

# 小麥種子穗上發芽對製粉品質之影響<sup>1</sup>

楊金英<sup>2</sup>、林訓仕<sup>2</sup>

## 摘 要

本試驗探討不同穗上發芽程度與比率對小麥發芽率、沉降係數、全麥麵粉品質及烘焙之影響，以瞭解影響小麥品種台中選2號商品價值之穗上發芽率容許值。試驗結果顯示，已萌發、種皮開裂及未萌發之小麥種子發芽率分別為0%、62%及98.7%；隨著種子種皮開裂比率提高，沉降係數隨之下降，低於5%對麵粉品質影響尚低，但若高於10%沉降係數僅餘227 sec，即未符合加工標準。然而已萌發之種子對小麥沉降係數影響較種皮開裂種子顯著，1%即導致沉降係數降至210 sec，乾麵筋與濕麵筋含量則隨其比率提高而降低，已萌發種子比率由0%增加至1%，乾麵筋含量即由23.2%降至16.4%；尖峰黏度、破裂黏度、回升黏度亦隨其比率提高而下降。烘焙試驗顯示，含1%已萌發之小麥種子磨製之全麥粉，烘焙後吐司體高度下降16.6%，已萌發之小麥種子含量提高至10%，吐司體高度則下降45.5%。綜合上述試驗結果得知，已萌發之小麥種子對麵粉品質影響較種皮開裂種子顯著，高於1%即影響小麥品種台中選2號烘焙用途。

**關鍵詞：**穗上發芽、小麥、沉降係數、麵粉品質

## 前 言

全球之氣候變遷(climate change)現象，為近年來影響人類生活甚鉅之議題，在預見氣候變遷持續進行趨勢下，頻率升高的天然災變及極端天氣事件對環境帶來嚴重威脅，更將形成糧食供需失衡<sup>(1,2)</sup>。1970年起，氣候變遷亦增強了降雨型態的變異程度，增加全球受乾旱影響的面積，而逐時變化的氣溫與降水型態，也改變了地球多數地區極端天氣(如乾旱、熱浪、水患等)發生的頻率及強度<sup>(2)</sup>。依據中央氣象局統計資料，臺灣的氣溫在過去一百年(1901~2001)期間上升了約1.3℃，其特色是增溫幅度夏季高於冬季、夜晚大於白天；另外降雨的季節性分佈已有顯著改變，全球降雨量的變化情況不一，就臺灣而言，過去50年降雨量雖有波動，但未出現明顯的長期趨勢，但降雨時間有顯著減少的情形發生，意謂臺灣降雨急且集中，過多的水分造成土壤澇害(soil waterlogging)、厭氣性及抑制植物生長，相對的降水減少，則使得土壤乾化，不利農業發展<sup>(1,2,19)</sup>。依據2016年聯合國農糧組織(Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO)統計，小麥為全球生產面積最大作物，且年產量位居第三的重要穀

<sup>1</sup> 行政院農業委員會臺中區農業改良場研究報告第 0944 號。

<sup>2</sup> 行政院農業委員會臺中區農業改良場研究助理、技佐。

類作物之一<sup>(9)</sup>。然而在1980到2008年間統計顯示氣候變遷造成全球小麥減產5.5%，顯示小麥產量及品質已受到極端天氣變化影響，亦成為全球性重要問題<sup>(8,14)</sup>。

收穫前穗上發芽(*Pre-harvest sprouting*, PHS)是指小麥生理成熟過程中，麥穗穀粒的早熟萌發，其原因係由於在穀粒充實期發生降雨，水分輸送至穀粒或栽培環境相對濕度過高所引起，此外，高相對濕度不僅減緩穀粒乾燥速率亦降低成熟穀粒之休眠性，導致穗上發芽之發生<sup>(5,6,17)</sup>。臺灣地處亞熱帶地區，原在小麥栽培上受氣候與裡作栽培制度限制，若成熟期麥穗又處於高相對濕度環境下，便易促進其穀粒發芽<sup>(3)</sup>；收穫前穗上發芽影響小麥生產甚劇，日本當地小麥生產受其影響所導致之損失曾高達總產量10~20%<sup>(25)</sup>；澳洲、歐洲及加拿大等地區，亦受季節性降雨所導致的穗上發芽影響，其產量損失增達10~50%<sup>(5,8)</sup>。2004及2005年澳洲白麥價格隨穗上發芽程度提高而降至飼料等級，最終造成價格下跌約22%<sup>(6,8)</sup>。

