

1V 12051 10
6289 1286

序

“我们这里种什么能发财”？这是渴望致富中的农民经常发出的问题。

为某一农户或某一地区选择其最佳作物及其组合，或为某一作物寻求其适宜环境条件，以便充分利用资源，提高产量并获得较高经济效益。这是农业生产中的一个重要问题，也是作物生态工作者的主要任务。

遗憾的是，尽管已有少量有关的著述，但远不能解决理论上与实践上提出的要求。生产者，研究者以及大学生研究生们长期处于手头无出的状态。

我从六十年代初起，结合耕作学中的作物布局部分，开始着手搜集并研究这方面的问题。二三十年来，走遍中国大地和世界部分地区，时刻未敢忘掉这一事情。八十年代初，和农业气象专家合作，首先在国内给研究生开设了作物生态课。为了解决燃眉之急，现将几经修改的讲稿整理出来，抛砖引玉，愿与有志于此的朋友们共同探讨。当然，这本书只是一个开头，亟需进一步丰富提高。诚恳希望同行们不吝赐教。

在共同开课过程中，韩湘玲教授提供了许多有价值的研究结果和资料，谨致深切谢意。王宏广同志协助整理了有关作物生态研究方法（第八章）也一并致谢。

著者

1988年10月

1V 12051 10
6289 1286

524039

序

5181

“我们这里种什么能发财”？这是渴望致富中的农民经常发出的问题。

为某一农户或某一地区选择其最佳作物及其组合，或为某一作物寻求其适宜环境条件，以便充分利用资源，提高产量并获得较高经济效益。这是农业生产中的一个重要问题，也是作物生态工作者的主要任务。

遗憾的是，尽管已有少量有关的著述，但远不能解决理论上与实践上提出的要求。生产者，研究者以及大学生研究生们长期处于手头无出的状态。

我从六十年代初起，结合耕作学中的作物布局部分，开始着手搜集并研究这方面的问题。二三十年来，走遍中国大地和世界部分地区，时刻未敢忘掉这一事情。八十年代初，和农业气象专家合作，首先在国内给研究生开设了作物生态课。为了解决燃眉之急，现将几经修改的讲稿整理出来，抛砖引玉，愿与有志于此的朋友们共同探讨。当然，这本书只是一个开头，亟需进一步丰富提高，诚恳希望同行们不吝赐教。

在共同开课过程中，韩湘玲教授提供了许多有价值的研究结果和资料，谨致深切谢意。王宏广同志协助整理了有关作物生态研究方法（第八章）也一并致谢。

著者

1988年10月

引 论

什么是生态学

1868年德国动物学家赫克尔(Ernst Haeckel)从古希腊文Oikos和Logos提出了“Okologie”(英文“Ecology”)这个名词。Oikos意思是人居住的房屋和住所。Logos是研究的意思。一般生态学定义是“生态学是研究生物有机体和环境相互关系的科学”。马世骏认为比较确切的定义应是“研究生命系统与环境系统之间相互作用的规律及其机理”。英美学派认为是“研究有机体之间以及有机体与环境之间关系的科学”(Hanson 1962, Daubenmire 1959, 1968)。

可见,生态学研究领域的重点是有机体与环境的关系。这里的“环境”(Environment)包括了与有机体有关的非生物因素与生物因素。非生物因素指的是环境中的化学物理方面,生物因素指竞争、互利、代谢产物影响(Auelopathy)等。在农业生态系统中,除了自然环境以外,影响农业植物或动物生长发育与分布的社会经济因素也应包括在“环境”之内。生态学不同于研究生命科学的生物学科,如动物学、植物学、微生物学、作物学、森林学等,也不同于研究环境为主体内容的环境保护学、土壤学、气象学、地质学等。它着重于研究生物与环境之间的相互关系,即环境对生物的作用以及生物对环境的反作用。例如光、热、水、土等环境因素对植物生长发育与分布的影响,不同环境中植物群落的形成。演

