

大麥 開花期的 水分不足이 生長 및 登熟에 미치는 影響

崔 元 烈

全南大學校 農科大學

Effects of Water Stress at Anthesis on the Growth and Grain Maturation in Barley

Choi, W. Y.

Department of Agronomy, Jeonnam National University, Kwangju, Korea

ABSTRACT

This experiment was carried out to examine the effect of water stress at anthesis on the grain maturation and to interpret the immediate and resulting growth response in barley.

The dry weight of root, stem, internode, flag leaf and grain under water stress was remarkably more reduced than that under no-water stress, respectively. Water stressed plants had heavier grain dry weight during 7-14 days after water stress than that under no-water stress, but this early response was reversed significantly in the later period.

The relative turgidity of organs except grain under water stress was severely lowered than that under no-water stress. The net photosynthesis by rewatering after water stress had been kept at the lower level than that under no-water stress till the late maturation.

緒 言

作物의 生育段階別 水分不足에 의한 各種 反應과 收量 및 收量構成 要素에^{11,12)} 미치는 影響은 大端히 多樣하다. 生殖生長期의 水分不足은 稔實率 低下, 葉老化促進에 의한 光合成 減少^{2,5)}, 貯藏器官의 貯藏物質 減少와 轉流量의 低調²⁾, 轉流分配 類型變

化¹²⁾, 그리고 早期成熟 促進^{2,3,6)} 등으로 收量減少를 招來하는 例가 많다.

또한 種間, 種內 그리고 作物體의 器官別로도 耐旱性 程度와 反應의 差異가 크며^{3,8,10)} 生育型과 生育狀態에 따라 分明히 相異하다^{4,6,12)}.

作物生育過程에서 輕微한 水分不足일지라도 光合成을 阻害하며 再灌水하던 水分能力은 數時間內에 上昇하나 光合成活性은 數日後에야 겨우 正常에 倒達하지만⁹⁾, 生育後期에는 正常回復에 倒達하는 期間이 길어지며 대개는 正常水準에 未達된다고 한다.

光合成物質의 轉流利用面에서 根은 葉보다 先取利用度가 比較的 낮고 특히 水分이 不足한 때는 葉의 光合成活性減少와 根의 活性減少가 同時의 이거나 오히려 根의 活性減少가 빠르기 때문에 대개 根의 活性回復은 光合成活性回復보다 늦다. 고로 水分不足의 被害는 地下部가 地上部보다 큰 境遇가 많다. 生育初期의 一時的 水分不足이 種實重에는 큰 影響이 없을지라도 收量構成 要素의 適正水準 未達로 收量이 減少되며 開花期 以後에는 短期水分不足일지라도 種實收量에 至大한 影響을 줄 수 있다고 하였다³⁾.

種實은 光度나 溫度에서처럼 開花期나 그 以後의 水分不足에 敏感하고²⁾ 發育粒間의 相互作用을 보이는 때가 있으므로 大麥開花期에 短期間의 水分不足 誘發과 再灌水가 種實 等 諸器官에 대한 直接的 또는 後續的인 生育反應을 究明하고자 本試驗을 實施하였다.

材料 및 方法

眞珠石을 채운 直徑 24 cm, 높이 18 cm의 plastic pot 에 大麥 (*Hordeum distichum* L. cv. Prior) 種子를 10 粒 播種하여 發芽後 生育이 均一한 3 個體만 維持시켰다.

開花期까지는 거의 自然狀態에서 栽培하였는데 日長 16 시간(自然日長 14 時間+人工照明 2 時間)과, 晝間 21°C 夜間 16°C 程度였으며 每日 Hoagland 養分溶液을 午前에 供給하고 午後에는 灌水하여 正常 生育시켰다.

開花期에 모든 供試植物을 growth chamber 에 옮긴 후 1) 每日 灌水하여 適正水分을 維持한 것, 2) 開花期에 7 日間 斷水시킨 後 再灌水한 것 (一時的 水分不足)의 두가지 處理를 하였다. Growth chamber 는 人工照明 16 時間(光度 4.1 mWcm⁻²), 氣溫은 晝間 21°C, 夜間 16°C 그리고 相對濕度는 60 %로 維持시켰다.

調査時期는 開花期(處理直前)부터 7 日 間隔으로 0, 7, 14, 21, 28, 35 日에 實施하고 其他는 斷水 處理期間에만 經時的으로 調査하였다.

