

中国环境科学出版社



农作物的 栽培环境

NONGZUOWU DE ZAIPEI HUANJING

白朴 著

210
4

农作物的栽培环境

白 朴 著

中国环境科学出版社·北京

图书在版编目(CIP)数据

农作物的栽培环境/白朴著. —北京: 中国环境科学出版社,
2003.3

ISBN 7-80163-513-2

I. 农… II. 白… III. 作物—栽培—环境影响 IV. S31

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 002716 号

农作物的栽培环境

出版发行 中国环境科学出版社
社 址 北京海淀区普惠南里 14 号 (100036)
网 址 <http://www.cesp.com.cn>
电子信箱 cesp@95777.com
印 刷 北京市联华印刷厂
经 销 各地新华书店
版 次 2003 年 3 月第一版
印 次 2003 年 3 月第一次印刷
开 本 850×1168 1/32
印 张 5.5
字 数 120 千字
印 数 1-3000
定 价 18.00 元

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社发行部更换

前 言

农作物的栽培环境是作物生长发育的基础,它为作物的生长发育提供了物质和能源。研究各种环境因子与作物生长发育的关系,有助于生产者运用栽培措施调节环境中的诸因子,使作物的生长发育符合人类的需要,从而更好地为人类服务。农业生产在获得产品的同时,也改变了环境,随着人类经济的发展和生活水平的提高,人们越来越重视农业的可持续发展和农产品的安全性,因而对农作物的栽培环境的研究也就显得更加重要。

本书叙述了作物的光、热、土壤、肥料、气体以及生物等主要环境因子对作物的影响;并结合作者多年从事作物栽培技术研究经验,概述性地提出了一些调控栽培环境措施。掌握这些知识,对于实现农作物生产的优质高产高效和减灾避灾均是有益的。本书可供农业和环境工作者使用,也可作为高等院校相关专业的教学参考书。

在本书行将出版之际,感谢我的导师,远在东瀛访问、讲学的博士生导师张国平教授和温州市农业、科技系统的江海滨、王益琪、马成武、徐和昆、方勇军、金作崇、黄兆鸽、黄加劲、潘光勋、戴国福、王阳、林时进、褚建成、谢志春、陆千帆、刘广臻等领导,由于他们的鼓励、支持和点拨,使本书得以顺利脱稿;同时也感谢我的同事及家人王元辉、金瑜雪、吴小珍、白若琦等,由于他们的配合和无私协助,使我能够静下心来,写一点文字;同时也感谢中国环境科学出版社对本书在出版经费

等方面的支持;再就是感谢本书责任编辑吴再思先生,由于他的精心加工、编辑和斧正使本书的质量提升了一个档次。

限于笔者水平,书中难免有不足之处,敬请广大读者批评指正。

作 者

2003年春节 于温州仓桥

目 录

第一章 概论	(1)
一、作物和环境的关系	(1)
二、栽培环境与作物生产	(7)
第二章 作物的光环境	(14)
第一节 光合作用	(14)
一、光合作用的机理	(14)
二、光辐射	(18)
第二节 光的生态作用	(21)
一、光照强度的生态作用	(21)
二、光谱成分的生态作用	(22)
三、光周期的生态作用	(23)
第三节 不同光强下作物的适应	(25)
一、作物对高光强的响应	(25)
二、作物对低光强的适应	(27)
第四节 提高作物光能利用率的途径	(30)
一、选用优良品种、合理茬口搭配	(31)
二、优化栽培措施、发挥作物潜力	(32)
三、建立优质群体、提高光合效率	(33)
四、协调库源关系、提高经济系数	(34)
第三章 作物的热环境	(36)
第一节 温度对作物生长的影响	(36)

