

# 暖化對小麥栽植區及產量之影響

林訓仕

## 摘要

印度河—恆和平原為南亞小麥重要產區，其總產量佔全球15%，隨著全球暖化趨勢，此地區51%耕地可能遭受高溫逆境，使整體適栽區域北移，導致最適小麥栽植區域之面積下降，影響小麥產量，而暖化常導致千粒重、一穗粒數及穗重下降，造成小麥產量降低。

## 前言

小麥屬溫帶作物，依其生育習性可分為冬小麥(winter wheat)與春小麥(spring wheat)，冬小麥主要產區位於南、北緯20-40度間，此區域主要特性為其冬季低溫足以使冬小麥有完全之春化作用，春小麥則栽種於此區域之北邊或南邊。小麥原為溫帶地區栽培之作物，生育期溫度不可太高，適量的灌溉或雨水為必需，但抽穗後期乾燥為較佳環境，而台灣種植之小麥則屬春小麥品種。春小麥播種時適宜溫度為15~20°C，抽穗期以17~18°C，穀粒充實期以20~23°C最適宜。小麥產量則由單位面積穗數、一穗粒數及千粒重組成，其變化受品種特性、田間環境、肥力、栽培技術的影響。

根據Tubiello *et al.* (2000)報告指出，自西元2000至2025年，世界小麥平均產量須由每公頃2.6公噸提升至每公頃3.5公噸，才足以維持全球小麥需求；而南亞地區2007年小麥總產量約9千5百萬公噸，但根據Chatrath *et al.* (2007)推測，至2020年此地區小麥總須求量將達1億3千7百萬公噸，才足以提供足量之小麥，然而此地區雖然小麥整體需求量增加，但由於農地都市化及作物多樣化經營，卻導致耕地面積無法增加。

全球小麥耕作面積約2億1千公頃，提供全世界21%食物來源，但因小麥為溫帶作物，植株生育易受溫度影響，雖然氣候變遷可能對部分原本不可栽種小麥地區有所助益，但對整體小麥栽培環境而言是負面影響，且將導致全球小麥減產；Ortiz *et al.* (2008)指出，氣候變遷將嚴重影響小麥耕種，至2050年，印度河-恆河平原51%小麥耕地將面臨高溫逆境，進而導致減產，為避免此情況發生，南亞地區將需要可適應未來暖化氣候的小麥新品種及栽培管理技術。

## 內容

### 一、暖化對小麥栽植區的影響

國際玉米小麥改良中心(International Maize and Wheat Improvement Center; CIMMYT)結合跨領域研究人員，配合各區域溫度、溼度及重要病害資訊，將全球小麥區分為一系列的大環境(mega-environments) (表一)，例如ME-1為包含墨西哥北方、印度河恆河平原(Indo-Gangetic Plain; IGP)及尼羅河谷等低水份但具灌溉水之區域，此區域面積達3千2百萬公頃；ME6為中國大陸哈爾濱區域，此區域溫度、夏季雨量皆適中、易發生小麥葉銹病(leaf rust)及莖銹病(stem rust)。

印度河—恆和平原為南亞小麥重要產區，其總產量佔全球15%，主要生產國為印度、巴基斯坦、尼泊爾及孟加拉，其中印度及巴基斯坦小麥產量分別高居全球第二及第六。Ortiz *et al.* (2008)研究推測，隨著全球暖化趨勢，此地區51%耕地可能遭受高溫逆境，及整體適栽區域北移，進而導致最適小麥栽植區域之面積下降，影響小麥產量，同時伴隨暖化趨勢，降雨將逐漸增加，而加劇小麥病蟲害的發生，此外在北美與本區亦有相同之趨勢。

表一、

Wheat mega-environments (ME) and their main features						
ME	Area (million hectares)	Moisture regime	Temperature regime	Main breeding Targets	Main locations in developing world	Breeding started at CIMMYT
1	32	Low irrigated	Temperate	Lodging rusts	Northwest Mexico, Indo-Gangetic Plains, Nile Valley	1945
2	10	High rainfall	As above	As above + <i>Septoria</i> , sprouting	Mediterranean litoral, the Andes, East Africa and Toluca, Mexico	1972
3	1.7	As above	As above	ME-2 + acid soil	Passo Fundo, Brazil	1974
4A	10	Low winter dominant	As above	Drought <i>Septoria</i> yellow rust	Aleppo, Syria Settat, Morocco	1974
4B	5.8	Low summer	As above	Drought <i>Septoria</i> leaf + stem rusts <i>Fusarium</i>	Marco Juárez, Argentina	1974
4C	5.8	Residual	Hot	Drought + heat seedlings	Indore, India	1974
5A	3.9	High rain-fall, humid irrigated	Hot	Heat <i>Helminthosporium</i>	Joydepur, Bangladesh Londrina, Brazil	1981
5B	3.2	Irrigated low humidity	Hot	Stem rust heat	Gezira, Sudan Kano, Nigeria	1975
6	5.4	Moderate rainfall summer	Temperate	Stem + leaf rusts <i>Helminthosporium</i> <i>Fusarium</i> sprouting photo-period sensitivity	Harbin, China	1980
7		Irrigated	Moderate cold	Rapid grain filling, yellow rust, cold tolerance, powdery mildew, barley yellow dwarf virus	Zhenzhou, China	1986
8A		High rainfall, irrigated, short season	Moderate cold	Cold tolerance, yellow rust, <i>Septoria</i>	Chillán, Chile	1986
8B		High rainfall, irrigated, short season	Moderate cold	<i>Septoria</i> , yellow rust, powdery mildew, <i>Fusarium</i> , sprouting	Edirne, Turkey	1986
9		Low rainfall	Moderate cold	Cold tolerance, drought	Diyarbakir, Turkey	1986
10		Irrigated	Severe cold	Winter killing tolerance, yellow + leaf rusts, powdery mildew, barley yellow dwarf virus	Beijing, China	1986
11A		High rainfall, irrigated, long season	Moderate cold	<i>Septoria</i> , <i>Fusarium</i> , yellow + leaf rusts, powdery mildew	Temuco, Chile	1986
11B		High rainfall, irrigated, short season	Severe cold	Leaf + stem rusts, powdery mildew, winter killing tolerance, sprouting	Lovrin, Romania	1986
12		Low rainfall	Severe cold	Winter killing tolerance, drought, yellow rusts, blunts	Ankara, Turkey	1986

