

氮肥施用時間及施用量對小麥產量與品質之影響¹

楊金英²、林訓仕²

摘 要

為提升小麥產量及麵粉品質，品種選擇與肥培管理為重要關鍵因素，其中又以氮肥施用最為重要，因此需瞭解氮肥最佳施用時間，本研究利用氮肥分施處理(基肥一次施用；基肥及播種後四週施用；基肥、播種後四週及播種後七週；和基肥、播種後四週、播種後七週及增施穗肥)，探討其對小麥‘臺中選2號’及‘臺中34號’之產量構成要素、穀粒粗蛋白質含量和沉降係數之影響。由結果顯示兩個小麥品種之產量、穀粒粗蛋白質含量皆隨氮肥分施次數增加而提升，千粒重則無顯著差異，沉降係數處理間皆高於280秒，符合加工使用標準，此外，於小麥抽穗5天後增施氮肥可有效提升穀粒粗蛋白質含量。

關鍵詞：小麥、氮肥、產量、粗蛋白質含量、沉降係數

前 言

小麥為禾本科小麥屬植物，原產於溫帶地區，是全球重要穀類作物之一，依據聯合國農糧組織(Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO, 2014)統計，2014年全球總產量為7.29億公噸，主要生產國為中國大陸、印度、美國及俄羅斯，主要供人類食用，如製作麵包、麵條、蛋糕、餅乾，另亦可作為製酒酒麴、釀製醬油與飼料用⁽¹⁾。在全球小麥生產上，其增產速度已遠不及需求增加之幅度，加上近年全球極端氣候等因素，導致許多小麥已無法自給自足，甚至有賴他國進口。臺灣因國人飲食習慣改變，小麥儼然成為國人第二主食，每年均需自國外進口110~120萬公噸小麥，為減低臺灣對進口小麥依存性及提升國內糧食自給率，積極推動本土小麥栽培，將是紓解糧食短缺的因應之道，並可活化臺灣休耕農地，更可縮短食物里程、降低碳足跡，符合在地生產、在地消費之理念⁽²⁾。

臺灣地處亞熱帶，高溫高濕氣候使臺灣種植小麥時期僅適於十月下旬至翌年三月之冬季裡作^(2,7)。臺灣光復初期，由於育種技術的發展，適應臺灣氣候之水稻及小麥品種相繼育成，輔以栽培技術改進及耕作制度配合，使1950~1960年間的冬季裡作小麥得以推行，栽培面積最高曾達25,208公頃，總產量最高為45,574公噸；1960年代因小麥開放進口，其價格低廉導致臺灣小麥栽培面積急速下降，但在此期間國內小麥育種工作仍未間斷；1978年，臺中區農業改良場自墨西哥國際玉米小麥改良中心(International Maize and Wheat Improvement Center, CIMMYT)引進Au-Maya 74'S'品系，利用純系選拔於1983命名具有抗銹病、耐肥、強稈、抗

¹ 行政院農業委員會臺中區農業改良場研究報告第 0891 號。

² 行政院農業委員會臺中區農業改良場助理、技佐。

倒伏及高產等特性的小麥品種‘臺中選2號’，也是目前臺灣主要栽培品種；此外，1983年另自日本引進W-3品系，於1992年育成具豐產、抗銹病、白粉病及穗枯病等特性的小麥品種‘臺中34號’，此品種主要因為成熟天數較‘臺中選2號’多5~7天，且當時種植小麥農友之耕作習慣為水稻—水稻—小麥輪作，成熟天數直接影響一期稻作插秧時間，致使‘臺中34’號推廣栽培不易，目前僅少數農友試種栽培中^(2,8)。

