

臺灣旱地糧食作物需水之生理研究

第一報 大豆臨界期之研究

陳清義*

一 緒 言

本省氣候就年雨量而言，雖屬濕潤地帶，惟因雨量分佈不均；大多集中於夏季，故有效雨量極少，致使年年均發生輕重不一的旱魃。又以往之農業政策，祇注重水田之開發與改良；容易得到水分之土地均成爲水田，農業技術之改善亦僅着重於水稻之栽培技術而忽略雜糧作物的生產。因對旱地之投資極少，加上在不良的自然條件下經營之旱作農業，不僅其一般生產能力極低，因旱作物之價格終始不定，即變動極大，故其經營甚不安定，以往本省雖進行旱地灌溉，但均爲避免旱魃所採取之一時的處置，近數年來，爲倡導雜糧之增產，旱地糧食作物有組織與有計劃的灌溉栽培始爲有關方面所重視，此實爲本省農業界之一大進步與福音。

民國五十一年初，筆者蒙中國農村復興聯合委員會專司雜糧作物生產故鄭技正仲孚博士召見於臺中市東城旅社，敘及有關旱作灌溉之基本問題研究意向，並獲博士面允資助實驗所需之一切經費後，便從事於研討旱地糧食作物有關水分生理基本問題。同年底，復得更多儀器設備與約七十坪的溫室一棟等所需之經費，此使筆者研究工作獲得更多的便利。爲不負這位臺灣旱地灌溉之先驅者，曾於該期間致力於研究工作，並曾將一部分試驗結果在雜糧灌溉小組開會時予以報告。

故鄭博士爲加速策動本省的旱地灌溉工作，曾提議由農復會聘請日籍旱地作物水分生理專家玉井虎太郎博士來臺指導。玉井博士爲筆者授業恩師，因此筆者極力贊同，即將此喜訊函告玉井博士。由於鄭博士的極力安排，玉井博士終於去年（民五十二年）十月二十四日蒞臺作爲期三個月的考察與指導。當時正值鄭博士奉政府令赴非洲考察的數日前，筆者記得鄭博士曾說過：一定在玉井博士開講習會前趕返主持籌辦該會，然不測風雲，天不假年，這位旱地灌溉先驅功臣竟在非洲爲國殉職，致使該講習會與本省旱地灌溉之發展蒙受無可倫比的損失。鄭博士曾冀望筆者將過去的實驗結果在講習會上提出介紹，惟當時筆者忙於爲玉井博士的翻譯無暇整理付梓，深以爲憾。

本省關於旱作灌溉之基本資料，至今仍感奇缺，正如玉井博士所示者。尤其各種作物的臨界期(Critical period: 耐旱力最弱時期)，需水量(Water requirement)，適宜土壤水分，灌水時期，灌水間隔，一次適當灌水量及根之吸水活動層等，在推行灌溉時所必需之基本資料均待研究。筆者蒙農復會資助研究經費後，即致力於此方面的探討，至今已有小結果，故擬以本題(臺灣旱地糧食作物需水之生理研究)逐項整理成章，與同道者商榷，並將此奉祭于鄭博士在天之靈，以誌鄭故博士爲本省旱作雜糧增產而努力之偉大精神。

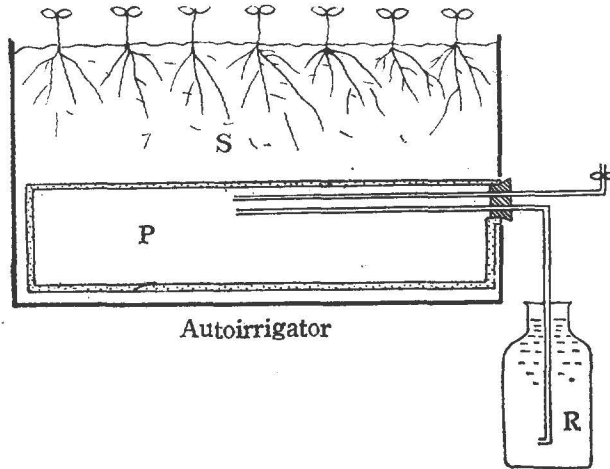
本文介紹大豆全生育期最易受旱害：耐旱力最弱時期即臨界期，以明瞭本省栽植大豆必需灌溉時期及灌溉效果最著時期。

本研究蒙中國農村復興聯合委員會的資助研究及中興大學理工學院植物學系系主任希道教授的策勵，特表謝忱。又於實驗進行時得陳雪貞助教，謝紀美助理及研究室工作同仁的努力協助，謹表謝忱。

