

农业科学参考资料

植物生理学在 农业中的应用



学出版社

农业科学参考资料

植物生理学在农业中的应用

科学出版社

1983

内 容 简 介

为了提高农业生产的产量,则农业科学水平的进一步提高是关键因素之一。本书选译了13篇有关农业科学的基础研究的文章,大部分是针对发展中国家的农业生产技术比较落后,提出了应用研究与基础研究的密切关系,以及如何促进基础研究更好为农业生产服务等见解。本书的基本内容是说明植物生理学研究工作如何在农业生产中应用,此外也介绍了植物原生质体的细胞融合来培育新的植物杂种,为今后作物的育种工作指出了有效的途径。还有一篇介绍菌根的文章,说明了菌根与植物矿质营养的关系,它是有利于植物根部吸收营养物质。

本书可供农业科学工作者、农业院校以及大专院校生物系师生的阅读与参考。

农业科学参考资料

植物生理学在农业中的应用

责任编辑 黄宗甄

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1983年6月第一版 开本:787×1092 1/16

1983年6月第一次印刷 印张:9 1/2

印数:0001—4,800 字数:219,000

统一书号:13031·2271

本社书号:3111·13—12

定价: 1.50 元

目 录

1	二十一世纪的农业研究和技术需要·····	S. H. Wittwer 著 (1)
2	发展中国家作物改良问题与基础研究 ·····	R. L. Villareal 著 (31)
3	对水稻生产限制因素的评价和克服·····	N. C. Brady 著 (36)
4	植物生理学在作物改良中的作用·····	P. J. Kramer 著 (51)
5	生物量的生产与利用·····	H. T. Huang L. G. Mayfield 著 (57)
6	关于生物量生产的基础研究: 科学上的机会与机构上的挑战·····	I. Zelitch 著 (71)
7	生物固氮: 对发展中国家贫瘠土壤具有肥料战略的潜在利益·····	M. R. Lamborg 著 (80)
8	为了改善不发达国家的作物生产应进行生物固氮的转移基础研究——使用者 观点·····	R. W. F. Hardy 著 (90)
9	生物的固氮能力·····	渡边 岩著(100)
10	乙炔还原技术·····	N. J. Subba Rao 著(110)
11	植物原生质体的细胞融合·····	长田敏行著(123)
12	菌根·····	F. W. Went N. Stark 著(135)
13	滴灌·····	Kobe Shoji 著(141)

1 二十一世纪的农业研究和技术需要*

S. H. Wittwer

目 次

- | | |
|-----------------------|--------------------|
| 1.1 引言、背景和问题 | 1.6 水产养殖的潜力 |
| 1.2 优先的研究项目 | 1.7 技术需要和机会 |
| 1.3 控制粮食作物生产率的基本生物学过程 | 1.7.1 资源的保护和利用 |
| 1.3.1 光合效率和产量提高 | 1.7.1.1 气候 |
| 1.3.2 生物固氮 | 1.7.1.2 土地 |
| 1.3.3 遗传改良 | 1.7.1.3 水 |
| 1.3.4 遗传工程——扩大遗传的基础 | 1.7.1.4 能源 |
| 1.3.5 养分吸收的效率 | 1.7.1.5 机械化 |
| 1.3.6 菌根和土壤微生物学 | 1.7.2 新的作物和耕作制度 |
| 1.3.7 对环境胁迫的抗性 | 1.7.2.1 新作物 |
| 1.3.8 大气污染物 | 1.7.2.2 耕作制度 |
| 1.3.9 提高对竞争性的生物学系统的抗性 | 1.7.3 保护栽培 |
| 1.3.10 综合的有害生物管理 | 1.8 粮食总产量的极限 |
| 1.3.11 激素机理和植物发育 | 1.9 对于粮食生产研究和技术的支持 |
| 1.4 畜牧业和世界粮食体系 | 1.10 结论——粮食生产的趋势 |
| 1.5 改进草料生产 | |

1.1 引言、背景和问题

农业是世界上最古老和最大的产业,是首要的和最基本的事业。一半以上的人住在农村。食物居我们的需求之首。它是我们的最重要的可更新资源。它作为世界性的和国内经济的战略资源的潜力正受到重新估价。农产品的可更新性是“耕种太阳”的结果。通过绿色植物的生产,农业是唯一的“加工”太阳能的大产业。

绿色植物是太阳的生物捕捉器。在作物生产方面,农业的目的是调整物种以适应地点、种植方案、耕作制度和栽培措施而使绿色植物利用阳光,生产对人有用的产品(食物、饲料、纤维)的生物产量最高。可更新的农业生产将在资源交易中日益重要。许多农产品可以分别用于食物、饲料、纤维和能源。

