變遷對產業的影響。另外一方面在果樹的生產上，必須適地適作，合乎環境氣候條件；物候期逐漸改變，栽培管理也需相對調整。（呂明雄教授）

(五) 從施博士報告中，您建議從比較小、不起眼的果樹著手，可否具體舉例？另外相關設施成本？梨一顆 400 元其生產上所佔比例？（黃子彬教授）

目前臺灣的現況就是「科技進步，但相關政策落後」，農委會必須重視發展新興產業，

以及利用技術和育種來突破現況，小而不起眼的種類，就是那些沒有發生災害，就沒什麼受重視的果樹，如枇杷、草莓等，這些只要技術、設施運用得當，就可以在適宜栽培環境下，達到豐產、高品質。設施成本的考量，必須強調其對生產技術的相對提昇，不應只考慮成本。例如利用整枝修剪、空間運用，來提高產能，加上產期調節，並善用社會資源來開拓市場，另一方面創造設施生產產業等，都具有其附帶價值，所以不能只談造價。至於梨一顆 400 元的比例，應視臺灣的購買力，及產品的獨特性，不可單單看其價格。（施昭彰博士）

臺灣的奇異果在哪？要當奇異果的條件在哪？目前果樹團隊的重要成果、對產業有何提昇？都是副主委一直提出的疑問。因此，101 年果樹推動小組將分成果樹種原、育種、優質安全生產技術、儲運、E 化等 5 大重點工作，並對其分工，試驗改良場所負責栽培、育種等，大專院校負責生理、儲運等。（陳分所長甘澍）

(六) 如只是依賴臺灣市場，若拿至國外，則其優勢何在？如利用設施機械，如何跟國外區隔？（李文立主任）

必須考慮國外市場，對於簡化的技術發展，如蓮霧生產的關鍵技術至少有 20 種以上，如何運用簡化，是值得發展的。另外雖然是同一個關鍵技術，國外仍很難達到臺灣同等技術，這是台灣的優勢所在。臺灣發展具世界性的果樹產業，一直存在有「政治」上的阻礙，故難以發展。另外因爲國情的不同、喜好不同，以致發展的果樹品種難以單一化。（顏院長昌瑞）

(七) 建構優質、安全、效率與永續經營的先進果樹產業，政府、民間企業及農民應如何架構及分工？

奇異果 Zespri 的架構模式，類似臺灣的青果合作社。但臺灣的香蕉則因人謀不臧，導致產業沒落。所以臺灣不缺具有發展性的果樹（栽培面積 1 萬公頃的果樹種類多），但重點是如何去做？需要有效整合市場及貿易商。（呂明雄教授）

設施的部分，能量的使用效率不高，讓科技產業來投資扶持，投資門檻仍過高。建議若由政府來投資，設施讓農民來租用，以降低發展設施成本門檻。另外番石榴是值得發展的種類。（李文立主任）

六、結語（張場長致盛）：

感謝各位的參與及熱烈討論，今天有以下 3 點結論：

1. 目前本土的基礎研究仍欠缺，長時間的觀測氣候變遷對果樹的影響，需靠試驗改良場所來做。
2. 技術部分：雖然技術不是問題，但技術的穩定性仍須發展。
3. 今天討論的共識：政策的引導很重要，依據政策產業才能制訂發展策略；另外產業的多樣化，也足以因應未來的氣候變遷。

七、會議結束：中午 12 時 10 分。

附件

研討會議程表

Workshop Program

2011 年 8 月 31 日(三) / August 31, 2011 (Wednesday)

會議地點：農業試驗所技術服務大樓國際會議廳

Venue: International Conference Hall, Taiwan Agricultural Research Institute

時間 Time	講者 Speaker	講題 Title	主持人 Moderator
0820-0845	報到/ Registration		
0845-0900	開幕式/ Opening Session 開幕詞/Opening Remarks 陳主委武雄/Dr. Wu-hsiung Chen, Minister of Agriculture, COA 歡迎詞/Welcome Address 陳所長駿季/Dr. Junne-Jih Chen, Director-General, TARI, COA		鄒篤生理事長 亞蔬ㄧ世界蔬菜中心 Dr. Samson Tsou Chair of the Board, AVRDC - The World Vegetable Center
0900-1000	Dr. Kees Stigter	農業氣象學應用現況：例釋與最新趨勢 Keynote speech: Applied agrometeorology of today: some case studies and new trends	
1000-1020	休息與合照/ Coffee Break and Group Photo		
1020-1120	Dr. Molly Jahn	在 21 世紀中面臨氣候變遷下從永續經營看作物育種趨勢 Keynote speech: Plant breeding for sustainable agriculture in the face of climate change in the 21st century	
1120-1220	Dr. Hei Leung	選育具氣候調適能力之水稻：其育種目標、策略與演進 Keynote speech: Breeding for climate-ready rice: needs, strategies, and progress	
1220-1300	午餐/ Lunch		