*中興大學理工學院植物學系副教授

二 材料及方法

供試大豆品種為百美豆，土壤為粘質壤土——最大含水量48.5%，水分當量10.7%，凋萎係數5.15%。栽植方法乃將大豆種子播種於盛滿土壤，裝有自動灌水之木箱內。在此木箱，作物生長所需之水分完全由木箱內自動灌水用素燒器(P)供給，即作物從土壤吸收水分時，土壤立即由素燒器表面吸收同量水分，而素燒器以玻璃管與外面之貯水瓶(R)連結，故素燒器內水分被吸收時，立即由貯水瓶內吸取同量之水分，



斷水試驗所採用自動灌水裝置構造圖

Diagram showing the construction of the apparatus used in this study

- P.....素燒器 (Porous cup)
- R.....貯水瓶 (Water reservoir)
- S.....土壤 (Soil)

如此隨時供給作物生長所需水分。為使各區之土壤含水量相同，在未裝上土壤前，曾注意素燒器之選擇，而盛滿同量之土壤於各木箱後，亦留意各區之含水狀態。如此調節土壤水分後始將大豆種子播下，而待種子發芽，幼植物健全生長後始行斷水處理。處理方法係在大豆不同生長期，將素燒器與貯水瓶間連結用玻璃管取下，並吸出素燒器內殘留水分，如此可將水源完全斷絕，而土壤水分即隨着植物之消耗逐漸減少。為明瞭土壤之含水狀態，各木箱內均埋着土壤水分測定用石膏塊感體（日本島津製），於每日早晨同一時間，在調查作物之生長情形時一併加以測定記錄外，另行採土，經紅外線水分計及電氣乾燥器烘乾，測定實際含水量。因作物生長期不同及氣候因子不同，斷水後土壤水分之減少速度迥異，但均以凋萎係數作為斷水之下限，即土壤水分減少至凋萎係數時恢復自動灌水。為防止凋萎係數附近的土壤水分發生急劇變化，曾於土壤有效水分減少一半時，將土壤表面覆蓋以含脂棉花，以防土面之蒸發。

三 實驗結果

民國五十一年九月二十七日將百美豆種子播於自動灌水之木箱兩側，經 3~5 日後發芽，並於本葉展出後行間拔，每箱留生長強健植株各十六株，共八箱留兩標準區（連續自動灌水區）外，分六次行斷水處理。斷水始日及恢復給水之時間如表 1。

表1. 斷水始日與恢復灌水時期

Table I. Water discontinuation and recovering irrigation.

區別 Plot	斷水始日* First day of water discontinuation	恢復灌水時期* Date of recovering irrigation	恢復灌水時土壤含水量 Soil water as repeating irrigation
1	13	34	5.14%
2	24	42	5.13
3	35	52	5.13
4	42	53	5.14
5	53	62	5.14
6	65	78	5.14
CK(2)	—	—	—

註：*由播種時計之

Note: * The date measured from the seeds being sowed.

由上表得知斷水開始至恢復灌水的期間，因植株大小及氣候不同，其期間長短不一。就一般而言，在發育初期，斷水至恢復給水的時間較長，愈到後期，所需時間縮短。為使斷水影響明顯，本試驗恢復灌水依據土壤水分為凋萎係數，即當土壤水分減至凋萎係數時恢復自動灌水栽培。如此處理所得斷水對大豆株高、開花、結果及產量等的影響示於表2及表3。

表2. 斷水對大豆開花結果之影響

Table 2. water discontinuation affecting on flowering-fruing stage of soy bean.

區別 Plot	株平均開花數 Number of flower per plant	株平均結果莢數 Number of pod per plant	結果率 Fruiting ratio (Pod number/ flower number %)	落果率 Ratio of falling fruit %	開花期* Flowering stage	盛花日* Full bloom stage
1	43.4 (115)	10.2 (93)	25 (82)	6	39—82	55
2	50.0 (133)	10.3 (94)	21 (69)	2	39—78	54
3	24.4 (65)	10.2 (93)	51 (167)	2	39—79	60
4	15.4 (41)	8.3 (75)	62 (203)	12	38—71	60
5	32.3 (86)	7.5 (68)	27 (89)	14	39—64	55
6	39.0 (104)	10.5 (95)	28 (92)	2	39—70	53
C.K.(2)	37.6 (100)	11.0 (100)	30.5 (100)	4	38—78	56

註：*由播種時計之

Note：*The date measured from the seeds being sowed

表3. 斷水處理對大豆植株乾重與種子生產量之影響

Table 3. Water discontinuation affecting on the seed production and the weight of dry matter.

