人民民主國家科學介紹

從蒸騰率測定豐產栽培條件的方法

1954年11月，德意志民主共和國馬克思大學植物土壤研究所所長阿爾蘭教授和安茨曼博士等四人來我國參觀農業生產和農業科學研究工作，並在北京、武功、武漢、廣州、南京等地介紹了他們三十年來研究所得的從蒸騰率測定豐產栽培條件的方法。這種方法簡易快捷，既可以作比較多的處理反覆研究，又可以及時得到結論付諸實施。對於我們合理施肥、合理耕作、合理灌溉等問題的研究上可能有所幫助。現將他們所講的內容綜合介紹如下。

作物的蒸騰率及其和產額的關係[1]

作物用根從土壤中吸收來的水分只有極小的部分用於製造有機質，其餘極大部分的水分都又從地上部分蒸發到空氣中去了。這些水分的蒸發，一方面受着氣候因子的影響，一方面也受着作物的性質和生長情況的影響，因此不同於全受氣候因子影響的一般蒸發。植物生理學上專門給了一個名詞，叫做蒸騰。

以前也有人研究過作物的蒸騰作用。發現不同的作物有不同的蒸騰率；同時如果以一株作物或一定面積上的作物論，凡長得愈高大、愈旺盛時，蒸騰量也愈大。但如果以一定乾物質作基數，則又是產額愈高，其蒸騰率愈低。而且也曾經有人分別就某些影響作物生長的環境因子作過探討，發現也大抵是環境因子條件愈好其蒸騰率愈低。可是以往的研究不够深入和全面，因之雖已發現這種趨勢，却未能成爲一種肯定的規律。

阿爾蘭教授等長期的工作首先研究了這一方面。發現不同的作物有不同的蒸騰率，而且相差很大，是不能相比的。並且研究了同一作物的不同品種、同一品種不同的種子產地、不同施肥組合、不同土壤壓實情況、不同的播種深度等的蒸騰率和產額的對比，知道凡蒸騰率愈低的產量必

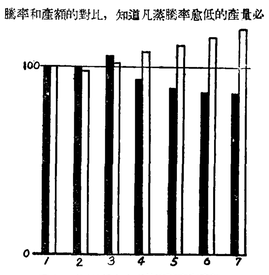

圖1　不同品種多小麥的蒸騰率和產額
黑的爲產額，白的爲蒸騰率。
橫座標的數字爲品種代號。
以品種1的產額和蒸騰率爲100。

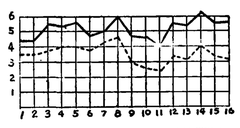

圖2　不同種子產地的同品種多小麥的蒸騰率：
實綫——第一次測定；
虛綫——第二次測定。
說明：1948年在萊比鎬收穫的同一品種多麥小，分散到16個地方去種，其中包括萊比鎬。1949年收穫後，1950年再回到萊比鎬注種。曾爲1950年測定的蒸騰率，橫座標的數字是代表各個地點，其中1爲萊比鎬，縱座標是蒸騰率的比例。這的蒸騰率和1949年在各點地的產額成負相關，也同1950年萊比鎬的產額成負相關。

(1)　稻株在一定時間蒸發掉的水的重量對稻株未蒸騰以前的葉重的百分比是蒸騰率，產額是單位面積產量的簡稱。

愈高，常是一種規律性的相關的關係。

阿爾蘭教授就不同肥沃度的土壤、不同的風力强度和不同的種子品質觀察了蒸騰率的變化情形，知道這些因素和產額的關係是明顯的。

根據阿爾蘭教授等在解答問題時的口頭講述，在土壤水分情况方面亦有類似的情况，即土壤水分太多或太少都會增大蒸騰率。而且，當某種作物比較習慣於某種土壤水分程度以後，再予增加或降低水分都同樣會增大蒸騰率。

