

沈允钢 学术文选

沈允钢◎著



科学出版社
www.sciencep.com

沈 允 钢 学 术 文 选

沈允钢 著

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书是一本学术论文集,其内容是作者 60 年来从事植物生理科研和教育,主要为从事光合作用研究所撰写的 300 多篇学术文章中选择的 112 篇有代表性文稿,基本能反映作者各时期及各方面的工作和观点,并在所选文章的前面附加说明解释其背景和特点。

本书可供与光合作用机理、生理及其应用研究有关的植物生理、农业等科教人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

沈允钢学术文选/沈允钢著. —北京:科学出版社,2010

ISBN 978-7-03-027624-7

I. 沈… II. ①沈… III. ①植物生理学-文集②光合作用-文集
IV. Q945-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 089888 号

责任编辑:王 静 罗 静/责任校对:钟 洋

责任印制:钱玉芬/封面设计:无极书装

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010 年 6 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2010 年 6 月第一次印刷 印张:54 1/2 插页:7

印数:1—1 000 字数:1 277 000

定价:198.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

——学术生涯简述——

浙江省科技馆来函要我提供学术著作文集,这促使我整理一下从事科研工作的历程。

我的学术生涯可从1946年2月考入浙江省杭州高级中学插班读高二下学期谈起。在此以前,由于战乱,生活不安定,念书的学校也常变动(包括杭州德胜桥小学、上海文化小学、上海肇光中学、上海华童公学、杭州中学、杭州安定中学),我未曾能认真学习。杭州高级中学校风优良、老师好,在一年半的学校生活中,我从班中较差的学生逐渐达到中等水平。毕业时投考浙江大学、北京大学等六所高校,均被录取。由于我对化学兴趣较浓,热爱杭州的青山绿水,又考虑到毕业后较易自立谋生,最后我选择了浙江大学农业化学系。在大学四年里,学习了数、理、化、地、生、农、工、文的一些课程,其中化学读得较多,包括和化学系学生共读的:无机化学、有机化学、定性分析化学、定量分析化学、物理化学;还有结合农业化学专业读的:土壤化学、胶体化学和生物化学。浙江大学的学术气氛很浓厚,我听过王淦昌先生关于宇宙线的报告和仲崇信先生介绍一些生态学的常识。此外,还参加过求是科学社的一些活动。1951年夏毕业时,新中国已成立,统一分配到中国科学院设在上海的实验生物研究所的植物生理室工作。我在学校中所学的知识,基本上都有用。

1952年夏,植物生理室接受任务,到江苏北部沿海调研筹建防风林。由室主任罗宗洛先生带领,有五人左右参加,我也是其中之一。我学过的土壤知识可在实践中应用,而我没有学过植物分类,对当地生长的树木不认识,只得边干边学一些。

1952秋,植物生理室分出独立成所,邀请了全国知名科学家来讨论发展方向。明确要开展光合作用研究,但当时缺乏条件,先成立生化组,由殷宏章先生领导,我被分派在生化组中。

1953年1月起,我在生化组中跟随殷先生工作,开始研究小麦、水稻籽粒成熟过程中淀粉合成和水解有关酶活力的变化。我对籽粒积累淀粉阶段测得有显著的水解淀粉酶活力感到奇怪,殷先生就说这是离体实验,体内的情况要复杂得多。在学术讨论中,殷先生和我们不仅分析实验中遇到的问题,他还和我们谈到结合科研的学习和在学校中上课时的学习不同之处。此外,他还介绍一些国外光合作用研究的概况。那时正是卡尔文(M. Calvin)等对光合碳同化的途径已大体阐明,阿农(D. Arnon)等刚发现了离体叶绿体可进行光合磷酸化反应。1955年夏,殷先生还要我和同事到江苏望亭农业试验站取样测定水稻开花后籽粒中干物质积累分配的情况。通过这一工作,我了解到籽粒中三分之二以上的干物质是通过开花后光合作用形成的,如能提高最迫切需要光合产物供应的灌浆期的光合作用即可获得增产效果,因而对研究光合作用的兴趣就显著提高了。

1956年秋,我和国内十一二人被派去参加苏联科学院生物物理研究所举办的“放射

性同位素在生物科学中示踪应用”的培训班三个月。回国后,就和刚到我们所工作的沈巩琳一起建立实验室,应用放射性同位素示踪研究光合作用同化 $^{14}\text{CO}_2$ 后形成的产物在水稻等作物中转变和运输的情况;同时也利用放射性同位素研究了水稻籽粒成熟和发芽过程中的淀粉水解及其产物在体内转化、运输的特点。由于应用了放射性同位素示踪,这些工作进展较好。1959年冬,中国科学院派遣我和我国一些物理专家、化学专家赴苏联考察放射性同位素制备和应用的情况一个月。

1958年9月,所里派我和其他几位同志一起到河南西平蹲点了解小麦高产经验。通过在农村大半年的调研,我对农业生产增添了不少体会,并且和同事一起发表了一些有关小麦密植和深耕等问题的文章。

