

# 大豆植物體內水分含量對其生育及子實之影響

Effects of Internal Water Content of Plants on the Growth and Yield of Soybean

蘇 匡 基                      施 宗 禮

在栽培乾季作物時，為預知因乾旱而引起的生理障害及判斷灌溉時期之方法，大致可分為(1)利用土壤水分張力 (Soil Moisture Tension)，土壤電氣抵抗 (Electrical Resistance)，或利用中性子 (測定由速中性子源遇到土壤水分變為緩中性子之速度)，壓膜裝置 (Pressure-membrance apparatus) 等測定土壤水分的土壤學方法。(2)利用與作物蒸發散量有高相關的氣象因子，如日射量 (放射熱) 氣溫、風速、日照時間、蒸發量等推定作物消耗水量為指標的氣象學的方法。(3)利用作物的形質，水分狀態為指標的植物生理學的方法。利用 Tensiometer 往往在作物開始發生生育障害的土壤水分張力 (PF3.0前後)，空氣就入其 Porous Cup 而使 Tensiometer 失去表示正確的指標。利用石膏板在高土壤水分域，電氣抵抗減低，Bouyoucos Meter 的指示亦缺準確性。利用中性子 Meter 或壓膜裝置，雖然結果準確，但價格高貴無法普遍利用。因此利用土壤學的方法，雖然在國內外普遍利用尚無法克服上述缺點。氣象學的方法，雖然簡便能適用於大面積，但需要準確的氣象資料，蒸發散量與氣象因素的相關，蒸發計蒸發量或日射量與蒸發散量的比率等實測資料及煩雜的計算。

植物生理學的方法如 Shmueli (1953) 利用氣孔開度法，Weatherley (1957)，Barrs 與 Weatherley (1952) 及 Namken (1934—1935) 利用相對膨脹度 (Relative turgidity)，Stocker (1929) 及鳥瀉 (1966) 利用水分飽和不足度 (Saturation deficit)，芦澤 (1958) 利用一定葉數在塑膠袋內的蒸散水的多寡等表示作物體內水分做為判斷灌溉時期的指標。因作物體內水分之充足與否，對作物各種機能有密切的關係，此種直接以作物為灌溉時期之指標者，遠較以土壤水分或蒸發散量為依據的間接指標在作物生產上似更實際而合理。

因有鑒於此，為確立利用作物體內水分含量的高低為準的旱害預測及灌溉指標的技術。筆者曾調查大豆，落花生及小麥等各作物，在生育各階段作物體內水分之缺少與否對於作物生育及收量的反應，體內水分與土壤水分，氣象因素之關係，及利用作物體內水分變化為水管理與其他灌溉預測法的優劣比較等。茲利用民國56年秋作及民國57年春作大豆的試驗結果，試述利用體內水分含量及灌溉依據的可能性。

本試驗的進行承李場長文周的指導，文成並蒙獨斧正，謹此致深切謝忱。

## 一、 試驗材料與方法

本試驗於民國56年秋作 (10月至翌年1月) 及民國57年春作 (2月至7月) 在台南農改場進行，試驗田為砂壤土。供試品種為愛家豆 (晚熟) 台大高雄5號 (中熟) 及十石 (早熟) 等三品種。水分處理分為(1)保持相對膨脹度 (Relative turgidity) 75% (春作) 80% (秋作) 以上，(2)保持相對膨脹度70%以上，(3)保持相對膨脹度65% (春作)，60% (秋作) 以上，(1)至(3)各處理如葉片相對膨脹度各降低到75—80%，70%，或60—65%以下時即行補充灌溉40公釐，(4)對照 (無灌溉) 區，另設(5)利用盤面蒸發 (Pan—evaporation) 的累積超出一次灌溉水量時 (秋作)，或土壤有效水分降低至70%以下時補充灌溉40%公釐等五個處理，田間設計採用裂區設計，以品種為主處理，水分處理別為副處理、四重複。每小區面積為20平方公尺 (行距50公分、8行區、行長5公尺) 每小區間隔一行，供試面積0.2公頃。