調査項目은 種實, 莖, 根, 節間 等에 대한 乾物 生産量, 主要 器官의 光合成과 相對膨脹度(%), 水分含量) 等을 調査하였다. 乾物重은 單位期間中の 生乾比로 計算하였고 光合成은 止葉身, 穗 및 上位穗 莖節에 대하여 完全植物體의 一部分을 perspex chamber 內에 密閉시켜 air mass flow method 에 의하여 infrared gas-analyzer (method SB 2)로 測定하였다. 相對膨脹度는 Weatherley 法¹³⁾으로 하였는데 開花期 直後 7 日동안의 水分不足處理期에 主要 器官에 대해서만 調査하였다. 즉 petridish에 蒸溜水를 부어 粒은 두께의 2/3 程度 잠기게 하고 앞등은 5 mm 程度의 切片을 24 時間동안 24°C 恒溫室에 浸漬浮遊시킨 後에 調査하였다.

結 果

開花期를 基準으로 開花期 直後 7 日間 斷水와 繼續 灌水한 莖重과 根重의 變化를 그림 1에서 보면 모두 繼續 灌水에 比하여 斷水가 심하게 乾物重의 減少를 나타냈고 그 影響은 莖보다 根이 훨씬 심한 傾向이었다.

莖의 繼續灌水和 斷水를 比較하면 開花 14 日後 差異가 가장 컸고 그 이후부터는 差異가 점차 적었

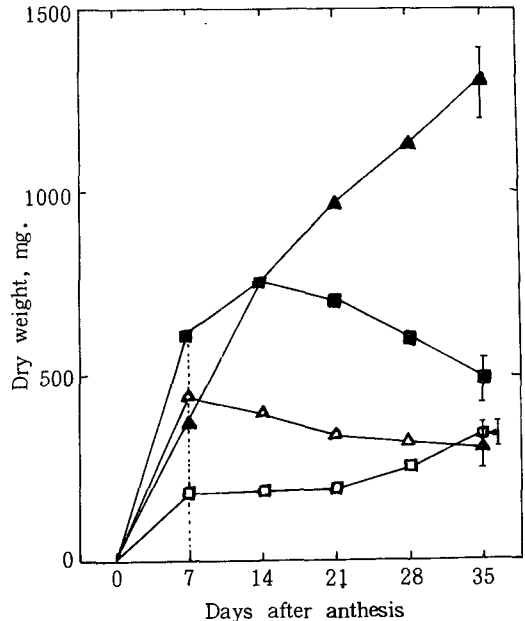


Fig. 1. Changes in the dry weight of stem and root in relation to the period of water stress only for 7 days immediately after anthesis : Stem(no-water stress ■, water stress □), Root(no-water stress ▲, water stress △). The vertical lines indicate $2 \times$ S. E.

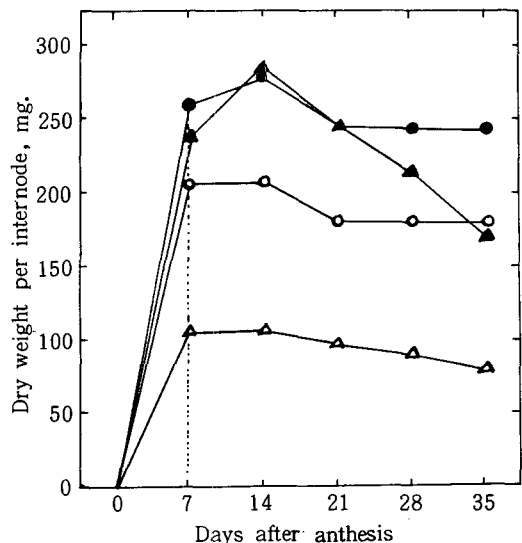


Fig. 2. Changes in the dry weight of top- and 2nd internode in relation to the period of water stress only for 7 days immediately after anthesis.: Top internode (no-water stress ●, water stress ○), 2nd internode (no-water stress ▲, water stress △).

으나 反面에 根重은 開花 直後 斷水 7日後에는 오히려 斷水에서 조금 많다가 莖重差異가 크게 나타나는 開花後 14日부터 根重도 같은 傾向으로 顯著한 差異가 있는데 試驗完了까지도 差異가 대단히 컸다. 全體의 으로 보면 water stress에 의한 反應 差異는 莖(地上部)보다는 오히려 根(地下部)에서 많이 被害가 큰 것임을 보여주고 있다.