小麥屬溫帶作物，臺灣地處亞熱帶地區，在小麥栽培上亦受氣候與裡作栽培制度限制，產量與品質雖無法與溫度地區國家相比，但經多年改良，產量與品質已顯著提升⁽³⁾。2000年至2013年，全球小麥每公頃平均產量自2,719 kg提升至3,258 kg；2000~2009年臺灣小麥平均產量約為3,500 kg~4,400 kg，仍高於全球⁽¹⁰⁾，然而2010~2013年平均產量則下降至2,000~3,300 kg，推測其原因係與自2010年農糧統計復將金門縣小麥生產列入調查中，而金門縣大規模種植，其氣候環境與栽培管理技術對產量影響甚鉅，且新契作廠商加入並採用友善環境種植方式(不施化學肥料及農藥)有關⁽¹⁰⁾。小麥其產量及品質除品種本身之特性外，也會受土壤、播種量、溫度、日照、施肥量等因素影響，而改變小麥穀粒品質，因此，選用優良品種，輔以適宜的肥培管理，將有助於改善植株性狀，增加小麥產量並提升品質，其中尤以土壤氮素及施肥量對小麥千粒重、產量及蛋白質的影響最劇，而增加氮肥施用可提升穀粒蛋白質含量，特別是醇溶蛋白(gliadins)及穀蛋白(glutenins)之組成量增加⁽¹⁵⁾。此外，不同氮素施用時間亦會影響小麥有效穗數、穀粒充實速率及充實度⁽⁷⁾，不當施肥時間可能造成小麥莖稈徒長、植株倒伏、延後成熟等⁽¹³⁾。而臺灣因為農民多採撒播種植，未如國外利用機械條播大面積栽培，因此部分採有機或友善耕作模式之農民為管理及操作方便，僅施用一次基肥，而未分施追肥。烘焙品質除受麵粉蛋白質含量影響外，沉降係數亦為關鍵指標之一，在烘焙基本需求上，沉降係數須高於280秒，而沉降係數主要與澱粉分解酶(α -amylase)活性呈負相關，潮濕氣候與穗上發芽將使 α -amylase活性上升，導致沉降係數及麵粉品質下降⁽¹⁷⁾；此外另有報告指出，沉降係數可隨氮肥施用量提升而增加⁽¹⁸⁾，但亦有研究人員發現沉降係數與氮肥施用量無顯著相關⁽¹⁷⁾。因此本研究為了解最佳氮肥施用時機，爰利用氮肥分施及抽穗後額外增施氮肥，探討其對小麥‘臺中選2號’及‘臺中34號’產量與品質之影響，以瞭解最適施肥時間，進而提升肥料施用效率，達到增產及提升品質之目的。

材料與方法

本研究於彰化縣大村鄉之臺中區農業改良場田間進行試驗，播種日期為2013年12月11日，收穫日期為2014年4月11日，參試品種為小麥‘臺中選2號’及‘臺中34號’，田間採完全逢機設計(Completely Randomized Design, CRD)，參試品種以行距20 cm，行長15 m，10行區，3重複，整地條播種植，田間於播種後、分蘖盛期及開花期進行濕潤灌溉，小麥成熟後，收割每小區樣品並烘乾至穀粒含水量13%，進行單位面積穗數、一穗粒數、千粒重、產量及收穫指數調查。

施肥處理

施肥方法採磷、鉀肥施用量固定，並於基肥一次施用，施用量分別為 P_2O_5 72 kg ha⁻¹， K_2O 108 kg ha⁻¹，氮肥採4種分施處理，分別為處理A：基肥一次施用140 kg ha⁻¹；處理B：基肥施用48 kg ha⁻¹，播種後28天施用92 kg ha⁻¹；處理C：基肥施用48 kg ha⁻¹，播種後28天施用46 kg ha⁻¹，播種後49天施用46 kg ha⁻¹；處理D：基肥施用48 kg ha⁻¹，播種後28天施用46 kg ha⁻¹，播種後49天施用46 kg ha⁻¹，抽穗5天後施用23 kg ha⁻¹(表一)，基肥採用臺肥39號有機複合肥料400 kg ha⁻¹，其餘氮肥為尿素。

