

国家重大出版工程项目

Crop Evolution, Adaptation and Yield

作物进化、适应性与产量

[澳] L.T.Evans 著

王志敏 张英华 魏爱丽 张海林 译

中国农业大学出版社

国家重大出版工程项目

Crop Evolution, Adaptation and Yield
作物进化、适应性与产量

(澳)L. T. Evans 著

王志敏 张英华 魏爱丽 张海林 译

中国农业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

作物进化、适应性与产量/(澳)L. T. Evans 著;王志敏等译,一北京:中国农业大学出版社,2005.10

ISBN 7-81066-964-8

I. 作… II. ①Evans… ②王… III. ①作物-进化 ②作物-适应性 ③作物-产量 N. S31

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第116417号

著作权合同登记图字:01-2003-5261

书 名 作物进化、适应性与产量

作 者 (澳)L. T. Evans 著 王志敏 张英华 魏爱丽 张海林译

策划编辑	宋俊果	责任编辑	陈巧莲 冯雪梅
封面设计	郑 川	责任校对	陈 莹 王晓凤
出版发行	中国农业大学出版社		
社 址	北京市海淀区圆明园西路2号	邮政编码	100094
电 话	发行部 010-62731190,2620	读者服务部	010-62732336
	编辑部 010-62732617,2618	出 版 部	010-62733440
网 址	http://www.cau.edu.cn/caup	E-mail	caup @ public. bta. net. cn
经 销	新华书店		
印 刷	涿州市星河印刷有限公司		
版 次	2005年10月第1版 2005年10月第1次印刷		
规 格	889×1 194 16开本 21.5印张 638千字		
印 数	1~1 000		
定 价	50.00元		

图书如有质量问题本社发行部负责调换

Crop Evolution, Adaptation and Yield

L. T. Evans

Published by the Press Syndicate of the University of Cambridge

© Cambridge University Press 1993

First published 1993

First paperback edition 1996

本书中文简体版由原书英文版出版者 Syndicate of the Press of the University of Cambridge, England (简称“the Syndicate”) 授权中国农业大学出版社在中国大陆独家出版发行。

献给 Margaret, Nicholas, John 和 Catherine

在过去的10 000年里,在无数农业科学家的努力下,数量众多、分布广泛的农作物已得到改良。在这部重要的新著作中,L. T. Evans 展现了这些作物驯化、适应和改良的综合图景,同时涉及遗传多样性、植物育种和农学等诸多方面。对产量和产量潜力的讨论贯穿全书,同时还论及粮食作物、饲用作物以及纤维、燃料和药用作物。书中不仅提供了温带和热带禾谷类、粒用豆类和块根类作物的许多例子,而且还谈及了牧草植物、油料作物、叶用作物、果树和其他植物。

L. T. Evans 出生于新西兰,在他于牛津大学完成土壤学博士论文之前一直在那里接受最初的理学和农学训练。1956年,在加利福尼亚理工学院植物园完成博士后工作后,他加入了位于堪培拉的CSIRO植物工业研究所。在那里,他参与了澳大利亚人工气候室CERES的设计和应用。他的大部分工作是研究作物的产量生理和日长对开花的控制。因为他的研究成就,他当选为澳大利亚科学院、英国伦敦皇家科学院、新西兰皇家科学院和挪威国家科学院的院士。

特别是通过作为国际农业磋商小组(CGIAR)技术咨询委员会的成员,并与几个国际农业研究中心保持密切的联系,使他有更多的机会观察发展中国家不同的农业问题。

前 言

当经济学家 Walter Rostow 问及并得知我正在试图写这本书时,他将此书称之为“狂妄者的书”,当然没有轻蔑之意。所以,作为可能的读者,您也许会问为什么每一位作者都想讨论如此广泛的问题,甚至冒险进入他的专长之外的领域并期望您也参与进去?