種實登熟에 重要한 機能과 役割을 맡고 있는 上位 2節間의 乾物重을 比較해 보면 그림 2와 같다. 最上位節間의 경우 繼續灌水와 斷水間의 差異가 分明하지만 水分不足에 대해서 第2節間보다는 敏感하지 않았다. 最上位節間은 斷水後에도 第2節間보다 乾物重의 增加는 물론 節間伸長도 優位였다. 그것은 Wardlaw 等(1967)이 指摘했듯이 上位節間은 種實登熟을 위한 貯藏物質의 貯藏器官의 機能을 가져야 되기 때문일 것으로 본다.

穗當乾物重을 보면 그림 3과 같다. 繼續灌水와 斷水의 登熟過程 曲線에서 前期(開花期 21日)는 物質蓄積이 急速하고 處理間에 비슷한 樣狀이나 登熟後期(開花 21日以後)는 斷水에서 더 緩慢한 物質蓄積을 보였다. 그러나 乾物重은 前期에도 작지만 差異가 나타났다. 즉 開花後 7日斷水가 繼續灌水보다 높아서 輕微한 水分不足이 오히려 細胞分裂을 促進시킨 結果인 듯하다.

그 後 開花後 21日頃까지는 큰 差異가 없었으나 後期인 21日以後부터는 繼續灌水가 持續的인 種實重 增加를 보인데 비해 斷水는 增加速度가 顯著

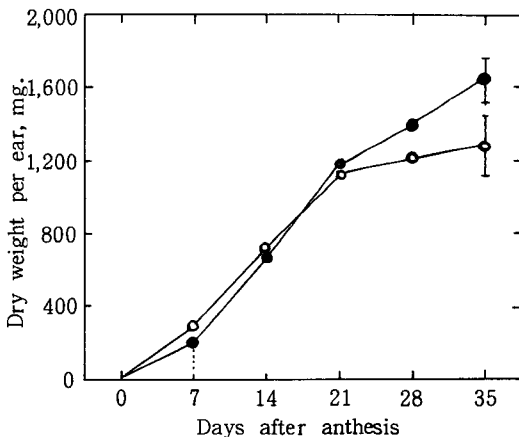


Fig. 3. Changes in the dry weight of grains per ear in relation to the period of water stress only for 7 days immediately after anthesis: No-water stress(●), water stress (○).

하게 鈍化되어 그 差異가 큼을 보여주었다. 또한 같은 傾向으로 一粒重 單位로 計算해 보면 繼續灌水보다 斷水가 一粒重이 增加되었는데 이것은 早期胚乳細胞分裂의 增加때문으로 본다. 그러나 試驗完了時의 一粒重은 繼續灌水보다 斷水가 작아 有意性이 認定되었다.

種實, 穗, 止葉身, 上位節에 대한 開花 直後 斷水處理 동안의 各 器官의 經時的인 水分量을 相對膨脹度로 比較하여 보면 그림 4와 같이 斷水處理前의 水分狀態는 種實>穗>止葉身>上位節의 順으로 많았는데 斷水處理期間에 거의 水分損失이 없는 種實을 除外하고는 斷水後 5日까지는 비슷한 減少를 보이다가 그 以後 灌水 直前까지는 止葉身과 上位節은 種實보다 急速히 水分을 잃었다. 反面에 7日까지 穗는 止葉身이나 上位節에 비하여 比較的 緩慢하게 減少하였다.

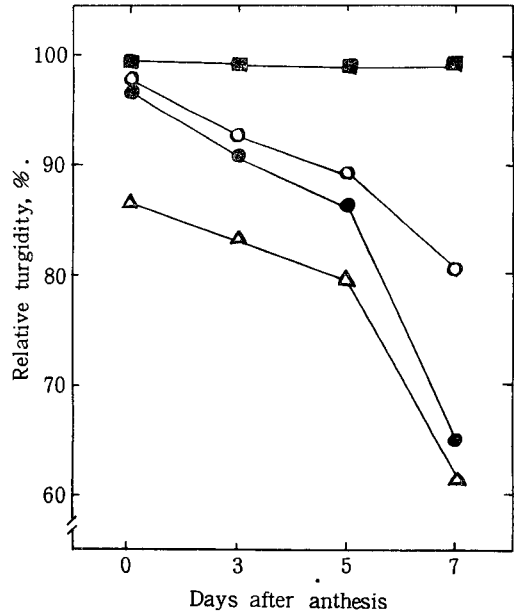


Fig. 4. Changes in the relative turgidity of grain (■), ear (○), flag leaf blade (●), and top internode (△), during the period of water stress for 7 days immediately after anthesis.