表一、小麥生育期間肥料施用時間及施用量

Table 1. Treatments of fertilizer timing and levels in wheat

Fertilizer treatment	Basal dressing	28 days after sowing	49 days after sowing	5 days after heading	Total
	-----N: P ₂ O ₅ : K ₂ O (kg/ha)-----				
A	140:72:108				140:72:108
B	48:72:108	92:0:0			140:72:108
C	48:72:108	46:0:0	46:0:0		140:72:108
D	48:72:108	46:0:0	46:0:0	23:0:0	163:72:108

全麥粉粗蛋白質含量分析

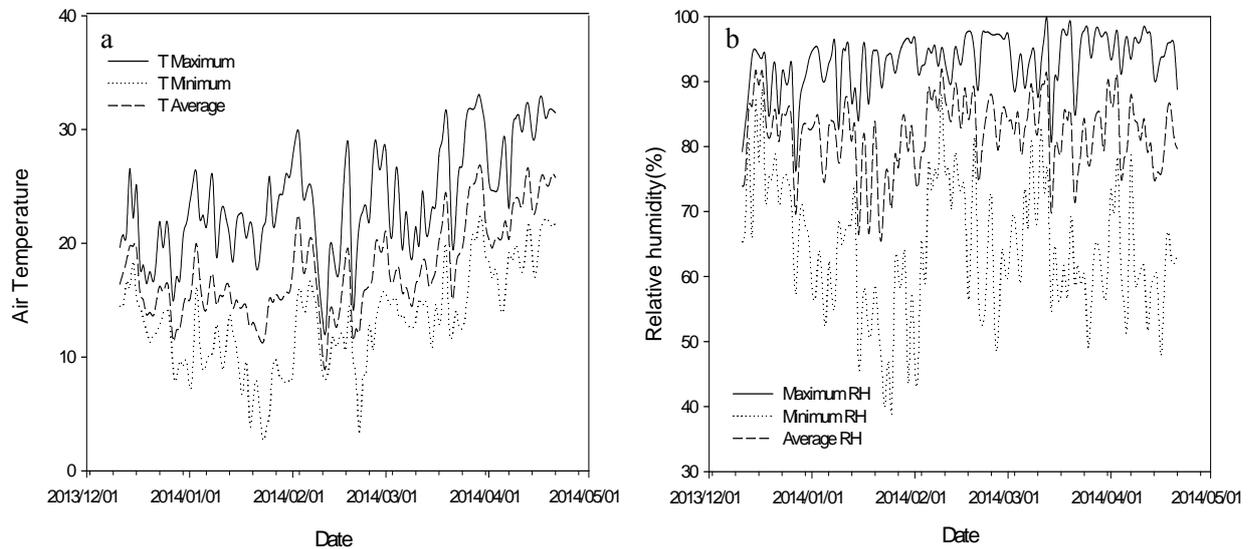
利用磨粉機(Laboratory Mill 3100, Perten Instruments, Sweden)磨製全麥粉，篩網孔徑0.8 mm，研磨完成後測量其水分含量，並利用近紅外光分析儀(NIRDA7200, Perten Instruments, Sweden)進行全麥粉粗蛋白質含量分析，並將分析結果換算粗蛋白質含量至13%水分含量之基準。

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秒促使澱粉糊化後，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。

田間氣象資料

試驗期間自2013年12月中旬至2014年4月下旬，係利用LogStick Control_v009e置於試驗田，每15分鐘紀錄溫濕度值一次。本試驗小麥播種至成熟之溫度及相對濕度資料詳如圖一，小麥營養生長期平均溫度15.2°C，穀粒充實期平均溫度20.6°C，4月9日之後每日最高溫大多高於30°C；在小麥全生育期中，夜間平均相對濕度大多高於90%，日間平均相對濕度55~70%，抽穗前81.4%，穀粒充實期82.5%。