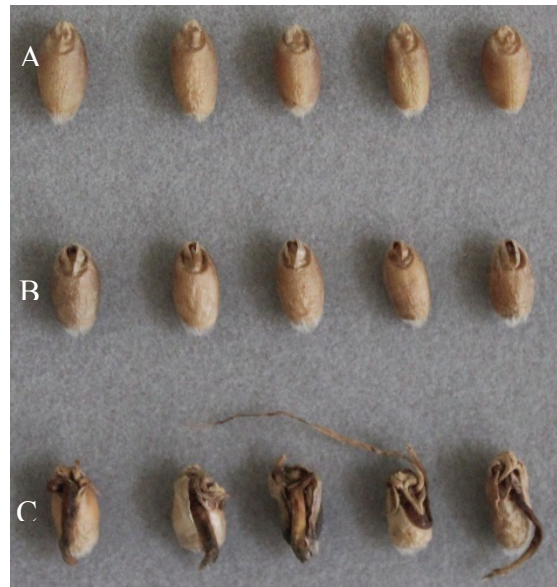
種子穗上發芽為小麥國際貿易關鍵指標之一，其中 $\alpha$ -澱粉酶( $\alpha$ -amylase)活性與其影響之降落係數(Hagberg falling number, HFN)皆為檢定小麥穀粒發芽與否之關鍵因子，此方法已是國際通用標準，廣泛應用於穀物分級與品質控管。在澳洲，小麥HFN最低繳交標準為300 sec，收穫前穗上發芽因高濃度 $\alpha$ -amylase，導致穀物沉降係數降低，造成品質下降及加工問題，降低經濟價值。小麥種子穗上發芽同樣影響製粉品質，當穀粒萌芽後澱粉被酵素分解，以提供幼苗成長之養分，造成麵粉麥穀蛋白降低，影響膨脹性，烘焙後麵包有產氣量不足，麵包塌陷的現象，因此穗上發芽小麥幾乎無麵粉之商品價值，僅能做為飼料或其它特定加工品使用<sup>(11)</sup>。另有報告指出，穗上發芽小麥種子易使麵粉黏度下降，製成麵條時亦可能產生非期望之製品色澤<sup>(7,25)</sup>。此外，對烘培麵糰性質亦有負面的影響，由於麵粉中澱粉過度水解，易形成較低的糊化麵粉黏度，產生較黏稠的麵糰，導致麵包在加工過程產生較具黏性及發黏性質，使麵包難以切片<sup>(7,11,17,24)</sup>。

近年來臺灣小麥常於乳熟期至黃熟期遭遇連續降雨，導致穗上發芽，但因輕微的穗上發芽(種皮開裂)不易辨識，且與明顯穗上發芽種子對沉降係數影響程度尚需釐清，因此本研究將利用摻和不同比例已萌發及種皮開裂種子，進行沉降係數分析，以探討其對沉降係數之影響，另利用摻和不同比率之已萌發種子，探討其對小麥品種台中選2號製粉品質之影響，以瞭解為符合製粉用標準，台中選2號可容許之穗上發芽種子比率。

## 材料與方法

本試驗材料取樣自2016年彰化縣大村鄉臺中區農業改良場試驗田，該年度小麥成熟期適逢連續雨害，導致田間小麥穗上發芽嚴重。參試品種為台中選2號，成熟後採收並烘乾，依種子外觀將材料分為未萌發(外觀完整)、已萌發(*seed germinated*)及種皮開裂(*seed-coat splitting*)三種類型(圖一)。為探討已萌發及種皮開裂小麥種子對沉降係數之影響，試驗以未萌發種子為主原料，分別以已萌發與種皮開裂種子為處理，摻和比率為0%、1%、2%、3%、4%、5%、10%、15%、20%，經磨粉後進行沉降係數分析。此外，為探討已萌發之小麥種子對麵粉與烘焙品質之影響，另以未萌發種子為主原料，分別摻和0%、1%、10%已萌發種子，經磨粉後進

行濕麵筋含量(wet gluten)、乾麵筋含量(dry gluten)、麵筋指數(gluten index)、全麥粉粗蛋白質含量及連續成糊黏度等麵粉品質分析，並進行全麥吐司試作。