結果的으로 水分이 不充分할 때는 穗나 種實 以外の 器官에 있는 水分이 大部分 生殖器官이나 上位器官으로 轉流되어 穗나 種實이 保護되는 것 같다. 解剖學的인 考察이 隨伴되어야 하겠지만 水分損失 速度로 보아서 穗의 構造는 止葉身이나 上位節보다 水分不足 抵抗力이 크다는 것을 立證해 준다.

그림 5는 穗, 止葉身, 上位節의 開花後 7日 斷水後의 眞正光合成을 測定한 것으로서 種實生育에 利用할 수 있는 同化物質水準을 究明하고자 實施한 것으로 모든 器官의 眞正光合成이 斷水後에 繼續灌水에 比較하여 크게 떨어졌다. 再灌水後에는 모든 器官의 光合成이 상당히 回復되었으나 穗以外에는 모두 繼續灌水水準에 未達하였는데 回復程度는 上位節보다 下位節이 훨씬 낮은 水準이었다.

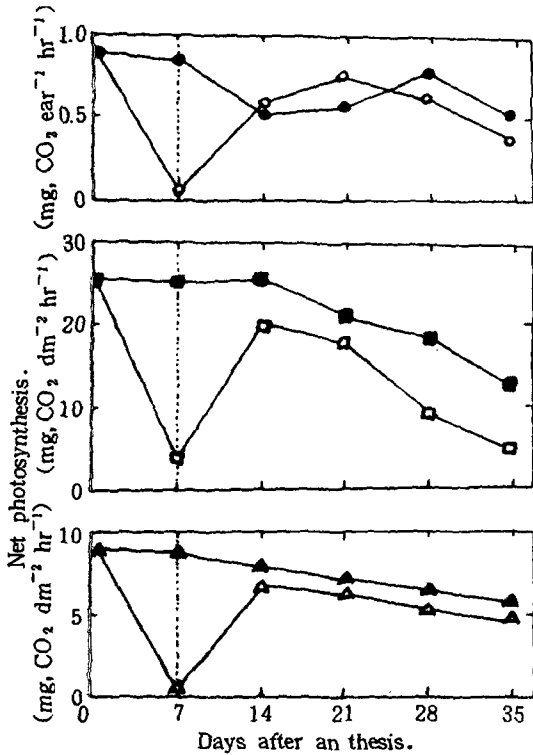


Fig. 5. Changes in net photosynthesis of the ear (upper), flag leaf blade (middle) and top internode (lower) in relation to the period of water stress only for 7 days immediately after anthesis: No-water stress (solid lines), water stress (broken lines).

穗는 斷水 7日後의 眞正光合成이 거의 停止되다가 開花 14日後에는 繼續灌水의 같은 水準을 보였고 開花後 21日에는 오히려 더 높은 水準을 보이다가 結局은 다시 떨어지는 特異性을 보였다. 그리고 種實登熟에 對한 主要物質供給源인 止葉身の 眞正光合成도 繼續灌水의 約 1/7 밖에 되지 않다가 開花 14日後에는 繼續灌水水準에 상당히 接近하였으나 그以後 繼續하여 繼續灌水의 水準에 未達하였고, 成熟前 葉老衰가 急速한 開花後 28日에서는 差異가 더

욱 커졌다. 또한 上位節도 繼續灌水에 未達했지만 傾向은 止葉身과 비슷했으나 止葉身보다는 繼續灌水水準에 더 가까운 水準에 到達하였다. 이는 3器官中에서 가장 彈力性이 있어서 登熟末까지 높은 活性을 維持한 때문이다.