圖一、2013年12月~2014年5月每日最高、平均及最低溫度(a)及相對濕度(b)資料

Fig. 1. Daily maximum, average and minimum temperature (a) and relative humidity(b) in 2013/12-2014/05

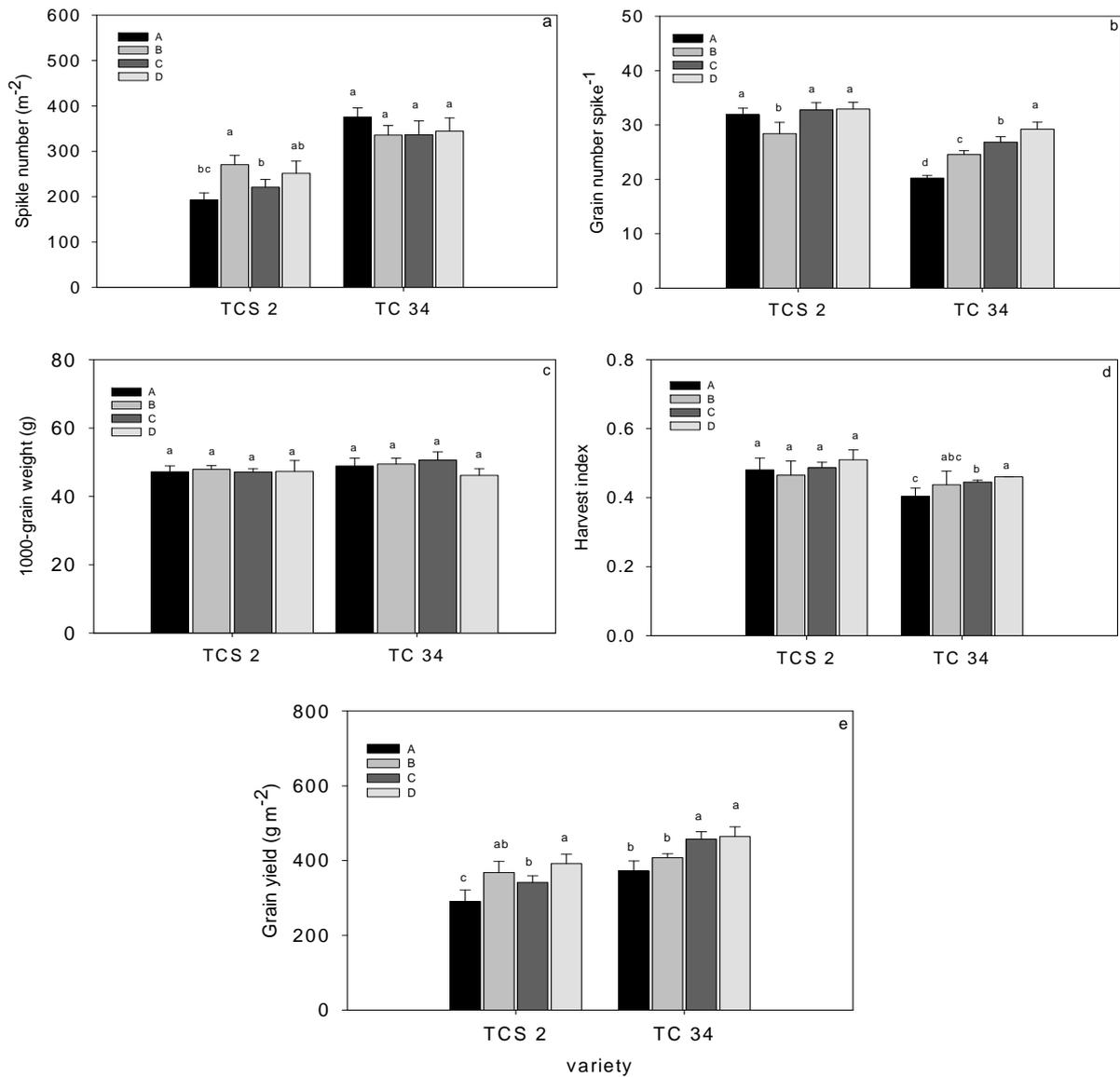
統計分析

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

氮肥分施處理對每平方公尺穗數、一穗粒數、千粒重、收穫指數及產量之影響顯示，不同氮肥分施處理下，‘臺中34號’每平方公尺穗數皆顯著高於‘臺中選2號’；‘臺中選2號’則以B處理270最高、其次為D處理251、C處理221，最低為A處理193；‘臺中34號’每平方公尺穗數以A處理376最高，其次為D處理344及B、C處理336 (圖二a)。一穗粒數調查顯示，‘臺中選2號’一穗粒數顯著高於‘臺中34號’，‘臺中選2號’以B處理28.4最低，A、C、D處理間無顯著差異(31.9~32.9)，臺中34號則隨氮肥分施次數增加而提升，其中以D處理29.2最高，其次為C處理26.9及B處理24.5，最低為A處理20.2 (圖二b)。