圖一、小麥不同萌芽程度之種子外觀(A)未萌芽、(B)種皮開裂、(C)種子已萌芽

Fig. 1. The appearance wheat seeds progress to different levels of germination. (A) non-germinated, (B) seed-coat splitting and (C) seed germinated

### 一、發芽率試驗

發芽試驗使用未萌芽、種皮開裂及已萌芽的小麥種子各50粒，每處理3重複以進行發芽率檢定，種子分別播種於長18.5 cm×寬13 cm×高2.5 cm裝有濕潤培養土的淺盤中觀察7天。

發芽率計算公式如下：發芽率(%)=(總發芽數/播種量)×100%

### 二、沉降係數分析(falling number, sec)

以美國穀物化學分析協會(AACC method 56-81B)之方法分析。秤取已研磨之全麥粉7 g倒入黏度管中，加入25 ml去離子水並以橡膠塞塞住管口，手搖動40次使之形成均勻懸浮液，取出橡膠塞將管壁殘留物刮進懸浮液中，放入已預熱至100°C之沉降係數測定儀(Falling number FN1900, Perten Instruments, Sweden)，於機器內先攪拌至60 sec促使澱粉糊化後，啟動器停止於頂部位置，將黏度管攪拌器釋放，在其自身重力作用下於凝膠化懸浮液中開始下降，當測試樣品從頂部落至底端之時間即為沉降係數。

### 三、全麥粉麵筋性質測定

以美國穀物化學分析協會(AACC method 38-12)之方法分析。秤取已研磨之全麥粉10 g倒入洗槽中，加入4.8 ml 2% NaCl溶液並輕搖水槽使水分均勻分佈，置洗槽於洗筋系統(Glutomatic System, Perten Instruments, Huddinge, Sweden)中的自動洗筋機(Glutomatic gluten

washer 2200)定位固定，即進行2次洗筋。於洗筋程序完畢後取下整塊麵筋，將其置於麵筋離心卡匣(Gluten index centrifuge 2015)中進行離心脫水，待離心後先以不鏽鋼刮片刮下卡匣中通過濾網之麵筋秤重並記錄其重量，再將仍遺留在卡匣上之麵筋取下秤重，以取得總麵筋重，此即用來計算樣品濕筋含量及濕筋指數。另外，用鉗子將濕筋置於已預熱150℃之乾筋機(Gluten dryer, Glutork 2020)的中央，蓋上蓋子後按定時器鈕，待4 min後乾燥完畢，取出並秤重，此即用來計算樣品之乾筋含量。

計算公式如下：

1. 濕筋含量(%) = ((總濕筋 × 10) × (100 - 樣品之水分含量%) / 100 - 樣品之水分含量%)
2. 麵筋指數 = (遺留在濾網上的麵筋量(g) × 100) / 總麵筋(g)
3. 乾筋含量(%) = 總乾筋重 × 10
4. (濕筋)保水力 = 濕筋重(%) - 乾筋重(%)

#### 四、全麥粉粗蛋白質含量、灰分含量分析

利用磨粉機(Laboratory Mill 3100, Perten Instruments, Sweden)磨製全麥粉，篩網孔徑0.8 mm，研磨完成後測量其水分含量，並利用近紅外光分析儀(NIR DA7200, Perten Instruments, Sweden)進行全麥粉粗蛋白質含量及灰分含量分析，並將分析結果換算粗蛋白質含量至13%水分含量之基準。

#### 五、連續成糊黏度測定

以美國穀物化學分析協會(AACC method 22-10.01)之方法分析。秤取65 g麵粉混合460 ml水使其呈現泥狀，利用黏度測定儀(Viscograph-E, Brabender Instruments, Germany)進行連續成糊黏度測定，以每分鐘1.5℃速率加熱，加熱至95℃停止並維持10 min，其後以每分鐘下降1.5℃之速率降溫至50℃，全程90 min完成。過程中測定項目包括糊化溫度(Pasting temperature)、尖峰黏度(Maximum viscosity)、破裂黏度(Breakdown viscosity)及回升黏度(Setback viscosity)。

#### 六、小麥吐司外觀及高度比較試驗

利用篩網孔徑0.8 mm磨粉機磨製全麥粉，研磨完成後以孔徑0.210 mm篩網再次過篩，過篩後麵粉以全自動製麵包機(SD-BMS105T, Panasonic)進行全麥吐司製作，完成後再進行吐司外觀及高度比較。全麥吐司配方：全麥麵粉250 g、奶油15 g、砂糖17 g、奶粉6 g、鹽5 g、酵母粉2.8 g及水180 ml。

