

农业气象译丛

中国农业科学院农业气象研究室编译

农业出版社

农业气象译丛

中国农业科学院农业气象研究室編譯

农业气象译丛

中国农业科学院农业气象研究室编译

农业出版社出版

北京老钱局一号

(北京市书刊出版业营业许可证出字第106号)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经销

农业出版社印刷厂印刷装订

统一书号 13114.150

1965年9月北京制型	开本 850×1100 毫米
1965年9月第一版	三十二分之一
1965年9月北京第一次印刷	字数 140千字
	印张 六
印数 0,001—2,800册	定价 (科六)九角

前 言

天气、气候是农业生产重要的自然环境，它既是不可缺少的自然因素，又往往给农业生产带来极大的灾害。在农业生产斗争中因时因地制宜地采取措施，适应当地天气、气候特点，克服气象灾害，按照农业生产需要改造局地气候等是十分艰巨的任务。在这方面农业气象学能起到主要的作用，它可以帮助人们认识天气、气候与农业生产的相互关系，从而正确地采取克服和防止各种气象灾害、充分利用气候资源的手段，以达到丰产丰收。

随着农业生产斗争的不断开展，农业气象学逐渐从农学和气象学中发展起来，而形成了一门独立的学科。

在我国系统地开展农业气象科学实验还仅是近年的事。为了进一步推动我国农业气象事业的发展，总结我国农业气象科学的试验研究成果并广泛介绍国外农业气象科学的成就是十分有益与必要的。

本书共收纳了国外有关农业气象方面的文章十六篇，内容涉及到作物和气象条件的关系；农业气候；农田小气候；气象灾害；土壤水分和土壤蒸发；物候学等各个方面，有些是带有总结和概论的性质，有些是方法和仪器的介绍。

编译这本书的目的在于帮助读者了解国外农业气象研究工作的梗概，以便从中吸取其有用的东西作为工作中的借鉴，根据我国具体情况开展农业气象研究工作，为我国农业生产服务。但由于水平所限，无论在选题上还是在编译中，都存在着不少缺点，希望读者给予指正。

编者 1965年5月

目 录

前 言

- 一、气象条件和土壤湿度影响土壤水分对植物的有效性
.....O. T. 丹秘德(Denmead), R. H. 塞烏(Shaw) (1)
- 二、在某些作物的天气研究中降雨量、气温和实际蒸发的应用.....S. F. 巴克(Buck) (15)
- 三、論陆地表面蒸发研究的基本方向
.....A. P. 康斯坦丁諾夫(Константинов),
B. Ф. 布什卡列夫(Пушкарев) (36)
- 四、在土壤足够湿润情况下不同农业用地的总蒸发
.....К. И. 哈尔欽科(Харченко) (52)
- 五、用于总蒸发的輻射能
.....С. В. 坦納特(Tannet), E. R. 列蒙(Lemon) (69)
- 六、棉花叶面温度.....Ф. А. 摩明諾夫(Муминов), 童庆禧 (84)
- 七、确定棉田輻射平衡所有各量的比較法
.....E. A. 罗布兴(Лопухин) (94)
- 八、在不同田間水分供应条件下棉花产量形成期棉田的热
平衡特性 Ф. А. 摩明諾夫(Муминов),
Н. Н. 卡拉烏里希可娃(Караульщикова) (107)
- 九、甜菜田热量平衡的某些特点
.....А. Г. 多罗波娃(Торопова) (114)
- 十、人工气候室研究干旱风的基本结果
.....E. A. 楚别尔比列尔(Шубербиллер) (121)