获得充足和有保障的粮食供应既是人道主义的目标,又是进步的标志。1978—1979年度创造了4.39亿吨小麦和3.85亿吨水稻的新的世界纪录。1979年玉米产量达到4.06亿吨的空前纪录。目前,在全球范围内每人平均持有的粮食比历史上任何时候都多。然而,已经普遍认识到,单有粮食生产是不够的,还要考虑分布、运送和收入,也就是让人们能就地得到食物,并且有足够的购买力去买。

* 原文题目为 Research and technology needs for the 21st century; 为了节省篇幅,所有的注释和参考文献均未列出。——译者

只有穷人才挨饿。目前,世界性饥饿的首要原因并非粮食短缺,而是贫困。现有世界人口(43 亿)的 70% 以上以及预期人口增长的 85% 分布在不发达国家。大部分绝对贫困和相对贫困(80%)是在乡村和农业方面。发展中国家里许多农村的穷人是那些没有土地的劳动者,或者是那些土地和资本不足,难以从耕作中维持生计的小农。

数亿人长期营养不良。其中一半以上是儿童,而女人多于男人。粮食生产在将来必须有相当的扩大,以避免目前的粮食和营养问题恶化。根据世界粮食和营养研究指导委员会(Steering Committee for the World Food and Nutrition Study)的报告,如果要有重大改善的话,就必须使粮食生产从现在起到二十一世纪初每年至少递增 3—4%。

鉴于七十年代在美国和全球许多主要的粮食作物的产量停滞不前,上述对于粮食增加的要求可能是令人吃惊的。就美国而言,唯一的例外是玉米。一些可能的原因已有概

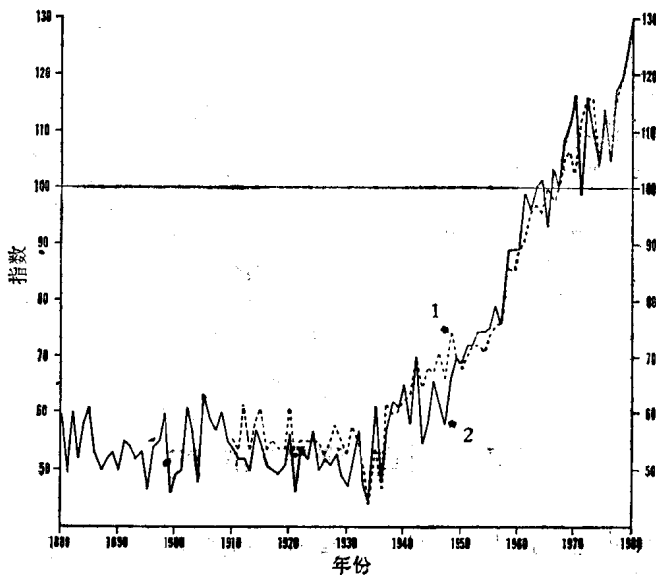


图 1.1 美国密执安州(1880—1980)和美国(1910—1980)的作物产量的综合指数注意从 1880 年至 1940 年的静止状态,五十年代和六十年代的急剧上升,以及七十年代平缓的趋势。
1. 美国; 2. 美国密执安州(1967 年为 100)

述。这是一个不祥的趋势,因为在多数发展中国家里为满足预计的消费需要,粮食生产翻一番的时限只有七至十年。五十年代和六十年代确实是美国农业生产率增长的黄金时代(图 1.1)。

粮食需求的增长既由于人口的增长,也由于消费者收入的增加。提高单位土地面积单位时间单位成本的生产率是所需要的 3—4% 的生产增长率的主要来源。这种增长可能 28% (这个比例将逐渐减小) 来自耕地面积的扩大,而 72% 来自通过高产和增加每年生产的作物季数来对土地集约使用。因此,足够大而且持续的产量增长的关键将是技术改变。

问题在于“在以前只长一棵玉米或一棵草的地方长两棵”。这可以用增加传统的投资的办法来做到,但这样付出的代价更高。难办的是要以较低的成本来做到这一点。这样就将得到更多的价格仍然合理的食物。为了做到这一点,我们必须考虑投入的资源(气候、

