

# 光电技术在农业上的一项应用

## ——介绍 NY-303 型积光仪\*

中国农林科学院原子能利用研究所仪表组

### 一、适应农业生产的迫切需要

在毛主席革命路线指引下,我国农业生产连年获得丰收,群众性科学实验运动蓬勃发展,以贫下中农为主体的三结合科技队伍迅速壮大。县、社、大队、生产队四级农业科学实验网逐步形成。在这种形势下,为了摸清农作物生长的内在规律,需要提供现代化的科学仪器,应用于农业生产,给出科学数据,以达到更大幅度的增产,越来越感到迫切需要提供一种能为农、林、气象等方面进行科学研究的新型测光仪器。

在农业生产中,光是一个极为重要的环境因子。太阳辐射的强弱、光谱成份、日照时间的长短是植物地区分布的决定性生态因素;同时,光对地温、水温和气温也有很大的影响。在研究作物生长、发育、产量与光能利用的关系中,对作物不同发育阶段所需光量,日照时数都是十分重要的指标。据国内外研究报导,作物在其他条件满足的情况下,随着光能利用率的提高,作物产量也随着显著的增加。因此,如何总结群众充分利用光能的丰产经验(如间套种),合理安排作物茬口,在不同地区引种国内外优良品种,以及在我国进行光能资源的调查和对作物光合作用的研究,都需要测光仪器。

测量光能的方法很多,有化学方法、照像方法、热电方法和光电技术等。其中光电技术,即用光电积光仪测量光能的方法,比较准确可靠,而且操作简单,使用方便,适合于农业生产。这方面的工作国外已有报导<sup>[1-3]</sup>。我国也在大力开展这方面的研究工作。为了适应我国农业连年丰收的大好形势,加快农业科学研究的进程,摸清农业高产的客观规律,我所仪表组与试验车间发扬自力更生、艰苦奋斗的革命精神,运用光电技术原理,在短期内试制成功了 NY-303 积光仪。这就为总结农业丰产经验和开展农、林、气象科学研究,提供了一个重要手段。

NY-303 积光仪经过几年改进和在我所农村基点使用。证明仪器性能良好,适合于田间使用。为科学研究和农村基点的作物育种与栽培等方面的科学试验提供了累积光能的科学数据。我所从1972年起曾连

续进行了光照强度对高粱雄性不育系小花败育现象影响的研究,试验结果发现,不育系在其挑旗至抽穗期间需要充分的光照条件,一旦不能满足时,幼穗分化、雌雄蕊发育均不正常,于是出现小花败育现象。从初步应用积光仪观察的结果说明,应用积光仪有助于深入研究作物生长规律,更有效地掌握新培育出的优良品种引种的区域和范围,从而采取更合理的高产措施。