- 十一、农业气象站对于旱风时饱和差临界值大田观测的基本結果.....E. A. 楚別尔比列尔 (Цубербиллер) (129)
- 十二、在土壤科学和作物科学中应用气象学的几个問題
.....J. E. 謬曼 (Newman) (140)
- 十三、苏联农业气候資源研究的現状和开展农业气象服务的成就.....Ф. Ф. 达維塔亚 (Давитая) (151)
- 十四、物候观测資料：生物气候和农业气象研究中的因变量.....J. E. 謬曼 (Newman), J. B. 貝尔德 (Beard) (164)
- 十五、用放射性輻射透射法进行物候測量
.....K. 温格尔 (Unger) (177)
- 十六、在自然条件下連續取样的容重钻
.....N. 阿湯納西烏 (Atanasiu),
.....H. 包依泰勒斯巴赫尔 (Beutelspacher) (183)

一、气象条件和土壤湿度影响土壤

水分对植物的有效性

O. T. 丹秘德(Denmead), R. H. 塞烏(Shaw)

在土壤水分供应充足的条件下确定作物耗水的问题已经引起足够的注意。对于同种的蓬勃生长的作物来说，这种耗水通常叫做可能蒸腾速率。可能蒸腾速率主要决定于气象因子。人们很少注意这个问题，当土壤水分供应限制蒸腾的时候会发生什么样的情况？或者说多大的土壤含水量会使实际蒸腾速率降到低于可能速率，以及对于任何一定的土壤-植物-气象因素组合下能不能确定这个土壤含水量？这篇文章就是阐明研究这个问题的试验结果。

一般的考虑

菲利浦(Philip)^[8]和格尔纳(Gardner)^[2]曾经从动力学观点讨论过这个问题。读者可以从这两篇文章中得到把蒸腾作为动力过程的详细的理论处理。水是沿着压力梯度、土壤吸取力(Suction)(负压力)梯度和植物体内的扩散压力差(DPD)梯度，经由土壤流动到植物的根，再从根流动到正在蒸腾的叶子。格尔纳曾经用进入一个无限长圆筒的热流来推论，得到描述蒸腾过程中水通过土壤到根流量方程的解。他的流量方程解显示出，为了维持根有一定的吸水速率，即一定的蒸腾速率所必需的根与土壤之间的吸取力梯度是正比于吸水速率或可能蒸腾速率，反比于土壤的毛管传导性。

随着土壤吸取力增加，土壤毛管传导性迅速减小。最后，因为土壤干涸，根与其周围土壤之间发展成大的吸取力梯度。在这种被动吸水的情况下，植物体内水分的运动是由于蒸腾的叶子和根之间 DPD 梯度所引起的。这个 DPD 梯度应该假定是正比于蒸腾速率。因此，在毛管传导性减小和植物根际土壤吸取力相应增加的干土里，要保持蒸腾就必需不断地增加叶的 DPD，以便叶和根之间仍然存在必需的 DPD 梯度，叶的 DPD 增加就伴随着膨压减小，终于引起气孔关闭和叶子脱水。最后，植物的透水性减小，蒸腾速率不得不降低。

同样，可能蒸腾速率加大将会加速叶子 DPD 的增加。随着土壤水分供应减少，会导致更迅速地降低植物的膨压和透水性。

因此，我们可以预期蒸腾速率随土壤含水量减少而降低；同时也可以预期随着可能蒸腾速率的增加，将在越来越高的土壤含水量下明显地表现出实际蒸腾速率的相对降低。蒸腾发生减少的那个特殊的土壤含水量也将取决于土壤的性质。当土壤中大部水分被较低的吸取力所保持的时候，蒸腾速率不会随土壤含水量而改变，这种情况一直保持到大多数“有效的”土壤水分被吸去之前。在随着土壤含水量减少而吸取力迅速增大的土壤中，将可预告在比较高的土壤含水量下蒸腾减少。读者可以从格尔纳^[2]的文章中得到土壤类型之间这种差异的说明。

由于丧失膨压而产生的改变，如气孔关闭和叶子失水，会引起植株透水性减小，最后引起蒸腾减少，因此，人们可以预期蒸腾减小的土壤含水量应该与植物萎蔫的土壤含水量相一致。也就是说萎蔫点的含水量将随土壤水分的性质和可能蒸腾速率的不同而改变。