體內水分測定方法，採用 Nam Ken 氏 (1935) 相對膨脹度 (Relative turgidity) 測定。其公式如下：

$$R.T. = \frac{\text{採收時生體重} - \text{乾物重}}{\text{完全膨脹時重量} - \text{乾物重}} \times 100 (\%)$$

本研究之完成得國家長期發展科學委員會之補助謹此誌謝。

其測定步驟為(1)採樣：每小區由中間4行隨機利用穿孔器剪取直徑1公分之葉片之 Disc 30個，採樣葉片指定自頂部算起之第二展開葉為試料。採樣後即時測定各小區30個 Discs 重量（鮮重量）。(2)浸水將採取之葉片放於蒸餾水中浸漬16小時後用濾紙除去葉面之水分後秤重（完全膨脹時重量），浸水在人工燈光下保持25°C左右，及飽和濕度之玻璃容器內處理，(3)烘乾：在75°C之烘乾箱內烘乾24小時後秤重（乾物重）。每五天採樣以上述步驟測定相對膨脹度，採樣時間定於下午2—3點間剪取葉片。

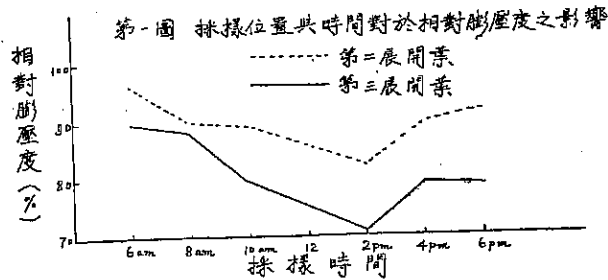
試驗期間每一測定日，同時調查地面下20公分處土壤水分含量、與蒸發量、濕度、氣溫等供計算大豆相對膨脹度與土壤水分或氣象因素的相關關係。另在生育期間對各小區調查其發芽、始花、終花、結莢、成熟等日期，收穫後調查株高、分枝數、每株平均莢果數、種子百粒重及每公頃種子產量等。

民國56年秋作於10月3日播種，自12月19日至翌年1月4日按處理別收穫，試驗期間僅10月18日及19日降雨17.4公釐，11月6日11.6公釐餘均為晴天乾旱的氣候，民國57年春作於2月6日播種，自5月22日至7月19日間收穫，試驗期間降雨量總共1170公釐，集中於3月下旬。5月下旬及6月上—中旬及7月上旬各7日、5日、13日及5日。

## 二、試驗結果與討論

(一)採樣位置與時間對於相對膨脹度的關係：

於56年秋作，利用台大高雄5號於播種後30天於上午6點至下午6點間，每2小時將第二展開葉及第三展開葉各隨機採取葉片（30Discs），依照 Nam Ken 氏方法測定其相對膨脹度之結果如第一圖。根據測定結果可知嫩葉（第二展開葉）較老葉（第三展開葉）其相對膨脹度較高，即其體內水分量較多，其差異約為3—14%。時間別的變異在第二展開葉最高為上午6點採樣的93.63%，最低為下午2點的82.33%，第三展開葉的採樣時間別相對膨脹度亦以上午6點為最高（90.11%），下午2點最低（70.70%）。另於57年春作調查愛家豆、台大高雄5號及十石等三品種於4月12日（播種後65日）上午9點，下午2點及下午7點，各採取第一至第六展開葉的葉片的相對膨脹度，其結果如第一表。根據第一表可知採樣時間，以秋作者相似，上午相對膨脹度最高，中午（下午1—2點）最低。葉位，近於頂部之展開葉較近於基部之葉片，其相對



