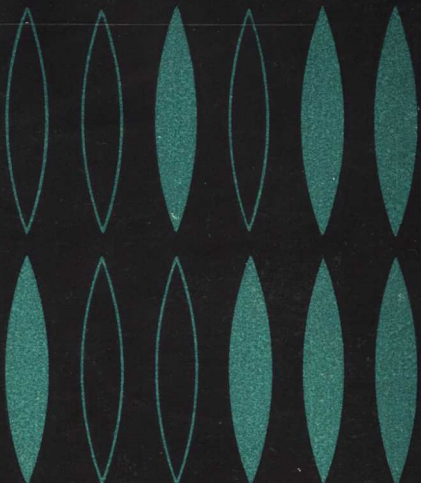


(日)村田吉男等著



作物的光合作用与生态 ——作物生产的理论及应用



上海科学技术出版社

作物的光合作用与生态

——作物生产的理论及应用

〔日〕村田吉男 玖村敦彦 石井龍一 著

吴尧鹏 蒋彭炎 许德海 雷雪琴 译

吴尧鹏 蒋彭炎 校

上海科学技术出版社

作物的光合作用与生态

——作物生产的理论及应用

〔日〕 村田吉男 玖村敦彦 石井龍一 著

吴尧鹏 蒋彭炎 许德海 雷雪琴 译

吴尧鹏 蒋彭炎 校

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路450号)

新华书店上海发行所发行 浙江嘉兴印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 9.5 字数 205,000

1982年3月第1版 1982年3月第1次印刷

印数: 1—5,100

统一书号: 16119·732 定价: (科五)1.10元

前 言

栽培作物的最主要目的是生产粮食、油料和纤维等。为了尽可能高效而稳定地进行农业生产,所需的各种各样知识,是作物学的指导内容。可是,过去的作物学,主要是从形态和个体发育生理方面来掌握作物产量的形成过程,栽培技术的基础也通过这方面去探求。

然而,实际上收获产物的本质大部分为光合产物,这一事实是不言而喻的。所以,产量与光合作用有着不可分割的关系。为了明确产量的形成过程,搞清楚产量的限制因素,有关光合作用和物质生产的知识是不可缺少的。而且,实际上作物是处在耕地这种半自然环境下,不断受到气象、土壤、或生物等复杂因素的影响,构成群体而进行生活的。因此,要了解其生育和产量形成的基本原理,首先必须采取群体的物质生产理论和研究方法,而且有必要在此基础上阐明获得产量的各个过程与光合作用、物质生产的具体联系。所以,阐明光照、温度为主的各种环境因素和栽培条件对光合作用的影响当然需要,关于光合作用机制方面的基本知识也是很必要的。对于这些方面,生态学中群体物质生产理论的开展(门司、佐伯),生物化学中卡尔文循环的阐明,以及近年来 C_4 光合作用的发现等,在这 20 年里,基础理论领域中的成果是惊人的。受这些研究的促进,作物研究者本身对光合作用的研究已获得显著进展,尤其是日本,这方面的成果是值得注意的。

这样,作物学的面貌已焕然一新,这就是说在稻、麦、玉米

为主的各种作物中，综合至今以物质生产为中心所积累的知识，考虑到产量生产力的本质，来论述栽培技术的理论基础。

本书以农业科技工作者、研究人员、大学生以及探求较高技术和知识的农业工作者为对象，通过前述最近作物学的观点，考虑作物生长发育和产量形成的原理以及高产技术的基础，而且试图使其理解。因此，内容有如下较为广泛的组成部分。

首先，在第一章中，根据最近的生态学知识，着重介绍耕地生态系中物质循环和能量之流，搞清楚作物在其中的作用，进一步从其自然生态系进行比较，来描述耕地生态系的特点和动态方向等，以阐明从概括性的眼光来观察作物生产基础。