前面已经讨论了水分对植物有效性的若干动力学问题。本文的下部分发表作者所做的试验观测结果，这个试验是为了证实（至少是定性地）前面所指出的关于土壤水分供应和可能蒸腾速率对

实际蒸騰速率和萎蔫点影响的理論。

試驗处理

在玉米抽雄之前的五星期內詳細地考查玉米的生长速度和蒸騰速率。为了設置各种土壤水分处理并使整个根分布层內的湿度达到相当均匀，必須限制根有效发展的土壤体积。把植株栽培在填满土壤的容器內就可以达到这个要求。本試驗用体积为 20 加侖的容器，直径 18 吋，深 24 吋。把它們埋在田里，使器口与地面水平，相邻容器的中心相距 40 吋。每个容器栽 4 棵玉米，共 136 个容器。周围都种上大田玉米，每丛間隔也是 40 吋。

試驗用的土壤是粘壤土，这种土的田間持水量为容积的 36%，对应于吸取力为 15 巴的土壤含水量为容积的 22%。其湿度特性表示于图 1。从这张图可以看出保持在田間持水量和 15 巴之間的水分有一半以上是保持在吸取力大于 1 巴的范围内，差不多 40% 的水被保持在吸取力大于 2 巴的范围内。

为了用中子湿度計探测土壤湿度，在給容器填土时每个容器都要鑲入一个入口管道，容器底部預备一个出口，以便让过多的水分能够排出。

玉米出苗以后用黑色胶膜盖住土壤表面，以阻止土壤表面蒸发。土壤水分丢失于是就认为是蒸騰所引起的。随着植物生长，从試驗地的大水池里取出已知数量的水灌到每一个容器中去。直到开始控制不同土壤水分处理之前，通过适当間隔的灌水把所有容器的土壤水分尽可能保持接近于田間持水量。

在測量蒸騰速率时期，每天 16 时到 18 时进行土壤湿度讀数。容器的大小正好是这样的，当土壤最干的时候，中子湿度計的測距刚好容纳于器壁之內。

后面章节所发表的含水量是容器中植物有效根层 (21 吋) 的平均值。除了容器底部約 1 吋的一小层以外，根完全地穿透容器

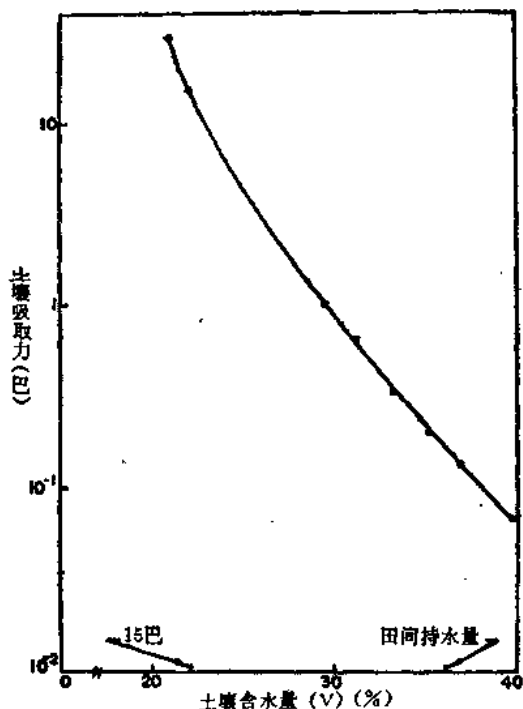


图 1 科伦淤泥性粘壤土的吸取力与容积土壤含水量的关系

中的土壤。因为根层受到限制，所以由此确定的耗水速率比大田条件下确定的耗水速率要准确得多。在大田条件下植物从不同的深度以不同的速度吸取水分，在容器中植物以同一速度从各个深度吸取水分。从容器的顶部到底部，土壤含水量的梯度是微小的。这些事实，作者觉得引用植物根层的平均土壤含水量是有意义的，而且可以做为通过试验说明引言中提到的非利浦和格尔纳的看法的基础。