我的理由是,作物的产量是具有重大历史意义的诱人的课题,并且仍是我们全球维持生计的关键;这一课题具有多面性,人们往往仅从一个有利的角度来观察它;高产的本性牵涉到植物育种策略、发展政策和环境管理,然而它却被广泛地误解了;作物产量的进一步增长对公元 2000 年生活在发展中国家的占全球人口至少 4/5 的人们的福利问题是至关重要的。

如果考虑该课题所涉及的范围,一个风险较小的选择应该是由有关方面的专家共同编辑一本书,但合乎逻辑的、全面的综述通常要回避这种方法。这里呈现的评论已经超出了人们对作物产量生理学的固有观念,并为人们展现了观察世界上许多地区和环境下农业问题的视野。

当前研究的、并广受关注的几个热点领域,如遗传工程和作物模拟,在这里只作了简单触及。这不是一本关于植物育种的书,在此方面已有优秀的著作可供阅读。当然,这是一本关于农业演进规律的书。对某些作物,如在湿润的热带相当重要的多年生树木,只作粗略地处理,但我已尽量公平地对待发达和发展中国家的温带作物和热带作物。

导论一章是全书的总览,这是专为那些只想深入了解其中某一方面的读者提供的。然而,我希望的是,本书所遵循的综合的方法能导致学科之间、两种农业——传统农业和现代农业之间,生物学内部两种文化——一方面是果蝇和拟南芥,另一方面是小麦和大豆之间更富有成效的互作。

L. T. Evans

1991 年 10 月

致 谢

许多同事为我提供了建议和信息,这些建议和信息引起了我对一些非常见出版物的注意,澄清了一些问题或者改进了我的阐述,这些同事包括David Andrews、Roger Austin、Paul Biscoe、Derek Byerlee、T. T. Chang、Dana Dalrymple、Tina David、Don Duvick、Tony Fischer、Wayne Hansen、Diane K. Johnson、Gurdev Khush、Gerald Stanhill 和Danny Zohary。多年来我与Otto Frankel 关于作物特性及其改良的持续讨论成为我写作的持久动力。

Otto Frankel 和 John Passioura、Richard Groves、Derek Byerlee、Tony Brown、T. T. Chang、Howard Rawson、Rod King、Ian Wardlaw、David Bagnall、Rex Oram、Richard Richards、Jim Davidson、Peter Randall、John Freney、John Kirk 和John Zwar 都阅读并修改过各个章节。我也感谢那些阅读并点评了整个文章的评审者。感谢剑桥大学出版社Alan Crowden 和他的前任,是他们耐心和精湛的指导使我保持了写作的艺术性,同时感谢Lynn Davy 在编辑过程中的帮助。

在堪培拉,我很感激Carol Murray 为我查找到了一些难找的参考文献,感激Renata Sawa 和Pat Riddell 为我做了大量的文字处理工作,感激Anne Warrener 做了大量画图工作,同时感激Chery Blundell 做了非常耐心的核查工作。

我非常感激CSIRO 植物工业研究所和那里的同事们!我也感谢洛克菲勒基金会的资助,依靠这一资助使我在Bellagio 的Serbelloni 别墅居住期间完成了最后一章的写作,这也是整个写作过程中惟一不需要我的妻子Margaret 的善意忍耐和大力支持的部分。

我还要感激原作者和/或出版者允许我在本书中引用和再版他们的文献和数据,同时感谢Nancy Sawyer 允许我使用她的精美的作物插图。

目 录

第一章 导论	(1)
一、序言	(1)
二、作物产量的标准	(2)
三、作物产量和世界粮食供给	(4)
四、驯化的目的、时间、地点、种类和过程.....	(6)
五、适应性和产量生态	(9)
六、作物改良的生理学基础	(12)
七、产量的过去、现在和潜力.....	(13)
八、投入、能量利用和协同互作.....	(16)
九、展望	(18)
第二章 作物产量和世界粮食供给	(20)
一、引言	(20)
二、有上限吗?	(22)
三、粮食生产	(22)
四、作物对世界食物供给的重要性	(24)
五、提高作物产量的途径	(30)
六、是绿色革命还是进化?	(36)
七、结论	(37)
第三章 作物的驯化	(38)
一、引言	(38)
二、狩猎-采集者	(39)
三、驯化	(41)
四、野生近缘种的持续利用	(66)
五、总结	(67)
第四章 适应性和产量生态	(68)
一、引言	(68)
二、作物的重新分布	(68)
三、环境反应的调节	(69)
四、起源中心之外的生产性能	(84)
五、产量生态	(86)
六、适应性和可靠性	(95)
七、结论	(100)
第五章 作物改良的生理学方面	(101)
一、引言	(101)
二、作物生理的比较因素	(101)
三、源和库	(102)
四、作物的光合作用	(111)