在解答問題中，阿爾蘭教授還解釋過徒長的情形。他說徒長是增大蒸騰量的。

阿爾蘭教授還曾經談到蒸騰率和產品品質的關係。他說有時候，例如過量施用氮肥於蔬菜，也可以增加產額，但這種蔬菜由於吸收了過量的氮，相對地少吸收了其他的元素，就會使品質降低，間接影響到人的健康。他說蒸騰率在這種情况下具有產額和品質的表示的綜合意義。

阿爾蘭教授談到有一次他們把一個試驗鉢子放在暗室中1小時，立即發現它的蒸騰率大大增加，這種增加一直保持了兩週之久。這一個例子突出地說明了不利的環境因子會及時且明顯地反映在蒸騰率上，因之也說明了蒸騰率與作物生長情况、與其產額之間的密切的關係。

經過了長期的試驗，阿爾蘭教授等確定了這樣的一種規律：同一品種的作物，如果在相同的環境條件下加以測定，一定是生長得愈健康的、將來產額愈高的，其蒸騰率愈低。

另一個有趣的事實是，凡生長得愈健康的作物，其在單位時間內的蒸騰率亦比較近似，凡生長得愈不健康的作物，其單位時間內的蒸騰率的變化就比較大。如果畫在圖上，就可以發現健康植株的蒸騰率曲線比較平緩，不健康植株的蒸騰率曲線則變化劇烈。從這點出發，阿爾蘭教授又把作物的蒸騰率比作人的脉搏，因爲不健康的人的脉搏也有這種忽高忽低的現象。

對於蒸騰率可以綜合地表示作物生長的健康狀况這一規律，阿爾蘭教授等的解釋是這樣的：作物在生長的時候，爲了生長上的必要，不能不有蒸騰作用。但蒸騰作用要使根部負担吸收水分，莖部負担運輸水分等很多工作，而且蒸騰作用本身也要消耗作物的熱能，這些消耗的熱能都是非生產性的。因此在作物的控制能力範圍內，總在盡量相對地減少蒸騰作用，使非生產性的熱能的消耗能够減少，相對地提高生產性的熱能的利用。只有在作物生長情况不良時，當它失去部分的對蒸騰作用的控制能力時，蒸騰作用才會增加起來。而另一方面，過度的蒸騰作用也消耗了過度的水分，會使作物遭受水分不足而發生生長情况不良的現象，甚至於枯萎。

測定作物蒸騰率在農業增產上的價值

既然知道了作物愈健康，它的蒸騰率一定愈小的規律，我們就可以利用這個規律，用測定作物蒸騰率的方法來判斷作物是不是在最健康的生長情形下，從而可以得知怎樣的條件可以獲致最健康的生長情况了。

阿爾蘭教授等在這方面也做過不少工作。

首先，這可以用來測定作物的肥料需要量。

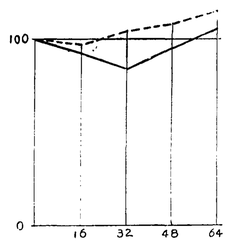

圖3 用蒸騰率測定氮肥的需要量：
實綫——施用其他肥料(P_2O_5 54公斤/公頃，K_2O 80公斤/公頃)；
虛綫——未施其他肥料。
以對照處理的蒸騰率爲100，橫座標爲每公頃所施的氮肥公斤數。

圖3是在兩種不同情况下測定氮肥需要量的例子。阿爾蘭教授也以同樣的方法，測定了磷肥、鉀肥、石灰、鎂肥、河泥的需要量。

不但是肥料需要量可以用這方法測定，這個方法也可以用來測定作物最需要的土壤構造狀態、播種的深度、地面的風力等因子。根據阿爾蘭教授解答問題時的發言，同樣也可以測定耕耙的深度、灌溉的水量以至於所有的作物栽培條