土地、水、能源、肥料、农药、人力、机械),它们的成本、供应状况和可更新性。

在美国,节约劳力的技术是主要的目标和成就。今天,一个农业工人生产足够他自己和其他 59 人的食物。相比之下,1970 年为 29 人,40 年前仅 11 人,而在 1900 年每个美国农民仅仅供养他自己和其他 6 个人。在整个历史上没有此类例子,如此少的人生产得如此之多。除了投入大量的土地、水、能源、肥料和农药的资源以外,单位人力投资的生产率的提高部分应归功于更妥善的管理,更适时的耕作以及更有效的生产设备。

美国的机械化使农民既能适时地进行他们的田间工作,又能同时顾及管理活动。这种情况也是因为劳动力不易获得、不可靠以及价格上涨而被迫造成的。在日本和另外一些工业化国家里情况恰恰相反,那里资源(土地、能源)有限而劳动力富裕。这些地方产量比较高,但是每个农业工人的产值要低得多。

因此,对未来而言,大体上可以分为两种类型的粮食生产技术——一方面是机械的、节省劳力的、多用土地资源的(land source intensive),另一方面是生物学-化学的、节约土地资源的。今后,以自然资源为基础的农业将向更多地以科学为基础的农业过渡。重点将是提高投入的单位资源的产值以及解除由于土地、水、肥料、农药和能源相对来说缺乏余地的供给所造成的约束。

Ruttan 指出,二十世纪前叶,这种过渡已经在日本和一些欧洲国家中发生。美国实行机械化的、多用资源的技术,而日本实行生物学-化学的、少用资源的技术。与日本和一些欧洲国家相比,美国对提高产量的技术的鼓励一直推迟到最近,其原因在于资源的丰富和廉价。然而,可以预见,几乎所有未来的粮食生产的增长都将是提高产量(单位土地面积、单位时间的出产)的结果以及来自一定年份在同一块土地上种植附加的作物。确实没有其他可行的选择。

这突出地强调了科学和新技术对于满足将来国家的和世界性的粮食需求的重要性。未来的新的高报酬的农业技术将是那些导致更可靠的、同时产量更高的生产技术。它们是劳动密集的而不是资本密集的,是作物集约的和少用资源的。它们必须是无污染的。它们将是对全球的粮食问题提供解决办法的(表 1.1),增加对未充分利用的劳力资源的需求的,使人们每年工作更多的天数,并且带来更高生产率的那些技术。

这样的技术是存在的。印度的杂交棉花的生产就是一个经典的例子。那里,需要成千的临时农工进行人工授粉,因而使产量翻了一番。直至今日,我们却尚未认真地致力于发展这样的农业技术。

在我们拟订未来的粮食研究和技术的日程时,所遇到的牵强的说法之一是,我们应该做的全部工作就是把现有的技术付诸实施,那样就万事大吉了。这意味着我们不需要更多的研究,只需要更好地传播我们已经取得的研究结果而已。

这真是荒谬至极。美国和其他工业化国家农业研究的机构——私人的和公办的——都注重于大规模的单一作物、牲畜的经营和节约劳力的技术,而这种技术在资本、管理和资源方面是集约的。经济和技术正变化得如此之快,以致于昨天的假设已不再有效。变化着的能源价格正在破坏我们过去关于成本的假设和增加农业生产的可行性。我们不再能够按照常规和过去的模式来制定研究规划。

未来必然会发生从高度机械化的、节约劳力的、单一作物和牲畜的系统,向更多的科学和生物学类型以及更多样化的保护资源的农业生产技术组合的转移。

表 1.1 全球性问题和农业生产率

贫困	人口增长
通货膨胀	薪炭短缺
营养不足	水涝和盐渍化
就业不足	能源供给无把握
森林的滥伐	环境中的有毒化学品
土壤侵蚀	提高生产和产量的稳定
气候的变迁	谷物-粮食/能源的矛盾
农业人员和政策制定者之间的隔阂	

发展中世界是一个小型化的世界。那里有大量的农场，与美国的相比规模极小。它们的土地和资本很少，而有相对充足的劳力。这些农场中五分之四占地不到五公顷，而将近一半只有一公顷。未来的要求是促进小农场单位的生产力。小农场可能是一个经济上可行的单位。此外，在小农场里单位土地面积单位资本投入所得的出产是比较高的。它们也是劳动密集的。

有必要对农业生产技术予以十分的关注，它将使出产最大，使就业最优，而使发展所需的资源输入和资金成本最小。任何新技术，如果它要被采用并对发展中的农业世界有用，则必须改善小农业生产者的经济条件。同时，任何以小农场为主的国家都意味着要推广任何新技术就必须与很多农民打交道。这不但在研究规划方面，而且在推广方面都提出了重大的任务。