區別 Plot	株高 Height of plant cm.	乾重 Dry weight of plant cm.	種子 Seed		
			粒/株 number/plant	克/株 gram/plant	100粒重 gram/100 seeds
1	24.6 (87)	4.85 (94)	11.7 (82)	1.29 (97)	11.0 (118)
2	23.7 (83)	3.97 (77)	12.9 (90)	1.24 (93)	9.6 (103)
3	23.9 (85)	3.55 (69)	10.7 (75)	0.91 (68)	8.5 (91)
4	27.1 (96)	4.0 (78)	12.9 (90)	0.91 (68)	7.1 (76)
5	28.2 (100)	3.98 (77)	8.3 (58)	0.80 (63)	9.6 (103)
6	28.1 (99)	4.89 (95)	12.8 (90)	0.90 (68)	7.7 (83)
C.K.(2)	28.2 (100)	5.15 (100)	14.3 (100)	1.33 (100)	9.3 (100)

由表 2 及 3 得知不同生長期的斷水對大豆之影響程度迥異，茲分別敘述於下：

第一次斷水區——播種後 13~34 日間斷水者，其生長迅速受阻礙。雖於恢復灌水後，植株恢復生長，但仍較矮小。惟葉數略見增加。開花期正常，開花數較標準區多、佔第 2 位，但落果率亦極高。雖種子數少，然因形大，故其產量仍然極高，僅次於標準區，總乾重亦極高，與第六次斷水區幾乎相同。由此可知在此時期的斷水對大豆之影響不如其他時期斷水者顯著。

第二次斷水區——播種後 24~42 日斷水者，亦即正值花芽形成期及初花期斷水者，其影響極顯著，尤其是植株之伸長受礙最巨。由表 3 得知其植株最矮小，惟對開花期並無影響。有一值得注意者即其開花數最多，但結果率却極低，表示落花極多，可知此時期之缺水對大豆之結果影響極大。此處理所結之果莢，落果者極少，種子發育雖略受影響，但仍較第三、四及五次斷水區為高。

第三次斷水區——播種後 35~52 日間斷水，本處理開花期似未受斷水影響，但盛花期却延遲 4~5 天。因花蕾受斷水影響，多數乾枯，故開花數極少；僅為第二次斷水區之半數，果莢數與前二次斷水區相似，但結果率却極高，僅次於第四次斷水區，然種子產量顯著受影響，祇為標準區之 68%。

第四次斷水區——播種後 42~53 日間，即開花及果實發育初期斷水者，開花期縮短約一週，但盛花期反而延遲數日，此情形與第三次斷水區相同，經斷水後，大多數花蕾已乾枯而脫落，其程度較第三次斷水區更為深刻，故開花數最少，而落果數亦甚多，即落果率高至 12%，約為標準區之三倍。種子產量亦極低，與第三次斷水區同樣僅為標準區之 68%。

第五次斷水區——播種後 53~62 日，開花中期至果實發育初中期斷水者，開花期間顯著縮短，即較標準區提早兩星期結束開花，惟盛花日未見發生變化，落果率最高，約為標準區之 3.5 倍，種子產量最少，祇為標準區之 60%。

第六次斷水區——播種後 65~78 日，開花期後始行斷水者，因果實已相當發育，故斷水之影響不明顯，僅種子產量略見減少耳。惟此時期已接近自然成熟期，故斷水後似有促進落葉現象。