替规律。生物与环境之间的能量转换与物质循环特征等等。

由于生态学发展时间尚短，学科分界不够明确与成熟，有人误把农学、生物学、气象学、环境保护学，甚至经济学与农业生态学混为一谈。把有关多种经营、加工流通、畜牧业、林业、耕作制度等内容也纳入农业生态范畴之中。这样，容易使生态学的发展脱离其特定领域而引起混乱。

生态学的分类

有关生态学的名称很多，按其研究水平可分为三类。

一是个体生态学 (Autecology)，这是生态学的早期形成的。主要研究某个动植物的种与其生存的周围环境的关系。例如光、温度、水分、土壤等生态因素对有机体形态、生理和行为的影响以及各种动植物对生态因素的适应界限。例如橡胶适宜于热带，苹果则适于暖温带。茶树适于在酸性土壤中生长，而芦苇、枸杞子、紫槐适于盐渍化土壤。个体生态学的另一分支是种群生态学 (population ecology)，研究单位面积内的生物个体数 (密度) 及其变动原因。

二是群落生态学 (Synecology)，主要从自然角度研究森林、灌丛、草原、荒漠、水域等动植物群落的结构组成间的相互关系，群落与外界环境间的关系及其生态地理分布规律性。包括群落的组成、发展与演替等内容。近年来，也有将群落生态学应用于人工栽培植物群落。如同套复种、稻鱼、稻萍等复合群体。

三是生态系统生态学(Ecosystem ecology), 1935年英国植物学家坦斯利(Tansley, A.G)首先提出生态系统(Ecosystem)的概念, 推动了生态学的发展。在此以前, 生态学只强调研究个体或群落与环境的关系, 而坦斯利以及林德曼(Lindemann)等人却进一步把特定地区的环境与生物看做为一个统一的系统, 如湖泊生态系统, 森林生态系统, 草原生态系统, 农田生态系统等等, 研究这些系统的能量与物质的流通, 食物链, 生态金字塔, 生态平衡等。有些学者进而认为生态学就是研究生态系统的结构和功能的科学(宫地仁三郎 1953, Odum 1963, 1971)。

如果按某个地域或生物分类, 则生态学有湖泊生态学, 森林生态学, 草原生态学, 沙漠生态学, 海洋生态学, 农田生态学, 植物生态学, 动物生态学, 作物生态学等等。它们或侧重于个体生态, 或个体生态, 群落生态和系统生态均有涉及。

作物生态学

作物生态学是生态学的一个分支, 研究作物与环境之间的关系。也就是研究环境对作物的生长发育与分布的影响以及作物对环境的适应, 资源环境与作物种类数量之间的适宜比例等。

这里的“作物”, 泛指人工栽培的植物, 如粮食作物, 经济作物, 饲料牧草, 果树, 蔬菜等。为了便于研究作物布局与结构, 本书中也稍涉及农区常见的树木。这里的“环境”, 包括自然环境因

素。如气候因素（光、热、水等）。地学因素包括地势、地形、地质、土壤（土质、土层结构、理化性状）、地下水等。此外，作为重要的作物生存的环境而言，也包括某些社会经济因素，如人口、交通、市场、价格、生产条件（灌溉、施肥、病虫害防除）等。作物生态学研究的重点并不是作物或环境因素的本身，而是着重于作物与环境之间的关系。例如各种生态因素（光、热、水、地貌、土壤、肥料、灌溉等）对各种作物的影响，不同作物对环境因素的要求，不同地区作物的生态适应性等等。

研究作物生态的目的、任务与意义是：

①确定作物的适应范围与程度。例如，

小麦在全世界一年内的每个月都有收获的地方，说明它的分布范围很广。但是，究竟哪里最适应？我国的两湖两广为什么小麦产量不高？

棉花是商品性很强的作物。本世纪内，美国棉花带西移，在殖民期间，盛产于弗吉尼亚（Virginia）和肯塔基（Kentucky），现在则西移，大量分布于密西西比肥沃冲积土以及亚利桑那和加利福尼亚的灌溉地上。苏联撤消了乌克兰南部棉区而集中于中亚细亚。我国的四川、江西、湖南、陕西的关中、辽宁的朝阳等棉区是否也需迁移？