在生长季的这五周里，土壤湿度处理是由土壤含水量减少到相当于土壤吸取力为 2.5、5 和 15 巴这样有规则的间隔组成的。通过停止灌水以达到减少土壤水分。也保持有对照处理，其土壤吸取力不允许超过 0.5 巴。共有 18 个处理，包括 7 个对照和 11

个可改变的土壤湿度处理。基本设计重复 8 次。丹秘德^[1]的文章介绍了这个处理的非常详细的排列。这个处理是这样布置的，在这五周里的每一天，都有一定数量的含水量不同的容器，这些含水量是按照田间持水量到 15 巴来排列的。用这个方法就能够研究每天不同的天气条件和不同的土壤水分供应对蒸腾速率的影响。

结果和讨论

实际蒸腾速率比可能蒸腾速率 为了便利起见，我们认为田间持水量下的实际蒸腾速率能够代表可能蒸腾速率。图 2 表示试验期间某三天在不同土壤含水量下的实际蒸腾速率。这三天分别代表高、中、低可能蒸腾速率。正如后一节指出的那样，在田间持水量下的蒸腾速率(可能蒸腾速率)主要取决于气象条件。在所有的日子里，实际蒸腾速率随土壤含水量的减少而减小。随着可能蒸腾速率的增加，蒸腾速率将在较高的土壤含水量下发生相对的降低。

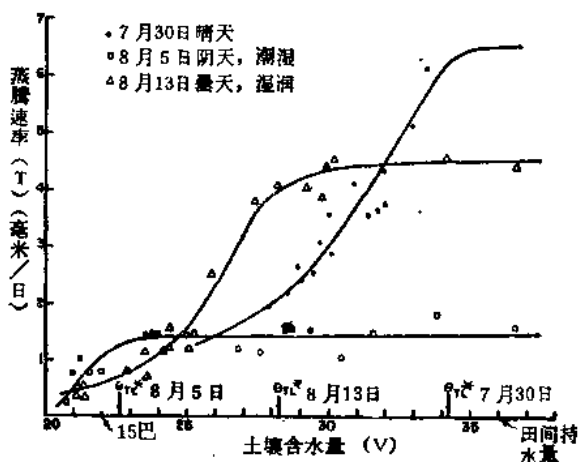


图 2 实际蒸腾速率随土壤含水量的变化

在試驗研究的很多日子里，遇到气象条件和可能蒸騰速率彼此相似的日子。按照可能蒸騰速率的大小把相似的日子归成一組，然后对每一組計算各个选定的土壤含水量下的相对蒸騰速率(实际的/可能的)。图3表示某一可能蒸騰速率范围的相对蒸騰速率随土壤含水量的变化，再一次証实在图2中看到的同样的趋势。这些图上的資料表明，就闡明土壤水分对植物的有效性而論，知道取得观测結果时的特殊的气象条件的重要性(它反过来决定可能蒸騰速率)。在引起高可能蒸騰速率的气象条件下，即使土壤水分供应可以被认为是充足的，实际蒸騰速率可能比可能速率小得多。在引起低的可能蒸騰速率的气象条件下，直到土壤含水量减少到非常低的时候，实际蒸騰速率仍将等于可能蒸騰速率。

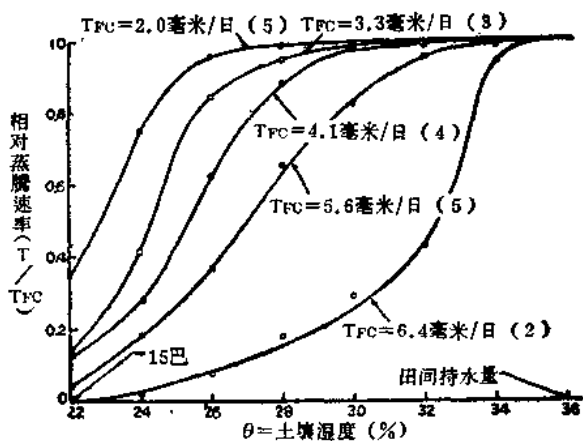


图3 在不同的可能蒸騰条件下的相对蒸騰速率随土壤含水量的变化。曲线代表不同的日子，旁边注明的数字是在这些日子中田间持水量下的蒸騰值。括号里的数字指每条曲线所代表的观测日数。