膨脹度稍高。品種間以愛家豆的相對膨脹度較高為75—85%，採樣時間別或葉位別，相對膨脹度差異較小。台大高雄5號與十石，其相對膨脹度在55—77%間，採樣時間別的差異甚大，葉位別以老葉較嫩葉為低，但相差不大。因此表明愛家豆，較台大高雄5號或十石保持高值之體內水分。根據以上觀察，可知大豆的植物體內水分，如 Wilson 氏等（1953）在向日葵及 Amaranthus 等觀察結果相同，相對膨脹度在夜半最高，日間下午1—2點最低的上下變動（Diurnal fluctuation）同時其相對膨脹度的絕對值似以品種的不同而異。如愛家豆其相對膨脹度80%左右而其變幅小，約3%，但台大高雄5號或十石即在60—70%間而其變幅較大。愛家豆的這種高率體內水分而保持其平衡者，是否與品種耐旱性，或由於品種早晚性，調查時品種別及組織的老嫩有關尚需進一步的研究。

第一表：品種採樣葉位與時間對相對膨脹度之影響

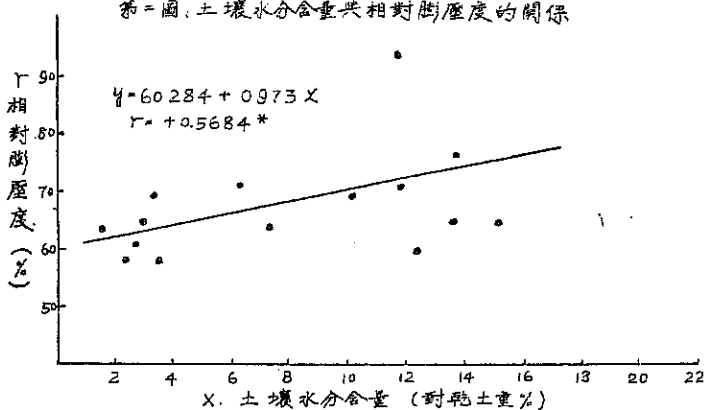
採樣時間	葉位 (展開葉順序)					
	1	2	3	4	5	6
	( 愛 家 豆 )					
8.00 AM	82.47	84.32	85.47	83.13	80.50	77.84
1.00 PM	80.43	81.57	80.93	80.50	78.21	76.29
6.00 PM	80.85	81.13	84.17	81.73	81.56	74.33
	( 台 大 高 雄 5 號 )					
8.00 AM	77.57	77.01	77.29	79.00	77.89	76.70
1.00 PM	68.47	71.92	67.53	66.14	66.58	67.77
6.00 PM	72.26	73.82	70.50	75.03	72.32	64.71
	( 十 石 )					
8.00 AM	77.74	77.04	76.32	77.33	72.37	74.95
1.00 PM	59.52	59.51	66.72	57.04	54.81	55.00
6.00 PM	70.20	70.14	71.30	69.73	66.28	60.68

(1958)