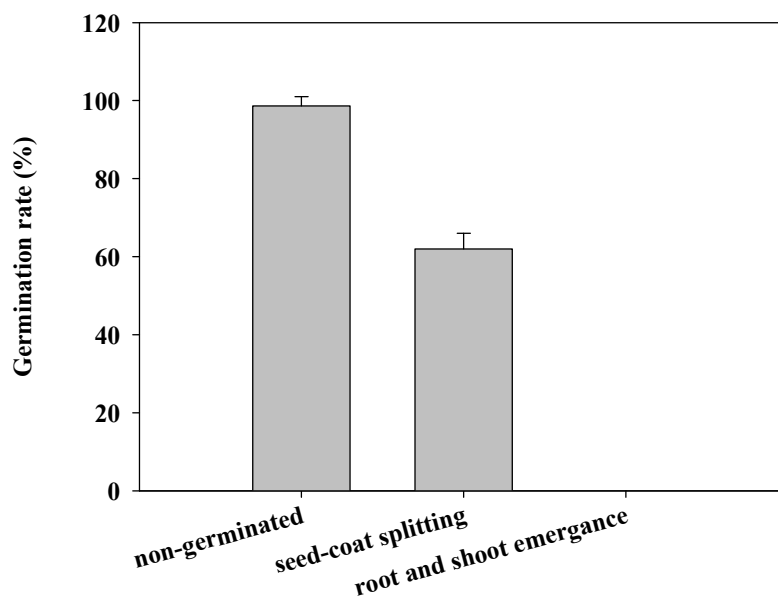
#### 七、統計分析

試驗資料以行政院農業委員會購置之SAS-EG視窗版軟體進行統計分析，再以SigmaPlot (Version 10.0)統計繪圖軟體繪製圖形。

## 結果與討論

### 一、未萌發、種皮開裂與已萌發之小麥種子發芽率

收穫前小麥種子穗上發芽徵狀，依其嚴重程度可分為未成熟麥粒膨大(premature kernel swelling)、胚變色(germ discoloration)、種皮開裂(seed-coat splitting)及根與芽已萌發(root and shoot emergence)等不同等級，穗上發芽嚴重程度則依氣候條件而改變<sup>(10,16)</sup>。本研究以未萌發、種皮開裂與已萌發之小麥種子進行發芽率試驗，結果顯示，已萌發之種子其發芽率為0%，種皮開裂種子(芽或根尚未伸長)發芽率為62%，未萌發種子發芽率可達98.7% (圖二)。由此可知，種皮開裂種子雖無明顯的根與芽伸長，但其種子採收前已萌動，導致採收後種子發芽率較未萌發種子下降36.7%。



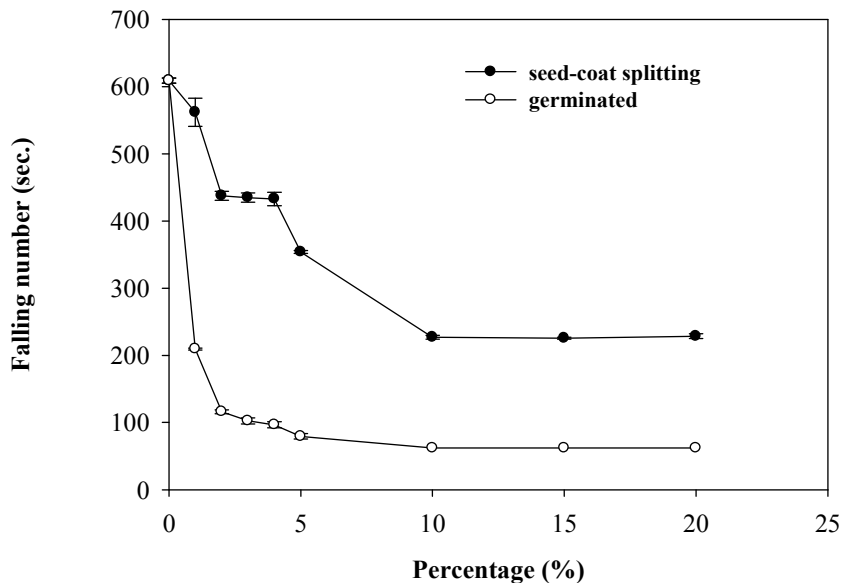
圖二、未萌發、種皮開裂與已萌發之小麥種子發芽率

Fig. 2. The percentage germination of wheat seeds that had been progressed to different stage of germination, including non-germinated, seed-coat splitting and root and shoot emergence seeds. Values are means±S.E.