1959年秋,中国科学院提出要重视开展基础研究。殷先生召集我们讨论,决定大家分工合作从测定光合磷酸化的量子需要量入手。我因这问题既是光合作用的重要基础研究,又和农业生产实践的光能利用效率有关,所以积极赞成。我和沈巩琳负责设法制备性能良好的叶绿体和用放射性同位素 ^{32}P 测定光合磷酸化活性。经过近一年的努力,得到了较好的结果。恰巧这时在苏联莫斯科召开第五届国际生化会议,殷先生就将这结果带到会上去交流,获得好评并且认识了国外相关科学家。

通过光合磷酸化量子需要量的测定,我们接触到了不少值得进一步探讨的问题。我就承担研究在工作中所遇到的光合磷酸化在弱光下效率不成比例地下降的原因。在实验中我测得了光合磷酸化中间高能态,并研究了它的稳定性。这结果在1962年发表后,1963年美国的贾根道夫(A. Jagendorf)实验室也发表了类似结果。他们以后继续研究中间高能态的性质,证明这就是米切尔(P. Mitchell)在1960年提出的化学渗透假说中的跨膜质子梯度,这是此假说得到的第一个实验支持。此后人们从各方面进行研究,获得了多方面证据,使这假说成为光合磷酸化和氧化磷酸化能量转换的重要理论。因此米切尔在1978年获得了诺贝尔化学奖。由于贾根道夫在发表论文中谈及中间高能态的发现时提及了我们的工作,因此国际上也知道了我们这方面的研究。

从1959年秋到1965年夏,我们对光合磷酸化进行了多方面研究,接连发表了十几篇论文,包括对不同类型光合磷酸化的机理进行多方面的比较及对中间高能态的性质探讨等。实验表明,它可能存在不同状态,其中只有一部分直接参与反应。这与我们以后注意到它在生理状态下常常存在区域化现象有关。在这段时期,我们还将研究的领域联系并扩展到光合机构中两种光系统的特性和光合作用演化等问题。此外,我们更努力摸索一些技术,如改良半叶法,希望能到农田里测定作物的光合作用。

1965年秋至1966年秋,我和所里的部分人员被派到上海崇明搞“四清”工作,这使我对崇明农业生产情况有所了解。在文化大革命期间,自从提出“抓革命、促生产”号召后,我常做些应用性研究,在夏天则到崇明去调研早玉米和棉花间作的光能利用特点。

1974年冬,中国科学院组织我和其他七位人员去考察美国的光合作用研究一个月,这使我对美国光合作用研究的实际情况增添了了解并且认识了有关科学家,包括卡尔文、阿农、贾根道夫、高汶奇(Govindjee)和葛培根(Bacon Ke)等。

1978年,科学的春天到来。我们恢复了光合作用基础研究,并且开始招收研究生。我们的工作虽然仍以光合磷酸化为基础,但重点逐渐扩展为探讨光合机构的运转和调节,

并且努力将它和实践应用联系起来。1980年所里派我到日本进行光合作用研究的交流活动一个多月,这也许与日本在《蛋白质、核酸、酵素》期刊上刊登文章认为我们发现光合磷酸化中间高能态的研究是20世纪60年代光合磷酸化最重要的两篇论文之一有关。1986年,我去比利时参加第七届国际光合作用会议,英国科学家霍尔(D. Hall)教授来和我洽谈,希望我能参加他所主持承担的联合国环境规划署的科研项目《热带草地生态系统的生物生产力和光合作用》。我答应承担此项目中国区域中心的工作,我们和中国林业科学研究院设在浙江富阳的亚热带林业研究所合作探讨毛竹的生物生产力和光合作用。这样,从20世纪80年代开始至90年代初,虽然我不得已在这期间担任了十年所长的职务,可是我尽可能安排每天上午能做实验,从事学术活动。我们的工作既在继续深入研究腺三磷合酶的动态结构功能和类囊体膜上两种光系统间能量转换的调控机理,又逐渐延伸到光合生理和生态问题的探讨。我们的国际交流活动也显著增加,我出访过英、法、德、瑞典、比利时、匈牙利、波兰、俄国、乌克兰、美国、墨西哥、肯尼亚、澳大利亚、泰国、马来西亚、新加坡、日本、印度等国。1985年,我们在上海举办了“第二届亚太地区植物生理学研讨会”。1988年,我们在上海召开了“光合作用效率与调节学术研讨会”,有20多位国外科学家来参加。

由于承担了联合国环境规划署的项目,我们在国际上也是较早地获得了当时刚出现的可携带到野外测定植物光合作用的仪器设备,这有助于我们对植物在自然条件下将光合作用机理和生理较好地联系起来进行较深入的探讨。因此,我于1989年应邀在第八届国际光合作用会议上作专题报告时,题目就是《在自然中限制光合作用的一些因素》,将光合作用机理和生理研究结合起来讨论。内容分三部分:一为光合磷酸化可成为光合作用的限速步骤,这是我们将能量转换机理联系到光合作用的运转过程的研究中发现的;二为利用可携带到田间的仪器分析许多三碳植物的光合作用在晴天常会发生中午下降的原因;三为探讨青藏高原上光合作用的一些特点,研究日照长、温差大、气压低与小麦光合作用的关系。