图4表示在某一范围的可能蒸騰速率下，相对蒸騰速率随根层土壤平均吸取力的变化。就試驗中遇到的最极端的条件而言，当可能蒸騰速率是6.4毫米/日时，实际蒸騰速率显著地减小到低

于可能蒸騰速率,是发生在土壤平均吸取力仅仅约为0.3巴时。对于每天3—4毫米的中等可能蒸騰速率,一直到土壤平均吸取力大约为2巴,实际蒸騰速率都保持等于可能速率。当可能蒸騰速率只有1.4毫米/日的时候,则土壤平均吸取力直到12巴那么大,实际蒸騰速率一直保持等于可能蒸騰速率。

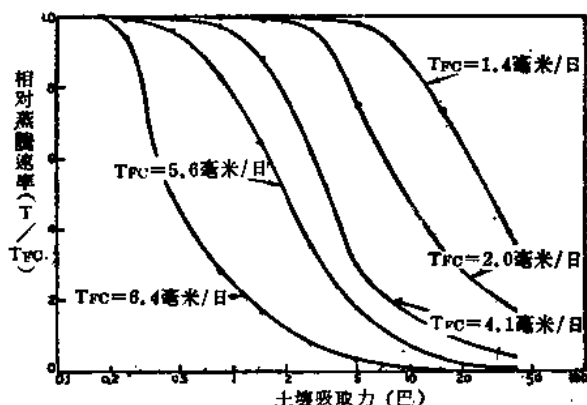


图4 在不同的可能蒸騰条件下相对蒸騰速率随土壤吸取力的变化。曲线代表不同的日子,其旁注明的数值是在这些日子中田间持水量下的蒸騰值。

与过去发表的观测资料比较 图5中的四条曲线代表四种关于相对蒸騰速率随土壤含水量的变化而改变的意见。曲线A代表威美也尔(Veihmeyer)和汉德力克逊^[14](Hendrickson)的论点,其本质是,差不多直到15巴,土壤水分的有效性是相等的。在图3中列出的关于低可能蒸騰速率的资料和格尔纳^[9]发表的关于砂土(这种土中大部分水分被保持在低的吸取力下)上获得的资料指出这样的论点确实是站得住脚的。

皮尔斯(Pierce)^[9]的意见相当于曲线B,他的意见是以几周称一次渗漏计所得到的记录为基础的。在这段时间内,环境条件应该认为是有很大的变化。他的曲线和本文所描述的试验里中等可能蒸騰速率的“平常的”天气条件下获得的曲线相一致。

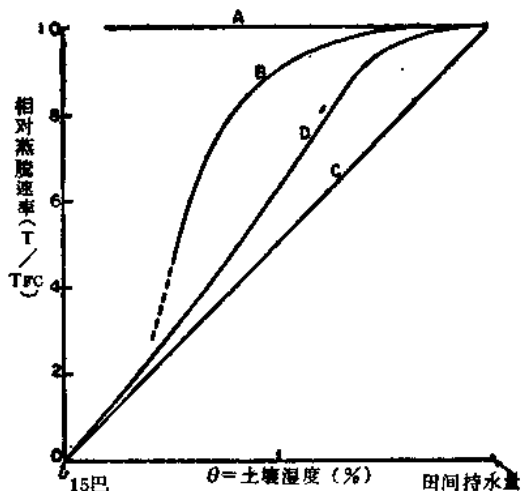


图 5 关于相对蒸腾速率和土壤含水量之间相互关系的不同意见
(详见文中对各条曲线的说明)