一、影响作物热环境的因素	(36)
二、作物生长的热量条件	(39)
三、温度对作物生长发育的调控	(41)
第二节 作物的低温胁迫	(42)
一、寒害	(43)
二、冻害	(46)
第三节 作物对高温的适应和抗性	(48)
一、高温对作物的影响	(49)
二、作物对高温的抗性	(50)
三、热害的减避	(51)
第四章 作物的水环境	(53)
第一节 作物和土壤水分关系	(53)
一、水的性质	(54)
二、作物对土壤的水分吸收	(55)
三、土壤的水分供应	(60)
第二节 作物的水分管理	(64)
一、作物的需水	(64)
二、水分对作物的调节作用	(65)
第三节 作物的水分胁迫和减避措施	(67)
一、干旱对作物的影响和栽培应对措施	(67)
二、涝害对作物的影响和栽培应对措施	(73)
第五章 作物的土壤环境	(76)
第一节 土壤肥力	(76)
一、土壤的结构	(76)
二、土壤肥力	(77)
第二节 作物对养分的吸收	(80)

一、作物的必需元素	(81)
二、作物对养分的吸收	(83)
第三节 土壤养分逆境和土壤污染	(88)
一、土壤污染	(88)
二、养分胁迫对作物的影响	(90)
第四节 作物对土壤毒害的抗性和土壤污染的 治理	(92)
一、作物对毒害的抗性	(93)
二、避免土壤养分逆境的措施	(96)
第六章 作物的施肥	(100)
第一节 作物的需肥特点	(100)
一、作物的需肥	(100)
二、作物营养的关键时期	(102)
第二节 肥料三要素	(103)
一、氮肥的合理施用	(103)
二、磷肥的合理施用	(105)
三、钾肥的合理施用	(106)
第三节 复合肥料和微量元素肥料	(108)
一、复合肥料和专用肥	(109)
二、微量元素肥料	(110)
第四节 有机肥料	(113)
一、有机肥的作用	(113)
二、常用有机肥	(115)
第七章 作物的气体的环境	(118)
第一节 土壤的气体环境	(118)
一、土壤气体	(118)

二、土壤的通气性和调节	(120)
第二节 作物在缺氧土壤中的适应和生存	(122)
一、土壤缺氧对作物的影响	(123)
二、作物对土壤缺氧的适应性	(124)
第三节 大气环境	(127)
一、主要大气污染气体及其对作物的影响	(127)
二、减避大气污染的农艺措施	(132)
第八章 作物的生物环境	(135)
第一节 竞争	(135)
一、竞争的特点	(135)
二、竞争和作物生产	(137)
第二节 动物对作物的影响	(139)
一、有害作用	(140)
二、有益作用	(141)
三、作物害虫的防治	(143)
四、非昆虫类有害动物	(145)
第三节 作物与微生物的相关	(147)
一、共生	(147)
二、寄生和作物病害	(153)
三、土壤微生物	(154)
第四节 作物的化感作用	(156)
一、化感作用	(156)
二、影响化感作用的因素	(158)
三、化感作用在农业生产上的应用	(162)
参考文献	(165)

第一章 概 论

作物的生长发育高度依赖于环境，作物的栽培环境包括各种自然和人为环境。环境是作物生长发育不可或缺的物质和能量来源，作物的生产实质上是利用环境资源为人类服务的过程。环境同时又是作物生长潜在的胁迫因素，作物只有在适宜的环境下才能正常生长。作物的生长受施肥、灌溉以及防虫治病等农业措施所产生的人为环境的影响，作物受环境影响的同时，又反作用于环境。在农业生产中研究作物与栽培环境的关系，对于充分利用各种资源、减少环境不利因素对作物的危害、实现作物生产的优质、高产、高效均有非常重要的意义。

一、作物和环境的关系

（一）环境是作物赖以生长的资源

环境是作物生长的基础，作物的生长离不开环境，环境包括物理因素、化学因素和生物因素。栽培作物的主要环境因素包括光、热、肥、气以及生物因子，各环境因子间既相互独立，又相互依存。环境既为作物的生长提供生态条件，又供给作物以能量和物质，它们是作物的生长发育不可缺少的，也是无法回避的外界因素。作物