随着更多的土地、水、肥料和农药被用于粮食生产以求得到高生产率，环境问题将增多。新技术将需要使用更多的，而不是更少的化学产物(肥料、农药)以增加粮食生产。这将随着人口的增长和需求的提高而发生。

由农业生产而引起的环境的破坏是以多种形式出现的。另外也有许多能改善而不是破坏环境条件的耕作实践的例子。农业粮食生产是我们的土地和水资源的主要使用者。环境中的有毒化学物质，其中很多是用于粮食生产的农药和肥料，被认为是对人类的健康和幸福的环境威胁和危害。关于食物的安全，对鱼和野生动物有害的影响，濒于灭绝的物种，以及致癌性问题的争论还将继续下去。至于能够维护环境的一套农业生产技术可能是什么，谁也说不清楚。

政府的管理每年耗费美国公众的 1,000 多亿美元。该费用中大约 60 亿美元是联邦政府的直接支出。在过去 10—12 年中政府管理条例的大量涌现可能有助于净化河流、湖泊和空气，但它们并不产生粮食、饲料、纤维或能量。

历史上充满着可能席卷全球的世界性饥荒迫近的预报。六十年代和七十年代广泛流传的信念和强大的宣传运动使我们确信在七十年代中期和后期，将会有世界范围的粮食短缺和许多地区的饥荒。这些可怕的预言并没有发生。这样的预言的不幸结果是，没有希望也就没有行动。

此外，关于资源、粮食、人口和环境的错误的坏消息太多了。典型的推断是：粮食生产的形势将越来越坏，我们现在比 1974 年离减少饥饿和营养不良的目标更远。这个说法出现在最近发表的世界饥饿问题总统委员会的最终报告中。没有拿出证据来支持这个说法。事实恰恰相反。其他报告同样是阴沉的和严酷的。它们没有考虑未来的科学发现，而预料生产上不太可能出现大的突破。

人类智慧的科学创造性是无限的。对未来的判断常常是在静止的技术的基础上作出的。随着科学和技术的进步,物质资源的范围将有所扩大。资源的基础会随着时间和技术而改变。

离达到科学的和生物学的极限尚远,世界上增加粮食生产的能力刚刚开始被开发。基础研究和应用研究可以成为激发未来的政府和私人部门为提高生产的稳定性和扩大粮食供应所作的努力的催化剂。

粮食、饲料或燃料生产中土地和水资源的应用上的矛盾将随着资源紧迫性的加强而继续下去。由矿物燃料散发引起的毒性和预期的气候变化,将直接增加对生产和使用可更新资源的强调。通过研究和技术解决粮食生产问题的领导地位将属于美国。作为一些国家的领导者,它目前的农业生产率是世界上已知的最高的。

美国目前所生产、消费和出口的粮食,比全部历史中任何国家所生产、消费和出口的粮食都多。1979年,国际贸易中谷物的61%是美国生产的。农业的出口抵消了进口石油费用的五分之三以上。考虑到现行的大量资源的投入,对这种状况的可维持性认真地提出了问题。存在着持久地继续以廉价提供粮食的问题。

本文的中心在于探讨将使上述问题成为可能——不但在美国,而且在世界的其他地方——的21世纪的研究和技术的机会。大多数未来的食品生产的增加必然来自更高的作物和牲畜的产量。对研究更多投资提供了我们的主要希望。

1.2 优先的研究项目

未来在研究中作出的关键的努力将在于对限制经济上重要的粮食作物和食用牲畜的生产率的生物学过程的控制,以及对资源和其他生产投资的更有效的使用和管理。一个关于作物生产率的国际会议,美国国家研究理事会/国家科学院的几篇关于世界粮食和营养的报告,美国国会技术估价办公室,以及最近关于畜牧农业——适应二十一世纪人类的需要的全国性会议作出了对植物科学和动物科学的先后次序的估价。

1976年世界粮食会议列出了研究的优先项目。一个关于粮食生产的国际会议——八十年代的战略对研究植物和动物资源、土壤、水和能量的问题提出了意见。实际上,所有的农业和粮食研究中心、研究所、实验站(国家的、地区的、省的和国际的,不论是私人或国家资助的)在过去的三、五年中已经重新评定了研究的优先项目,发起了长远计划会议和讨论会,以求对于粮食和农业的主要趋势有更深入的了解。从所有这些努力中已经表现出意外的一致。

1.3 控制粮食作物生产率的基本生物学过程

不断有人强调,对光合作用、生物固氮和植物育种的细胞方法要加强研究。此外,还须加上另外一些课题,例如用常规方法进行遗传改良;激素的机理和植物的发育;营养和水分摄取效率的提高;对竞争的生物学系统,不良土壤的矿质胁迫,环境和气候胁迫,以及有毒化学物质的抗性和适应性的提高。