2011 年 8 月 31 日(三)　August 31, 2011 (Wednesday)
會議地點：技術服務大樓國際會議廳
Venue: International Conference Hall, Technical Service Building

(continued)

時間 Time	講者 Speaker	講題 Title	主持人 Moderator
1300-1340	申雍教授 Prof. Yuan Shen	氣象災害因應策略 Response strategies for agrometeorological disasters	楊純明研究員 農委會農業試驗所 Dr. Chwen-Ming Yang, TARI, COA
1340-1420	郭鴻裕研究員 Dr. Horng-Yuh Guo	氣候變遷與土壤質量管理 Climate changes affect Taiwan soil quality and the management strategies	
1420-1500	鄧汀欽研究員 Dr. Ting-Ching Deng	氣候變遷與植物病原消長 Climate change and dynamics of plant diseases	
1500-1520	休息/ Coffee Break		
1520-1600	石憲宗副研究員 Dr. Hsien-Tzung Shih	氣候變遷對農業昆蟲直接與間接影響之研究回顧 Direct and indirect effects of climate change on agricultural insects: A brief review	
1600-1640	盧虎生教授 Prof. Huu-Sheng Lur	因應非生物逆境之栽培及育種策略:以台灣環境之思考 Adaptation of crop cultivation and breeding to abiotic stresses: with aspect of Taiwan's environment	
1640-1730	綜合討論/ Panel Discussion		方國運副處長 農委會科技處 Dr. Kuo-Yun Fang, Deputy Director-General, Dept. Sci. & Tech., COA 陳駿季所長 Dr. Junne-Jih Chen, Director-General, TARI 鄒篤生理事長 Dr. Samson Tsou, Chair of the Board, AVRDC - The World Vegetable Center

2011 年 9 月 1 日(四)　September 1, 2011 (Thursday)

糧食議題會議地點：農業試驗所技術服務大樓國際會議廳

Venue-Food Session: International Conference Hall, Technical Service Building

糧食議題 Food Session	引言人 Speaker	講題 Title	主持人 Moderator
0830-0900	報到/ Registration		
0900-0920	吳永培副研究員 Dr. Yong-Pei Wu	全球暖化下台灣耐逆境水稻之育種策略與發展 The breed strategy and development on stress tolerance of Taiwan rice under global warming	盧虎生教授 國立台灣大學農藝系 Prof. Huu-Sheng Lur, Department of Agronomy, National Taiwan University
0920-0940	謝光照研究員 Dr. Guang-Jauh Shieh	逆境對玉米生長產量之影響及育種栽培因應之道 Effects of stress on the growth responses of corn and related operations in breeding and cultures	
0940-1000	休息/ Coffee Break*		
1000-1020	賴永昌副研究員 Dr. Yung-Chang Lai	因應氣候變遷之甘藷育種及栽培管理策略 The breeding and cultivation practices of sweet potatoes for the responses of climates changes	
1020-1040	周國隆副研究員 Mr. Kuo-Lung Chou	因應氣候變遷毛豆育種及生產環境管理 The breeding and cultivation practices of soybeans for the responses of climates changes	
1040-1210	分組討論/ Group Discussion		

* 中場休息時將提供三個議題會場接駁服務。

* Shuttle service for transportation around three venues is provided at time of coffee break (0940-1000).

2011 年 9 月 1 日(四)　September 1, 2011 (Thursday)