四 討 論

如上所述，將大豆分別播於自動灌水的木箱內，經不同生長期將水源斷絕作成人工旱魃，以期明瞭大豆耐旱力最弱的所謂臨界期。據以往利用永久凋萎後的恢復能力鑑別作物之耐旱性（1）經驗，筆者曾將斷水後恢復灌水的依據取於凋萎係數後之土壤水分，如此斷水之影響更加明顯，其所得結果已詳述於上。由此得知大豆在生長的任何時期缺水，均受不良的影響，惟受害程度，因生長時期不同而有顯著差異。如植株，在開花始期前後遇旱魃者，均較矮小，開花期後並無何影響，此表示至開花期後，大豆植株之生長已告完成。又就種子產量而言，受斷水影響最大者為開花期至果實發育初期，即本試驗之第四及第五次斷水區，在此時期缺水，不僅開花數顯著減少，落果率亦高，為標準區之 3~3.5 倍，平均果莢數亦顯著減少，此可能在此時期缺水時，引起多數花蕾乾枯脫落及缺水阻碍授粉及授精所致。在種子發育初期缺水時，不僅果莢數少，因發育受阻害，故果莢形小而種子亦小。又據另一次斷水試驗所得結果，在此時期之缺水將增加空莢數（整理中），此等現象仍顯著減少大豆之產量，可知此段時期為大豆之臨界期，即最畏缺水，耐旱力最弱時期。換言之，此段時期為大豆最需要水分時期。據另一實驗獲知在此段期間，大豆之吸水不易受外因之影響，表示其吸水為內在的需要而行之（6）。在此時期，土壤水分之有無及適當否將顯著影響大豆之生產。依本省栽培制度，大豆秋作恰為本省中南部乾旱時期，實值得吾人特別注意。又據本試驗第三及四次斷水區之盛花日較標準區及其他處理區遲延，可能為斷水引起體內含水量減少所致。至於第二次斷水區之開花數特多亦可能為缺水促進花芽之形成所致。雖開花數最多，但結果率却最低，表示不能正常開花授精而發育成為果莢的花數甚多亦值得吾人注意。

五 摘 要

作物之臨界期各異，即同一作物，其臨界期與最大需水期亦並不完全一致。筆者為明瞭本省所栽培之百美豆的臨界期，曾利用自行設計之自動灌水裝置，將大豆種子播於木箱，並於不同生長期行斷水處理，由其受旱後之生育情形確定其臨界期。茲將所得結果摘要於下。

- (1) 大豆植株之伸長，在斷水後所受影響，依斷水時期不同而異。即在開花期以前受斷水處理時，大豆之植株較小，在開花期後之斷水對植株之影響不明顯。
- (2) 任何時期之斷水對大豆之生長發育均有不良影響，但以開花期至果實發育初期受害最著。在此時期缺水時，開花數顯著減少，落果率增加，種子形小。
- (3) 依上所得結果，筆者認為本省秋作大豆之開花期果實發育初期為其臨界期。
- (4) 因秋作大豆之臨界期恰為本省中南部最乾旱時期，此時進行灌溉當為迫切而必要之措施。

六 參 考 文 獻

- (1) 玉井虎太郎，陳清義（1950），耐旱性比較測定法に對する一試案，農業及園藝 25 卷 10 號。
- (2) 玉井虎太郎（1960），作物水分生理實驗法（續作物試驗法）。
- (3) 玉井虎太郎（1961），作物生理講座 3 卷（水分生理篇）P.38~102。
- (4) 玉井虎太郎（1964），從水分生理研討旱地的合理灌溉法。
- (5) 陳清義（1961），植物吸水特性之研究，農林學報第九、十輯。
- (6) 陳清義，陳雪貞（見本期理工學報）臺灣旱地糧食作物需水之生理研究——第 2 報，大豆及甘藷根系全生育期間在不同土層之吸水量與其變化過程。

PHYSIOLOGICAL STUDIES ON WATER REQUIREMENT OF DRYLAND FOOD CROPS OF TAIWAN

I. A study of the critical period of soy bean

by

Ching-yih Chen

(College of Science and Engineering, Chung Hsing University)

Summary

Farm irrigation is usually based on the critical period of the various crops. The critical period of one kind of crop differs from others, but does not always correspond to the stage of maximum water requirement of the crop. The purposes of this study was to develop an understanding of the critical period of soy bean cultivated in Taiwan. Also to design and develop an auto-irrigator, which was used in this study. The soy beans were seeded in wooden boxes. At various growing stages, the irrigation water was discontinued to ascertain its critical period. The results were as follow:

1. Water discontinuation taken at any stage of plant growth before maturity will affect its development. From flowering to the early stage of pod development was the most critical period. The number of flower and pod apparently decreased. The falling ratio of pod was high and the size of seeds were small (Table 2,3).

2. The elongation of the bean plant was certainly affected by the lack of water during growing stages and differ from one stage to another, i.e. the plants remained smaller than the normal ones. The discontinuation of water before flowering period affected the plants, but after the flowering period, little or no affect was observed. It showed that the elongation of bean plant was completed at the flowering period (Table 1, 3).

3. According to the result mentioned above, the writer considered that the Fall variety soy bean had a weak resistance of drought during flowering-fruited stage. It was known as the critical period of this crop.

4. The critical period of Fall variety soy bean was the drought period of centre-south of Taiwan. Irrigation greatly influenced the crop production.