「臺中選2號」及「臺中34號」千粒重於4種氮肥分施下，處理間無顯著差異，其中「臺中選2號」千粒重為47.1 g~47.9 g，「臺中34號」千粒重為46.2 g~50.6 g；收穫指數顯示，‘臺中選2號’4種氮肥分施處理下收穫指數分別為48.0、46.5、48.7及51.0，但處理間無顯著差異，‘臺中34號’則分別為40.4、43.7、44.5及46.0，隨著氮肥分施次數增加而提升(圖二c, 二d)。每平方公尺產量方面，相同氮肥施用法下，臺中34號產量皆高於‘臺中選2號’，‘臺中選2號’每平方公尺產量以D處理391.6 g最高，B處理367.9 g、C處理341.6 g次之，A處理290.7 g最低。‘臺中34號’每平方公尺產量以C處理464.4 g、D處理457.3 g較高，B

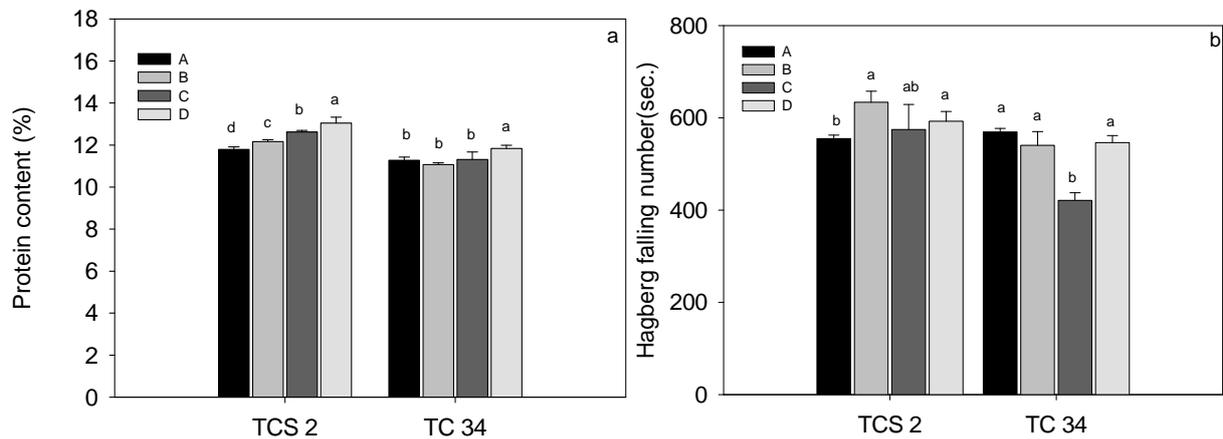
處理407.7 g次之，A處理372.1 g最低(圖二e)，綜上可知，在相同肥料施用量下，氮肥分施對小麥有增產效果，‘臺中選2號’以基肥及一次追肥，‘臺中34號’則以基肥及二次追肥施用較佳。