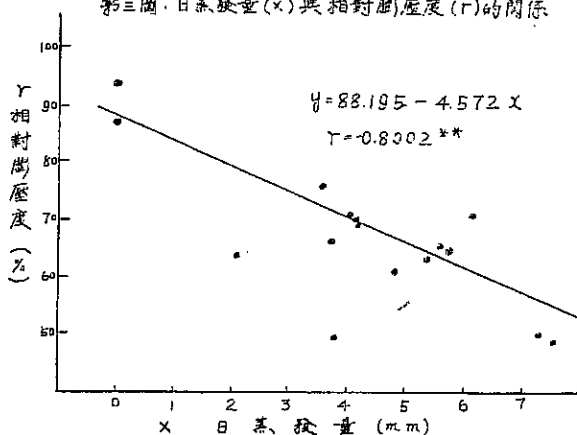
(二)相對膨壓度與土壤水分，氣象因素的關係：

57年春作將無灌溉區(對照)的台大高雄5號，計算其生育期間每5天，第二展開葉的相對膨壓度與當天的地面下20公分處的土壤水分，日蒸發量，相對濕度與採樣時氣溫等間之相關係數與回歸係數如第二一第五圖。根據上列結果可知大豆葉片的相對膨壓度，即體內水分狀態與當天蒸發量與氣溫有負的相關關係，而與濕度，土壤水分有正的相關關係，因相對膨壓度係以葉片在田間時的含水量與葉片經過蒸溜水浸漬後的最大水分含量間的比率來表示作物體內水分之平衡狀態，因此如高溫等促進作物蒸發量消耗體內水分的因素大時其相對膨壓度會減低，相反的，低溫或高濕等條件可能減低葉片的蒸散水量，如根部水分的供給正常時，其相對膨壓度會增高。另一方面如土壤水分多時，或葉片的消耗水分正常時，當然相對膨壓度亦會增高，品種間，土壤水分含量與相對膨壓度間其相關係數，在台大高雄5號及十石，各為+0.5684，及+0.5455均在5%水準顯著，但在愛家豆即僅+0.4391而不顯著。根據 Slatyer (1957) 或 Namken (1964) 以棉花試驗結果認為相對膨壓度受土壤水分的影響甚鉅，但根據本試驗相對膨壓度與土壤水分含量的相關係數僅在0.4—0.5其相關並不大，旱作水稻根據加藤等(1957)研究認為水稻在有效水分上區域，體內水分會隨土壤水分之多寡而變動，但在土壤水分逐漸減低時，體內水分不會隨土壤水分或蒸散量的變化而變動。烏瀉(1967)在柑橘亦證

第一圖. 土壤水分含量與相對膨壓度的關係



第三圖. 日蒸發量(X)與相對膨壓度(Y)的關係



明夏天時柑橘的水分飽和不足度會隨土壤水分而變動，但在冬天因低溫地下部不能吸水，與土壤水分的關係即較疏而僅受氣象狀態的變化而變動。關於氣象狀態如氣溫、相對濕度、盤面蒸發量等會影響蒸散量的因素，本試驗結果與 Warner (1934)，Weatherley (1950) 等研究相似，對體內水分含量影響較大。

②相對膨壓度的高低對於生育及產量之影響：

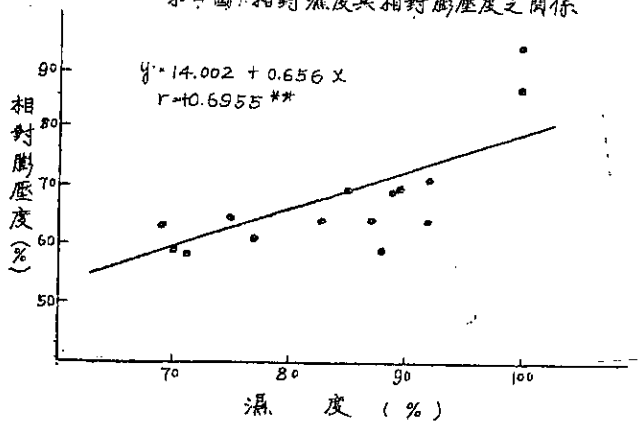
大豆生育期間保持葉片相對膨壓度60—80%，降低到擬定的相對膨壓度以下時即行灌溉時對於大豆生育及產量的影響如第二表(a)及(b)，無論56年秋作或57年春作相對膨壓度60—80%範圍內保持體內水分含量愈高，其株高、分枝數、莢數、千粒重及種子產量均較保持60%或65%者為優。如與慣行的以蒸發盤蒸發量累計(56年秋作)或以保持土壤有效水分70%以上為依據的灌溉方法比較時。相對膨壓度保持70—80%以上處理區，其生育及種子產量並無顯著的差異。唯無論以相對膨壓度為依據或以蒸

發量，土壤水分為依據的灌溉處理均較無灌溉區(對照)，其產量的差異均在1%水準顯著，保持高標準相對膨壓度時，較低標準(包含對照之無灌溉區)者，增收要由表中可明瞭由於種子千粒重與成熟莢數的增加而來的。如57年春作台大高雄5號，相對膨壓度75%以上者與65%者間，其種子千粒重即178公克對146公克，每株成熟莢數即73.7對58.0等。植物體內水分保持高時可能促進開花結莢率或種子細胞分裂與擴大。