### 二、光电技术的应用

光电技术是将光能转换成电能、光信号转换成电信号的一门技术。它以物理学上的光电原理为基础。积光仪就是光电技术在农业上的一项具体应用。

积光仪方框图如图1所示。外形如图2所示。工作原理如图3所示。

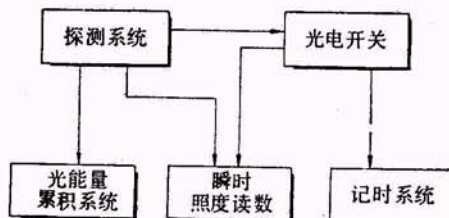


图1 积光仪方框图

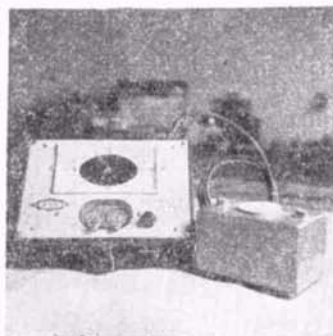


图2 积光仪外形照片

由图可以看出,仪器主要由探测系统、光能量累积系统、光电开关和计时系统、照度瞬时读数系统等四部

\* 1975年5月15日收到。

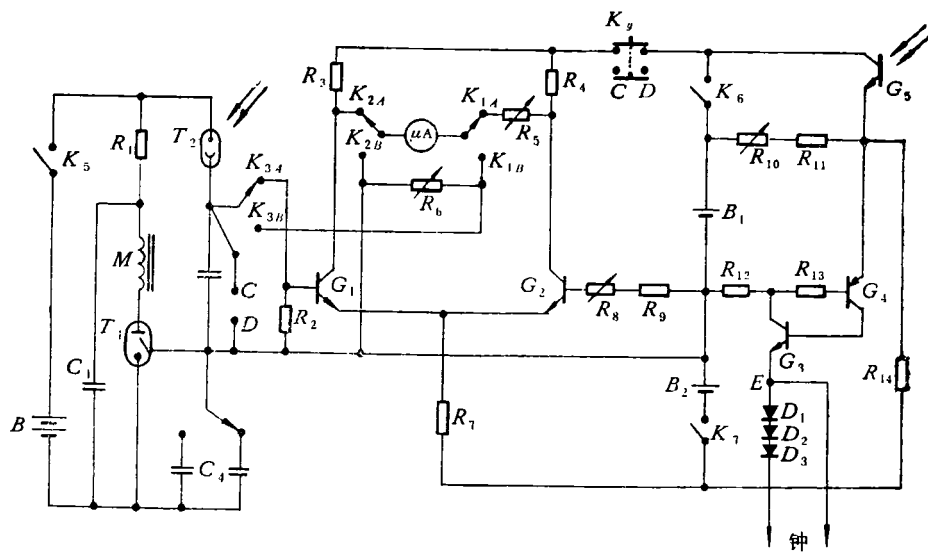


图3 积光仪的工作原理

分电子学线路组成。下面分别叙述各个部分的作用原理。

### 1. 探测系统(又称探头)

由光电管和光电三极管组成。为了保证仪器在田间使用准确可靠,光电管和光电三极管密封在探头盒内,便于隔热、防水和防潮湿,并且用屏蔽导线和主机相连接。探测系统的作用是使太阳光入射到光电管 $T_1$ 上,这时,在光电管的光电阴极上就会发射光电子,因此产生光电流,光信号变成了电信号。由实验可知,如果光电管在它的光电特性曲线的直线部分工作,则产生的光电流与入射光的能量成正比。

### 2. 光能量累积系统

光能量累积系统是由一个光电积分电路组成。

从图3可以看出,由探测系统中的光电管产生的光电流对积分电容 $C_1$ 充电,而积分电容 $C_1$ 的正端和冷阴极闸流管 $T_2$ 的触发极相连接。因此,当电容器两端的充电电压达到闸流管的触发电压 $U_{\text{点火}}$ 时,闸流管输出一个脉冲。也就是说,在一定的时间间隔内,闸流管控制栅极上的电容电压由0上升到 $U_{\text{点火}}$ 时,产生一个计数脉冲,计数器 $M$ 上增加一个计数。由于电路中存在熄灭电阻 $R_1$ ,所以闸流管很快恢复到原来状态,不断循环重复上述过程。每循环一次,就产生一个计数脉冲,计数器 $M$ 上就有一个读数。因此,只要记录下积光仪上每日的总计数,就能由公式准确地标出每日的总积累光能。总积累光能 $F$ 满足下式:

$$F = KNCU_{\text{点火}}$$

式中 $K$ ——比例系数; $N$ ——放电脉冲数; $U_{\text{点火}}$ ——着火电压; $C$ ——积分电容。

因为当闸流管选定后,其着火电压 $U_{\text{点火}}$ 是一个定值(如90V)。积分电容器和光电管选定后,其时间常数也是一定的,因此,只要用一标准光源作为基准,定出在某一时间间隔内,计数器上每个计数相当于多少光能的数值,然后累加起来,就可以准确地知道每日所累积的光能了。然而,从上式我们可以看出,积光总量受闸流管着火电压、积分电容的漏电和脉冲计数器稳定性等因素所影响,所以必须对这几种元件进行挑选,在对它们进行严格选择的情况下,由此造成的误差可控制在2%以内。

### 3. 照度瞬时读数系统

该系统是由一个单边输入平衡差动式直流放大器组成。由于选择了两个参数特性一致的硅晶体管,当温度变化时,晶体管 $G_1$ 和 $G_2$ 参数变化引起两管集电极电流的变化也是一样的,其信号方向相反,所以在输出端就不会有因温度变化引起的输出了,有效地补偿了零点漂移。这对于野外使用是特别有利的。

当光电管 $T_1$ 处在无光照时(即遮断),调节电位计 $R_8$ 使电表指针为零。在照度为800—4000勒克司时,由于光电流较小,不便于电表读数,所以波段开关打到A位置,使电流经过放大而进行读数。在照度为4000—170000勒克司时,由于光电管产生的光电流已能方便地在电表上进行读数,所以波段开关打到B的位置进行直接读数。当不需要进行瞬时照度测量时,波段开关打到断的位置,切断了电源,所以电路不工作,达到了省电的目的。