在最近美国科学院国家研究理事会的世界粮食和营养研究会和其他一些会议上,这

些优先研究的项目被认为是资金严重不足的,而在这些领域中,工业化发达国家,包括拥有巨大的人力、财力和自然资源的美国,能够对第三世界国家的农业发展作出它们的最大的贡献。如果用经济上重要的粮食作物作为试验材料而努力加以研究,生产率和产量的稳定性就能有很大的提高。这些研究方向曾被称为下一代的农业研究,并且被认为在农业上发展中国家是必要的,对比较发达的国家也是如此。

1.3.1 光合效率和产量提高

光合作用是地球上最重要的生化过程。它当初为石油、天然气和煤的地质形成提供了材料。光合效率的提高掌握着我们未来的充足粮食供应的关键。绿色植物是游离的太阳能的主要收集者。每天,它们贮藏的能量为目前全世界消费的 17 倍。它们能在可以更新的基础上成为粮食和能源的净生产者。

所有旨在提高粮食作物的生产率的耕作技术,最终必须与提高植物系统中太阳能的获得量有关。然而,对利用太阳能的生物途径的阐明仍是国际上忽略的课题。但是,它已经在确定农业研究新方向的所有主要研究中名列前茅。

对光合作用进行研究的努力很少被集中于作物生产率上。主要粮食作物的光合效率全年平均小于 0.1%。对大部分作物而言,在生长季中太阳能利用的效率不超过 1%。在最好的条件下,象甘蔗和凤眼蓝这样的作物可能达到 2—3%。许多环境压力影响产量和光合作用,而植物之间有很多不同。

地球上在适当的环境(高温、充足的阳光、水)中产量最高的作物是 C_4 植物(其光合作用最初产物是四碳分子)。这包括甘蔗、玉米、高粱、小米、一些热带禾本科植物和少数非常有害的杂草。大多数粮食作物是 C_3 植物,包括小粒谷类作物、豆类、块根和块茎作物、以及几乎所有的水果、蔬菜和森林作物。这两种类型之间存在着解剖学的、生物化学的和对环境响应的区别。

对增强光合作用的研究大有可为。这包括确定调节和可能降低暗呼吸和光呼吸这样的消耗过程的机理并加以控制。类似的机理控制着光合产物的再分配,而这种再分配又转而调节产量和使“收获指数”最大(“收获指数”指植株中被收获的具有经济价值的部分所占的比例)。

光呼吸是发生在 C_3 植物中的能量消耗过程。对它加以控制可能对增加作物产量作出重大贡献。减弱光呼吸的关键是防止原初反应,即二磷酸核酮糖羧化酶的加氧作用。已经在拟南芥菜属中鉴定出能在光呼吸受抑制的条件下,表现正常的光合作用的突变体。

其他改善光合作用效率的研究任务包括对激素系统的了解和对控制开花和叶子衰老的生长调节器与可遗传成分的确定;植物结构和解剖学上的、耕作制度的、种植方案的、以及旨在更好地接受光的栽培技术的改良;向作物周围大气中增施二氧化碳。

植物育种研究尚未普遍地以改善光合作用过程为目标。光合作用和作物产量之间的关系是复杂的。今后应当去寻找光合作用强的突变体。叶绿体功能活跃状态的任何生理-遗传的延长和/或叶子衰老的推迟,对提高光合作用生产率来说都是重要的。

大量粮食作物品种的光合作用的最即时的改良之一,是用遗传方法改变植物的结构。使水稻植株的旗叶垂直地置于谷穗之上而不是垂在下面,就是最近为提高产量所取得的技术成果的一个例子。一个更好的光接收系统就这样创造出来。

森林滥伐、土壤侵蚀以及作为矿物燃料燃烧的结果的大气中二氧化碳水平的提高(每年约 0.4%)正引起极大的关注。可能的气候变化对我们的能源的冲击,农业的混乱以及由于预期的大气转暖而造成南极洲冰帽的融化导致海平面可能的升高(5—6 米),已经引起了科学家和公众的注意。

大气中 CO_2 水平的提高也有其生物学作用,这很少被提及,但可能是有益的。我们对于作物对大气中 CO_2 水平提高到目前水平的二倍将如何作出反应了解甚多。所有重要的粮食作物在阳光条件相同,土壤肥力、水分供应以及温度合宜和没有毁灭性病虫害的情况下产量将提高。这种看法在目前绝大部分关于 CO_2 问题的著作中均未提及。