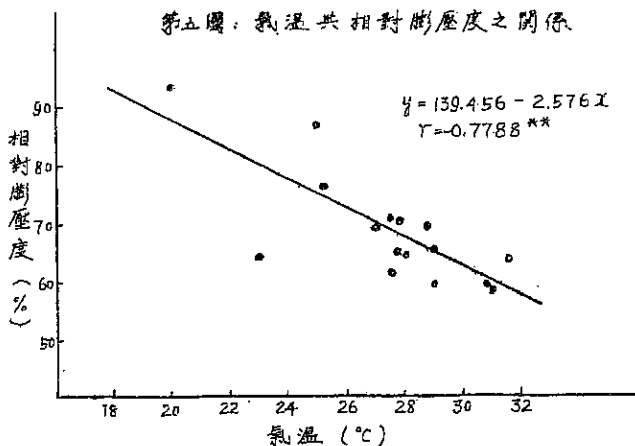
另值得考慮者為品種間相對膨壓度的高低對於生育及產量的反應有些不同。如57年春作愛家豆的處理間差異較台大高雄5號或十石為低，其理由如 Namken (1935) 研究，在棉花開花期間(臨界期)保持下午2—3點之相對膨壓度70至62%時影響產量甚鉅，而在此期間平均相對膨壓度如能維持72%以上時即對產量無影響，可能在大豆對水分的臨界期間 Critical period 即在開花期至莢果膨大期間，愛家豆由於晚熟關係其臨界期間適於5月下旬—6月中旬間的多雨期間，灌溉處理的效果稍差，而十石或台大高雄5號的水分臨界期適於4月下旬—5月中旬間的乾旱期間致使此期間保持高標準相對膨壓度者與低標準者對於生育及產量影響有顯著差異。

利用植物體內水分之平衡為灌溉依據的方法，如相對膨壓度(Namken, Weatherley 等)，水分飽和不足度(Stocker, 烏瀉等)，滲透壓或擴散壓不足度(Osmotic or Diffusion Pressure Deficit Walter 氏等)等已有實用報告。根據本試驗結果認為於大豆生育期間如保持下午1—2點間之葉片相對膨壓度75%以下者生育及產量均優。同時此種灌溉依據與土壤水分法或利用 Pan 蒸發量為依據的慣行法其效果並無顯著差異。但大豆利用相對膨壓度為灌溉時期的依據，尚有幾點困難。如(1)相對膨壓度的表示範圍小，如60%至80%間。(2)採樣時間或葉位，組織別其數值的變異大。(3)與土壤水分含量，其關連少而與採樣時氣象條件，如氣溫、濕度或蒸發量等相關。(4)自採樣、浸水、烘乾等測定操作及計算等約需2

第四圖：相對濕度與相對膨壓度之關係



第五圖：氣溫與相對膨壓度之關係



天(雖然可利用B線遠測)及(6)體內水分之多寡與植物生理的影響尚不明瞭等困難尚需進一步的研究。

第二表：相對膨脹度的高低與大豆生育及收量

(a) 民國56年秋作

處理別	調查項目	生育日數	株高	分枝數	成熟莢數	千粒重	種子產量	全指數	灌溉次數
		(日)	(公分)	(支)	(個)	(公克)	(公斤/公頃)	(%)	(次)*
(愛 家 豆)									
相對膨脹度保持80%以上		93	47.73	3.45	32.68	131	1618	145.77	5
"	70%以上	93	47.77	3.25	30.65	128	1573	141.71	4
"	60%以上	93	44.32	3.34	29.89	127	1138	102.52	2
利用蒸發盤為灌溉依據		93	45.92	3.14	32.21	132	1597	143.87	3
無灌溉(CK)		86	40.04	2.55	24.63	120	1110	100.00	—
(台大高雄5號)									
相對膨脹度保持80%以上		89	44.59	4.79	27.80	147	1450	146.02	5
"	70%以上	89	45.01	4.26	25.49	149	1510	152.57	4
"	60%以上	89	42.55	4.34	23.15	146	1308	131.72	2
利用蒸發盤為灌溉依據		89	41.71	4.45	28.00	153	1510	152.06	3
無灌溉(CK)		86	37.36	2.20	17.98	141	993	100.00	—
(十 石)									
相對膨脹度保持80%以上		80	24.47	2.79	21.76	148	823	148.56	4
"	70%以上	80	23.67	2.68	22.30	154	645	116.43	4
"	60%以上	79	24.93	3.04	19.92	137	581	104.88	2
利用蒸發盤為灌溉依據		80	25.69	2.56	21.08	143	766	138.27	3
無灌溉(CK)		77	24.95	2.85	16.62	134	554	100.00	—