1994年,我应邀为国际 *Photosynthesis Research*《光合作用研究》的期刊撰写了我的学术生涯简述,题为 *Dynamic Approaches to the Mechanism of Photosynthesis* (光合作用机理的动态探讨),内容简述了我们光合作用研究的思路 and 主要进展。1994年10月至12月,我到澳大利亚安德逊(Jam M. Anderson)实验室合作研究三个月。由于专业接近,发现了合适的研究问题,相当顺利地完 成论文一篇。看来,1994年可以说是我进入老年的学术生涯中很特殊的一个时期。因为在这一年中,我不仅较系统地回顾了一下从事光合作用研究的历程,而且还重新经历了一次三、四十年前的科研生活:从自己发现需研究的问题开始,经过设计探索方案、进行实验观察、分析整理资料,并且撰写成论文的过程。

如今我已年逾八十,但仍在力所能及地考虑一些光合作用问题。想得特别多的是如何将光合磷酸化研究和促进光合作用为生产实践服务联系起来。我们过去的工作已了解到植物的光合作用速率常常因受到光合磷酸化产物——腺三磷(ATP)的供应不足而受到限制。我们探讨了多种增加腺三磷供应的途径,其中以喷施低浓度亚硫酸盐可促进循环光合磷酸化而提高光合速率是很重要的一个方面,因为这既切实可行而又是和植物生命科学密切相关的工作,值得努力推广。近几年来,我们发现喷施低浓度亚硫酸盐不能

促进李振声先生通过远缘杂交而育成的小偃系列小麦的光合作用。进一步研究表明,小偃系列小麦的内源循环光合磷酸化活性较高。这使我们认识到通过特殊育种也可改善腺三磷的供应而促进光合作用。它与喷施低浓度亚硫酸盐的途径各有所长,值得我们深入探讨。

回顾我的学术生涯,自以为还算努力,但机遇不少。首先是能从事科研,这是我原本想不到的,我能够跟随殷宏章先生这样循循善诱的导师工作更是幸运。在科研中,发现光合磷酸化的高能态而受到重视更是与许多偶然的机遇联系在一起。另一方面,我爱好自然,喜欢探索的个性也对我的学术生涯有重要影响。我曾去河南西平和上海崇明的农村蹲点工作,使我对农业增添了了解和重视。此外,承担联合国环境规划署的科研项目,也促进我更注意生态和环境问题。这样的经历导致我对光合作用研究既重视理论和应用的联系,又注意将微观和宏观结合起来,因而研究内容涉及分子、细胞器、细胞、器官、整株和群体,并且从光合作用原初反应、能量转换、碳同化、生理且扩展到生态等各个重要领域。因此,这论文选集不得不尽量照顾到许多方面,只能扼要选择一些自以为在各阶段和各方面有代表性的文章了。希望各位看后能将宝贵意见告诉我,有助于我在今后的余生中尽可能改进。

沈允钢

目 录

前言

水稻开花后干物质的累积和运转·····	1
β -淀粉酶对磷酸化酶的“抑制作用”·····	17
水稻成熟期各叶间及分蘖间同化物的运转·····	22
成熟期及发芽期籽粒中麦芽糖的转化·····	28
小麦田的群体结构与光能利用·····	38
光合磷酸化的量子需要量·····	57
光合磷酸化的研究: II. 光合磷酸化的“光强效应”及中间产物·····	67
植物叶片光合产物输出动态的研究·····	77
小麦干物质积累过程与产量形成问题讨论·····	86
光合作用机制的比较研究: I. 栅列藻在不同波长光下的光还原作用·····	91
光合磷酸化的研究: VII. 关于光下积聚高能中间产物性质的探讨·····	96
Studies on Photophosphorylation: VIII. Quenching of Chloroplast Fluorescence in the Presence of Different Photophosphorylation Systems·····	113
光合磷酸化的研究: XIV. 甘薯(<i>Ipomoea batatas</i>)叶细胞制剂的内源循环光合磷酸化作用·····	116
光合磷酸化的研究: XVI. 甘薯叶细胞制剂光合磷酸化的作用光谱及双光增益效应·····	120
光合磷酸化·····	130
大田光合作用测定法(干重法)的改进·····	138
光合磷酸化偶联机制研究——氯化铵对光合磷酸化的促进作用·····	141
光系统 II 颗粒的毫秒延迟荧光的研究·····	150
探讨运转着的光合机构·····	155
改进干重法测定光合作用的应用研究·····	179
光合磷酸化偶联机制研究: II. 金霉素对光合磷酸化促进作用的研究·····	186
提高作物光合效率问题·····	196
开展太阳能生物利用的调研·····	205
改良干重法破坏韧皮部对叶片光合作用影响的初步研究·····	207
叶绿体希尔反应和 P/O 比值的氧电极测定法探讨·····	210
叶绿体毫秒级延迟发光的快相变化与水氧化时质子释放的关系的研究·····	214
多元酸和腺核苷酸对电子传递及光合磷酸化的共同作用·····	222
The Dynamics of Millisecond Delayed Light Emission and Its Relation with Photophosphorylation·····	237