然而,关于 C_3 和 C_4 杂草与作物的相对竞争力却有一些意想不到的地方。 CO_2 诱导的较高的温度与大气中 CO_2 水平提高的本身可能具有对杂草-作物关系的不同的效应。高温对一些有害的杂草,例如马齿苋,特别有利。

最后,目前在进一步更透彻地了解光合作用过程方面的许多基础研究,应当面向经济上重要的作物,无论在大田条件下和在实验室里都一样。随着我们把研究从微观的实验室水平转移到宏观的大田实验中去,高生产率的 C_4 光合机理优于 C_3 的优越性将逐渐地减少。

1.3.2 生物固氮

化学固定的氮是一种不可更新的资源。它也是投入农业生产的最大的和最费钱的依赖于矿物能源的工业投资。全部作物的总生产能力的 35% 应算在这一投资上。它是大部分食物蛋白质的来源。全世界用于作物生产的化学固氮肥料已急剧地增长。

1905 年生产了 40 万吨。1950 年增长到 350 万吨。1974 年生产了 4,000 万吨。1980 年估计超过 5,000 万吨。天然气是用于生产液态氨的主要燃料(95%)。氮肥厂每生产一公斤铵态氮要消耗一立方米天然气。

一种替换高矿物能源补给的办法是增加生物固氮。美国用于研究与增加粮食生产有关的生物固氮的经费很少超过每年 500 万美元。在过去的三年中,这个特别优先的领域中资金的增加几乎跟不上通货膨胀的步子。首先可做的是建立根瘤菌技术中心。对高效的豆科植物-根瘤菌共生体的研究工作应当继续下去,而不应朝向建造固氮谷物的遥远的目标。

树木也有生物固氮和生产可食用的产物或生物量的可能。牧豆树属、无刺美洲皂荚和红桉木均属此类。其次,有人建议重新恢复对于与更广泛使用豆科绿肥和冬季覆盖作物,饲料豆科植物的耕作制度以及豆科与非豆科的间作有关的农业系统的研究。问题在于要发展主要依赖于生物固氮,但仍然高产的农业系统。

这关系到并且支持“有机农作”运动的一个方面;即一个在最大的可行的程度上依靠作物轮作、作物的残留物、动物的粪肥、豆科植物、绿肥以及其他有机废料以维持土壤的生产力和耕作层,并供给土壤中必需的氮素的系统。

第三种开创性工作是改良寄主和微生物两方面的遗传工程。共生关系目前存在于豆科植物,放线菌结瘤的被子植物,能提高水稻田肥力的鱼腥藻和满江红结合体,以及禾本科植物、谷类作物、非豆科植物的棕色固氮菌与螺菌的根围联合体。最好的植物是那些能分泌碳水化合物给它们根上的固氮菌提供能量的。共生固氮相当多地利用光合作用的能

量,其能量效率还可以改善。

许多作物的生物固氮的数量已经达到高水平。蓝藻与满江红的复合体(稻田水面上的绿色浮垢)能提供加利福尼亚水稻的氮素需要量的75%。国际水稻研究所在335天里从22种伴有满江红的作物中每公顷总共收获了465公斤氮素。

这接近于种植苜蓿和三叶草每年每公顷500公斤生物固氮所得的氮素量。这与种植密度和扎根深度有关。英国罗撒姆斯特德著名的布罗德鲍克(Broadbalk)试验田的小麦所需氮素的50%以上,从1943年以来得自土壤表面的蓝藻的固氮作用。

为改良豆科植物的生物固氮所用的实验室和大田方法包括改良接种技术,改良根瘤菌的品系,改良植物品种,使根瘤菌品系与豆科植物品系配合得更好,节约能量,发展豆科植物对它有响应的氮肥系统,以及为改进光合生产而减低光呼吸。这些做法对于增加生物固氮与改善固氮本身一样地重要,而它们最近得到了重视。

在过去20年中,生物固氮的研究已经产生了很多复杂的基础知识,正如由此产生的文献之多所反映的那样。但是,对在大田条件下的实际应用几乎没有意义。

假如在实验室作基础研究的科学家和在大田条件下以任务为目标的,应用和解决问题领域中的科学家之间建立联系的话,那么就会促进对提高农业生产率具有重要意义的在生物固氮方面的进一步研究的突破。

发达国家和发展中国家科学家之间的合作努力应当得到鼓励。有可能进行生物固氮的研究,以求将科学用于解决国家的和全球的问题,并且同时对增加粮食生产和减少环境污染作出极大的贡献。由于采取其他办法所承担的经济、资源和环境的风险太大,因此非这样做不可。