備註：(1)每次灌溉水深為40公釐。

種子產量變量分析表

變 因	自 由 度	平 方 和	均 方	F 值
區 集	3	630,834	210,278	3.77
品 種	2	17,158,906	8,579,453	153.76**
主 機 差	6	334,784	55,797	
灌溉處理	4	4,304,502	1,076,135	28.90**
品種×灌溉	8	973,753	121,719	3.27**
副 機 差	36	1,340,220	37,228	

## (b) 民國57年春作

處理別	調查項目	調查項目							
		生育日數 (日)	株高 (公分)	分枝數 (支)	成熟莢數 (個)	千粒重 (公克)	種子重量 (公斤/公頃)	全指數 (%)	灌溉次數 (次)*
(愛 家 豆)									
相對膨脹度保持	75%以上	143	77.37	5.6	111.9	154.0	2993	125.07	4
"	70%以上	140	76.69	5.6	107.2	143.0	2939	124.07	4
"	65%以上	129	65.80	5.6	113.5	140.8	2695	112.62	2
土壤有效水分保持70%以上		143	65.61	5.4	122.5	145.1	3074	128.46	4
無 灌 溉 (CK)		129	63.83	5.5	106.2	138.6	2393	100.00	—

## (台大高雄 5 號)

相對膨脹度保持	75%以上	121	48.30	5.2	73.7	177.5	2835	171.50	4
"	70%以上	118	51.10	5.3	69.8	166.4	2428	146.88	4
"	65%以上	114	42.90	5.5	58.0	145.6	1879	113.67	2
土壤有效水分保持70%以上		121	45.30	5.3	79.3	176.3	2803	169.57	4
無 灌 溉 (CK)		111	43.30	5.1	49.9	139.1	1653	100.00	—

## (十 石)

相對膨脹度保持	75%以上	106	35.41	2.6	34.2	191.4	2203	152.18	4
"	70%以上	106	34.48	2.3	32.5	187.5	2055	142.02	3
"	65%以上	100	33.89	2.4	31.3	165.5	1792	123.77	2
土壤有效水分保持70%以上		106	36.03	2.6	33.2	177.3	2010	138.91	4
無 灌 溉 (CK)		100	33.31	2.7	28.4	146.5	1447	100.00	—

備註：(1)每次灌溉水深為40公釐。

## 種子產量變量分析表

變 因	自 由 度	平 方 和	均 方	F 值
區 集	3	50,871	16,957	0.5
品 種	2	8,552,499	4,276,250	125.87***
王 機 差	6	203,849	33,975	
灌溉處理	4	6,236,029	1,559,007	131.97**
品種×灌溉	8	906,295	113,237	9.59**
副 機 差	36	425,278	11,813	

# 摘 要

為確立利用植物體內水分的變異為灌溉指標的技術，於民國56年秋作與民國57年春作，用大豆品種愛家豆（晚生），台大高雄 5號（中生）及十石（早生）等三品種調查葉片相對膨脹度之高低對於大豆生育及產量之影響結果摘述如下：