五、呼吸损失	(129)
六、生长速率	(131)
七、运输和分配	(136)
八、收获指数	(140)
九、产量构成因素	(152)
十、杂种优势	(154)
十一、结论	(156)
第六章 产量增长的趋势和限制	(158)
一、引言	(158)
二、产量变化：一般形式	(158)
三、产量腾飞	(160)
四、产量高原和低谷	(162)
五、早期的作物产量	(162)
六、产量趋势：一些比较	(164)
七、实验站和好的农户	(166)
八、产量差距	(167)
九、记录产量	(168)
十、潜在产量的估计	(171)
十一、遗传产量潜力和它的改良	(172)
十二、与产量水平有关的产量变异	(180)
十三、产量处罚	(182)
十四、产量维持和下降	(184)
十五、结论	(185)
第七章 资源的投入和利用效率	(187)
一、引言	(187)
二、一次较早的农业革命	(187)
三、肥料	(188)
四、肥料利用的其他方面	(196)
五、灌溉	(198)
六、作物保护	(203)
七、能量和作物产量	(208)
八、产量对增加能量投入的反应	(211)
九、结论	(215)
第八章 产量的未来	(216)
一、引言	(216)
二、观察农业未来的视角	(216)
三、总体展望	(217)
四、大宗作物	(219)
五、新作物	(219)
六、能源作物	(220)
七、环境的变化	(221)
八、投入	(224)

九、研究	(229)
参考文献	(231)
译后记	(311)
附录 首字母缩略词和缩写词	(312)
索引	(314)

第一章 导 论



很少有科学家把农学视为主要的或者典型的科学。实际上,许多科学家甚至根本不将农学视为科学。然而,它却是最早的科学,是科学之母;它是使人类生活成为可能的科学,而且在20世纪结束之前,整个科学的成败仍将由农业的成败来判定。

André 和 Jean Mayer(1974)

一、序言

农业的成功与否可以通过多种方法来判断,但是最显要的标准仍将是在人口持续增长的情况下我们的粮食供给的数量、质量和安全性。我们的大部分粮食来源于很少的几种农作物,其产量的提高是近年来粮食产量增长的主要来源,并且在今后的数十年里仍将如此。这是全球人口容纳能力提高的关键所在,是人类免除饥饿的关键所在,也是促进第三世界国家发展的关键所在,而且按照上面的引语中所说的,它甚至可能作为科学成败的判断标准。

然而,在许多发达国家,这样一种主张可能很少被人认可,甚至更少被人接受。在这些国家,从事农业的人口比例很小,食物消费占收入的比例也很小。对于大多数生活在都市里的人们来说,食物供给是多样化的、可靠的和高质量的,而且这些都是理所当然的。过剩而不是缺乏才是问题,因此公众和他们的政治领导人几乎感觉不到进一步提高作物产量的需要。事实上,目前在发达国家,存在着反对政府农业补贴的强烈压力,因为这些补贴被认为加速了高产造成的过剩,也加剧了粮食生产过程中对稀缺资源的消耗以及环境问题。

这样看来,农业研究在这些国家似乎已经过于成功了。在18世纪末,托马斯·马尔萨斯发表了他的观点:尽管人口以几何级数增长,但人类的生活资料只能以算术级数增长。然而,如果他能看到此后英国小麦和日本水稻产量的增长情况(图1.1),想必他会感到惊诧了。确实,近几年几个欧洲国家,粮食供给呈几何级数增长,相反,人口却仅以算术级数增长。这样一个马尔萨斯理论的反例突显出了农业科学的成就,而过去的100多年里小麦和其他大宗粮食的实际价格以每年1%的速率下降的趋势也反映了这一点。然而,Calder在1967年写到“农业对我们确实是供不应求的”,并进而提出世界应该依靠其他的粮食生产系统,例如无土栽培、单细胞蛋白和合成的食物产品。但是自从Calder提出这种主张到现在,世界不但继续像从前那样依赖农业来提供粮食、饲料和纤维(Ng等,1983),而且开始逐渐依赖它来生产燃料、工业原料和制药原料。