### 二、不同比率種皮開裂與已萌發之小麥種子對沉降係數之影響

國際小麥通用品質要求之沉降係數為300 sec以上<sup>(13,15,20)</sup>，低於此標準表示收穫種子中含過量發芽種子，磨製之麵粉無法供作烘焙使用，幾乎無商品價值，僅能做為飼料或其它特定加工品使用<sup>(11)</sup>。為探討已萌發及種皮開裂小麥種子對沉降係數之影響，試驗以未萌發之種子為主原料，分別摻和0%、1%、2%、3%、4%、5%、10%、15%、20%不同比率之已萌發與種

皮開裂種子進行分析，結果顯示，未萌發種子之沉降係數達609 sec，摻和1%及5%種皮開裂種子，沉降係數則分別為562 sec及354 sec，仍符合麵粉品質標準，然而當種子之種皮開裂達10%以上時，沉降係數僅227 sec。綜上可知，種子之種皮開裂低於5%時，對麵粉品質影響尚低；高於10%時，則不符合加工需求標準。此外，摻和1%已萌發種子之麵粉沉降係數即由609 sec下降至209 sec，已萌發種子提升至2%及3%，沉降係數則分別下降為116 sec及103 sec，若高於4%，沉降係數則低於100 sec (圖三)，由此可知，已萌發種子對小麥沉降係數之影響較種皮裂開種子顯著，高於1%即造成麵粉未達製粉要求。然而，影響小麥沉降係數變化之因素眾多，例如氮肥施用量、採收時氣候溫度與品種等，其中品種甚為關鍵因子<sup>(24)</sup>。本次試驗品種為台中選2號，上述結果代表此品種發生不同發芽程度與比率所導致沉降係數下降之情形，其他品種是否有相同之趨勢，尚需進一步試驗探討。

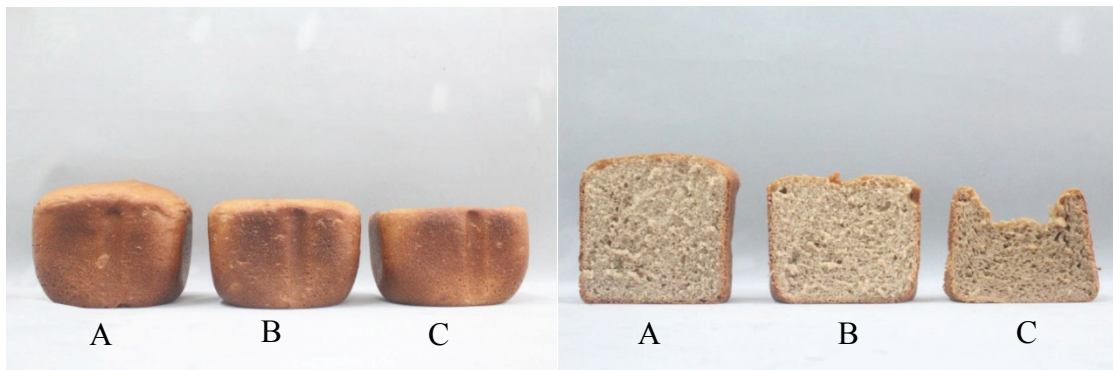


圖三、摻和不同比率之種皮開裂與已萌發種子之小麥沉降係數

Fig. 3. The falling number of wheat flour incorporated in different proportions of seed-coat splitting and germinated seeds. Values are means±S.E.