### 4. 光电开关和计时系统

光电开关是一个变形的互补晶体管双稳态触发电

路。该电路的输出端连接记时系统(半导体钟)。触发电路中的晶体管  $G_3$  和  $G_4$  是互补的, 它们或是两个导通, 或是两个截止, 可以节省功率消耗。当光电三极管  $G_1$  处在晚上或被遮断时, 晶体管  $G_3$  和  $G_4$  截止, 在输出端  $E$  处, 没有输出电压, 没有电流通过, 这就等于切断了半导体钟(即记时系统)的电源, 半导体钟也就停止记时。天亮后, 当光电三极管  $G_1$  上照度大于 800 勒克司时, 晶体三极管  $G_3$  和  $G_4$  导通, 在输出端  $E$  处给出 1.5 伏左右的输出电压, 这就等于接通了半导体钟的电源, 半导体钟也就开始记时。只要记录半导体钟所走的时数, 就能准确地知道每日的光照时数。

### 三、积光仪在农村使用的实际效果

由于我们在研制积光仪时充分考虑了农村使用的条件, 所以积光仪使用的实际效果较好。这表现在以下几个方面:

#### 1. 对农村各种环境的适应能力强

由于仪器全部采用半导体线路和干电池供电, 所以仪器重量轻, 总重量不超过三公斤, 不仅轻便可携, 而且耗电省, 无论是在大田还是温室、网室均可使用; 由于仪器每天连续工作时间可以很长(例如, 在夏天可连续工作十几小时), 所以能满足农村连续测量的要求; 仪器能在温度为  $-20^{\circ}\text{C}$ — $+45^{\circ}\text{C}$ , 湿度 85% 以内的环境下可靠地工作; 仪器能进行高低光强的测量, 最高光照度可达 170,000 勒克司, 最低可达 400 勒克司, 误差在  $\pm 5\%$  以内。

#### 2. 操作简便

由于积光仪中采用了自动开关线路, 所以, 每天天

表 1 积光仪计数值与人工测量值比较

日期	气候状况	积光仪计数值 (勒克司)	人工测量值 (勒克司)
5月10日	碧空晴天	300,033	311,021
5月11日	碧空晴天	302,052	319,880
5月12日	白云阴雨天	81,942	78,481
5月13日	多云晴天	324,646	321,625

(上接 331 页)

\* \* \*

以上实验分析虽然是对 GaAs 同质结激光器作出的, 但其方法和某些讨论对其它结构的激光器也适用。

#### 参 考 文 献

[1] *Proc. IEEE*. **52** (1964), 1360—1361.

亮, 不用人去打开电源, 仪器就能自动开始记数和记时, 自动记录一天中所累积的光能、光照时数, 测量瞬时照度。天黑, 仪器又能自动关闭。每天只需晚上记录一次计数器上的计数和半导体钟的光照时数。所以操作十分简单。仪器累积光能数值与用照度计人工记录的叠加值比较见表 1。

#### 3. 准确可靠

由于我们选用了寿命较长、光谱灵敏度在 350—800  $\text{m}\mu\text{V}$  的真空光电管作为接收探头, 所以仪器的光谱响应包括了全部可见光范围, 故仪器的灵敏度较高。又由于我们采用了中性滤光片进行减光, 既满足了光谱范围和太阳光谱相近, 又保证了仪器灵敏度不因强光长期照射而下降太快。由于以上两个原因, 仪器测量结果能够较客观地反映实际情况, 做到准确可靠。

#### 4. 一机多用

仪器既能记录整天的累积光能量和光照时数, 又能测量瞬时照度, 做到一机多用。

#### 5. 成本低

仪器的缺点是光电管光谱响应与太阳光谱成份存在一定的差异, 因此仪器由于太阳光谱成份的改变而带来的误差较大。另外, 由于光电管长期在高光强条件下连续工作, 光电管寿命较短。

光电技术在农业上的应用仅仅是物理学在农业上应用的一个很小方面。物理学在农业上的应用有着广阔的前途, 如激光育种、杀虫、除草, 微波谷物干燥, 微波测量水份, 超声波促进种子发芽, 红外线技术分析品质等都有良好的效果。

#### 参 考 文 献

[1] Mcgruddy, P. J., *Field Sta. Rec. Div. Plant. Ind.*, 7—1 (1968), 13.  
 [2] Brach, E. J., *Laboratory Practice.*, **20** (1971), 320.  
 [3] Smith, G. W., *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, **98** (1972), 855.

[2] *Proc. IEEE*. **53** (1965), 397.  
 [3] *IEEE. J. Quantum Electronics* **QE-1** (1965) 159.  
 [4] *Appl. Optics*. **6** (1967), 1818.  
 [5] 《半导体快报》1964年7月。  
 [6] *Phys. Rev.* **140A** (1965), 2059.  
 [7] *IEEE. J. Quantum Electronics*, **QE-4** (1968), 135.  
 [8] *J. Appl. Phys.* **43** (1972), 2827.  
 [9] *IEEE. J. Quantum. Electronics*, **QE-9** (1973), 267.