中国农民为了增加收入，纷纷在引种扩种各种经济作物。例如茶叶、甘蔗北移到山东、河南，苹果南移到亚热带或向西北发展，

哈密瓜正在华北各地试种。这些做法是否科学？南方的树籽草籽支援西北是否恰当？

②从生态学角度为确定某地区或某农户的生产结构与作物布局提供依据。为此。要综合研究各类作物的生态适应性与经济效益。使之获得瞻前顾后。统筹兼顾的较佳方案。

③促进大范围内（如全国。省。县）土地的合理利用与农业生产商品化。专业化。例如，

我国西北年降雨量在400毫米以下的黄土丘陵上提倡大种乔木是否科学？在年降雨量二三百毫米的地方能否建成“林茂草丰的生态省”？

我国的商品粮基地应放在哪里？是放在水热条件良好的东部（长江中下游，黄淮海地区。东北），还是放在干旱少雨贫困的大西北？

我国的造林重点是放在水热条件好的南方丘陵山区。还是放在条件恶劣的三北？

我国的畜牧业与饲料生产的重点是放在广大的牧区。还是放在当前肉类生产95%的农区？

柑桔。橡胶。桑蚕。甜菜。甘蔗等生产是集中好还是分散好？

④了解作物生态适应性有助于提高作物生产力。美国在了解玉米光特性的基础上，加大了玉米密度，提高了产量。原生在中国的大豆。已在美国大面积开花。使美国成为世界商品大豆的主要提供

者。其单产水平也显著高于中国。

四、简 史

对于作物生态的研究。很早以前就已开始。在战国时代的《周礼》职方氏中说。冀州宜黍稷。青州宜稻麦。扬州荊州宜稻（表1）。

表1. 《周礼》九州作物适宜分布

州 名	相当现在地区	适宜作物
冀	河南北部。山西南部等地	黍稷
兖	河北南部。山东西部和中部等地	黍稷稻麦
青	山东南部。安徽北部苏北等地	稻麦
扬	皖南。苏南。浙江。江西等地	稻
荆	湖北。湖南等地	稻
豫	豫南。鄂北等地	黍稷菽麦稻
雍	陕。甘。四川等地	黍稷
幽	河北和山东沿海等地	黍稷稻
并	晋北。冀北等地	黍稷菽麦稻

（引自郭文韬 1981）

《管子·地员篇》谈到北方五种土壤适宜的作物。如“赤”土五谷均宜。“黑”土宜稻麦。汉代刘向撰的《说苑》中就曾说过“山川污泽。陵陆丘阜。五土之宜。圣王就其势。因其便。不失其性。高者黍。中者稷。下者”。公元533—544年贾思勰的名著《齐民要术》中从理论上强调“顺天时量地利则用力少而成功

多。任情逐道。劳而无获”。《农政全书》中说。“麦属阳适平原。稻属阴适水泽”。《农桑通诀》中提到“九州田土。土各有异。田川各等。山川阻隔。风气不同。凡物之种。各有所宜”。这些都说明了作物与环境的适应性。

在国外。公元前370—285年古希腊时期亚里斯多德的学生提奥夫拉斯塔(Theophrastus)在随亚历山大大帝东征时。从欧洲到印度的沿途上就注意到各地植物分布与气候。土壤的关系。但是无论东方还是西方。生态学的发展还只是一百多年的历史。

早期的生态学是从研究《生态地理学》和《植物生态学》开始的。1895年丹麦瓦明(Warming)的著作“以生态地理学为基础的植物分布学”标志着植物生态学的诞生。1909年所著的“植物生态学”主要叙述各种生态因素以及它们对沙土。酸性土。盐土。沼泽土上植物的影响。1908年德国Shimper著“植物地理学”。叙述各种生态因素。植物群落与世界植被。1932年法国Braun-Blanquet的“植物社会学”。叙述了植物与生态因素的关系以及植物群落。

作物生态学的历史更短。它是在植物生态学基础上逐步演化而来的。1921—1922年Burlison, W.L.在美国Illinois大学开设了“作物生态学”课程。讲述作物与生态环境的关系。在他的基础上。Klages, K.H.W.(1942)发展为“作物生态地理学”(Ecological crop geography)。除了自然环境以外。