的生长首先依赖于光合作用，光合器官的产生和光合效率的高低不可避免地受到环境的选择压力，除了幼苗期，作物群体的大多数时间相互遮阴而竞相争光。作物的生长发育需要一定的积温才能完成生活史，酶的活性需要在一定的温度条件下进行。作物的生长需要矿质元素和水，作物光合作用的反应是将 CO_2 和水同化为碳水化合物，因此水和 CO_2 是任何作物不可或缺的资源。水也是很好的溶剂和介质，土壤养分依靠水的作用源源不断地运送到作物的根部，供作物吸收利用。土壤含有作物生长发育所必需的各种矿质元素，对作物而言土壤中某些养分的供应，如土壤中氮磷钾的供应，远远不能满足作物的需求，这就需要通过施肥来补足。作物被其他生物所包围，它们对作物起到直接或间接的影响。土壤微生物促进土壤有机质的分解，通过对土壤有机质的矿质化和腐殖化而影响土壤对作物的养分供应和土壤的理化性状。豆科作物还与固氮微生物发生共生关系，通过固定大气中的气态氮来增加土壤的氮素和培肥地力，进而促进作物的生长。作物与一些内生菌根的共生关系也促进作物对在土壤中迁移缓慢的矿质元素如磷的吸收。作物需要的环境因子有时是充足的，如在作物冠层的光强常在叶片的光饱和点之上；淹水稻田的水分足以水稻生长发育所需。而在许多情况下，作物对环境因子的需求显得不足，但经过长期的生物进化，作物已具有对环境中稀薄的资源进行浓缩的能力，如空气中 CO_2 的体积分数仅 300×10^{-6} ，土壤中的矿质元素也在微摩尔分子范围，作物通过其特有的形态结构和生理生化过程对它们进行

浓缩和得以利用。

生境不仅包括环境因子的生理效应，还包括环境因子在时空上的变化。作物和环境的关系是相辅相成、相互依赖的关系。根据某个环境因子对特定作物的反应程度的差异可将其分为不利、有利、中性、致死四种。在自然界，毒性和极端不利的环境中，只有很少的作物能维持生长，而在较有利的环境中，大多数物种（包括许多能适应于极端环境的物种）达到生理的最适点。不利的环境常抑制作物生长，当这种不利因子进一步向负面发展时，对作物来说就意味着是致命的。某些因子表面上看似似乎是中性的，但却具有重要的生态效应，如硅并不是作物生长所必须的元素，但具有在草本作物中提供支持和防止被动物啃食的作用。作物源于植物，又不同于植物，人类通过对作物的长期定向选择或通过近代的遗传育种技术培育出适应不同条件的作物品种，这种品种已经脱离了野生的生境，只有在人为的栽培环境条件下才能生长良好。而就栽培作物而言，往往只能适应特定的栽培环境才能生长良好，离开了此环境作物就不能良好生长，或不能完成特定的生活史。适宜在高肥力、高生产力地块种植的作物品种，表现高产，但在瘠薄地块种植就不能体现其高产性状。在平原地区表现良好的品种到山区种植表现不良的例子也屡见不鲜。