The Physiological Approach to the Mechanism of Photophosphorylation	242
亚硫酸氢钠对光合机构及其运转的影响.....	249
田间小麦叶片光合作用“午睡”现象的研究: II. 喷雾对小麦光合作用与籽粒产量的影响.....	259
光合磷酸化与光合作用的调节.....	265
Coupling Efficiency and Its Regulation	271
The Relationship Between the Function of The Coupling Factor and Its Combination with the Thylakoid	282
类囊体的收缩变化与质子运转关系的研究.....	286
C ₃ 植物光合效率的日变化	291
植物生理与城郊农村经济发展.....	297
膜电位在类囊体膨胀收缩变化中的作用.....	299
不可忽视农业基础和应用基础研究.....	306
Some Factors Limiting Photosynthesis in Nature	308
Relationship between Dynamics of Thylakoid Membrane and Energy Transduction	316
植物生理学发展前景研讨.....	321
Studies on the Photosynthesis of Bamboo	326
雨天对菠菜光合效率的影响.....	332
明天人们怎样种庄稼.....	336
葛培根教授著《光合作用》一书简介.....	338
Dynamic Approaches to the Mechanism of Photosynthesis	340
质子动力势各组成部分与光合作用的关系.....	355
迎接未来的植物生理学.....	360
芦苇(<i>Phragmites communis</i> Trin.)生物生产力及其对大气 CO ₂ 加浓的响应	366
几种常绿植物光合特性的季节变化.....	371
植物生理学与都市农业.....	378
不同小麦种光合作用对光、温、CO ₂ 及水分胁迫的反应	381
叶绿体 <i>atpE</i> 基因表达产物的生化特性	387
不同温度下叶绿体毫秒延迟发光和质子区域化的关系.....	395
Photoinactivation of Photosystem II by Cumulative Exposure to Short Light Pulses During the Induction Period of Photosynthesis	403
甜菜碱对 PS II 放氧中心结构的选择性保护	416
覆盖栽培中的光合作用问题.....	420
菠菜类囊体中的作用光关闭后荧光短时上升.....	422
TCA 法去除放氧外周蛋白对 PS II 放氧侧的影响	427
珊瑚树叶片叶绿素荧光非光化学猝灭的日变化和季节变化.....	432
温度影响集胞蓝藻 PCC 6803 叶绿素荧光在作用光关闭后短期上升的机制探讨	440

Diurnal Variations in the Photosynthetic Efficiency in Plants	444
小麦叶片状态转换和光合作用的光抑制的关系	451
质醌参与脓青素催化的 PSI 循环电子传递	455
Trichloroacetate Affects the Redox Active Tyrosine 160 of the D2 Polypeptide of the Photosystem II Core	461
Both Spillover and Light Absorption Cross-Section Changes are Involved in the Regulation of Excitation Energy Distribution Between the Two Photosystems During State Transitions in Wheat Leaf	470
Studies on the Relation Between the Fast Phase of Millisecond Delayed Light Emission and the Proton Released from Oxidation of Water in Spinach Chloroplast	483
Energy Transduction in Leaves Studied by Millisecond Delayed Light Emission ...	491
光合机构的调节和运转	496
昼夜温差对小麦生长特性的影响	501
甜菜碱稳定 PSII 放氧中心外周多肽机理	508
光合作用研究的新纪元	515
光合作用在世纪之交的研究动向	520
未来农业与可持续发展战略	524
青海高原及上海平原地区植物叶片光合作用的光抑制	528
Light Stress: Photoinhibition of Photosynthesis in Plants Under Natural Conditions	539
突变的叶绿体 ATP 合成酶 ϵ 亚基对菠菜叶绿体毫秒延迟发光的影响	558
光合作用研究与经济和社会的可持续发展	564
光合作用与覆盖栽培的环境调控问题	568
Enhancement of Photophosphorylation and Photosynthesis in Rice by Low Concentrations of NaHSO_3 under Field Conditions	571
二十一世纪的绿色植物产业展望	579
叶绿体 ATP 合酶 CF_1 与 CF_0 亚基间的相互作用	589
Effects of Sequential Deletions of Residues from the N- or C-Terminus on the Functions of ϵ Subunit of the Chloroplast ATP Synthase	597
Photosynthetic Efficiency and Crop Yield	613
试论如何进入生命科学科研之门	634
怀念殷宏章先生	636
How Bisulfite Enhances Photosynthesis	642
小麦杂交后代的光合作用	652
Difference in Response of Photosynthesis to Bisulfite Between Two Wheat Genotypes	659
胡萝卜光自养型愈伤组织的诱导培养及其光合特性	668
大豆叶片状态转换过程中跨膜质子动力势的变化	675

