




全国高等农林院校“十一五”规划教材
普通高等教育“十一五”国家级规划教材配套教材

农业生态学 实验与实习指导

骆世明 主编

 中国农业出版社

全国高等农林院校“十一五”规划教材

普通高等教育“十一五”国家级规划教材配套教材

农业生态学实验 与实习指导

骆世明 主编

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

农业生态学实验与实习指导/骆世明主编. —北京: 中国农业出版社, 2009. 1

全国高等农林院校“十一五”规划教材. 普通高等教育“十一五”国家级规划教材配套教材

ISBN 978 - 7 - 109 - 13306 - 8

I. 农… II. 骆… III. 农业科学: 生态学—实验—高等学校—教材 IV. S181 - 33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 203322 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100125)

责任编辑 李国忠

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2009 年 2 月第 1 版

2009 年 2 月第 1 版北京第 1 次印刷

开本: 720mm×960mm 1/16 印张: 10.75

字数: 190 千字

定价: 15.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

主 编 骆世明 (华南农业大学)

副主编 李凤民 (兰州大学)

林文雄 (福建农林大学)

陈雨海 (山东农业大学)

张卫健 (南京农业大学)

参 编 (以姓氏笔画为序)

王建武 (华南农业大学)

冯远娇 (华南农业大学)

关小康 (兰州大学)

苏贻娟 (华南农业大学)

李小刚 (兰州大学)

李世清 (兰州大学)

陈冬梅 (福建农林大学)

贾 宇 (兰州大学)

章家恩 (华南农业大学)

曾任森 (华南农业大学)

蔡昆争 (华南农业大学)

黎华寿 (华南农业大学)

潘成忠 (兰州大学)

前 言

农业生态学是生态学拓展到农业领域的一个应用分支。农业生态学实验与实习的目的是加深学生对农业生态学规律的了解，并且提高开展生态农业建设和推进农业可持续发展的实际动手能力。本教材共分两大部分，其中第一部分是实验指导，通过实验室和田间试验加深对农业生态学理论和方法的理解和掌握。第二部分是实习指导，通过下乡选择具体农业生态系统开展调查研究，通过对系统的定性和定量分析，提高对生态农业建设和农业可持续发展的指导和操作能力。

第一部分中，实验一到实验五是观察和验证性的实验。通过实验观察或验证关于农业生态系统中相互关系的一些基本理论，包括生物与环境的关系、生物与生物之间的关系。实验六到实验十三主要针对农业生态系统的能流和物流，实际测定一些关键指标。第二部分中，实习一到实习六是分析农业生态系统的结构及其环境影响，涉及的结构包括垂直结构、水平结构、时间结构和食物链结构等，还有关于鸭稻结构。实习七到实习十一主要分析农业生态系统模式的功能和效益。实习十二和实习十三是关于生态农业的规划和设计。

本教材提供了一个涵盖面比较广的内容，全面完成需要的学时数也比较多，实际使用时可以根据课程的学时数、教学专业特点以及物质和经费条件进行选择。由于实验实习涉及的面广，部分实验和实习开展时还需要进一步借助参考文献完善一些具体操作。书本后面的附录中列举了有关能量、养分的参数和国家一些环境标准，可供实验实习时参考使用。

本教材也可以作为实际开展农业可持续发展和生态农业建设工作时的方法论参考。

本教材是全国高等农林院校“十一五”规划教材，在编写和出版中得到了各编写人员所在学校和中国农业出版社的大力支持和帮助，特此感谢！

限于作者的水平和能力，书中难免有不当和错漏之处，敬请各位同行专家和读者批评指正。

骆世明

2008年11月

目 录

前言

实 验 指 导

实验一	农业生物对生态因子的适应性	3
实验二	作物种植密度引起的种内竞争实验	8
实验三	作物间作引起的种间竞争实验	11
实验四	植物化感活性测定	14
实验五	微生物间的拮抗作用	20
实验六	土壤水分平衡的测定	24
实验七	太阳辐射能的测定	36
实验八	物质热量的测定	40
实验九	土壤释放气态氮流的测定	46
实验十	凋落物收集与秸秆还田分解过程的测定	56
实验十一	坡地的水土流失模拟实验	59
实验十二	影响沼气产生的因素	65
实验十三	蚯蚓的行为与生态特性	69