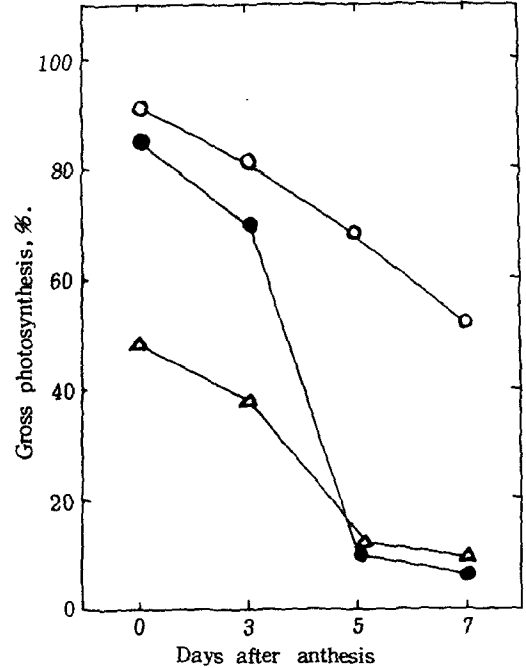


Fig. 6. Changes in gross photosynthesis (% of no-water stress value) of the ear (○), leaf flag blade (●), and top internode (△) during the period of water stress for 7 days immediately after anthesis

그림 6은 開花直後 斷水期間의 穗, 止葉身, 上位節에 對한 粗光合成을 灌水에 比較한 것인데 穗는 漸減한 傾向이나 光合成에 가장 重要한 止葉身은 斷水後 日數가 經過함에 따라 急速度로 減少하였고 上位節은 中間程度였다. 相對膨脹度와 粗光合成을 綜合比較하여보면 穗가 止葉身이나 上位節보다 水分抵抗性이 커서 代謝作用에 對한 阻害를 줄이는 것으로 解析되는 것 같다.

考 察

開花期 以後의 種實早期發育段階에서 斷水하면 個粒의 早期生長率이 높았다는 것^{1,9)}一致하고 있으며, 開花期에 小花의 一部分을 除去하면 殘存粒의 發育粒間的 相關的 阻害가 있다고 했⁹⁾ 開花期의

水分不足에 粒發育初期의 粒當重量增加는 着粒數減少의 補償으로 作用되나 粒發育後期에는 이런 特徵이 없어지고 粒發育은 成熟 以前에 停止되어 種實收量の 減少를 보인다고 하였다.²³⁾ 斷水後 莖과 上位節間의 水分損失은 심하게 나타났고 그 程度는 작지만 穗의 水分量도 減少되었다. 그러나 粒의 水分量에는 별 影響이 없었다.¹¹⁾ 이것은 開花 7~12日에 急速한 澱粉蓄積增加와 類似하며 既히 發表된 報告들과도 一致하였다.^{3,8,10)}

다른 器官에 比하여 粒의 水分損失에 對한 抵抗力이 큰 理由는 더 研究해 보아야 할 것 같으나 이것은 Wardlaw¹²⁾ (1967)의 導管組織研究로부터 胚乳部의 特殊한 分離組織과 種實과 連結되는 木質部의 特殊한 切斷이 있다는 것과 關聯된 게 아닌게 한다.

또한 主要 作物의 水分不足에 對한 實驗에서 根系는 重要하게 取及되어 오지 않았는데 開花期의 水分不足은 根의 機能과 活性에 있어서 심각한 影響을 주어 結果의 種實未熟을 招來하는데 큰 要因으로 作用하는 것 같다.

摘 要

大麥(*Hordeum distichum* L., cv. Prior)을 自然狀態에서 pot栽培하여 開花前에 Growth Chamber에 옮긴 直後 繼續灌水한 것(適正水分)과 7日間 斷水後 再灌水한 것(一時的 水分不足)을 7日 間隔으로 調査한 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 開花期의 斷水에서 莖重과 根重은 모두 繼續灌水보다 심히 減少하였고 莖重보다는 根重의 減少가 더욱 심하게 나타났다.
2. 開花期의 斷水에서 一穗當粒重은 開花後 7~14日 사이에서는 繼續灌水보다 增加하나 登熟末期에서는 繼續灌水보다 有意하게 減少하였다.
3. 開花期의 斷水에서 諸器官의 相對膨脹度는 種實을 除外한 다른 器官에서 有意적으로 減少하였고 水分損失의 程度는 上位節間 > 止葉身 > 穗 > 種實의 順으로 컸다.
4. 開花期의 斷水한 區에서 第2節間의 乾物重은 上位節間보다 훨씬 減少하였다.
5. 開花期의 斷水는 各器官 共히 眞正光合成이 減少하였다. 再灌水에 依한 眞正光合成의 回復狀態를 보면 止葉身과 上位節은 登熟末期까지도 繼續灌水의 水準에 未達하였다.