那么为什么必须追求粮食产量的进一步增长呢?在大多数的发达国家里,越来越多的可耕地不再被用于农业,而是被用于都市发展和修建高速公路、机场、水库、娱乐场地、保护区、绿化林地等,因此,剩下土地的产量必须增长。实际上,只有产量上升才能保证土地用途多样化、保护生态环境易受破坏的地区和生物多样性,这些将在未来成为更加突出的问题。大多数破坏森林的行为应该归罪于农业的扩张。成本-价格理论对农民的显而易见的压榨过程仍然在继续,而且随着土地价格的上涨只有通过提高产量才能实现粮食价格的降低。为此,更加集约化的生产对于提高粮食生产的稳定性和品质仍将是必要的,并将会受到大气CO₂浓度上升的影响。尤为重要,在发达国家稳定的食物供给被认为是理所当然的,但是在发展中国家却完全不是这么回事。在发展中国家,大多数人仍然生活在农村,他们收入的很大部分被用于粮食消费,作物产量的高低是关系他们生存的关键。此外,他们的人口仍然在快速增长,产量需要不断增长才能满足粮食的就地需求。粮食援助和贸易或许可以帮助人们摆脱危机,但是在交通运输和

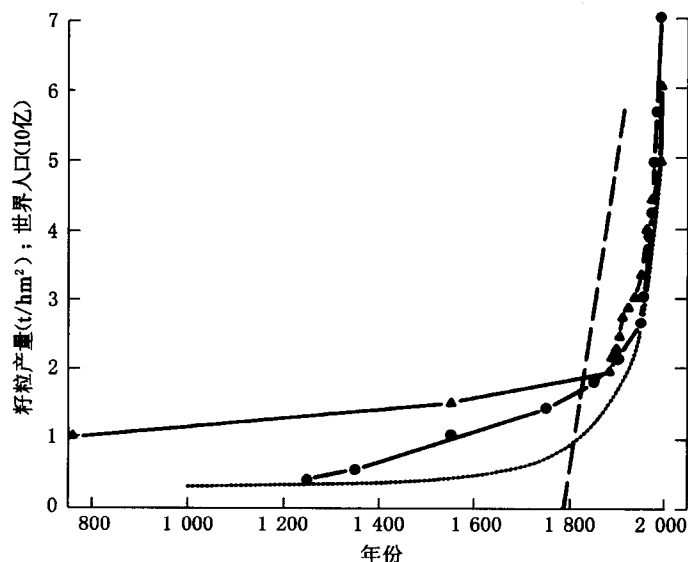


图 1.1 世界人口(·····)、英国小麦产量(●)和日本水稻(糙米)产量(▲)的历史趋势，
并与马尔萨斯(1978)假设的作物改良极限速率(——)相比较

依据 Borrie(1970)、Gavin(1951)、Matsuo(1959)、Stanhill(1976)和 FAO 生产年鉴所收集的资料整理。

通讯系统发展水平不高的情况下，它们不可能替代当地粮食的自给。只有当粮食产量有了明显增长以后，他们才可能完成人口迁移。

因此，作物的产量和进一步提高产量的途径在未来相当长的时间里会同过去一样是重要的。在许多关于单个作物、各个国家和地区的书中都讨论了这个问题，还有一些来自特殊领域的相近的看法；这与很多世界末日预言者的著作完全不同，当然他们的预言在被遗忘之前就被推翻了（如 Paddock 和 Paddock, 1968）。

本书旨在尝试着运用综合的方法，勾画作物产量及其改良的较为主要的图案。尽管书中主要以大宗农作物为例，但其他的温带和热带的作物也被提到。但是如此广泛的涉及面，必需祈求多学科的帮助，但中心的论点则是来自于作物生理学家而不是植物育种者。本书的核心是讨论作物驯化、适应和改良过程中的生理特性，展示的图景将具有重要的意义。例如，它将关注植物育种和农学的关系、各种投入的作用、在低投入或不利环境条件下产量显著提高的可能性。通过迄今已取得的对作物特性的更好的理解，将会缓和对上述条件下育种程序的“过分热情”，也将缓解对“绿色革命”的诸多批评。文中还讨论了与专适性相比较的广适性育种的相对优势，产量的可靠性以及农业研究的策略。对产量的经验选择过去是、将来仍是有效的，并毫无疑问会持续获得成功，尽管不断有人声称我们已达到了产量高原。但如果希望引入生物技术和分子育种来促进产量的提升，那么，对作物产量限制过程的本质特性仍需要更深入的理解。