实 习 指 导

实习一	农业生态系统的水平结构分析	77
实习二	农业生态系统的垂直结构分析	80
实习三	农业生态系统的时间结构分析	83
实习四	农业食物链结构分析	87
实习五	不同耕作方式的环境影响	89
实习六	稻田养鸭对田间昆虫的影响	94
实习七	观察和认识一个农业生态系统	98
实习八	农业生态系统的耗水量的测定	104
实习九	农业生态系统的能量平衡计算	108
实习十	农业生态系统物流平衡计算	113

目 录

实习十一 农业生态服务功能的经济评估方法	117
实习十二 生态农业建设的规划	121
实习十三 生态农业模式设计实习	125

附 录

一、能量折算参数	132
表 1 能量单位换算表	132
表 2 有机物热值参考值	133
表 3 有机物类热量表	133
表 4 农产品热量	134
表 5 农副产品热量	136
表 6 饲料、绿肥热量	137
表 7 动物产品热量	138
表 8 燃料（直接商品）能量	139
表 9 部分生产资料间接能量	139
二、养分含量折算参数	139
表 10 作物体内养分含量（%）	139
表 11 子饼的养分含量（%）	140
表 12 蔬菜、瓜、茄果、菌藻养分含量（%）	140
表 13 干鲜果类养分含量（%）	141
表 14 饲料、绿肥养分含量（占绿色体的%）	142
表 15 土杂肥养分含量（%）	142
表 16 粪肥养分含量（%）	143
表 17 常用化肥养分含量（%）	143
表 18 农作物形成 100 kg 经济产量对主要养分的需求量（kg）	143
三、环境质量标准及污染物控制标准摘录	144
表 19 中华人民共和国国家标准 环境空气质量标准（GB 3095—1996）	144
表 20 中华人民共和国国家标准 保护农作物的大气污染物最高允许浓度（GB 9137—88）	145
表 21 中华人民共和国国家标准 地表水环境质量标准（GB 3838—2002 代替 GB 3838—88）（摘要）	145
表 21-1 地表水环境质量标准基本项目标准限值（mg/L）	146
表 21-2 集中式生活饮用水地表水源地补充项目标准限值（mg/L）	146
表 21-3 集中式生活饮用水地表水源地特定项目标准限值（mg/L）	147
表 22 中华人民共和国国家标准 农田灌溉水质标准（GB 5084—92）	148
表 23 中华人民共和国国家标准 渔业水质标准（GB 11607—89）	149
表 24 中华人民共和国国家标准 土壤环境质量标准（GB 15618—1995）	150

目 录

表 25	中华人民共和国国家标准 城镇垃圾农用控制标准 (GB 8172—87)	150
表 26	中华人民共和国国家标准 农用污泥中污染物控制标准 (GB 4284—84)	151
表 27	中华人民共和国国家标准 农用粉煤灰中污染物控制标准 (GB 8173—87)	151
表 28	中华人民共和国环境保护标准 食用农产品产地环境质量评价标准 (HJ 332—2006, 2007-2-01 实施)	151
表 28-1	食用农产品产地土壤环境质量评价标准	151
表 28-2	食用农产品产地灌溉水质量评价标准	152
表 28-3	食用农产品产地环境空气质量评价标准	153
主要参考文献		155

实 验 指 导

实验一 农业生物对生态因子的适应性

一、实验目的

①学习通过测定水分、光照、温度等生态因子不同水平条件下农作物的一系列生理生态指标变化，分析其与水分、光照、温度条件的相关性，加深对作物生长及有关生理生态指标与生态因子之间关系的认识。

②掌握测定水分、光照、温度对作物影响实验的基本原理，熟悉实验方法和程序，了解各种仪器的工作原理并正确操作。

③提高通过设计梯度实验来获取作物生理生态数据并对其进行统计分析的能力。

二、实验原理

作物在自然环境条件下经常遇到不同生态因子的剧烈变化，若超过了作物自身的忍受范围，就会产生伤害。这种环境变化称为逆境或环境胁迫(stress)。这些逆境包括高温或低温(温度因子)、干旱或渍水(水分因子)、强光或弱光(光照因子)、盐害、重金属毒害等。作物对这些不良环境的抵御能力称为抗逆性或抗性。作物在受到逆境胁迫时，不但在形态上发生变化(如株高、根长、叶片数、叶面积、叶片水分状况)，而且在细胞结构、生理上(光合作用、叶绿素、保护酶活性、抗性物质等)也会发生一系列的变化。通过对这些生长和生理指标的测定，有助于了解作物对环境的适应性和抗逆范围。