Photosynthesis Research in the People's Republic of China	682
叶绿体 ATP 合酶 ϵ 亚基缺失突变对叶绿体的毫秒延迟发快相强度及其 ATP 合成能力的影响	694
光合磷酸化	702
在国家长期科技发展规划战略研究院士咨询座谈会中的发言	715
植物生命科学发展趋势	717
Promotive Effect of Low Concentrations of NaHSO_3 on Photophosphorylation and Photosynthesis in Phosphoenolpyruvate Carboxylase Transgenic Rice Leaves ...	724
Salt-induced Redox-independent Phosphorylation of Light Harvesting Chlorophyll a/b Proteins in <i>Dunaliella salina</i> Thylakoid Membranes	737
External and Internal Factors Responsible for Midday Depression of Photosynthesis	747
植物光合机构的状态转换	765
光合作用	772
烟草叶绿体 NAD(P)H 脱氢酶在抵御高温胁迫中的作用	774
怀念朱祖祥先生的教育与熏陶	786
浅谈 Taiz 和 Zeiger 合编《植物生理学》中的光合作用论述	787
不同基因型小麦及其优选杂交后代的光合作用特性	791
植物生命活动与人类健康	800
殷宏章先生的光合作用研究历程	811
小偃 54 和京 411 及其杂交后代稳定优选株系光合特性的动态变化	814
读石声汉先生的《植物生理学》(1952 版)有感	825
循环光合磷酸化和光合作用	830
加强植物生命科学研究 推进现代农业发展进程	836
沈允钢历年撰写文章目录	840
著作及简介	852
传略	854
后记	862

这是我跟随殷宏章先生工作不久，他为了让我认识光合作用对农业生产的重要性、提高对研究光合作用的兴趣而要我去做实验的。虽然当时没有多少仪器设备，主要是靠称量水稻开花后各部分的干重变化而获得数据。通过这一实验，我深深体会到灌浆初期的光合作用对增产具有重要贡献，从而树立了从事光合作用研究的决心。

本文原载：植物学报，1956，5（2）：177-194

水稻开花后干物质的累积和运转*

殷宏章 沈允钢 陈 因 余志新 李娉嫦

（中国科学院上海植物生理研究所）

Accumulation and Redistribution of Dry Matter in Rice After Flowering

Yin Hong-Chang, Shen Yun-Kang, Chen Yin, Yu Chih-Hsin and Li Rin-Chang
(Institute of Plant Physiology, Academia Sinica)

Abstract The accumulation and redistribution of dry matter in 11 varieties of rice from the time of flowering to harvest were studied. The dry weights of the ear and the internodes were compared in both normal and treated plants—partially or wholly defoliated or with half of spikelets removed at the time of flowering. The main results can be summarized as follows.

In all the varieties there was a great increase in the dry weight of the ear from flowering to maturation. Generally about 1/4 to 1/3 of the increase was found to come from the reserve substances of leaves and stem. Since translocation from root and between the tillers was probably negligible, the great majority of dry substance (2/3-3/4) of the ear must come from concurrent photosynthesis. The magnitude of the post-flowering photosynthesis differed greatly in the different varieties, as well as under different conditions of cultivation.

The loss of dry weight in the stem after flowering was different among the varieties. Some actually showed a net gain. But in general the loss was around 20%-30% of the stem weight. This loss was not equally borne between the internodes. The lowest (oldest) internodes lost the most, amounting sometimes to 1/2 of the original weights. This phenomenon was shown to be coincident with the tendency to lodge.

The loss from the stem showed a definite time course. It was most rapid up to the time of milk-ripe stage. The stem weight remains low till wax-ripe when it recovered slightly and gradually went down

* 1956年4月10日收到。

again. The time sequence fitted well with the changing activities of the ear. Early experiments showed that respiration, enzymic activities and the accumulation of dry matter in the ear were highest in the milk-ripe stage. This correlation indicated an active transport during that period toward the ripening ear.

The plants defoliated at the time of flowering yielded a smaller final total weight (ear+stem) than the intact plants (less 22%-36%), showing that the leaves were the chief assimilating organ, and their removal invariably reduced the yield. But as the total weight of the defoliated plants did show in general an increase after flowering, the stem and ear were not completely inactive in photosynthesis. The amount assimilated was, however, small in comparison with the leaves and varied with the different varieties and different conditions. In some instances, the total weight actually decreased, indicating that assimilation here could not balance the loss by respiration.

The loss from the stems of the defoliated plants was always larger than that of the intact plants and was the larger the more the leaves were removed. The result showed that there are substances in the stem which are not normally used in seed development but are drawn upon when the normal supply becomes insufficient such as induced by defoliation. The amount drawn, however, could never make up the normal contribution from the leaves.

Preliminary analyses were made on one variety to ascertain the nature of the substances drawn from the stem to the ear. It was found that from the time of flowering to full-ripe, about 1/2 of the proteinous material and all of the starch and soluble sugars disappeared from the stem in both intact and defoliated plants. Cellulosic material was usually only slightly used but when the plants were defoliated, the cellulosic materials of the lower internodes decreased greatly. Apparently these substances are not normally called upon for seed development but are drawn when the supply is inadequate. It also explains the weakness of the lower internodes and the tendency to lodge.