由于本书涉及的范围相当广泛，所以导论这一章概括了总体结构和观点。不过，在开始之前，我们先来看一下作物产量的不同标准。

二、作物产量的标准

当我们的祖先收获野生植物的果实、种子或块茎的时候，他们可能更多关心的不是产量而是食物的种类、收获或者制备的难易程度以及可运输性。然而，自从约10 000年前农业开始以来，产量一直是作物最重要的属性，尽管具有最直接意义的产量标准已发生了变化。

对于那些采集生长在近东新月形肥沃土地上的野生谷类籽粒的人来说,最合适的标准或许是在种子落地之前可以收获的快慢及难易程度。Harlan(1967)在土耳其仅仅用手和石镰每小时就能从野生的小麦植株上采集到1 kg以上的干净籽粒,他随后得出结论:“一个家庭单位……随着季节的推移缓慢地工作,在3周或者更多的时间里能够很容易地采集到野生谷物,而且用不着非常辛苦,就能采集到这个家庭在一年内可能消费的谷物或更多……这是一种极具吸引力的替代追猎的生活方式”。Harlan在收获时每消耗1 kJ的热量可以得到50 kJ的热量,但是并不是所有的野生植物都具有如此丰厚的回报。那些每个花序上具有更大、更多的种子,或者具有集中一致成熟的穗以及收获速度快等特性的植物更受欢迎。例如,像Ladizinsky(1975)表明的那样,虽然燕麦、小麦和大麦在同一野生环境中被发现,但是由于小麦和大麦比燕麦收获更快,它们被更早地驯化;燕麦由于其籽粒较小和穗成熟不整齐、集中,而不被优先选择。

一旦播种成为稳定的实践,一个新的产量标准就开始变得重要起来,即收获种子与播种的种子的比例。这是在圣经及罗马作家如Columella的书中提到的,并且在整个中世纪一直奉行的产量测定标准(Slicher van Bath,1963;Titow,1972)。实际上,这也是自农业产生以来在大部分时期应用的产量尺度,马尔萨斯(1798)也用它来隐喻人口几何式增长的压力。尤其在粮食短缺时期,它的重要意义在于强调预留出来用于播种的谷粒是必须作为食物来预先确定的,当产量通常仅有3~4倍或下降到1.8倍时(19世纪英格兰的小麦出现过这种情况),需要对此做出严格的规定(Slicher van Bath,1963)。难怪Linnaeus的一个学生Peter Kalm在听到玉米可以300倍的收获时惊诧地称其为“懒人的谷物”(Oxholm和Chase,1974)。稷也被这样称呼是因为每播种一粒种子可以获得成千上万的籽粒。在播种者的寓言(Matthew 13:8)中据称小麦和大麦也可以得到100倍的回收比率,但是如此高的比率大概是针对单个植株而言的,尽管小麦回收比率的现代记录可以达到160倍以上。

只要收获/播种比率是一个重要的产量标准,人们自然就会选择分蘖旺盛、花序大、籽粒小和种子休眠性弱的禾谷类作物。然而,随着可耕地供给的压力增大,每种作物单位面积的产量就成为一个更为重要的标准,并且一直延续到现在。本书中大部分将围绕这个标准及改良它的性状展开,这些性状可能与那些提高收获/播种比率的性状大不相同。

在那些气候与水分允许的地区,持续上升的对耕地供给的压力会促进集约化复种的发展。特别是在热带地区,提高复种指数是提高作物总产的重要因素,在这种情况下,每种作物每公顷的产量就不如每天每公顷的产量重要了。在后一种产量标准之下出现了新的选择压力,特别是对生殖发育速度及其对日长的敏感性的要求。例如,在菲律宾水稻品种中,每天每公顷籽粒产量的增加速度要显著快于每茬作物每公顷籽粒产量的增加速度(Evans等,1984;Khush,1987)。