引用 文 献

1. ASANA, R. D., and JOSEPH, C. M. 1964. Studies in physiological analysis of yield. VII. Effect of temperature and light on the development of the grain of two varieties of wheat. *Ind. J. Pl. Physiol.* 7, 86-101.
2. ASANA, R. D., SAINT, A. D., and RAY, D. 1958. Studies in physiological analysis of yield. III. The rate of grain development in wheat in relation to photosynthetic surface and soil moisture. *Physiologia Pl.* 11, 655-65.
3. ASPINALL, D. 1965. The effects of soil moisture stress on the growth of barley. II. Grain growth. *Aust. J. agric. Res.* 16, 265-75.
4. FRAZIER, J. C., and APPALANAIDU, B. 1965. The wheat grain during development with reference to nature, location and role of its translocatory tissues. *Am. K. Bot.* 52, 193-8.
5. Huang C. Y., JS Boyer, LN Vanderhoeff. 1975. Limitation of acetylene reduction (Nitrogen fixation) by photosynthesis of soybean having low water potentials. *Plant Physiol.* 56, 228-232.
6. ILJIN, W. S. 1957. Drought resistance in plants and physiological processes. *A. Rev. Pl. Physiol.* 8., 257-74.
7. ITAI, C. M. and VAADIA, Y. 1965. Kinetin-like activity in root exudate of water-stressed sunflower plants. *Physiologia Pl.* 18, 941-4.
8. KONOVALOV, J. B. 1959. The effect of a deficiency in soil moisture on grain filling of spring wheat. *Soviet Pl. Physiol. (Transl.)* 6, 189-95.
9. KONOVALOV, J. B. 1966. Some consequences of restricting the number of ovaries in wheat and barley spikes. *Fiziol. Rast* 13, 135-43. (With English summary)
10. KYDREV, T. G. 1969. Some aspects of translocation and accumulation of assimilates in wheat grain in relation to water stress and treatment of the stalk with growth regulators. Symposium on the Mechanism of Fruiting, Translocation, and Accumulation of Nutrients in Plant

Organisms. Warszawa-Skierniewice. 14th-16th April, 1969. Contrib. No. 12.

11. TARCHEVSKY, I. A. 1957. The Primary products of photosynthesis and the effect of drought on them. Proc. 2nd All Union Conf. on Photosynthesis, Moscow. Jan. 21-26, 1957.
12. WARDLAW, I. F. 1967. The effect of water stress on translocation in relation to photosynthesis and growth. I. Effect during grain development in wheat. Aust. J. biol. Sci. 20, 25-39.
13. Weatherley, P. E. 1950. Studies in the water relations of the cotton plant. 1. The field measurement of water deficits in leaves. New Phytol. 49, 81-97.

SUMMARY

Barley plants (*Hordeum distichum* L. cv. *Prior*) were grown in pots under natural conditions until anthesis. At anthesis plants were transferred to growth chamber. Then they were divided into two groups; one group (no-water stress) is continuously watered, and another group (water stress) is withheld watering only for 7 days immediately after anthesis, followed by rewatering. The results obtained are summarized as follows;

1. The dry weight of stem and root in water stress was significantly more reduced than those in no-water stress. The reduction of dry weight in water stress was more severe in root than in shoot.
2. The grain weight per ear during 7-14 days after anthesis in water stress was more increased than in no-water stress, but eventually the grain weight per ear in the late maturation in water stress was significantly more decreased than in no-water stress.
3. The relative turgidity of organs in water stress showed that three organs except grain were remarkably decreased at 5 days after water stress. The degree of water loss of organs was in the order of top internode > flag leaf blade > ear > grain.
4. The dry weight of internodes in water stress was greatly more reduced in 2nd internode than in top internode.
5. The net photosynthesis of all organs tested was almost decreased by water stress and the net photosynthesis by rewatering had been kept at the lower level, particularly in flag leaf blade and top internode, than in no-water stress.
6. It could be considered that water stress at anthesis influenced indirectly to final grain yield.