对发展中国家而言氮肥固定的唯一的方法可能是利用可更新的能源——太阳能、风力或水力的非生物技术。50多年前被Haber-Bosch过程所取代的用于固定大气中氮的小型电弧系统,现在又重新进行研究。农家规模的固氮系统具有使甚至很穷的小农民在氮肥方面自给自足的潜力。

这样的固氮系统可能是省钱的和易于操作和维护的。它利用空气中的氮和农场中免费可用的风力、水力和太阳能推动的发电机发出的不大的电流。它正在爱达荷州桑德角(Sandpoint)的一个农场里试验,然后到具有充足的急流水供应而氮素却很少的尼泊尔去进行试验。

1.3.3 遗传改良

基于表现型表达的选种,控制杂交和选育营养价值较高的品种的标准技术,已经产生了水稻、小麦、玉米、小米、一些豆科植物和许多新的水果和蔬菜的高产和抗病的品系。现已建立起完善的实验网以试验和估价小麦、水稻、大麦、小黑麦、玉米、高粱和小米的“多系”组合。这些组合减缓了流行病的发生。

多系复合体是在表面上看来重量、成熟度、谷粒类型和产量互相类似但抗病力的遗传特性不同的几种品系的机械混和物。这对小麦锈病的抗性特别重要。1978年,印度成为第一个推广半矮秆小麦的多系品种的国家。

对谷物、粒用豆科植物、饲料和许多蔬菜的处理比较简单。但是,那些营养繁殖的(马铃薯、甘薯、木薯、果树、薯蓣、可可薯蓣)却有一个特别的问题。分生组织可以冷冻在液态

氮里以保存营养繁殖的粮食作物的遗传原种。问题在于用适当的代谢物、生长调节物质以及培养基去引起重新生长。

遗传改良的大量早期工作集中于抗病虫害,通过减少作物因病虫害而造成的损失使产量稳定。长期的努力应着眼于未来品种的最大产量遗传潜力和对环境胁迫的更强的抗性。谷物产量尚未达到平稳状态而将继续提高。

小麦遭受病虫引起的周期性、灾难性的损失的严重程度最近有显著的降低。杂交小麦的商业价值还有待于肯定。正是用常规的方法对小麦进行的一系列遗传改良,以及改良的栽培措施和灌溉使印度的生产从 1966—1967 年度到 1978—1979 年度增加了 3 倍。这是任何国家任何时候的粮食生产的最显著的增长。

未来的一个激动人心的领域是用遗传学方法改变作物以获得更强的气候适应性,从不肥沃的、对目前所用的品种太酸、有毒或盐渍化的土壤中获得高产。植物生理学家、农学家、遗传学家和植物育种家应当齐心协力以创造农业上重要的粮食作物的新品种,这些品种能够在养分贫乏的含有有害浓度的有毒元素和盐分的土壤上表现良好。当遗传学被用于农业上重要的作物时,这是其领域中缺少的一个方面。

还没有一种小麦品种适合于热带的低地,并且至少有一亿英亩的土地不适宜于现在的水稻品种。生长在热带的谷物又高又茂盛,但收获指数非常低。地球上大面积的土地或者没有被利用,或者没有充分地被利用于种植经济上重要的粮食作物。也许,生产受到限制更多地是因为植物与其环境在营养上不协调,而不是因为光合过程的低效率。

遗传资源将继续用于粮食作物营养价值的改良。谷物是大多数人的主要食物。已经鉴定了高蛋白质水平的水稻、小麦和大麦的品系。应用不透明-2 (opaque-2)-隐性基因,已使玉米的生物学价值和蛋白质水平都有所提高,并于最近扩大到正常基因背景的玉米。已经鉴定了高粱的类似的遗传上优良的品系。

尽管有以前和现在的宣传运动,所有这些人类实用的营养遗传改良至今大部分都是徒劳的。这里还有一个食品能否被接受的问题。颜色、滋味、质地或总的外形明显不同而质量或产量构成的部位保持不变的食物商品是不容易被接受的。

但是,对于大部分农业发展中国家的人民,没有比改良他们所吃的粮食更廉价、更好和更快的途径去解决他们的蛋白质需求了。把某些“粗”粮作物(玉米、高粱、小米)的高产与其他作物(小麦、水稻)的高蛋白质含量的“细”粮特点结合起来仍是一个主要的问题。