（二）环境对作物的胁迫和作物对环境的适应

1. 环境对作物的胁迫

不良的环境对作物产生损害，作物自身对逆境又有适应性，这种适应既是作物自然选择的结果，又是长期的

人工选择的结果。适应包括分子水平、生理水平和形态结构水平的抗性。损害包括整株或作物的某一部分死亡的实质性伤害和因为生理功能不良引起生长的减缓或发育受阻。如酶是在一定的温度范围才有活性，如超过或达不到该范围，其活性就严重受阻从而发生损害，显然这种酶活性变化的根本原因是其分子结构的变化。同时某些因子又可能过量，如红壤中过量的铝离子对作物常带来的毒害。作物不同于动物可以自由活动，一旦播种（或移栽）就是固定不动的，就只能被动地暴露在环境之中经受风吹雨打，而不能躲避环境的胁迫，这就需要特殊的机制或通过生活周期来适应环境的变化。每种作物个体都有依赖于环境的表现型，也就是说具有表现型的可变性。无论哪个环境因素过量都会对作物造成不良的影响，如氮肥是肥料的三要素之一，是作物高产所必须的，但过量施用不仅造成浪费和污染环境，而且引起作物的贪青陡长、群体郁闭、易倒伏和病虫害加重等负作用。

2. 作物对胁迫环境的适应

(1) 作物对胁迫环境适应的特点。

作物的群体单一，即使是间作套种的也不过2~3个优势种，这种群体的优点是生产力高，可根据人类的需求生产出较大数量特定的农产品，但是缺点是不稳定，易受病虫害等不利环境危害，且自身的调节能力弱，对环境变化的抵抗能力不强，只有在人工干预下，才能得到维持。作物对环境的响应类型复杂，可以为分子水平的适应、生理适应和作物形态或行为的适应。响应除了

个体响应，如表现型的变化，还有种群的响应。对个体来说，作物应该具有一种或多种响应使其能在不利的环境下生存。作物对随时间变化环境的适应依赖于环境变动的大小和对这种变动的预先变化，在生命进化约32亿年的漫长历史中，作物已对环境的变化产生响应。在个体生活周期内，环境将有明显的波动，大多数作物通过个体发育的预先变化来适应。例如多年生的落叶果树通过秋季的落叶来度过寒冷的冬季。作物也受短时间环境的变动（如日、夜的变化）的影响，此时形态学的变化显然就不适应，作物往往是通过生理和部分器官的运动来适应，如向日葵的向光性，牛芹菜体内硝酸还原酶的日夜波动。作物所占据的空间具有不同的环境性质，土壤的表层和深层的性质不同，土壤和空气的性质更是截然不同。作物生存的空间有时相当大，如某些园艺作物庞大的树冠和根系；某些水生作物如浮萍是自由漂浮的，其生存的空间是经常变化的。

（2）作物对环境的分子水平的适应。

分子水平的适应：①主要表现为分子结构的变化，如在胁迫环境下抗寒锻炼的作物，蛋白质中SH基数目减少，减轻其因受环境胁迫引起的生物大分子的变性带来的功能改变，以及蛋白质分子在胁迫的环境中活性朝着有利于减轻胁迫的方向变化，如受某种营养胁迫时作物吸收系统对该营养的亲合力增加等。②分子数量的变化：如在盐生作物中通过氨基酸的合成使渗透平衡，防止代谢系统受伤害等。③分子作用类型的变化：例如在耐涝作物中有氧呼吸途径的变化；又如，CAM作物在干旱环

境中采用 CAM 途径同化 CO_2 来适应环境的水分的胁迫。

(3) 作物对环境的形态学适应。

作物对环境的适应表现为形态学特征。干旱生境生长的作物的根系发达，以能吸收到尽可能多的水分。作物具有对环境瞬时变化的响应能力，如叶片和气孔的运动等；以及对环境变化的适应，如休眠、落叶等。在不同生境中生长的作物会产生不同的结构，如阳叶和阴叶、水生作物的异形叶、耐涝作物的通气组织。在营养胁迫的环境下作物生长矮小；水稻等作物在生育后期营养不良时常会出现早衰现象。

3. 作物对环境胁迫的适应类型

(1) 避性：在作物中，避性是一种对不利季节适应的最普通的方法，它往往涉及到表现型的变化以及人为地选择播种时间来避开胁迫的环境。逆境时作物生长缓慢或停止，如在严寒的冬季冬小麦地上部生长非常缓慢。在动物中，通过动物的行为可以避免逆境。作物也可以通过调节播种移栽期使其在有利的季节生长，在不利季节来临时已经收获，并将繁殖体储藏起来，供新的有利的季节来临时再次使用。