前人研究指出，麵粉澱粉特性與酵素活性相關，適當酵素活性可供製作麵包時分解澱粉提供發酵原料，增加麵包體積，但若澱粉分解酶( $\alpha$ -amylase)活性過高，則會過度分解澱粉導致麵包體積下降與孔隙增加，而澱粉分解酶活性又與穗上發芽有關<sup>(4,12)</sup>。本試驗以摻和不同比率之已萌發小麥種子，磨製全麥粉後，採用同廠牌同型號使用次數相同之麵包機進行烘焙試驗，試驗結果顯示，未含已萌發種子之全麥粉烘焙吐司之烘焙彈性良好，吐司無塌陷情形，吐司體高度達14.5 cm (圖四A)，摻和1%已萌發種子磨製之全麥粉，其吐司之烘焙彈性下降，

吐司體高度下降2.4 cm (16.6%)(圖四B)，摻和10%已萌發種子磨製之全麥粉，其吐司烘焙彈性劣化嚴重，吐司體中央高度下降6.6 cm (45.5%)(圖四C)，顯示台中選2號為符合烘焙用品質，已萌發種子比率不可高於1%。



圖四、不同穗上發芽比率小麥烘焙全麥吐司之外觀差異(A) 0%、(B) 1%、(C) 10%

Fig. 4. The appearance of whole wheat bread incorporated with different percentage of germinated wheat. (A) 0%、(B) 1% and (C) 10%

### 三、摻和不同穗上發芽小麥種子比率對小麥製粉品質之表現

試驗以未萌發種子為主原料，分別摻和0%、1%、10%已萌發種子，經磨粉後進行粗蛋白質含量、麵筋指數、濕麵筋含量、乾麵筋含量、沉降係數分析，探討已萌發之小麥種子對製粉品質之影響。試驗結果顯示，摻和0%、1%、10%已萌發小麥磨製之全麥粉粗蛋白質含量分別為13.5%、13.7%及13.3%，麵筋指數分別為70、70及74，三者間皆無顯著差異；然而濕麵筋含量以對照組(0%)之全麥粉最高，達33.4%，隨著已萌發種子比率提高，濕麵筋含量隨之降低；乾麵筋含量與濕麵筋含量變化亦有相同之趨勢，已萌發種子比率由0%增加至1%，乾麵筋含量即由23.2%降至16.4%。沉降係數分析顯示，對照組之全麥粉沉降係數為609 sec，摻和1%已萌發種子之全麥粉沉降係數下降至210 sec，未達烘焙用麵粉標準的300 sec，摻和10%沉降係數則僅餘62 sec (表一)。Sorenson等(2004)及Simsek等(2014)研究指出，小麥未成熟前萌芽或收穫前穗上發芽皆對小麥穀粒或加工產品造成不利之影響，如以穗上發芽小麥麵粉製備之麵包與蛋糕常呈現不良品質之外觀，起因係種子萌芽生長時產生之各種酵素，如澱粉酶、蛋白酶及脂肪酶，分解種子中澱粉、蛋白質及油脂，以供幼苗生長所需<sup>(21,22)</sup>。

雖然本試驗之蛋白質含量及麵筋指數在不同摻和比率間無顯著差異，但1%已萌發種子即可造成乾麵筋及濕麵筋含量顯著下降，並導致沉降係數低於烘焙用標準，由此可知，已萌發種子對台中選2號製粉品質影響甚劇，為達烘焙用標準，此品種採收後種子之已萌發比率需低於1%。

表一、摻和不同穗上發芽小麥比率對小麥製粉品質之影響

Table 1. Effects of incorporation different percentage of germinated wheat on flour quality

Mix rate (%)	Crude protein (%)	Gluten index	Wet gluten (%)	Dry gluten (%)	Falling number (sec.)
1	13.7 <sup>a</sup>	70 <sup>a</sup>	32.6 <sup>b</sup>	16.4 <sup>b</sup>	210 <sup>b</sup>
10	13.3 <sup>a</sup>	74 <sup>a</sup>	30.2 <sup>c</sup>	16.0 <sup>b</sup>	62 <sup>c</sup>
0 (CK)	13.5 <sup>a</sup>	70 <sup>a</sup>	33.4 <sup>a</sup>	23.2 <sup>a</sup>	609 <sup>a</sup>

Means with the same letter are not significantly different by Fisher's 5% LSD.