Spring wheat grows in mega-environments 1–6 whereas facultative wheat grows in mega-environments 7–9, and winter wheat in mega-environments 10–12. All ME except 6 are autumn sown (after Braun *et al.*, 1996).

(Ortiz *et al.*, 2008)

## 二、暖化對小麥產量的影響

11月中旬為蘇丹(Sudan)小麥適栽期，Abdelmula *et al.*(2011)以15個小麥品種，利用延後種植時間以提高生育後期溫度，探討高溫對小麥產量之影響，結果顯示，15個小麥品種其產量皆隨著栽植期延後而降低，百粒重亦隨著生育後期溫度增高而降低；Spiertz *et al.*(2006)於人工氣候室種植適應溫暖氣候的小麥品種Lavett，不耐高溫品種Ciano-79，及耐熱小麥品種Attila等3個小麥品種，於穀粒充實期進行高溫(日溫38°C/夜溫20°C)處理16小時，共計3天，試驗發現3個品種經高溫處理後，穀粒乾重皆有下降趨勢，Lavett及Ciano-79之一穗粒數及穗重亦有下降情形；Ottman *et al.*(2012)以春小麥品種Yecora Rojo於2007年3月至2009年1月分別種植12次小麥，配合紅外線加熱器照射植株，提高小麥株冠白天1.3°C夜間2.7°C，觀察不同栽植期及高溫對小麥之影響，結果發現，在慣行栽植期時，紅外線加熱處理對產量、穗重、一穗粒數及株高皆無顯著影響，但延後栽植期並配合加熱處理時，產量及株高則顯著降低，而導致減產之主要因素為一穗粒數減少。

綜合上述研究發現，溫帶作物小麥將因全球氣溫提升導致產區移動且產量下降，進而影響全球糧食供給及糧食安全，因此，耐熱小麥育種將為世界各國，特別是亞熱帶國家的重要目標；而台灣地處北緯22~25°，目前已為栽種小麥最嚴峻的地區之一，加上東西部各地氣候環境條件多樣化，因此選育耐熱及適應不同氣候之小麥新品種將是重要的工作。

## 參考文獻

1. Abdelmula, A. A., M. O. M. Jaber and S. M. Gasim. 2011. Differential response of some bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes for yield and yield components to terminal heat stress under Sudan conditions. *Crop. Sci.* 197: 50-56.
2. Chatrath, R., B. Mishra, G. O. Ferrara, S. K. Singh and A. K. Joshi. 2007. Challenges to wheat production in South Asia. *Euphytica* 157: 447-456.
3. DEFRA, 2005. India-UK collaboration on impacts of climate change in india. <http://www.defra.gov.uk/environment/climatechange/internat/devcountry/india2.htm>.
4. Dhandu, S. S. and R. Munjal. 2012. Heat tolerance in relation to acquired thermotolerance for membrane lipids in bread wheat. *Field Crops Res.* 135: 30-37.
5. Ortiz, R., K. D. Sayre, B. Govaerts, R. Gupta, G. V. Subbarao, T. Ban, D. Hodson, J. M. Dixon, J. I. O. Monasterio and M. Reynolds. 2008. Climate change: can wheat beat the heat? *Agric. Ecosyst. Environ.* 126: 46-58.
6. Ottman, M. J., B. A. Kimball, J. W. White and G. W. Wall. 2012. Wheat growth responses to increased temperature from varied planting dates and supplemental infrared heating. *Agron. J.* 104:7-16.
7. Spiertz, J. H. J., R. J. Hamer, H. Xu, C. P. Martin, C. Don and P. E. L. van der Putten.

2006. Heat stress in wheat (*Triticum aestivum* L.): effect on grain growth and quality traits. *Europ. J. Agronomy* 25: 89-95.
8. Tubiello, F. N., C. Rosenzweig, R. A. Goldberg, S. Jagtap and J. W. Jones. 2000. U.S. national assessment technical report effects of climate change on U. S. crop production part I: wheat, potato, corn, and citrus.
9. <http://www.usgcro.gov/usgcrp/nacc/agriculture/tubielloetal2000.pdf>.
10. White, J. W., B. A. Kimball, G. W. Wall, M. J. Ottman and L. A. Hunt. 2011. Responses of time of anthesis and maturity to sowing dates and infrared warming in spring wheat. *Field Crops Res.* 124: 213-222.