其次，在第二章中，阐明物质生产的基础光合作用和呼吸作用的意义和机理，及其对环境因素和栽培条件的反应。第三章综合前面两章的知识，阐明耕地中作物群体的物质生产实际情况。第四章进一步接近实际，分别将各种环境因素、栽培条件对作物生育、产量的影响及其原因作了说明。

第五章从某种意义上说是各论。选择了产量形成过程各有其特点的主要6种作物，试图尽量按照实际情况，从理论上说明其生长发育和产量形成的特点，以及在这种基础上的高产技术。

最后，第六章叙述物质生产研究所必要的生物体各种机能以及数量的测定方法，目的是将前述内容进一步从另一角度加深理解，同时还准备为有志于这方面研究的人们作为入门的响导。

本书也可以作为大学的作物学教科书。各种作物除附有学名外，主要术语也尽可能给与解释，而且列出文献和参考

书,便于学习。

近来,随着世界粮食问题的活跃讨论,对作物和农业的关注突然提高了。在此情况下,本书如能对作物生产的实质问题,以及对它的发展稍有贡献,则作者的喜悦将莫过于此矣!

著作代表 村田吉男

1975 年 11 月

目 录

第一章 与自然生态系相比较, 看耕地生态系的

特点(玖村敦彦)..... 1

第一节 生态系物质、能量之流..... 1

1. 生态系及其构成要素 1
2. 有机物及其供应方法 2
3. 独立营养生物中物质、能量的转化和收支 3
4. 从属营养生物中物质、能量的转化和收支 6
5. 生态系中物质、能量之流的过程 7
6. 生态系中物质、能量之流的大小 10
7. 物质循环与能量逸散 14
8. 生态系内各要素的空间分布和物质、能量之流的
空间结构 16
9. 物质循环之环的大小和完整性 19
10. 生态的地位 20

第二节 生态系的稳定性与演替 22

1. 生态系的稳定性 22
2. 生态系的演替 26

第三节 耕地生态系的特点 32

1. 从生态系的一般性质来看它的特点 32
2. 耕地生态系存在的意义 38
3. 耕地生态系物质生产的特点 39

第二章 光合作用: 物质生产的基础(石井龍一)..... 46

第一节 基本的光合作用..... 46

1. 光合作用与呼吸的意义 46
2. 光合作用与呼吸作用的机制 48

第二节 光合作用与各种因素的关系	64
1. 光的强度与光合作用	65
2. 温度与光合作用	68
3. 二氧化碳浓度与光合作用	72
4. 氧浓度与光合作用	74
5. 风速与光合作用	77
6. 土壤水分、叶内水分含量与光合作用	79
7. 叶的无机养分含量与光合作用	82
第三节 光合作用中其他器官的作用	82
1. 光合作用中其他叶的作用	83
2. 光合作用中根的作用	86
3. 光合作用中穗的作用	88
第四节 光合产物的运转与蓄积	89
1. 光合产物的移动途径	90
2. 光合产物的运转形态	91
3. 光合产物的运转机制	92
4. 光合产物的运转方向	94
5. 环境条件对光合产物运转的影响	96
第三章 作物群体在耕地中的光合作用与物质生产(玖村敦彦)	101
第一节 耕地的环境条件	101
1. 耕地上的光	102
2. 耕地上的二氧化碳	105
第二节 作物群体的生产系统	109
1. 作物群体生产系统的构成要素	109
2. 生产系统构成要素的量及其比例	110
3. 生产系统构成要素的空间配置	112
4. 光合系中单叶的光合特性	113
第三节 作物群体的体制与光合作用	114