随着对耕地的压力持续增加——未来许多年仍将如此,灌溉、肥料、农药和其他投入将更大程度地被用来提高单位面积产量以替代耕地的投入。当这些其他的农业资源转变为限制性资源的时候,作物产量可能不仅仅从土地面积的角度测算,而且,还要从用于作物生产的水资源、磷或者能量数量角度来测算。长期看,在高紫外辐射水平、高CO₂浓度或高污染水平下的产量能力可能也是更为重要的衡量标准。在那些高收入国家,单位人工的产出似乎和单位面积产量一样重要。Geertz(1963)指出,虽然日本和印度尼西亚都提高了每公顷水稻的产量,但是只有日本同时也提高了单位农业工人的产出量,从而避免了“农业的徘徊不前”。

因此,如同过去一样,未来作物产量的标准,可能与目前强调的标准不同,并且,随着产量标准的变化,作物产量的限制过程和为此而选择的作物性状也会变化。例如,在为太空探索而设计生命支持系统中,每天每单位体积的产量就是一个重要的标准。

此外,既然本书通篇讨论的主题是作物产量,一开始就应该说明的是,不论按上述何种产量标准,产量的提升并不总是育种家最紧迫的任务。当面临新型病虫害的侵袭时,仅仅把产量维持在原有水平可能就是更紧迫的事,同样,在逆境条件下或者在劳动或其他成本降低条件下,能维持较好的作物生存可能

更为重要。不过,许多调查,比如Hargrove(1977)对水稻的调查,仍然表明追求更高的产量潜力是植物育种者共同的目标。

三、作物产量和世界粮食供给

在第二章里,我们将集中讨论近年来作物产量改良对提高世界粮食总产所起的重要作用。正像图1.1所示的英国小麦和日本水稻产量增长历程一样,仅在过去一个世纪左右的时间里,这些主要禾谷类作物的产量从每公顷不到2 t 迅速上升到6 t 以上,而同一时期,世界人口从不到20 亿上升到接近60 亿。

在上个千年里,不断增长的人口对粮食的需求可以通过开垦更多的土地来满足。有关全球作物面积、单产和总产的综合数据,直到1908 年才由设在罗马的国际农业研究所开始正式收集,并且直到二战后联合国粮农组织(FAO)成立以后才开始正式出版公布。也只是从那时起,全球农业数据管理才是认真而规范的,尽管一些早期的作者也试图估计世界粮食的产量,其中最值得一提的就是Crookes 对1898 年小麦生产的估计。现在,为规避官方数据的某些问题,对作物种植面积和产量的评估还通过其他机构进行;同时,膳食调查还把生产数据延伸到人类消费的估测,考虑了作物收获后的损失和替代利用(如作物饲料)。

然而,在不同社会类群间、不同年份间甚至不同季节间的食物消费均是不同的,这对于评估营养不良和对粮食的更多需求具有特别重要的意义。官方营养标准(联合国粮农组织/世界卫生组织,1973)的修订不但对世界上饥饿和营养不良人数的估计,而且对能量和蛋白质供应相对重要性的强调都有深远影响。而这些又会影响到人们是将重点放在富含能量的作物如禾谷类作物上,还是放在富含蛋白质的豆类作物上。这些统计资料和营养标准都有它们的缺陷,本书将始终注意这些问题。图1.2 展示了人均饮食能量供应的地理分布。

尽管自农业开始以来增加作物面积是增加粮食总产量的主要因素,但是在人口密度较为稠密的发达国家里已经不再是这种情况了,其中一些国家的耕地面积正在下降。然而,即使在这些国家,由于作物育种和新的农学措施的推动,栽培仍可能向新地区扩展。例如,对不利土壤和气候条件忍耐性更强的作物品种的培育有可能扩大耕种面积,而少耕技术的引入有时会允许陡坡地被安全地栽培。因此,估计究竟有多少额外的土地可以开发用于种植农作物不是一件容易的事情,在这个重要问题上,悲观主义者和乐观主义者之间的分歧与他们对作物产量极限的估计所产生的分歧一样大。