件。

這個方法也可以用來做選種工作的參考。但因爲不同品種特性的關係，不一定蒸騰率低產量就高，所以只能作爲一個參考。

這個方法也可以用來做植物病害研究方面的參考，因爲在收穫以前，在形態上顯出病象以前，蒸騰率就已經會反映出作物是否受染或受染後受了多少影響了。

這個方法也可以用來做幫助選擇治蟲藥劑方面的工作，即用來選擇那些殺蟲效果最好、損害作物最少的藥劑，淘汰那些雖然也能殺蟲、但損害作物較重的藥劑。

甚至於這個方法也可能用以發現某些目前科學還不知道的影響植物生長的因子。阿爾蘭教授舉了一個事實：某一次測定蒸騰率的時候，他們發現了其中一個缽子的蒸騰率突然意外地增大了。他們反覆檢查了有關的處理情形，詳細地詢問了一切線索，結果發現只有一點是在安排以外的，即這一個缽子曾經在搬動時不小心猛提猛放了一下。應該說就是這個偶然的猛提猛放產生了增大蒸騰率的結果。好像作物也是頗爲嬌嫩的，經不起粗暴態度的東西。但是這方面從來不見有過什麼資料。從這個事實，阿爾蘭教授在回答問題時說，這個方法是可能會發現某些現在還不知道的因子的。

這樣，利用作物蒸騰率的測定，可以判斷最適合作物生長的條件，因之就可以使我們得知當地最合適的耕作、栽培、灌溉、施肥等措施，因之於廣大的耕作面積上，就可以收到大量提高單位面積產量和節省肥料、勞力、水分及生產投資等的功效。

在民主德國，最近兩三年內已經有了七個做這種測定工作的工作站，因這種方法幫助農民決定適當的栽培方法。凡經過這種方法指導的產額都有了提高。只以合理施肥一項來說，最高的提高了30%。1953年一年由於利用這種測定方法，單是磷肥一項就節省了施用量的20%。

測定蒸騰率的方法

一般說的作物蒸騰率，指的是每生產一定分量乾收穫物所消耗的全部蒸騰量。這就需要在作物整個生長期繼續不斷地測定，而且還必須在總的田間耗水量裏減去土壤滲漏和地面蒸發，因此是一件技術上困難很多、而且工作量很大的工作。如果只有這樣的辦法，就顯然不能充分利用蒸騰率和作物生產情況間關係的規律，收到普遍推廣、普遍增產的目的。

阿爾蘭教授等的另一成績就是在長期的試驗研究裏創立了一種完全新的、操作簡便、易於普遍推廣的方法。這個方法測定的不是正在生長中的作物植株的蒸騰量，而是剛從土中挖出、正在逐漸萎蔫的作物植株的蒸騰量。他們的試驗研究說明了這種剛從土中挖出、正在萎而尚未萎枯的作物植株還能在一定時間以內保持其控制蒸騰作用的能力，因之這時的蒸騰量可以代表它在挖起以前正在生長時的蒸騰量。

他們把這個測定蒸騰量的方法叫做萎蔫法。前邊列舉的材料都是用這個方法做出的結果。具體方法是這樣的：

1. 挖出要測定的作物植株的全部，用剪刀把主根和莖根都剪掉，只留下很小的一段地下部分。

2. 把留下的地下部分在融化了的，用蘇丹紅染紅了的石臘裏很快地浸一下，以便用石臘把這部分封閉起來，使不發生蒸騰作用（用蘇丹紅的目的是使石臘封閉部分清晰可見，便於以後剪得恰到地方）。

3. 然後在天平上秤量一下，記取其重量，設爲 a（如果測定的是幼苗，要多用幾株，以增大秤量值，減少誤差）。

4. 然後把這些植株在架子上直立起來，讓它蒸騰。

5. 讓植株蒸騰了一定時間以後，把植株搜集起來再秤量一下，記取其重量，設爲 b。

6. 馬上用剪刀把石臘封閉的部分剪下來，並放在天平上秤量一次，記取其重量，設爲 c。

留下來的便是計算工作了。計算工作是這樣的：

a（蒸騰前全重）$-b$（蒸騰後全重）

＝蒸騰量（一定時間內）

a（蒸騰前全重）$-c$（未發生蒸騰作用部分重量）

＝發生蒸騰部分的重量

$$\underset{(\text{一定時間內})}{\text{蒸騰率}} = \frac{\text{蒸騰量}}{\text{發生蒸騰作用部分的重量}}$$