1. 叶面积指数与物质生产	114
2. 叶的空间配置与物质生产	118
3. 叶的光合特性与物质生产	120
4. C/F 比与物质生产	121
第四节 物质再生产	121
1. 物质再生产的概念及其一般模式	121
2. 生育阶段与物质再生产	124
3. 植物的种类与物质再生产	128
4. 环境因素与物质再生产	132
第五节 生产活动的日变化与季节变化	137
1. 二氧化碳交换的日变化	137
2. 生产活动的季节性变化	139
第四章 作物生产与栽培环境(村田吉男)	157
第一节 作物的生产力	157
1. 作物生产力的意义及其形成	157
2. 产量生产力与环境	160
第二节 栽培时期与作物生产	161
1. 栽培时期变动的必要性	161
2. 长相的变化及其原因	162
3. 种植季节变动的效果与栽培技术	167
第三节 地区与作物生产	169
1. 地区、环境、气象、品种	169
2. 地区、气象条件与稻的产量	169
3. 地区与稻的长相	173
4. 地区与栽培技术	180
第四节 栽植密度、栽植方式与作物生产	182
1. 栽植密度与产量	182
2. 栽植密度对产量效应的分析	185
3. 栽植方式与干物生产、产量	188

4. 栽植密度、栽植方式与栽培技术	190
第五节 施肥与作物生产	191
1. 施肥的原理	191
2. 施肥与产量	197
3. 稻品种的耐肥性	201
4. 环境、栽培条件与施肥	204
第六节 水分管理与作物生产	207
1. 作物与水	207
2. 水分管理与稻的产量	207
第五章 各种作物的光合作用和产量形成	
(村田吉男)	214
第一节 稻	214
1. 稻的起源和特性	214
2. 稻的光合作用特性	215
3. 陆稻的生育和干物质生产、产量	216
第二节 麦类	218
1. 物质生产和生育的特征	218
2. 产量的形成和光合作用	220
3. 环境和栽培技术	224
第三节 玉米	226
1. 物质生产和生育的特征	226
2. 产量的形成和光合作用	228
3. 栽培技术要点	233
第四节 大豆	234
1. 生育和光合作用、干物质生产	234
2. 产量的形成和光合作用	239
3. 高产技术要点	243
第五节 甘薯	244
1. 生育和光合作用、干物质生产	244

2. 产量的形成和光合作用	247
3. 从物质生产看栽培技术	253
第六节 油菜	254
1. 生育和干物质生产的特征	254
2. 莢的光合作用	255
3. 产量形成和光合作用	257
4. 栽培技术要点	257
第六章 作物的光合作用和生态研究中应用的测定方法(石井龍一)	264
1. 生长量的测定方法	264
2. 光合作用、呼吸和蒸腾速度的测定方法	267
3. 生长分析法	272
4. 现有量、净生产量、总生产量的估算法	275
5. 太阳能的利用效率及转换效率的求法	277
6. 群体结构调查法	279
7. 植物体内的因素测定法	282
8. 主要环境因素测定法	286

第一章 与自然生态系相比较， 看耕地生态系的特点

本书的主要课题是阐明作物物质生产的实际情况和规律，并以此为基础分析说明提高作物生产的方法。在论述本题之前，拟将耕地生态系(生态系一词下面将说明)所具有的特点与其他生态系进行比较而加以阐明。因为通过这种比较，对于耕地上作物的物质生产的意义和特点，能获得更深刻的理解。

第一节 生态系物质、能量之流

1. 生态系及其构成要素

地球上分布着广大的蓝色海洋，苍郁的森林，阳光灿烂的草原，绿色的耕地，冰雪裹封的极地，酷热干燥的沙漠，等等，具有多种多样特征的地区和海域，而各种各样的生物就在这些场所进行生活。

现就这些地区、海域的广阔空间构成要素考察一下。它们是由大量的构成要素组成的。这些构成要素，大致可以分成两类。第一类是无机要素，即空气、水、土壤等无机部分；第二类是有机要素，即各种植物、动物及其遗体或者由其产生的有机物质。

观察一个地区、海域的广阔空间时，可以发现其中所含有的各种构成要素之间存在着种种相互关系。此种相互关系的

具体内容以后再详细论述。不管怎样，各构成要素都通过此种相互关系而彼此结合。而且，这些相互关系并不是各自分散，而是统一在一个总体之中。

综上所述，具有特殊景观的地区、海域的一个广阔空间，是由多种多样的有机和无机要素构成的，而且全部组成一个统一体，亦即形成“系”，所以称为生态系。

2. 有机物及其供应方法

如前所述，构成生态系的各要素之间，存在着各式各样的相互关系。这些相互关系之中，最重要的是物质、能量授受的关系。为了理解这种关系，必须明确各种生物群体营养上的特性。所以首先就这个问题加以叙述。