#### 四、不同穗上發芽比率小麥麵粉之連續成糊黏度變化

為探討不同穗上發芽比率之小麥麵粉連續成糊黏度表現，試驗以摻和不同比率之已萌發小麥種子磨製全麥粉，利用黏度測定儀進行分析，試驗結果顯示，全麥麵粉之糊化溫度隨著摻和比率之提高而下降，未含已萌發種子之全麥麵粉糊化溫度為69.4°C，10%已萌發種子之全麥麵粉糊化溫度僅為39.3°C；尖峰黏度分析顯示，對照處理為205 BU，1%及10%已萌發種子之全麥麵粉尖峰黏度則下降至21 BU及18 BU，破裂黏度亦與尖峰黏度有相同之趨勢，自對照處理92 BU下降至21 BU及9 BU；含有0%、1%及10%已萌發種子之回升黏度則分別為85 BU、0 BU及3BU (表二)。Simsek等人(2014)研究指出，小麥種子穗上發芽具較低糊化溫度、尖峰黏度與最終黏度，本試驗結果亦有相同趨勢<sup>(21)</sup>。然而造成上述連續成糊黏度變化改變，推測係因穗上發芽導致澱粉水合能力與澱粉糊化穩定性降低<sup>(23)</sup>。穗上發芽伴隨之 $\alpha$ -澱粉酶活性增加，導致澱粉粒失去抗膨潤能力，進而導致糊化黏度降低。此外另有研究指出，對穗上發芽較具耐受性之小麥品種，其澱粉則同時具有較高水合能力及較佳澱粉糊化穩定度<sup>(18)</sup>，以降低穗上發芽對麵粉品質劣化之影響。

表二、摻和不同穗上發芽小麥種子比率對小麥麵粉連續成糊黏度之影響

Table 2. Effect of viscograph characteristics incorporated with different percentage of germinated wheat

Mix rate (%)	Pasting temperature (°C)	Maximum viscosity (BU)	Breakdown viscosity (BU)	Setback viscosity (BU)
1	67.1 <sup>a</sup>	21.0 <sup>b</sup>	21.0 <sup>b</sup>	0.0 <sup>b</sup>
10	39.3 <sup>b</sup>	18.0 <sup>b</sup>	9.0 <sup>b</sup>	3.0 <sup>b</sup>
0 (CK)	69.4 <sup>a</sup>	205.0 <sup>a</sup>	92.0 <sup>a</sup>	85.0 <sup>a</sup>

Means with the same letter are not significantly different by Fisher's 5% LSD.

### 參考文獻

1. 朱鴻鈞 2012 因應氣候變遷之農業科技研討會議報導 臺灣經濟研究月刊 35: 79-83。
2. 楊純明 2009 氣候變遷與糧食生產 作物、環境與生物資訊 6: 134-140。
3. 楊金英、林訓仕 2016 氮肥施用時間及施用量對小麥產量與品質之影響 臺中區農業改良場研究彙報 130: 41-50。



4. Autio, K. and T. Laurikainen. 1997. Relationships between flour/dough microstructure and dough headling and baking properties. *Trends Food Sci. Tech.* 8: 181-185.
5. Biddulph, T. B., D. J. Mares., J. A. Plummer and T. L. Setter. 2005. Drought and high temperature increases preharvest sprouting tolerance in a genotype without grain dormancy. *Euphytica.* 143: 277-283.
6. Biddulph, T. B., J. A. Plummer, T. L. Setter and D. J. Mares. 2007. Influence of high temperature and terminal moisture stress on dormancy in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Field Crops Res.* 103: 139-153.
7. Crosbie, G. B. and W. J. Lambe. 1993. The application of the flour swelling volume test for potential noodle quality to wheat breeding lines affected by sprouting. *J. Sci.* 18: 267-276.
8. Dziki, D. and J. Laskowski. 2010. Study to analyze the influence of sprouting of the wheat grain on the grinding process. *J. Food Eng.* 96: 562-567.
9. FAO. 2016. <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>.
10. Groos, C., G. Gay, M. R. Perretant, L. Gervais, M. Bernard, F. Dedryver and G. Charmet. 2002 Study of the relationship between pre-harvest sprouting and grain color by quantitative trait loci analysis in a white  $\times$  red grain bread-wheat cross. *Theor. Appl. Genet.* 104: 39-47.
11. Hill, V. and A. Kaizen. 2014. Industry regulation of quality in bread, flour and wheat in France and the U.S. *Contributions to Management Science.* 83-121.
12. Hou, G. and M. Kurk. 1992. Asian noodle technology. *Technical Bulletin.* 12: 1-10.
13. Humphreys, D. G. and J. Noll. 2002. Methods for characterization of preharvest sprouting resistance in a wheat breeding program. *Euphytica.* 126: 61-65.
14. Juroszek, P. and A. von Tiedemann. 2013. Climate change and potential future risks through wheat diseases: a review. *Eur. J. Plant Pathol.* 136: 21-33.
15. Kettlewell, P. S. 1999. The response of alpha-amylase activity during wheat grain development to nitrogen fertilizer. *Ann. Appl. Biol.* 134: 241-249.
16. Mares, D. J. 1984. Temperature dependence of germinability of wheat (*Triticum aestivum* L.) grain in relation to pre-harvest sprouting. *Crop Pasture Sci.* 35: 115-128.
17. Mares, D. J. and K. Mrva. 2014. Wheat grain preharvest sprouting and late maturity alpha-amylase. *Planta.* 240: 1167-1178.
18. Morad, M. M. and G. L. Rubenthaler. 1983. Germination of soft white wheat and its effect on flour fractions, breadmaking, and crumb firmness. *Cereal Chem.* 60: 413-417.
19. Reddy, P. P. 2015. Impacts of Climate Change on Agriculture. *Climate Resilient Agri. for Ensuring Food Security.* 43-90.