$$=\frac{a-b}{a-c}$$

這樣，測定蒸騰率的方法就變得很簡便易做了。但是，這樣只測定一次的結果能代表整個作物生長期間的蒸騰量嗎？

阿爾蘭教授等在這方面也做了不少工作。他們曾經從作物發芽後就開始用這個方法測定其蒸騰率，一直測定到作物成熟。結果他們發現除了最初的一個短時期以外，大約從長出4個眞葉（玉米、小麥等）、6個眞葉（油菜、甜菜等）或出土後20天（馬鈴薯）開始，同一品種同一處理的作物蒸騰率的相對值就基本上一樣了。因此，至少一般來說，只要在那個短時期以後，任何時間測定一次就可以概括全生長期（如果環境條件不變的話）的蒸騰率了。除了試驗研究以外，他們認爲能一貫地多次測定固然很好，但並沒有必要，因爲誤差不會很大。

正由於這個根據，至少在一般情形下阿爾蘭教授等是建議幼苗期測定的。因爲這樣就可以用盆缽來進行試驗，就可以多做一些處理反覆比較研究，而且處理因子也容易控制，做得更細緻精確些，還可以節省時間。但這並不排斥非幼苗期的測定。一般來說，平常的採求豐產栽培條件的試驗項目，以進行盆栽的、幼苗期的測定爲宜，但有一些在作物生長期中會起變化的因子，如追肥、中耕、灌溉等，就只能採用田間的、不同生長期的測定了。

關於幼苗期測定，一方面是愈早就愈好：愈早就是說時間、經費和人力愈節省，就可以做更多的試驗；一方面也不能太早，太早了蒸騰率還沒有到可以代表整個生長期蒸騰率的時候。所以確定確切的測定時期是一個重要的問題。阿爾蘭教授等在這方面做過不少工作，但這是在德國情形下做的，由於中國和德國的情形不同，他們認爲我們必須首先在這方面做工作：確定不同地區、不同作物的確切的測定時期。（德國情形下的測定時期見前）。

另一個有關的問題是蒸騰時間長短的問題。在這裏，一方面是蒸騰得愈久蒸騰出去的水分就愈多，愈容易減少秤量上的誤差，愈可以避免測定值上的誤差（不健康的植株的蒸騰率是忽高忽低的，時間愈久，可靠性愈大）；一方面是蒸騰太久了會使植株失去對蒸騰作用的控制能力、失去過多的水分而枯萎。所以確定確切的蒸騰時間也是要緊的。同樣的，阿爾蘭教授等研究出來的一般作物用30分鐘、甜菜可以久一些的結果也不能機械地在中國搬用。還可以用每5分鐘測定一次，把測定的蒸騰率用曲線畫下來，如果曲線突然下降，就表示已經枯萎了的方法測定。這仍然是須各地區、各作物分別做的。

至於用來測定的幼苗的株數，他們在一般情形下爲羣衆測定時用20株一組、重複三次，在試驗研究時則數目更多些。如測定大株，可多做重複，用秤量較大的天平。

最後還須聲明的是：第一、不同的作物不能相比，同一作物的不同品種雖可相比，却只有參考價值；第二，必須在要測定的作物的生長環境中測定，即溫室中栽培的作物須在溫室中測定、大田中栽培的作物須在大田測定，否則改變了的環境會干擾測定的結果；第三，因爲外界的光、熱、風速、溫度等條件隨時不同，如在田間測定，必須很好安排妥當，使比較蒸騰率的不同試驗處理的植株能够基本上在同一瞬間進行測定，特別要注意烏雲擋住陽光等變化劇烈的因子，不使發生不同影響；如果在室內進行，除非能够周密地控制所有環境因子，也宜基本上同一瞬間進行；第四、爲了避免測定時過分的環境變化，在田間測定時要選擇天氣晴朗、風和日暖的日子進行，同時最好是在上午，因爲經過一夜休息，作物的蒸騰作用在這時最爲正常；第五，操作時要小心謹慎，切不要用遲手拿植株，特別是幼苗，也不要發生其他會使秤量誤差的事故。