对于任何生物来说，它为了生存必定需要有机物。这是因为如下所述，对生物来说，有机物应该有其必要的用途。

用作生物体构成的材料 从化学上看，生物体的构成成分是多多种多样的。植物中纤维素、木质素、蛋白质等占很大的比例。反之，动物体以蛋白质为主要成分，脂肪也不少。所以，生物体除了水分外，大部分由各种有机化合物构成。因此，生物的存在，生物的生长，作为生物体构成材料的有机物是不可缺少的。

用作能量来源 生物生存中所进行的各种作用，例如物质的吸收和输送、生物合成、运动等均需要能量。在此种情况下，一般生物将具有的部分有机物质氧化、分解，释放出其中贮藏的化学能而加以利用。氧化、分解有机物，将其转化为容易使用的其他化学能（三磷酸腺嘌呤能量等）的过程，就是呼吸作用。生物为了维持其生命，完成其生长、繁殖等生命活动，必须不断通过呼吸分解有机物质。

如上所述，有机物一是作为构成生物体的材料应用，二是

作为使其进行运转的燃料应用。

生物供应有机物的方法有两种。其一是以无机物为素材，由生物本身的能力制造有机物。另一是通过各种途径获得其他生物具有的有机物而加以利用。应用哪种方法获得有机物，决定于不同的生物种类。通过本身的能力从无机物制造有机物的方法称为独立营养，而利用其他生物具有的有机物的方法称为从属营养。

3. 独立营养生物中物质、能量的转化和收支

在自然界中，进行独立营养的生物，实际上只有绿色植物。绿色植物种类很多，在陆地上的生态系中为大型的高等植物，在水中，以称为浮游植物的小型藻类为主。

(1) 绿色植物的物质代谢(物质交换)

绿色植物体内不断进行着各种各样的物质代谢，这些代谢中，从生态系的物质、能量之流来看，重要的有以下三个方面。

第一是光合作用。这种作用将在第二章详细论述，这里从略。重要的问题是，生物通过光合作用将水和二氧化碳这类无机物质制成碳水化合物这类有机物质。

第二是以光合产物等作为素材，合成生物体构成物质。

纤维素、戊聚糖、木质素等细胞壁物质只能从光合产物合成。大量贮藏在种子、块根、块茎中的淀粉亦是如此。构成蛋白质、核酸等生命活动的直接承担物质，其合成的主要原料，仍然是由光合作用产生的有机物质，不过在此情况下，除了光合产物之外，含有氨、硝酸、磷酸、硫酸等的无机营养盐类也是必不可少的。从无机态氮合成蛋白质这种有机态氮化合物的作用，称为氮同化作用。

第三是呼吸作用。在呼吸作用中，有机物(多数是碳水化

合物)氧化、分解,最后变为水和二氧化碳等无机物质,也就是说,发生与光合作用恰好相反的物质变化。

上述物质代谢还伴随着绿色植物与生态系的无机要素之间的物质交换。光合作用的素材二氧化碳,陆地植物是通过叶的表面从大气中摄取的,水生植物则由体表摄取溶于水中的二氧化碳而加以利用。与二氧化碳相等的另一种素材水,高等植物是通过根部从土壤中获取的,水生植物则当然从体表摄入。

另一方面,由呼吸产生的二氧化碳和水,与上述相反,是植物体归还给生态系的无机构成要素——大气和水分。

应用于生物体构成物质合成的无机营养盐类,也是通过根及体表从土壤、水等生态系无机构成要素中摄取入体内的。

(2) 绿色植物有机物质的收支

试考察一下绿色植物体具有的有机物质在一定时期中的收支关系。下述的物质收支关系,对于个体,特定物种的群体,以及存在于生态系中绿色植物的总体,不论何者,均可以大致作同样考察。