Removing the lower leaves and the keeping the flag leaf intact resulted in a slight decrease in the final total weight, whereas the removal of the flag leaf alone produced no observable effect. The loss in the final total weight resulted from complete defoliation was larger than the sum of the losses resulting from the separate removals of the upper and of the lower leaves. This finding indicated that there exists a compensatory mechanism between the leaves so that the removal of one leaf will enhance the assimilatory activity of the remaining ones. This interesting phenomenon is being further investigated.

Another effect of defoliation was the decrease in the percentage of "full grains". Removal of part of the spikelets of the ear resulted in a higher percentage of "full grains". Apparently one of the causes of empty and partially filled grains was the insufficient material supply from the leaves.

The results were discussed in connection with the compensation of assimilatory activities among the leaves, the dominance of the ear over the material supply of the plant, and the location, time course and nature of the material transported from stem in relation to ear development and lodging.

一、引言

在谷类作物的生长发育过程中,最直接关联着我们收获的是它开花后籽粒形成期间的生理变化。这时候植株体内干物质的累积速度和分布情况,都必然影响收获量。因此,如何去调节营养生长和生殖生长,如何才能保证养分大量地集中到果实中去,是一个非常重要的问题。李森科院士(Т. Д. ЛЫСЕНКО)等^[1]对于棉花整枝的研究是这方面工作的范例,并且在农业生产上已起了巨大的作用。杜曼诺夫通讯院士

(И. И. Туманов)^[2]详细地研究了结实器官形成后对母体植物的生理影响,指出了植物内存在着以一些部分控制、支配另一些部分的作用来保证植物体内生理的统一,使我们对植物体内各部分的相互联系有了进一步的了解。其他还有许多学者对于小麦、大麦、棉花等开花后各器官的光合作用能力及彼此间干物质的运转,亦做过不少很有意义的研究^[3,4,5,6,7]。其中巴列叶夫 (А. М. Палеев)^[5]的工作,更证明黑麦等开花后茎中纤维素、木质素等所谓“结构”物质亦有很大一部分分解而运到穗中去,使我们对于植物体内物质的活动性增加了新的看法。

水稻是我国最主要而又是高产的谷类作物。一般对于它开花后的物质累积和运转生理研究得很少。本文的目的,主要就是借简单的称重方法来对水稻开花后的物质累积及运转的规律作一些初步探讨。

二、实验材料及方法

(一) 材料

我们实验中采用的材料包括中粳稻四种,晚粳稻五种,中籼稻一种,晚籼稻一种。关于实验材料的来源及栽培情况列于表1。

表1 实验中采用水稻材料的来源*及栽培情况

编号**	品 种	盛花期	收获期	产量 (市斤/亩)	材料来源及栽培情况
1	四一二	9月4日	10月19日	780	江苏省望亭农业试验站,中粳品种比较试验 5月20日播种,6月17日插秧 基肥 草河泥80担/亩 堆肥10担/亩 追肥 7月23日豆饼30斤/亩 8月14日硫酸铵80斤/亩 行株距5×6寸
2	望亭晚洋稻	9月4日	10月19日	748	
3	一粒芒	9月5日	10月19日	773	
4	矮箕晚洋稻	9月4日	10月19日	770	
5	中 四一二	9月4日	10月21日	680	江苏省望亭农业试验站,大田栽培 5月16日播种 6月18日插秧 基肥 草河泥100担/亩 硫酸铵5斤/亩 追肥 7月23日豆饼30斤/亩 8月24日 硫酸铵6斤/亩 行株距5×6寸
6	望亭芦花白	9月13日	11月1日	798	江苏省望亭农业试验站,晚粳品种比较试验 5月25日播种,6月26日插秧 基肥 草河泥80担/亩 堆肥20担/亩 追肥 6月30日硫酸铵5斤/亩 8月15日硫酸铵8斤/亩 行株距5×6寸
7	八五三	9月13日	11月1日	838	
8	二六一	9月13日	11月1日	820	
9	晚 老来青	9月13日	11月1日	762	
10	中 长箕铁杆青	9月13日	10月26日	780	上海市效西区七宝南乡友谊农业生产合作社大田栽培 4月16日播种 5月11日插秧 行株距5×6寸 基肥 牛骨粉80斤/亩 追肥 6月3日硫酸铵5.5斤/亩 7月26日 豆饼5.5斤/亩

续表

编号**	品 种	盛花期	收获期	产量 (市斤/亩)	材料来源及栽培情况
11	中 粳 胜利粳	8月18日	9月16日	610	本所龙华农场大田栽培 5月12日布种 6月20—22日插秧 基肥 牛粪1500斤/亩 追肥 8月3日氮5斤/亩 钾5斤/亩 8月22日喷磷6斤/亩 行株距8×6寸
12	晚 粳 浙场九号	8月19日	10月22日	因采盆 栽未计	盆栽 5月16日布种 基肥 牛粪0.23斤/盆 追肥 6月中旬硫酸铵2克/盆 8月上旬硫酸铵2克/盆 每盆6株