圖二、不同氮肥分施處理對小麥‘臺中選2號’及‘臺中34號’的穗數(a)、一穗粒數(b)、千粒重(c)、收穫指數(d)及產量(e)之影響。誤差線為平均值標準差(n=3)。各平均值上以相同字母者為5%水準下經LSD測驗未達顯著差異

Fig. 2. Effect of nitrogen application on spike number m⁻² (a), grain number spike⁻¹ (b), 1000-grain weight (c), harvest index (d) and grain yield (e) of Taichung Sel. 2 and Taichung 34. Error bar is the standard error of mean (n=3). Means with the same letter are not significantly different at 5% level by LSD test.

全麥粉粗蛋白質含量顯示，‘臺中選2號’在4種處理間皆呈顯著差異，且隨氮肥分施而提升，其中以D處理粗蛋白質含量13.0%最高，B處理12.2%、C處理12.6%次之，A處理11.8%最低。‘臺中34號’則在A、B、C處理間無顯著差異，粗蛋白質含量為11.1%~11.3%，但在D處理中，粗蛋白質含量達11.8%，顯著高於其他3種處理。由此可知，‘臺中選2號’分施氮肥有助於提升粗蛋白質含量，而在‘臺中34號’中則無顯著效果。此外，抽穗後增施23 kg ha⁻¹氮肥對‘臺中選2號’及‘臺中34號’分別提升粗蛋白質含量達0.4%及0.5%，因此為提升小麥穀粒粗蛋白質含量，抽穗後增施氮肥將是有效方法之一(圖三a)。本研究之沉降係數調查顯示，‘臺中選2號’在不同氮肥分施處理下，以B處理634秒最高，A、C、D次之，分別為555、575及593秒，但處理間無顯著差異。‘臺中34號’以A處理570秒最高，B (540秒)、D (546秒)次之，C處理(421秒)最低，但除C處理外，其餘處理間亦無顯著差異(圖三b)。



圖三、不同氮肥分施處理對小麥‘臺中選2號’及‘臺中34號’粗蛋白質含量(a)及沉降係數(b)之影響。誤差線為平均值標準差(n=3)。各平均值上以相同字母者為5%水準下經LSD測驗未達顯著差異

Fig. 3. Effect of nitrogen application on protein contain (a) and Hagberg falling number (b) of Taichung Sel. 2 and Taichung 34. Error bar is the standard error of mean (n=3). Means with the same letter are not significantly different at 5% level by LSD test.

討 論

小麥產量構成要素可分單位面積穗數、一穗粒數及千粒重，本研究發現在各種處理下‘臺中34號’產量皆高於‘臺中選2號’，其主要原因為各種處理下‘臺中34號’單位面積穗數皆高於‘臺中選2號’，且千粒重亦略高。Fischer等(1993)研究指出，小麥單位面積穗數與產量呈正相關，然而氮肥分施則與一穗粒數、粒重及產量無顯著相關⁽¹²⁾；在本研究中，氮肥分施與一穗粒數雖於‘臺中選2號’上無顯著關係，但對‘臺中34號’則有促進的效果，可知品種間仍存差異，在

千粒重上則與其研究相符。徐等(2000)研究指出，為達優質小麥高產栽培，氮肥最佳施用方法為基肥及增施2次追肥處理最佳⁽⁴⁾。此結果與黃(1986)提出之，在固定氮肥施用量下，以基肥及播種後25天各施40%氮肥，播種後第40天再施20%，有較佳產量之結果相符⁽⁷⁾。綜上可知，氮肥分施雖對小麥產量構成要素之提升效果存在品種間的差異，但衡量最終產量之表現，仍建議採氮肥分施較有助於提升小麥產量⁽⁶⁾。