作物生理生态指标的测定方法如下。

1. 植物叶片水分状况的测定

(1) 叶片含水量(LWC)的测定 常以植物叶片的自然鲜重与干重之差占自然鲜重的百分数来表示叶片含水量，即

$$LWC = (W_f - W_d) / W_f \times 100\% \quad (1)$$

式中， W_f 为自然鲜重； W_d 为干重。

(2) 叶片相对含水量(LRWC)的测定 用叶片自然鲜重与干重之差占饱和鲜重(W_{sf})与干重之差的百分数来表示叶片的相对含水量，即

$$LRWC = (W_f - W_d) / (W_{sf} - W_d) \times 100\% \quad (2)$$

(3) 叶片水势的测定 用小液流法(参考植物生理学实验指导)和用水势仪直接测定,单位为 MPa。

2. 叶绿素含量的测定 可采用 SPAD-502 叶绿素仪直接测定。SPAD-502 叶绿素仪通过测量叶片在两种波长范围内的透光系数来确定叶片当前叶绿素的相对数量。利用透射方法即时测量叶绿素的含量时,简单地把测量计夹在叶片组织上,在 2s 内就可以得到叶绿素含量读数(0~99.9)。

3. 光合速率的测定 采用光合作用测定仪测定。根据光合作用的原理,在光合作用测定仪的叶室中,植物在阳光下进行光合作用吸收 CO_2 放出 O_2 ,同时发生蒸腾作用,致使流经叶室的 CO_2 和 H_2O 发生改变, CO_2 和 H_2O 可以吸收特定波段的红外线,因此其细微变化将导致对红外线的吸收强度发生变化,而红外线损耗量的变化又导致其能量变化,进而使所产生的电信号发生改变。仪器根据气体的流速和叶面积等,可以计算出光合速率与蒸腾速率,进而可以计算出气孔导度和胞间 CO_2 的浓度。

三、实验内容安排

1. 水分因子 通过盆栽方式控制水分的输入获得。旱地作物如小麦、玉米、大豆,设置 3 个水分梯度和 1 个对照:对照(土壤相对含水量 75%~80%)、轻度水分胁迫(60%~65%)、中度水分胁迫(50%~55%)和严重水分胁迫(30%~35%),每个处理 3~4 个重复。若是水稻实验,可设处理为:对照(保持水层 1~2 cm)、轻度水分胁迫(为田间持水量的 70%~75%)、中度水分胁迫(60%~65%)和重度水分胁迫(40%~45%)。水分处理 1~2 周后取样测定有关指标。

2. 温度实验 可利用培养箱进行不同温度处理,设置温度为 10℃、20℃和 30℃ 3 个处理,处理时间 10~15 d。

3. 光照实验 可采用遮阳网进行模拟不同光照强度,设置对照(光照 100%)、双层遮阳(光照 55%)、单层遮阳(75%),处理时间 15~20 d。

四、实验材料与设备

1. 实验材料 本实验根据环境和实验室条件选择适当的种子,如玉米、大豆、小麦、棉花、棉花、水稻种子等。

2. 实验仪器、设备和用具

(1) 植物株高、根长、叶片数、叶面积和叶绿素含量的测定 叶面积测定仪(LI-3000A)、叶绿素含量测定仪(CM-1000)或 SPD 叶绿素仪、刻度尺、游标卡尺、塑料盆。

(2) 植物叶片水势的测定 青霉素小瓶、试剂瓶、移液管 (10 mL)、毛细滴管、注射器、解剖针、镊子、打孔器 (或剪刀)、WP4 水势仪。

(3) 植物叶片水分含量的测定 分析天平 (0.0001 g)、干燥箱、干燥器、烧杯、剪刀、铝盒、坩埚钳、镊子、吸水纸。

(4) 光合速率的测定 LI-6400 光合作用测定仪、纸标签。

五、实验步骤

1. 幼苗培养 取底部有孔花盆，剪取与花盆底部大小相等的硫酸纸置于底部，各花盆装土量应相等。取种子集中萌发时间段内的幼苗进行移栽，以确保幼苗生长的一致性。每天适当补充水分，幼苗培养到有 2~3 片叶出现时，开始进行不同环境梯度 (如水分、温度、光照) 处理，具体操作见前面“实验内容安排”部分。注意每隔 2~4 d 对花盆的位置进行一次调整。