对农业发展推动力的感知也影响我们对作物产量的预测。在马尔萨斯的分析中,人口的增加依赖于粮食供应的增长,这对达尔文和华莱士产生了重要影响。与此相反,Boserup(1965,1981)认为人口增加是一个独立的变量,并且是决定农业发展的一个主要因素。与Clark(1967)一样,她认为这是一个更为真实和富有成果的设想,并举出一些例子来证明自己的观点。Howell(1987)提出正是人口的压力导致了新石器时代欧洲农业的扩张,认为人口是农业变化推动力的一些其他例子也已被提出(Flannery, 1972)。20 世纪60 年代亚洲粮食生产增长的成功推动——通常称之为“绿色革命”,以及新近在非洲为扭转因人口迅速增长而带来的人均粮食下降所作的努力,都验证了Boserup 的理论。不过,也存在人口压力不是推动力的例子,现代欧洲农业就是这样的例证。

除了扩大种植面积和提高单产外,还有另外两个因素也有助于粮食总产的提高。第一个因素是集约多熟种植,也即每年在同一块地上收获多茬作物,这可以像提高单产一样提高当地粮食的供应能力,而且可能较容易地实现,这在全年雨水或灌溉能支持作物生长的热带地区具有最重要的意义。不过,集约化种植的贡献率从官方的统计数据中很难得出。与提高单产不同,多熟种植依赖于作物生育期的缩短,但需要灌溉、肥料、农药和除草剂的更大投入。

提高粮食总产的另一个因素是更多地发展少数几个大宗粮食作物。这些作物趋向于替代其他传统作物,因为它们具有更高的单产潜力、更广泛的适应能力或者更强的稳定性,尽管这可能存在某些弊端,如食物种类多样性降低、营养品质下降或者导致农作系统变得更为脆弱、贫乏。在人类驯化的大量植物

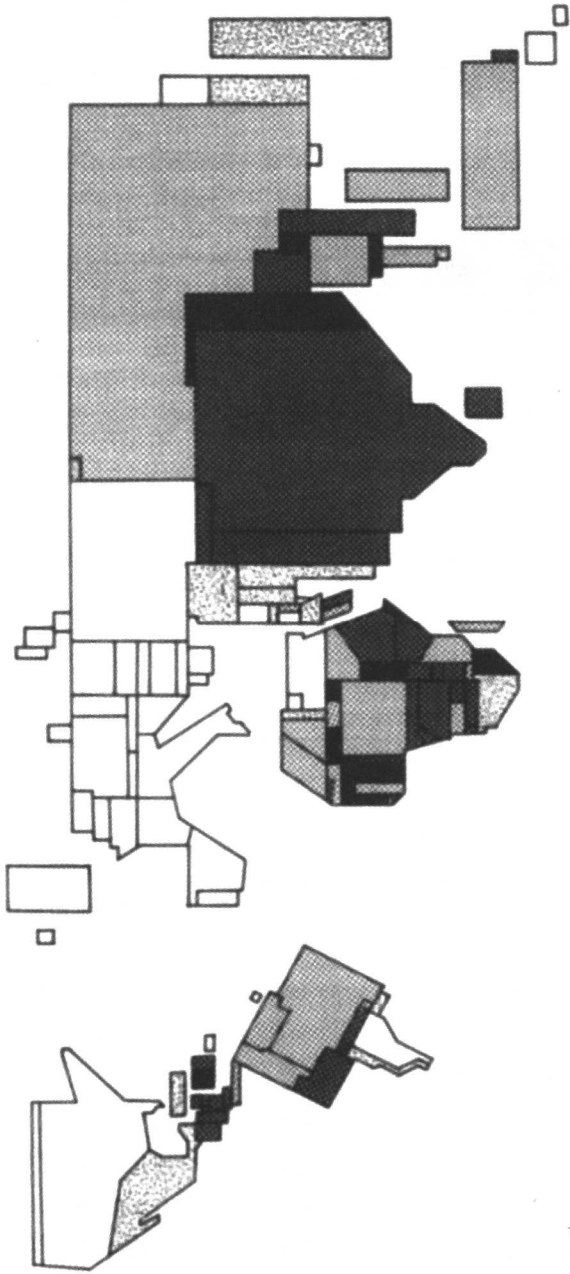


图 1.2 人均饮食能量供给的地理分布(1979—1981)