徐等(2001)研究指出，氮肥施用量與施用時機對小麥多項品質性狀皆有不同程度影響，在莖伸長期(jointing stage)後施肥對改善穀粒與麵粉品質皆有促進作用，孕穗期2次追肥對提高蛋白質含量、濕麵筋含量、沉降係數及麵糰穩定時間有顯著提升效果^(5,11)。Takayama等(2006)於小麥抽穗10天後每增施10kg ha⁻¹氮肥，除有延遲成熟情形外，對多數農藝性狀無顯著影響，但可提升穀粒蛋白質含量0.4~0.5%^(20,21)。Iida等(1991)於開花期施用10kg ha⁻¹氮肥發現可提升穀粒蛋白質含量0.5%；但若於孕穗期前施用追肥則穀粒蛋白僅增加0.1~0.2%⁽¹⁴⁾。本研究利用抽穗後5天增施氮肥23 kg ha⁻¹，‘臺中選2號’穀粒粗蛋白質含量由12.6%提升至13.1%，‘臺中34號’則由11.3%提升至11.8%，增加比例皆為0.5%。綜合上述研究可知，小麥抽穗後施用氮肥將有助於穀粒粗蛋白質含量提升，且較佳施用時期為小麥抽穗至抽穗後10天內施用。

穀類作物具最佳穀粒品質皆於蠟熟期(wax maturity)及完熟期(full maturity)，當此期間倘遭遇連續降雨，穀粒種子即可能開始萌芽反應，導致穀粒充實效率降低，小麥種子將產生較高 α -amylase活性，致使沉降係數下降，間接影響穀粒品質⁽¹⁶⁾。沉降係數常用來衡量小麥種子是否萌芽，因小麥萌芽時種子內 α -amylase活性增加，促進澱粉分解，使澱粉糊化後黏度降低，流動性增加，進而導致沉降係數下降，而麵粉利用價值則隨之降低^(13,19)。本研究因小麥生育後期至收穫未遇連續降雨而無穗上發芽情形，因此沉降係數皆高於280秒，均符合烘焙基本標準^(9,17)，但不同氮肥施用時間對‘臺中選2號’及‘臺中34號’沉降係數之影響上，其處理間並無顯著差異。另有研究指出，小麥成熟期處溫暖乾燥環境下，穀粒 α -amylase活性低，沉降係數較高且隨著氮肥施用量增加而略微提升，另成熟期處寒冷潮濕環境下，穀粒 α -amylase活性提升，伴隨沉降係數下降，此時增施氮肥對沉降係數提升效果則較顯著⁽¹⁵⁾；江等(2009)研究發現，施氮時期以基肥全施用有助於提升沉降係數及醇溶蛋白含量⁽¹⁾。但因本試驗主要探討相同總施肥量下，不同氮肥施用時間對產量及品質之影響，因此關於增加氮肥施用量對沉降係數之影響，需進一步研究方可確定其趨勢。

參考文獻

1. 江洪芝、晏本菊、潭飛泉、張懷瓊、任正隆 2009 氮肥施用量及施用時期對小麥品質性狀的影響 麥類作物學報 29: 658-662。
2. 林訓仕、廖宜倫、劉凱翔 2011 國產小麥的現況與展望 豐年半月刊 61: 47-48。
3. 胡凱康、蕭素碧 1994 小麥 p.1-84 台灣區雜糧發展基金會成立二十週年紀念專輯之一 雜糧作物各論 I.禾穀類 台灣區雜糧發展基金會編印。