桑士威特 (Thornthwaite) 和馬特斯 (Mathers)^[12] 认为相对蒸腾速率和有效土壤水分之间有线性关系, 相当于曲线 C, 他们的意见是以 1953 年^[4] 在大平原的研究中于内布拉斯加州欧奈耳所得的观测资料为基础的。那里是砂壤土, 观测是在具有强烈太阳辐射的非常干旱的大气条件下进行的。可以看出曲线 C, 或者更正确地說由欧奈耳的原始资料画出的曲线 D 和本试验里在高可能蒸腾速率下获得的曲线很一致。

这里应该提出有许多工作人员在研究作物的耗水速率时都观测到相对蒸腾速率随土壤吸取力增加而减小。这样的报告包括馬京克和汶喜姆斯特^[6]、斯拉太尔^[11]、哈姆等人^[8]、列曼等人^[5]、斯州洛特尤宾^[10]和巴拉尼与泰勒^[1]。

萎蔫与土壤含水量和气象条件的关系 在本文引言中已经指出, 蒸腾速率降低到低于可能速率的那个土壤含水量应该与萎蔫点相一致。这个土壤含水量叫做膨压丧失点, 从每一天实际蒸腾

速率对土壤含水量的图上(这些图与图 2 所表示的相似)计算进行观测的 25 天里每一天的膨压丧失点。例如, 7 月 30 日计算的膨压丧失点是 34.2%, 8 月 13 日是 28.2%, 8 月 5 日是 22.6%。图 6 表示这些计算的膨压丧失点与可能蒸腾速率的关系。当可能蒸腾速率为 1.4 毫米/日时, 膨压丧失点是 23%。随着可能蒸腾速率增加, 膨压丧失点迅速增加。当可能蒸腾速率超过 6 毫米/日时, 膨压丧失点达到 34%。

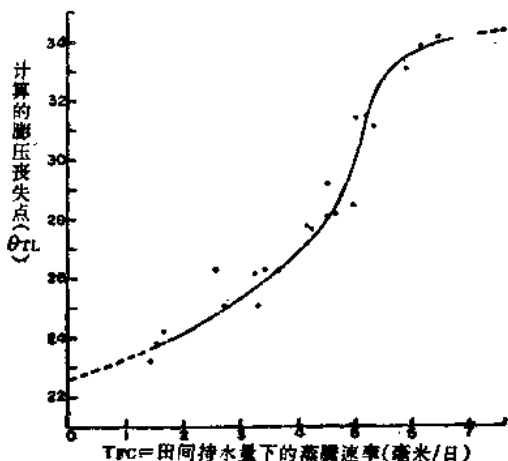


图 6 计算的膨压丧失点随可能蒸腾速率的变化而变化

从蒸腾曲线计算得的膨压丧失点和试验期间目测的萎蔫范围非常一致。许多日子的观测证实了这样的事实, 在土壤含水量大于膨压丧失点的条件下生长的植株表现出充分的紧张状态, 而在较低的土壤含水量下生长的植株表现出灰暗的变色, 并有些扭曲, 尤其是顶部的叶子。同样也观测到在可能蒸腾速率较高的日子里, 生长在土壤含水量低于计算的膨压丧失点的植株呈现萎蔫, 若次日是一个低可能蒸腾速率的日子, 则同一植株不会表现出萎蔫, 土壤含水量比计算的膨压丧失点大的时间多长, 植物也就维持多长时间不萎蔫。

試驗的另一部分是測定植株干物质的累积，这些植株經受过不同时期和不同强度的土壤水分亏缺。計算各个处理土壤湿度低于計算的膨压丧失点的总日数，求出其干物重比对照植株干物重减少的量。图 7 表示出土壤水分亏缺的时间和干物重减少量之間的关系。