光合作用制造出来的有机物质总量称为总生产量。由总生产量扣除因呼吸而分解、消耗的有机物质数量后,称为净生产量,即:

$$[\text{总生产量}] - [\text{呼吸量}] = [\text{净生产量}] \cdots \cdots (1)$$

除了呼吸之外有机物没有损失时,植物按照相当于此净生产量之数值,增加其有机物数量。简言之,植物体的重量(干物重)增加了。在充分抑制害虫的生育初期,在作物群体的干物增长等情况下,这一关系是成立的。不过,一般有机物有下面两类损失。其一是枯死、脱落引起的损失部分,就个体来说,衰老的叶片和枝条枯死、脱落就属于此类。就植物群体

的有机物保有量来看,除前述损失外,还有作为枯死株而损失的部分。

另一类损失是由于植食性动物的取食。在陆地上,绿色植物为食草兽类及植食性昆虫食害。在水中,浮游植物为浮游动物所取食。

所以,绿色植物所保有的有机物质增加量,一般可用下式来表示。

$$\begin{aligned} &[\text{有机物增加量}] = \\ &\frac{[\text{总生产量}] - [\text{呼吸量}] - [\text{枯死量}] - [\text{被食量}] \cdots \cdots (2)}{[\text{净生产量}]} \end{aligned}$$

在某一特定时间、某一区域内存在的生物体数量称为现存量,现存量常以生物体的干重来表示,故式(2)可以说是表示现存量的变化。

(3) 绿色植物中能量的转化和收支

与上面所述的物质方面之变化相对应,能量方面也会发生变化。

光合作用中需要有辐射能,在自然条件下,用作光合作用能源的辐射能,就是太阳放射,即日辐射。只是,从太阳送来的日辐射能并非全部都利用于光合作用。投射的日辐射能量之中,有一定部分未碰到植物体而通过去了,如刚移栽后的水田,水稻体未充分覆盖田面时,就是此种状态,能量损失很大。

照射在植物体的日辐射之中,有一部分因反射而损失,一部分则通过植物体。只有既不反射又不透过的部分才为植物的组织所吸收。

为植物所吸收的大部分日辐射,被转化为热能,而热能不能应用于光合作用,故不久即通过传导等逸散于植物四周的环境中。为植物组织所吸收的日辐射,只有极小一部分应用

于光合作用而转化为化学能,贮藏在有机物质中。

有机物质通过呼吸而分解时,释放出贮藏在其中的化学能,这种化学能被用于各种生理作用中。不过,最后这些化学能也转化为热能而逸散在环境中。

绿色植物的枯死部分,仍然包含着化学能。为植食性动物取食的部分也一样。这些部分如后所述,成为从属营养生物的能量源泉。

4. 从属营养生物中物质、能量的转化和收支

(1) 从属营养生物的种类

从属营养生物的种类极多。它们或者利用活的有机物,或者利用死的有机物,因而可以分为两大群。

生食者 摄取活的生物体或者其一部分,利用其所含的有机物营生。除了若干例外,哺乳类、鸟类、鱼类等大量动物均属于此群。此群还可以再分为取食植物的植食者和取食动物的肉食者两群。

腐食者 利用动植物遗体的有机物营生。真菌类、细菌类为其代表。

(2) 物质代谢

动物所摄取的其他生物的一部分,未经消化吸收而仍然作为粪便排泄出去。另一部分则为消化器官所吸收,改造为该动物固有的有机物质。这种现象称为同化。另一方面,动物只要活着,也要通过呼吸作用而进行有机物的分解和消耗。通过有机物的分解,将其中所含的大量元素矿化,变为二氧化碳、水及无机盐类等。但也有一部分成为尿素、尿酸一类有机物质。这些有机物质,通过呼气或尿而排向环境。

真菌、细菌类,释放出酶于体外,通过酶的作用使有机物变为可溶态,由体表将其吸收,以此等方法吸取养分而将其同