* 本试验承江苏省望亭农业试验站及上海市效西区七宝南乡友谊农业生产合作社供给许多试验材料谨此致谢。

** 编号供以后各表中所列品种及数据，彼此对照用，凡编号相同者，即示所用材料为同一田中所栽培的同一品种水稻。

(二) 实验方法

我们主要是用称重方法观察物质的累积和运转的。在水稻开花盛期及成熟时，各拨回一部分水稻材料，测定它们的重量变化。并且在开花盛期拨回水稻材料的同时，将田中另一部分水稻进行去叶片及去半穗的处理，于正常成熟时一起拨回分析，观察去叶片及去半穗后对于物质累积及运转的影响。按上法取回的材料立即放进120℃鼓风烘箱中杀死，然后分别选取具有6个节间（粳稻）或5个节间（籼稻）的茎秆（每个节间长度以1厘米以上起算，这种选出的茎秆占各该水稻品种全部分蘖的半数以上）。除去叶片，齐节剪开，分成穗、穗下第一节间（由穗向下数的第一个节间，余类推）、第二节间、第三节间、第四节间、第5—6节间等6部分（籼稻为穗、第一、第二、第三、第4—5节间等5部分），每个节间均包括茎及包在此节间外面的叶鞘，将其分别放在70℃左右的烘箱中，烘至恒重后称重。

上述每个材料均在同一块田中取三个重复，每个重复约为水稻20棵，三个重复之间的差别，一般都在平均重量的±10%以内，仅近地面的一段（粳稻的第5—6节间及籼稻的第4—5节间），有时能达到±20%。

三、实验结果

(一) 各水稻品种开花后和成熟时各部分干重比较

我们将11个品种的水稻在开花和成熟时的穗、茎各部分重量变化都做了比较，结果列于表2。（见下页）

从表2我们可以看到：

实验中所有的水稻在开花到成熟期间穗重都增加很多，每穗约增加2克，这些物质有一部分可能是茎的原有物质运转过来的，从表2看来一般茎重在成熟时比开花时轻0.5克左右，约相当于穗子增加重量的1/4。另外一部分干物质可能是衰老叶子的原有

表 2 水稻品种开花与成熟时穗茎平均干重比较

编 号	品 种	穗			穗下第一节间*			穗下第二节间			穗下第三节间			穗下第四节间			穗下第四五节间			穗下第五六节间			全 茎			穗+全茎		
		盛花时重(克/个)	成熟时重(克/个)	$\frac{(\text{成熟时重})}{(\text{盛花时重})} \times 100$	盛花时重(克/个)	成熟时重(克/个)	$\frac{(\text{成熟时重})}{(\text{盛花时重})} \times 100$	盛花时重(克/个)	成熟时重(克/个)	$\frac{(\text{成熟时重})}{(\text{盛花时重})} \times 100$	盛花时重(克/个)	成熟时重(克/个)	$\frac{(\text{成熟时重})}{(\text{盛花时重})} \times 100$	盛花时重(克/个)	成熟时重(克/个)	$\frac{(\text{成熟时重})}{(\text{盛花时重})} \times 100$	盛花时重(克/个)	成熟时重(克/个)	$\frac{(\text{成熟时重})}{(\text{盛花时重})} \times 100$	盛花时重(克/个)	成熟时重(克/个)	$\frac{(\text{成熟时重})}{(\text{盛花时重})} \times 100$	盛花时重(克/个)	成熟时重(克/个)	$\frac{(\text{成熟时重})}{(\text{盛花时重})} \times 100$	盛花时重(克/个)	成熟时重(克/个)	$\frac{(\text{成熟时重})}{(\text{盛花时重})} \times 100$
1	四一二	0.523	2.800	535.40	0.388	0.471	121.40	0.471	0.473	100.20	0.548	0.399	72.80	0.481	0.340	70.60				0.489	0.356	72.80	2.377	2.039	86.50	2.900	4.839	166.80
2	望亭晚洋稻	0.639	2.732	427.50	0.419	0.451	107.50	0.474	0.475	100.10	0.498	0.428	85.90	0.514	0.382	74.20				0.583	0.374	64.20	2.488	2.110	84.80	3.127	4.842	154.60
3	一粒芒	0.745	2.931	393.40	0.465	0.478	102.80	0.562	0.471	83.90	0.642	0.438	68.30	0.585	0.370	63.30				0.711	0.377	53.00	2.965	2.134	77.90	3.719	5.065	136.20
4	矮箕晚洋稻	0.636	2.811	441.90	0.408	0.439	107.50	0.453	0.446	98.40	0.558	0.427	76.40	0.560	0.364	65.10				0.537	0.381	71.10	2.516	2.057	81.70	3.119	4.868	156.10
5	四一二	0.657	2.125	323.40	0.429	0.352	82.10	0.472	0.416	88.20	0.561	0.461	82.10	0.542	0.397	73.20				0.566	0.476	84.10	2.570	2.102	82.00	3.227	4.227	130.50
6	望亭芦花白	0.686	2.633	383.80	0.434	0.353	81.30	0.483	0.376	77.80	0.414	0.366	88.40	0.475	0.291	61.30				0.451	0.350	77.60	2.257	1.736	77.00	2.943	4.369	148.20
7	八五三	0.551	2.756	500.10	0.414	0.368	88.90	0.453	0.375	82.80	0.512	0.360	70.30	0.435	0.312	71.80				0.472	0.282	59.90	2.286	1.697	74.20	2.837	4.453	157.00
8	二六一	0.669	2.712	405.40	0.437	0.347	79.40	0.477	0.325	68.10	0.428	0.345	80.60	0.428	0.301	70.30				0.473	0.303	64.10	2.243	1.621	72.30	2.912	4.333	148.90
9	老来青	0.653	2.706	414.40	0.438	0.401	91.50	0.428	0.428	100.00	0.345	0.399	115.90	0.337	0.323	95.90				0.274	0.286	104.50	1.822	1.837	100.80	2.475	4.543	183.30
10	长箕铁杆青	0.594	2.822	475.10	0.392	0.404	103.00	0.503	0.444	88.20	0.475	0.376	79.10	0.531	0.302	56.80				0.608	0.315	51.80	2.509	1.841	73.50	3.103	4.663	150.30
11	胜利籼	0.650	2.122	326.10	0.406	0.342	84.20	0.448	0.342	76.30	0.415	0.268	64.60				0.510	0.330	64.75				1.778	1.282	72.20	2.429	3.404	140.10
12	浙场九号	0.462	2.020	437.20	0.281	0.250	89.00	0.316	0.251	79.50	0.268	0.249	93.00				0.397	0.272	68.60				1.272	1.022	80.40	1.724	3.042	176.30