2. 植物株高、基径、根长、叶片数、叶面积和叶绿素含量的测定

(1) 株高、基径和叶片数测定 每种处理至少设 3 个重复，选择 9 株 (每盆 3 株) 植物进行株高、基径和叶片数测定，将结果记录在表 I-1-1 中。

表 I-1-1 植物株高、基径、根长、叶片数、叶面积和叶绿素含量测定记录表

处理 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	均值
株高										
基径										
根长										
叶数										
叶面积										
叶绿素含量										

注：其他处理的记录表与本表相同。

(2) 叶绿素含量和叶面积测定 叶绿素含量可以用比色法或纸层析法测定，这里利用叶绿素测定仪直接进行测量。叶面积测定可使用剪纸称重法进行测定，这里使用叶面积测定仪，对于测定叶绿素的叶片进行叶面积的测定。

(3) 根长的测量 本实验要放在光合作用测定后进行。将整个花盆放入水中，浸透后轻轻来回晃动花盆，待整个主根系全部暴露，测量主根长。

3. 植物叶片水分状况的测定 实验分 3~4 组，每组做一个水分处理。温度和光照因子实验可不测此指标。

(1) 准备工作 洗净铝盒，烘干，编号，称重并记录各铝盒重量。

(2) 鲜重测定 选取同一生长期的植物叶片，迅速剪取，装入已知重量的铝盒，用电子天平称取鲜重 (W_i)，重复 3 次。

(3) 饱和鲜重 (W_{sf}) 测定 将称过鲜重的植物叶片浸入水中, 一段时间后取出, 吸干叶表面水分立即称重。将材料再次进入水中浸泡一段时间后, 取出, 吸干, 称重。直到两次称重的结果基本相等, 最后的重量为 W_{sf} 。把称过饱和鲜重的植物叶片放入铝盒中置 $100\sim 105\text{ }^{\circ}\text{C}$ 干燥箱内杀青 10 min, 然后将温度降至 $80\text{ }^{\circ}\text{C}$, 烘至组织恒重, 用坩埚钳夹住装有材料的铝盒, 放入干燥器中冷却至室温, 称其干重 (W_d)。

(4) 结果 按上面的实验原理的公式 (1) 和 (2) 分别计算叶片含水量 (LWC) 和相对含水量 ($RLWC$), 将结果记录在表 I-1-2 中。

表 I-1-2 叶片水分指标的测定及计算

处理	重复	W_f	W_{sf}	W_d	RWC (%)	$LRWC$ (%)
处理 1	1					
	2					
	3					
处理 2	1					
	2					
	3					
处理 3	1					
	2					
	3					

4. 光合速率的测定

(1) 幼苗锻炼 提前 3 d 将室内培养的幼苗移至室外阳光下进行光照锻炼, 苗圃中的幼苗不用锻炼。

(2) 叶片标记 随机选择同一生长期的叶片, 每盆选 3 片, 用纸标签做标记。

(3) 光合速率、蒸腾速率的测定 选择在天气晴朗的上午 9~10 点钟进行测定。可采用 LI-6400 或 CIRAS-1 光合作用测定仪测定, 具体使用方法可参考仪器说明。测定结果记入表 I-1-3。

表 I-1-3 植物光合作用测定记录

处理	盆号	植株	光合速率	蒸腾速率	气孔导度	胞间 CO_2 浓度
处理 1	1	1				
		2				
		3				
	2	1				
		2				
		3				

实验一 农业生物对生态因子的适应性

(续)

处理	盆号	植株	光合速率	蒸腾速率	气孔导度	胞间 CO ₂ 浓度	
处理 1	3	1					
		2					
		3					
处理 2	1	1					
		2					
		3					
	2	2	1				
			2				
			3				
处理 3	3	1					
		2					
		3					
	1	1	1				
			2				
			3				
处理 3	2	1					
		2					
		3					
	3	3	1				
			2				
			3				

(蔡昆争)