他把社会经济因素也考虑了进去。与此有关的 papadakis (1938)。意大利学者 Azz1, G (1956) 所著的《农业生态学》(Agricultural ecology)。实际上就是研究作物生态。主要内容是作物产量与气候、土壤、环境的关系。1962年美国的 Wielse 著“作物生态适应性与分布”(Crop adaptation and distribution)是作物生态的进一步发展。重点论述了各种生态因素与作物分布的关系。日本学者野口弥吉著《水田农业立体论》(1957)。沼田真著《应用生态学》(1965)小田桂三郎著《农田生态学》(1972)。村田吉男著《作物的光合成与生态》(1975)等也纷纷把自然生态系统规律应用到农田或作物上。

我国有关作物生态研究甚少。丁颖从30年代到60年代开展了有关水稻生态的研究。基本上属于作物生态的范畴。在这基础上。1983年由梁光南主编出版了《水稻生态学》。侯学煜在研究自然植被的基础上也作了许多作物生态方面的调查研究。但有关作物生态方面的专著仍未出现。我们于1981年在北京农业大学为研究生开设了“作物生态学”课程。在这个基础上。作为一种尝试与探讨编写成此书出版。以适应生产与研究之需要。

目 录

引 论

第一章：作物与环境

第一节：植被与作物分布现状

第二节：生态适应性

第三节：有关作物分布理论

第二章：各种生态因素对作物生育与分布的影响

第一节：光

第二节：温度

第三节：水

第四节：土肥

第五节：地势地形

第六节：社会经济环境

第七节：作物结构与配置

第三章：各类作物生态适应性与分布

第一节：粮食作物

第二节：经济作物

第三节：饲料绿肥作物

第四节：果树蔬菜作物

第四章 世界作物生态地理

第一节 世界自然与农业概况

第二节 世界气候分区

第三节 热带多雨地区作物分布

第四节 干旱地带作物分布

第五节 中纬度地带作物分布

第五章 作物种群与群落生态

第一节 种群

第二节 群落

第三节 作物复合群体

第六章 农田生态系统

第一节 结构

第二节 能量流动

第三节 物质循环

第四节 农田生态平衡与调控

第七章 “生态农业”

第八章 有关作物生态研究方法简介

第一章 作物与环境

研究作物与环境的关系，了解世界上植物（或作物）分布的现状，原则和概念有助于在实际生产上合理调整农业结构和作物布局。植物生态学家或植物地理学家研究现在和过去的植物空间分布，并企图解释其起源和发展，这些可以作为研究作物与环境关系的基础。因此，在研究各个生态因素与各种作物相互关系（第三章至第六章）之前，在本章中从整体上讨论一下作物分布现状，生态适应性和有关原理是有益的。

第一节 植被与作物分布现状

各种生物有机体都有其一定的分布地区，在一些地方繁茂生长，在一些地方为生存而挣扎，而在另一些地方则不能生存。例如，美国的植被与作物分布，东部三分之一地区的自然植被是阔叶林，以槭、桦、栎、白蜡、木兰、桉为主与针叶树相混，向西为高草原，包括北、南 Dakota，向南到 Oklahoma 与 Texas 北部，再向西为短草原，包括 Montana, Colorado, New Mexico 与 Texas 一部，短草原的北部和西部主要植被是针叶林，其南部和西部是沙漠。上述的分布主要决定于雨量，一般硬木森林（阔叶林）在降雨 > 1800 mm 处，高草原在 $500 - 1400$ mm 处，短草原 $250 - 500$ mm 处，沙漠植被则在 < 250 mm 处。美国的作物分布，其东部决定于无霜期，西部决定于雨量，从 Gulf Coast 到北界的分布大致是：南部（靠西）为棉花带，中部为玉米、大豆、冬麦