数据来源:FAO,1987。

国家的相对大小按其人口比例来表示,图中国家的影线表示平均每人每天吸收的热量,分布范围从超过 12 360 kJ(无阴影),到少于 8 240 kJ(全黑),其间的逐渐下降通过影线逐渐加重来反映。

种中,许多已经不再栽培或者其重要性已经降低,例如薏苡(*Coix lacryma-jobi*)和苋属(*Amaranthus*)的几个种。世界粮食供应现在主要来自于3种禾谷类作物和几种其他作物(图1.3)。即使像印度这样的国家,尽管那里豆类在营养供应和耕作制度上都将是重要的,但主要的豆类作物也正在被禾谷类作物取代。这些大宗作物正越来越多地被选择用来种植在原产地之外的地区,如为热带地区选择小麦和马铃薯,为冷凉地区选择水稻,为干旱地区选择玉米。这几种大宗作物对人类的意义十分重要,它们的生产力和适应性的基础值得我们进一步去理解。

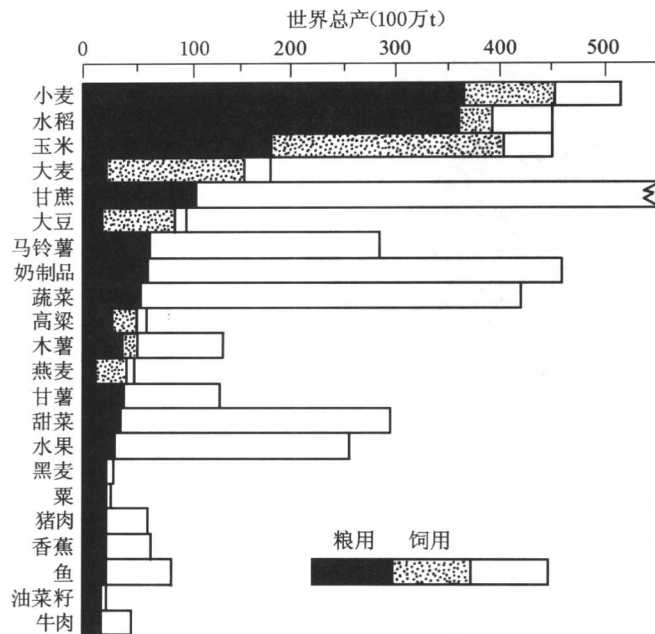


图1.3 1987年主要食物的世界总产量

每一个横条的总长度是与该食物的收获重量成比例的(依据FAO生产年鉴的数据)。带点横条表示已知的饲料量(Sarma, 1986),而全黑横条表示有效食物量(按可食干物重估算)。甘蔗的收获物重约为10亿t。

尽管在过去耕地面积的增加是较重要的,在将来多熟种植的发展可能也是重要的,但最近几十年来增加粮食总产的关键是提高作物单产,未来很长一段时间内仍将如此。在许多发达国家里主要禾谷类作物单产的大幅提高是一个巨大的成就。马尔萨斯(1798)认为即使是“最大胆的预想家”也不可能预料在25年内英国的小麦总产会增长到超出当时最新的生产水平。当时英国小麦单产大约在 1.6 t/hm^2 ,但是自从20世纪50年代以来,小麦总产增长速率超过了马尔萨斯认为最大胆的预想家所能想像的水平,如图1.1所示。当然,这种增长速度与许多其他科技发展如每一个计算机芯片的功能(Meindl, 1987)、照明效率(Starr 和 Rudman, 1973)或青霉素产量(Aiba 等, 1973)相比,还算是中等的,但它却是解决世界粮食问题的关键。

四、驯化的目的、时间、地点、种类和过程

第三章以狩猎-采集社会为背景,来认识植物驯化过程,这个过程大约始于10 000年前。无论我们对狩猎-采集社会有何种看法——这些看法包括卢梭的“高贵的原始人”一直到维多利亚女王时代生物学家所描绘的“活化石”再到Sahlins(1968)的名言“原始的富足社会”——农业的开创是人类进化的关键步骤,因为在驯化动植物的过程中人类也得到了驯化。维持一个人生活所需要的土地面积大为减少,居住地成为永久性的,复杂的文明开始成为可能。