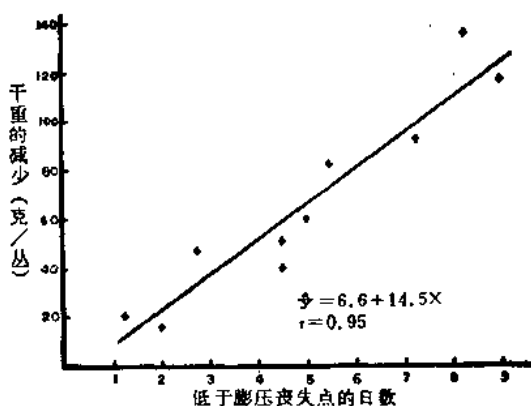


图 7 受到不同时期土壤水分亏缺之植株的干物重减少量
随土壤含水量低于膨压丧失点的日数的改变

图 7 的迴归分析线是近于直线的，而且迴归直线离点很近。直线的截距与零差不多。迴归直线的斜率是 14.5 克/丛·日，和对照植株的平均生长速率(13.9 克/丛·日)是接近的，这个证据暗示：土壤含水量一旦低于膨压丧失点，植株实际上就停止同化二氧化碳。

把图 7 中迴归直线的斜率 and 对照植株的平均生长速率作比较，是把这种情况过分简单化了，因为对照植株在試驗期间不是以恒定的速率增加重量的。图 8 表示对照植株生长速度的变化，和与之相适应的水分亏缺对干物质累积之影响的变化。图 8 中对照植株的净同化速率 (NAR) 以試驗期间随时间的变化来表示。同样，土壤水分低于膨压丧失点期间测得的平均每天干物重减少量 (ΔW) 也是以随时间的变化来表示。 NAR 是植物干物质生产量

的一个尺度。它是每单位叶面积于物重增加的速率。因此，

$$NAR = \frac{1}{\bar{A}} \left(\frac{W_2 - W_1}{t_2 - t_1} \right)$$

\bar{A} 是 t_2 和 t_1 时间植株的平均叶面积， W_2 和 W_1 分别为植株在 t_2 和 t_1 时植株的干重。其中， NAR 以每天每平方分米叶面积于重增加的克数乘以 10^3 来表示。以同样基本原则计算 ΔW ，即

$$\Delta W = \frac{1}{\bar{A}} \left(\frac{W_2 - W_{2t}}{t_2 - t_1} \right)$$

\bar{A} 是处理植株 t_2 到 t_1 时的平均叶面积， t_2 到 t_1 的时间是土壤含水量小于计算的膨压丧失点的日数， W_{2t} 是对照植株在 t_2 时的

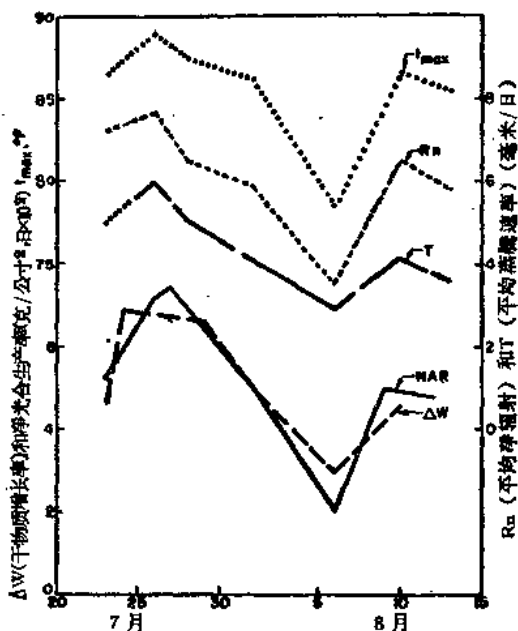


图 8 不同时期的净同化速率(NAR), 干物质产量的减少速率(ΔW), 平均净辐射(R_n), 平均蒸腾速率(T), 及平均日最高温度(t_{max})