2
麦带。向北到加拿大边界为春麦带，五大湖多雨湿润区为牧草奶业带。

中国的植被分布

中国自然植被分布（图 1-1）的纬度与经度地带性是很明显的。与美国相似，东部是森林，向西是草原，再向西则是荒漠，这是随降雨量而变化的。在东部，南北的差异主要决定于热量与生长季长短。由北向南为：寒温带落叶针叶林→温带落叶阔叶林→亚热带常绿阔叶林→热带季雨林。在西部，南北的差异主要决定于高度，内蒙新疆多温带荒漠，而青藏高原则多高原草甸草原或荒漠。

这种植被分布的规律性对人工种植大田作物或乔木灌木牧草是有启示的。例如，乔木适于多雨的东部，不适于干旱或半干旱的西部。

中国的作物分布

中国 90% 以上的作物种植面积分布于东部（图 1-2）。西部因干旱少雨多为荒漠或草原。在东部，作物分布的纬度地带性十分明显，最北端的东北内蒙是以杂粮为主如玉米、谷子、高粱、大豆、春小麦、甜菜，中部长城以南淮河以北为冬小麦、夏玉米、棉花、花生区，淮河以南则以水稻为主，从麦稻两熟到长江以南的双季稻。这样的纬度地带性决定于热量和雨量，由此向南，年雨量增加，温度也随之增加。中国作物分布中的经度地带不甚明显，但仍可窥见，例如在长城以北，东部（辽东、吉林东部）多水稻，中部

(松辽平原)多玉米大豆,向西随着雨量减少,谷子高粱比重增加(辽西、内蒙东南部)。

第二节 生态适应性

由上节可见,植物在地球上的分布不是随意的,而是有一定规律的。它决定于植物的遗传本性以及与环境相互适应的状况,也即生态适应性。

什么是生态适应性(ecological adaptation),我们理解是,生物有机体适应于外界生态环境的特性及其程度。简言之,也就是植物与环境的配合力或吻合度。例如在湿润环境下乔木的生态适宜性强,而在半干旱条件下,某些多年生牧草或灌木则比乔木的生态适宜性好。生态适宜程度一般可分为若干级,最适宜(Very Suitable),适宜(Suitable),次适宜(marginal Suitable)和不适宜(not Suitable)。例如,在中国条件下,棉花在新疆吐鲁番高温少雨的灌溉地区为最适宜区,在长江北岸和黄淮海属适宜区,江南、四川等雨量偏多光照偏少为次适宜区,而东北、西北、华南大部分为不适宜区。

植物的生态适应性是在自然条件下植物生长发育,产量形成与分布的基础。一般生态适宜性高的,植物生长发育良好,生产量较高,分布的也较高。例如,苹果在暖湿的胶东,辽东分布适应性好,产量高,品质优良,向北过了沈阳,热量不足,果小味酸,易冻死,向南在亚热带由于温度过高,花芽分化不良,品质差,到了热带则

干脆只长枝叶而不结果实。

生态适宜性与生物学特性是有区别的。后者是指的是植物的遗传本性。反映它对外界环境条件的要求。例如，棉花要求充足的光照，水稻要求大量水分。它是生态适宜性的重要组成部分。但是，生态适宜性反映的是生物学特性与环境吻合的状态，它不能脱离一定的生态环境或地区。

生态适应性也不同于进化上所讲的适宜性 (adaptability) Lamarck 所指的适应性是指有机生命具有从量上与质上改变它们的机体以适应环境的能力。它是一种随着环境改变而改变或被改变的特性。是遗传本性之一。有机体的这些改变可以表现在形态、生理、解剖、繁殖、结构或行为上。以忍受或利用某些严酷的环境条件。例如，遇旱时小麦根/茎叶比增大，茎、叶、小穗数减小，而水分适宜时，则根/茎叶比小，植株高大，叶宽长，小穗多粒重。又如，亲水型 (hydrophyte) 植物表现为：根系不发达，茎多孔，通气组织发达，维管组织不发达，营养生长好，细胞液渗透浓度等于或稍高于水介质等，而旱生型 (xerophyte) 植物则表现为根系发达，叶少或针叶短生，叶有厚的角质层或绒毛，硬叶，细胞小，细胞间孔隙小，细胞液渗透浓度高，蒸腾效率高，遇旱时气孔关闭等。

遗传与环境

决定生态适应性的是植物的遗传特性与外界环境。