实验二 作物种植密度引起的 种内竞争实验

一、实验目的

①通过观察在不同种植密度下，同种作物种群的分蘖数、株高和生物量等的变化趋势，进一步了解种内竞争的基本原理。

②了解不同种植密度和生长时间对同种作物分蘖数、株高和生物量等指标的影响，进而理解种内的密度制约规律和种群的自疏现象。

二、实验原理

竞争 (competition) 是指两个或两个以上有机体在所需的环境资源或空间相对不足的情况下所发生的相互关系。竞争可以发生在同种植物的不同个体之间，即种内竞争 (intraspecific competition)，也可以发生在不同植物之间，即种间竞争 (interspecific competition)。植物只要共享某种资源就会存在大小程度不一的竞争，一般来说植物的生态位需求越接近，竞争就越强烈。

种内竞争是指同种内个体之间相互作用的一种形式。由于同种个体的行为、生理特征以及对环境 (包括资源) 的要求是相同的，至少是相似的，所以当它们对资源的共同需求超过资源的供应时，竞争就会出现。一般来说，种内竞争的强度会随种群密度的上升而增加，即是密度制约型的 (density-dependent)。如果高密度地种植同种植物，种内竞争不仅会影响植株生长发育的速度，而且也会影响植株的存活率，从而出现自疏现象 (self-thinning)。

三、实验材料、设备与试剂

1. 实验材料 水稻 (*Oryza sativa* L.) 种子、供试土壤 (为土表 0~20 cm 的水稻土，风干后过 2.5 mm 筛，充分混匀以备用)。

2. 仪器与用具 塑料桶 (直径 35 cm，高 35 cm)、人工气候箱、镊子、标签纸、铅笔、信封、塑料杯、米尺、剪刀、纱布、烘箱、天平等。

3. 试剂 肥料 (尿素、氯化钾、过磷酸钙)、过氧化氢 (H_2O_2)。

四、实验步骤

①实验采用4种不同的种植密度(5粒/塑料桶、10粒/塑料桶、20粒/塑料桶、30粒/塑料桶),分别在播种后4周、8周取样观察。每个密度每次取样5个重复,同时为防止某些塑料桶出苗不齐,每个密度每次取样多加2个塑料桶备用,共需56个塑料桶($4 \times 5 \times 2 + 4 \times 2 \times 2 = 56$),每个密度种植14个塑料桶。

②每个塑料桶装10 kg土壤,加入一定量的肥料(尿素2.2 g、氯化钾1.4 g、过磷酸钙3.4 g),充分拌匀,平整土面,使土面低于桶口约5 cm,将塑料桶浇透水,置于温室内备用。

③将水稻种子用蒸馏水充分清洗后放入培养皿中,用8%的过氧化氢消毒10 min,洗净后加蒸馏水在人工气候箱中30℃浸种48 h(期间换水两次),然后将种子置于约28℃下催芽24 h。

④用镊子选取芽长一致的水稻种子沿塑料桶内侧2 cm处均匀定量(5粒、10粒、20粒或30粒)播种一圈,并用少量土壤覆盖种子,浇水。播种后,在每个塑料桶上贴上标签,用铅笔注明该塑料桶的播种密度、播种日期以及每次取样的重复号。

⑤将塑料桶依次排列在温室中,定期交换位置,出苗后每隔1 d用塑料杯浇水一次,使水位保持在1~2 cm。

⑥分别在水稻生长4周、8周时选择各种密度出苗整齐的5个塑料桶,记录植株数、每株的株高(用米尺测量)和分蘖数等,然后齐土面剪取植株的地上部,用纱布擦干水分后,装入信封,用铅笔在信封上注明播种密度、取样时间和重复数。

⑦小心将每个塑料桶的土壤及水稻地下部倒出,仔细清洗干净地下部,同样用纱布擦干水分,装入相对应的装有植株地上部的信封。

⑧将装有各种种植密度的地上部和地下部信封放进烘箱于105℃杀青30 min后,在75℃下烘至恒重。

⑨从烘箱中取出装有植株的信封称重记录,然后倒出植株,再称空信封重,计算各种种植密度的塑料桶中每株水稻的平均干物重: $\bar{W} = (\text{信封和植株重} - \text{信封重}) / \text{植株数}$ 。

⑩将每次取样所得出的各个种植密度的平均每株分蘖数、株高和干物重进行统计分析。

五、数据统计方法

数据采用Excel整理,将每次取样所得出的各种种植密度的平均每株分蘖