20. Ross, A. S., M. D. Flowers, R. S. Zemetra and T. Kongraksawech. 2012. Effect of grain protein concentration on falling number of ungerminated soft white winter wheat. *Cereal Chem.* 89: 307-310.
21. Simsek, S., J. B. Ohm, H. Lu, M. Rugg, W. Berzonsky, M. S. Alamri and M. Mergoum. 2014. Effect of pre-harvest sprouting on physicochemical changes of proteins in wheat. *J. Sci. Food Agric.* 94: 205-212.
22. Sorenson, B. and J. Wiersma. 2004. Sprout damaged wheat, crop insurance and quality concerns. Minnesota Crop News Archive, Minneapolis, MN.
23. Tsai, M. L., C. F. Li, and C. Y. Lii. 1997. Effects of granular structures on the pasting behaviors of starches. *Cereal Chem.* 74: 750-757.
24. Wang, J., E. Pawelzik, J. Weinert, Z. Qinghua, and G. A. Wolf. 2008. Factors influencing falling number in winter wheat. *Eur. Food Res. Technol.* 226: 1365-1371.
25. Yanagisawa, A., T. Nishimura, Y. Amano, A. Torada and S. Shibata. 2005. Development of winter wheat with excellent resistance to pre-harvest sprouting and rain damage. *Euphytica.* 143: 313-318.

# Effect of Pre-harvest Sprouting on Flour Quality of Wheat Seeds<sup>1</sup>

Jin-Ying Yang<sup>2</sup> and Hsun-Shih Lin<sup>2</sup>

## ABSTRACT

The present study investigated the effect of various preharvest sprouting (PHS) levels on the percentage germination, falling number, flour quality, and baking quality of whole wheat flour and the effects of field PHS allowance rates on the commercial value of wheat 'Taichung Sel. 2'. The results showed that the germination rates of wheat grains at root and shoot emergence, seed-coat splitting, and ungerminated stages were 0%, 62%, and 98.7%, respectively. If the seed-coat splitting grain content was less than 5%, the falling number was low, not affecting flour quality; however, if the content increased to higher than 10%, the falling number reduced to 227 s, affecting the flour quality. Nevertheless, the falling number of root and shoot emergence grains had a more significant effect than that of seed-coat splitting grains; with 1% root and shoot emergence grain content, the falling number was reduced to 210 s. The dry and wet gluten contents decreased as the root and shoot emergence grain content increased. The increase of root and shoot emergence grain content from 0% to 1% reduced the dry gluten content, from 23.2% to 16.4%. The maximum, breakdown, and setback viscosities decreased as root and shoot emergence grain content increased. The baking tests demonstrated that the height of bread decreased by 16.6% and 45.5% when the flour contained 1% and 10% of root and shoot emergence seeds, respectively. Therefore, the root and shoot emergence grain content affects flour quality more significantly than does the seed-coat splitting grains; moreover, at more than 1% root and shoot emergence grain content, the baking quality of 'Taichung Sel. 2' wheat flour is significantly affected.

**Key words:** pre-harvest sprouting, wheat, falling number, flour quality

---

<sup>1</sup>Contribution No. 0944 from Taichung DARES, COA.

<sup>2</sup>Assistant and Assistant Specialist of Taichung DARES, COA.