4. 徐恒永、趙振東、張存良、劉愛峰、劉建軍、畢德鋒、杭新杰、張懷友、耿金茹 2000 氮肥對優質專用小麥產量與品質的影響 I 氮肥對產量和產量形成的影響 山東農業科學 5: 27-30。
5. 徐恒永、趙振東、劉愛峰、劉建軍、張存良、畢德鋒、杭新杰、張懷友 2001 氮肥對優質專用小麥產量與品質的影響 II 氮肥對小麥品質的影響 山東農業科學 2: 13-17。
6. 張興梅、何淑平、王傳利、于立何 2004 春小麥施肥效應研究 中國農學通報 20: 165-168。
7. 黃勝忠 1986 氮素對春小麥農藝性狀及穀粒蛋白質的影響 臺中區農業改良場研究彙報 12: 35-42。
8. 曾勝雄 1986 栽培密度及氮肥用量對小麥產量之影響 臺中區農業改良場研究彙報 13: 19-26。
9. Alaru, M., Ü. Laur, V. Eremeev, E. Reintam, A. Selge and M. Noormets. 2009. Winter triticale yield formation and quality affected by N rate, timing and splitting. *Agri. Food Sci.* 18: 76-90.
10. FAO. 2014. <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>.
11. Farrer, D. C., R. Weisz, R. Heiniger, J. P. Murphy and J. G. White. 2006. Minimizing protein variability in soft red winter wheat: impact of nitrogen application timing and rate. *Agron. J.* 98: 1137-1145.
12. Fischer, R. A. 1993. Irrigated spring wheat and timing and amount of nitrogen fertilizer. II. Physiology of grain yield response. *Field Crops Res.* 33: 57-80.
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. Iida, Y., T. Mitamura and T. Ishihara. 1991. Influence of the soil and the cultivation conditions affect the flour color. I. Relationship between grain protein content and flour color. *Jpn. J. Crop Sci.* 60: 38-39.
15. Johansson, E., M. L. Prieto-Linde and G. Svensson. 2004. Influence of nitrogen application rate and timing on grain protein composition and gluten strength in Swedish wheat cultivars. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 167: 345-350.
16. Kettlewell, P. S. 1999. The response of alpha-amylase activity during wheat grain development to nitrogen fertilizer. *Ann. Appl. Biol.* 134: 241-249.
17. Liniņa, A. and A. Ruža. 2012. Cultivar and nitrogen fertilizer effects on fresh and stored winter wheat grain quality indices. *Proc. Latvian Acad. Sci., Section B.* 66: 177-184.
18. Masauskiene, A. and J. Ceseviciene. 2005. Effect of cultivar and fertilisation practices on bread-making qualities of fresh and stored winter wheat grain. *Latvian J. Agron.* 8: 14-147.
19. 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.

20. Takayama T., N. Ishikawa and A. Taya. 2006. The effect to the protein concentration and flour quality of nitrogen fertilization at 10 days after heading in wheat. *Jpn. Agri. Res. Q.* 40: 291-297.
21. Taniguchi, Y., M. Fujita, A. Sasaki, K. Ujihara and M. Ohnishi. 1999. Effect of top dressing at booting stage on crude protein of wheat in Kyushu district. *Jpn. J. Crop Sci.* 68: 48-53.

Effect of Timing and Amount of Nitrogen Fertilizer on the Quality and Yield of Wheat¹

Jin-Ying Yang² and Hsun-Shih Lin²

ABSTRACT

The improved cultivars and fertilizers application especially nitrogen are two key important factors to enhance flour quality and grain yield in wheat. The present study conducted with two wheat varieties (Taichung Sel. 2 and Taichung 34) and four nitrogen application methods (only basal, basal & one dressing at 4 weeks after sowing, basal & two top-dressings at 4 and 7 weeks after sowing, and basal & three top-dressings at 4, 7 weeks after sowing and with 5 days after heading) to identify its influences on the yield components, protein content and Hagberg falling number of the wheat. The results showed that grain yield and protein content were significantly increased by additional nitrogen application, but it has no apparent impact on 1000-grain weight. The Hagberg falling numbers exceeded 280 seconds was found in all treatments, which conformed to the standard of wheat grain processing. Moreover, the crude protein content of grain was increased with the additional nitrogen application at 5 days after heading stage in wheat.

Key words: wheat, nitrogen, yield, crude protein content, Hagberg falling number

¹ Contribution No. 0891 from Taichung DARES, COA.

² Assistant and Assistant Specialist of Taichung DARES, COA.