我們的意見

一直到現在應用最廣的測定豐產栽培條件的方法是田間試驗。田間試驗當然是一種基本的方法，但是費事、費錢，而且得出來的結果只能用作下季作物的參考。比較方便的方法是盆栽試驗，但盆栽試驗同田間情況大異，所以只宜作性質上的、趨勢上的測定，作爲量的測定就會失之過粗，而且也不比田間試驗節省時間。至於密希且希的幼苗法和水栽法等就更只能是某些項目的特定目的的測定了。同這一些方法比較起來，如果阿爾蘭教授的方法確如阿爾蘭教授等所說，其優點就很

明顯了——可以用這個方法廣泛地進行各種不同處理的反覆研究，在化費較少的人力和物力的條件下，在較短的時間內得出因地制宜的增產的具體辦法來。假如眞是如此，必然可以大大地提高單位面積產量，增加國家的農產品產量。在我們這樣鹽土遼濶、耕地面積廣大的國家來說，其價值就十分值得重視了。

重要的問題是要進行試驗研究。要佈置同樣處理項目的田間試驗和測定蒸騰率的試驗，要進行連續的多次測定蒸騰率；一方面進一步明確這種規律的作用範圍，明確是否在一切情形下都沒有例外；一方面逐步探求不同地區、不同作物的測定時期、蒸騰時間及測定株數等具體操作技術，同時也可以逐步提高操作的熟練性。只有在這些問題有了眉目之後，才能談到普遍推廣的問題。

附　記

在阿爾蘭教授等介紹了這個方法，並贈送了測定的用具、儀器以後，華北農業科學研究所和北京農業大學已經開始了試驗性的測定工作。這裏把安茨曼博士在華北農業科學研究所實際表演的一次的結果介紹出來，作爲在我國採用這個方法的一個例子。

這是一個測定肥料組合的試驗，目的是探求兩種土壤各別的最好的肥料施用量和配合法。每種土壤都有5種處理，即：1.不施肥；2.施氮、鉀；3.施氮、磷、鉀；4.施氮、磷；5.施氮、磷及雙倍的鉀。肥料施用量標準是：氮40公斤/公頃，磷(P_2O_5計)54公斤/公頃，鉀(K_2O計)80公斤/公頃。重複兩次。

用的兩種土壤是1.砂土，採自蘆溝橋，其持水量爲28%；2.粘砂壤土，採自華北農業科學研究所南園，pH7，持水量爲40%。在試驗過程中，土壤水分一直保持在各該持水量的60%。

供試作物是大麥，第一次1954年11月6日播種，第二次11月9日播種，12月17日測定，其時大麥大部長有4個眞葉。

測定的結果如圖4。

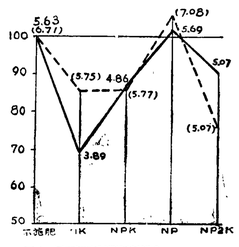

圖4　用蒸騰率試測肥料組合：
實綫——砂土上的情形；
虛綫——粘砂壤土上的情形。
以對照區的蒸騰率爲100，圖內各點的數字是測定的蒸騰率

根據圖4，應該是這兩種土壤都明顯地缺鉀，同時明顯地不缺磷——不但不缺磷，施了磷肥反而不好。

這個判斷多少同我們的知識和農業實踐有些出入。因爲這只是試驗性的測定，而且是在尚無經驗情況下的第一批測定，所以不能作爲定論。但如果經過試驗研究以後，在證明了方法正確，我們的技術亦已熟練以後，這樣的判斷就正是這方法的可貴地方了。

張心一　許國華
（農業部土地利用總局）

關於波蘭技術科學研究的一些見聞

周　行　健
（中國科學院冶金陶瓷研究所）

1954年7月我國派遣代表團赴波蘭華沙舉行中波技術與技術科學合作第一次會議，並參觀國民經濟建設事業。這次會議和參觀的安排係由波蘭國家經濟建設委員會主辦的。我爲代表團的一