- (1) 大豆葉片相對膨脹度，依採取時間，葉片之老嫩，及品種之不同在同一土壤水分及氣象環境下表示不同數值。即白天以日出時相對膨脹度最高，隨太陽之上升相對膨脹度減低到下午1—2點間最低，以後逐漸恢復高值。葉片近於頂部之展開葉較近於基部的老葉其相對膨脹度稍高。品種間以愛家豆，其相對膨脹度較其他品種為高而變幅（Diurnal fluctuation）較小。
  - (2) 相對膨脹度與土壤水分含量間其相關係數僅（+）0.4391~（+）0.5684而已，但氣象因素，如與氣溫、相對濕度或 Pan 蒸發量間具有高的相關關係，其相關係數各（-）0.7788，（+）0.6955及（-）0.8002。而此等係數均在1%水準顯著，因此相對膨脹度似受土壤水分含量影響較少而氣象因素的影響較大。
  - (3) 下午1—2點間大豆葉片相對膨脹度保持75%以上時較70%以下時，其株高、分枝數、莢果數、種子粒重及種子重量均增高，生育日數亦會增加。以相對膨脹度為依據的灌溉指標，與慣行的土壤水分含量或蒸發盤蒸發量為依據的灌溉處理間，其生育及產量並無顯著的差異。
- 總而言之，利用相對膨脹度為灌溉指標的技術，由於採樣時間、葉位、品種間的變異大，費時又費工，其實用價值尚不及目前慣用的土壤水分蒸發量為指標的灌溉技術。

## Effects of Internal Water Content of Plant on the Growth and Yield of Soybean.

By

Kuang-chi Su

(Senior Specialist, Tainan District Agricultural Improvement Station)

To establish the irrigation criterion according to variation of internal water contents, the study on effects of relative turgidity of soybean leaves was conducted in Fall, 1967 and Spring, 1968. Late variety, Acadian, medium variety, Taita-Kaohsiung No. 5, and early variety, Hsih-hsih were used. The results were as follows:

(1) The value of relative turgidity of soybean leaves showed significant variation according to the times of sampling, age of leaves, and varieties. On the daytime, the value was maximum at sunrise, then decreased toward the minimum at 1 to 2 p.m., and increased again toward sunset. The leaves near the top showed higher relative turgidity than the leaves near the ground. Variety, Acadian showed higher value and fewer fluctuation than the other varieties.

(2) The correlation coefficient between relative turgidity and soil moisture content was (+) 0.4391 to (+) 0.5684. Relative turgidity was related to atmospheric condition. The correlation coefficients with air temperature, relative humidity, and pan evaporation were (-) 0.7788, (+) 0.6955, and (-) 0.8002, respectively. These results indicated atmospheric condition had more effect in regulating the internal water balance of plant than the soil moisture condition.

(3) Soybean grown under high relative turgidity (above 75% between 1 to 2 p.m.) showed higher plant height, number of branch, number of matured pod, 1,000 seed weight, and grain yield than the lower relative turgidity. There were no significant difference on growth and yield between different criterions as relative turgidity, soil moisture, or pan evaporation.

Since the value of relative turgidity were variated according to time of sampling, age of leaves, and varieties, and the procedure was time and labore costing, using relative turgidity for scheduling soybean irrigation may not exceed the conventional soil moisture criterion or evaporation criterion.

## 参 考 文 献

- Kramer, P. J. : Internal water relation of plant.  
Plant Physiology Vol 11. Academic Press N.Y. (1959)
- Namken, L.N. : The influence of crop environment on the internal water balance of cotton Soil Sci. Soc. Am. Proc. 28:12-15 (1964)
- Namken, L. N. : Relative turgidity technique for Scheduling cotton irrigation  
Agron. J. 57:1.38-41 (1965)
- Petinov, N. S. : The physiology of irrigated agricultural plants. Field Crop Abstract: 1962.
- Slayter, R. O. : The influence of progressive increases in total soil moisture stress on transpiration growth and internal water relationships of plant.  
Aust. J. Bio. Sci. 10:320-336. 1957.
- Warner, H. O. : The influence of atmospheric and soil moisture conditions on diurnal variations in relative turgidity of potato leaves.  
Nebraska Agr. Expt. Sta. Res. Bul. 176. (1954)
- 東海近畿農業試験場：畑地灌漑に関する研究集録 (1965)