(2) 御性：表现在生理代谢和形态结构上，如许多作物的叶片或果实表面有蜡质层和绒毛等特殊的御热保护结构，有些作物在高温下气孔开启程度加大，通过蒸腾量来降低作物的体温等。事实上，御性是通过保护内部代谢过程而生存的，仙人掌能贮水来适应干旱，一些沙漠灌木有巨大的根系以维持水分供应。

(3) 耐性：涉及有机体生理和生化变化来适应逆

境。某些作物在高温胁迫下产生疏水性能较强的特异蛋白质，在较高温度下仍能维持酶的活性。一些作物在干旱条件下，其细胞原生质仍保持固有的性质。在某些细菌和单细胞的生物中耐性表现明显，因为它们往往缺乏对形态结构改变的能力。

以上三种适应类型并非互相排斥。避性的主要缺点是使作物的有效生长期减少，耐性允许作物有一定的生长，两种机制可以同时存在。而御性只能部分有效，作物还需有必要的耐性机制与之相配合。

二、栽培环境与作物生产

（一）作物栽培环境的特点

1. 作物栽培环境的复杂性

人类居住的地球，存在着各式各样的生境，这种生境的多样性是人类根据需去种植不同的作物的基础。环境条件是可变的，作物生境表现为空间的变化又表现为时间的变化。北半球，随着纬度的升高，年均的积温减少，作物的生长季节减短；在同一纬度，随海拔升高，气温下降。山体南坡的光热资源较北坡优越。在时间上，栽培环境表现为较为规则的周期性变化，如季节的变化：春季多雨、夏季炎热、秋季凉爽、冬季寒冷；日变化：一天中午的光照强度最高。作物经常受到作物胁迫环境及气象灾害的干扰。我国东南沿海，台风频发，暴雨成灾。据温州市的气象资料统计，新中国成立 50 多年来，对该市发生影响的台风年均达 3.7 次，其中发生中等以上灾害的达年均 1.5 次。在北方发生的干热风气候，严重影

响小麦的灌浆结实，造成小麦的大面积减产。作物减灾防灾技术的重点应放在基础设施的建设和通过农艺措施减少和避免灾害损失的措施。作物的另一种严重灾害是病虫草以及其他有害动物造成的灾害，水稻的螟虫、稻纵卷叶螟、稻飞虱及小麦的粘虫严重影响其增产增收。水稻的稻瘟病、蚊枯病、白叶枯病，小麦的赤霉病等严重影响作物的产量，不及时防治甚至会造成颗粒无收。可见，需要研究灾害性天气和灾害性病虫害的准确预测预报工作；研究主要病虫草鼠害的防治技术；实施作物病虫草害无害化治理工程等来减少灾害损失。

2. 栽培环境的可控性

作物栽培环境是经过人为调控的环境，人们通过逐渐研究和应用物理方法、化学方法和生物技术方法来改善作物的栽培环境，使其朝着有利于作物生长发育和提高作物收成的方向发展。人类从原始的刀耕火种开始就试图调节着栽培环境。随后，逐渐发展了作物的施肥、灌溉技术，并对种子进行连续的人工选择，使栽培作物更适应于特定的栽培环境，栽培作物环境的调控的程度逐步增加。人类在长期的生产活动中，对栽培环境和作物的相互作用已有了许多认识和实践，并采取一些措施来充分利用环境或改善环境，来为人类获得需要的农产品，如通过间作、套作提高作物对光能的利用率；通过蹲苗提高作物的抗旱性；通过抗寒锻炼提高作物的耐寒性等；园艺工作者通过果树的控长促梢、疏花疏果等技术调节营养生长和生殖生长的关系；通过对茶树的修剪来改善其株型；以及通过激素、光照的控制等进行花卉花期的