蔬菜議題會議地點：農業試驗所生物技術組會議廳

Venue-Vegetable Session: Conference Hall, Biotechnology Division Building

蔬菜議題 Vegetable Session	引言人 Speaker	講題 Title	主持人 Moderator
0830-0900	報到/ Registration		
0900-0920	王三太副研究員 Mr. San-Tai Wang	氣候變遷對十字花科蔬菜育種的挑戰 Cruciferous vegetables breeding to meet challenges of climate change	王仕賢場長 農委會臺南區農業改良場 Dr. Shi-Xian Wang, Director, Tainan DARES, COA
0920-0940	王毓華助理研究員 Ms. Yu-Hua Wang	農業環境變遷對葫蘆科蔬菜育種與栽培技術之挑戰 Breeding and cultural technologies of cucurbits in the changing agricultural environment	
0940-1000	休息/ Coffee Break*		
1000-1020	Dr. Peter Hanson	就熱帶氣候變遷之挑戰談起亞蔬茄科育種 Solanaceous vegetable breeding at AVRDC to meet the challenges of climate change in the tropics.	
1020-1040	石信德副研究員 Dr. Hsin-Der Shih	因應氣候變遷之菇類育種與栽培管理 Breeding and cultivation management of mushroom for mitigation and adaptation to climate change	
1040-1210	分組討論/ Group Discussion		

* 中場休息時將提供三個議題會場接駁服務。

* Shuttle service for transportation around three venues is provided at time of coffee break (0940-1000).

2011 年 9 月 1 日(四)　September 1, 2011 (Thursday)

果樹議題會議地點：農業試驗所土壤陳列館會議廳

Venue- Fruit Session: Conference Hall, Soil Exhibition Building

果樹議題 Fruit Session	引言人 Speaker	講題 Title	主持人 Moderator
0830-0900	報到/ Registration		
0900-0920	顏昌瑞教授 Prof. Chung-Ruey Yen	台灣熱帶果樹產業因應氣候變遷之調適 Realignment of tropical fruit production to climate change in Taiwan	張致盛場長, 農委會臺中區農業改良場 Dr. Chih-sheng Chang, Director, Taichung DARES, COA
0920-0940	呂明雄教授 Prof. Ming-Hsiung Lu	氣候變遷對台灣亞熱帶果樹之影響 Impacts of climate change to subtropical fruits in Taiwan	
0940-1000	休息/ Coffee Break*		
1000-1020	施昭彰研究員 Dr. Jau-Chang Shih	溫帶果樹對氣候變遷的育種及生產管理應變 The strategies of breeding and production management of temperate fruits for climate change	
1020-1210	分組討論/ Group Discussion		

* 中場休息時將提供三個議題會場接駁服務。

* Shuttle service for transportation around three venues is provided at time of coffee break (0940-1000).

國家圖書館出版品預行編目資料

因應氣候變遷作物育種及生產環境管理研討會專刊
Proceedings of the workshop on crop breeding and management of agricultural environment for coping with climate change/ Hei Leung 等作；
吳東鴻、陸明德、曾東海、王怡玎、蕭巧玲 主編 – 初版 – 臺中市：農委會農業試驗所 2011,12 (民 100, 12)
版面：19 × 26 公分；ISBN：978-986-03-0500-5
1. 農作物 2. 氣候變遷 3. 作物育種 4. 栽培管理

= 因應氣候變遷作物育種及生產環境管理研討會專刊 =

出 版：行政院農委會農業試驗所
地址：台中市霧峰區中正路 189 號
主 編：吳東鴻、陸明德、曾東海、王怡玎、蕭巧玲
校 對：歐錫坤
作 者 (依姓氏筆畫排序)：
Hei Leung、Kees Stigter、Molly Jahn、Peter Hanson、王三太、王毓華、申雍、石信德、石憲宗、呂明雄、周國隆、林彥蓉、施昭彰、郭鴻裕、鄧汀欽、盧虎生、賴永昌、謝光照、顏昌瑞
研討會工作小組：
學術組：吳東鴻、楊純明、施昭彰、王三太、呂椿棠、李長沛、徐敏記
服務組：曾東海、李雅琳、周思儀、卓緯玄、林子凱、林楨祐
聯絡組：陸明德、宋家緯
資訊組：蕭巧玲、何佳勳、簡潔如、許禎坤、陳盈佑
總務組：王怡玎、張富州、柯寬裕、簡永良
會計組：林佩玉、傅培琦
電話：(04) 2330-2301
傳真：(04) 2339-9544
承印者：峰林實業有限公司 (04) 2296-7677
出版日期：中華民國 100 年 12 月初版
定價：新台幣 300 元
展售處：

五南文化廣場	400 台中市中山路 6 號	04-22260330 轉 27
國家書店	104 台北市松江路 209 號 1 樓	02-25180207(代表號)
國家網路書店	http://www.govbooks.com.tw	

ISBN：978-986-03-0500-5



ISBN978-986-030-500-5

9 789860 305005

GPN : 1010002275

定價 : 300元