* 第一节间指由穗向下数的第一个节间,余类推,以后各表同此。

物质运转过来的。我们曾将开花时和成熟时的叶子分别称重,结果每个分蘖的全部叶片成熟时比开花时约轻 0.2—0.3 克,只相当于穗子增加重量的 1/8 左右。干物质的可能来源还有根部和其他分蘖,但从文献上看来,这些可能性是不很大的^[2,3,14]。所以穗子其他所增加的 2/3 以上的重量,无疑地绝大部分都是开花后光合作用所累积起来的。这还没有把开花后整个植株呼吸所消耗的物质计算在内,否则,光合作用所累积的数量将更加大了。根据我们 1954 年所测定“长箕铁杆青”品种籽粒的呼吸强度计算(表 3、图 1)^[8],每穗平均约有 100 个籽粒,其自开花到成熟过程中需要消耗干物质约 1 克左右。这种物质消耗的来源,当然也是靠开花后的光合作用来抵偿的。因此,我们可以认为各水稻品种在开花后的光合作用很重要,籽粒的干重主要是在这个时期内制造的,只有一部分由叶、茎抽运过来的。

表 3 水稻“长箕铁杆青”籽粒成熟过程中干物质质量及呼吸作用变化情况

项目 \ 开花后日数	12	16	21	29	37	43	55
呼吸强度(O_2 mm ³ /10粒/10分钟)	13.90	16.20	16.84	15.61	11.15	5.41	0.22
干物质(mg/10)粒	35.4	84.2	100.0	171.4	214.1	226.0	236.0

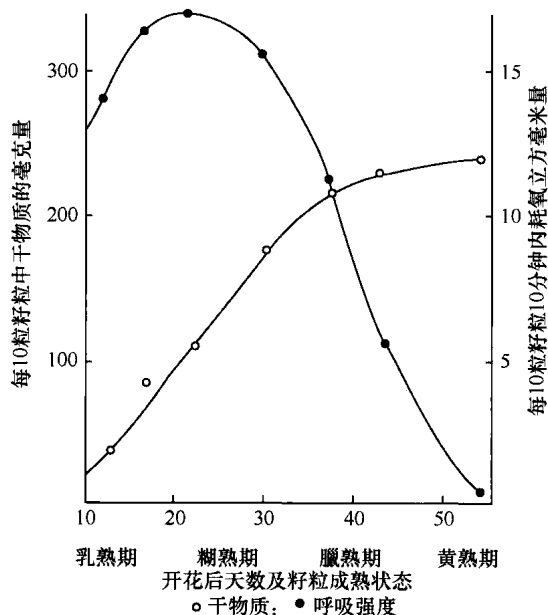


图 1 水稻“长箕铁杆青”籽粒成熟过程中干物质、呼吸强度的变化

水稻的这种生理特性,在各品种之间是不相同的,即使在基本上完全相同的栽培环境及技术措施下,各水稻开花后由光合作用积累的干物质数量也存在着很大差异,从我们的实验中可以看到:中粳品种比较试验中的“四一二”品种及晚粳品种比较试验中的“老来青”品种,都比同一块田中其他品种累积的数量(穗、茎总重)高许多,尤其是“老来青”更加显著。“老来青”是全国水稻丰产模范陈永康选育出来的优良品种,顾名思义,表示它在成熟时茎、叶枯黄很迟,这可能就是该品种临成熟时仍保持着较大的同