1.3.4 遗传工程——扩大遗传的基础

遗传工程是作为包括细胞培养技术的一系列事件而出现的,这些细胞是在原生质体培养、花药培养、单倍体生产、原生质体融合、质粒的饰变和转移中分离得到的(质粒是能够携带遗传物质的 DNA 片断)。这些技术的大部分是在过去十年中发展起来的。使用的植物材料很少或没有农艺上或食用的重要性。有意义的进展在于制定原生质体(无壁细胞)的分离、融合和使用适当的生长调节素进行培养以迅速地再生新植物的技术。

新的冷冻贮藏技术和植物细胞以及分生组织的基因库(bank)的建立,将是一种保存稀少和有用的遗传材料的手段。分生组织和茎尖、根尖培养已经极为成功地被用于一种主要的粮食作物——马铃薯。植物育种的新的细胞方法,有时被称为体细胞遗传学,可能成为远缘杂交、培育高产并对生物的和环境的胁迫和毒物具有强抗性的品种,以及改良

营养品质的一个主要途径。

可是,迄今为止,现代植物科学家只培养出一个新的粮食物种——小黑麦(*Triticale*)。原生质体融合为开发目前因为属间和种间用其他方法不育性的障碍而不能用的遗传材料带来了希望。番茄和马铃薯的体杂种就是一个例子。从固定的原生质体到无性杂交种的转化和再生可能引起农作物生产力的革命。

然而,如何产生易于纳入已有的植物育种规划中去的遗传材料还是一个重大的问题。此外,有人报告过的原生质体分离、融合、再生完整植株都能成功的植物种的数目是很有限的,而且主要局限于茄科和十字花科。任何作为地球上基本的粮食作物的谷类和豆类植物都还没有得到过这类杂种。

1.3.5 养分吸收的效率

据估计,在美国用作肥料的氮中只有 50% 以下,磷和钾的 35% 以下,是被作物回收的。亚洲东南部水稻田里的氮肥的利用率只有令人难以接受的 30%。对美国中西部来说是 50%。其余部分散失到环境中去了。

反硝化作用使氮素丧失到大气中。硝化作用加速土壤中氮素的淋洗损失。硝化也是反硝化造成损失的先决条件。假如这些巨大的损失,特别是在温暖的热带土壤中,哪怕部分地减少,那么粮食生产就可能有很大的改善。最近确定的造成亚洲的农场中从 1970—1976 年未能增加水稻产量的唯一的原因,是可利用的氮肥的低水平。

反硝化作用是硝酸盐还原为气态氮,主要是一氧化二氮和氮气的过程。这些状态不再可被作物生产所利用。这个过程是由广泛分布在土壤中的多种不同的细菌进行的。虽然由于反硝化作用而产生的有意义的硝酸根可能跑掉,但是这个过程受氧的抑制,在排水和通气良好的土壤中减到最低限度。一氧化二氮能够催化平流层臭氧的破坏,因此,在反硝化作用中产生的一氧化二氮的数量,以及污染地面水的硝化作用都具有环境的意义。

单单反硝化作用就使全世界每年损失 1,200—1,500 万吨氮肥。最近,对所有渗水计研究的估价表明,在正常的农业条件下,25% 的肥料氮素因反硝化作用而损失。硝化作用所造成的损失同样是巨大的。对施于土壤的氮肥的去路的估计提示,通过硝化作用和反硝化作用都会损失 25—35%。

有很多因素影响这些损失。其中有一些能够加以控制。根层施肥有助于减少这些损失。天然的和合成的硝化抑制剂与氨或尿素一起施用,是阻止氮素淋洗和大气损失的有效手段。反硝化抑制剂不久也将可供使用。应当努力去寻找硝化和反硝化抑制剂。

未来的研究课题仍然是设计一个能够竞争过反硝化作用的氮素保存途径。其结果可能是肥料的成本和用量显著的下降。可以节约不可更新的资源,粮食生产可以增加,而潜在的环境破坏可以减少。

反硝化作用仅仅在土壤缺氧的条件下发生。这可能通过减弱硝化作用,减轻土壤坚实度,改善排水状况,种植能改良土壤的植物,以及谨慎对待灌溉办法等得以减弱。对减少用于作物的氮肥的损失的研究重点应当与对设计利用可更新的而非不可更新的资源进行固氮的办法的研究处于同样的优先地位。

另一个在减少氮肥损失方面有一些意义的方法是国际肥料发展中心(IFDC)的方法。它从生产技术着眼。用硫包裹的尿素,特大的尿素颗粒,粒状和球状尿素,特大尿素

颗粒的深施等都能减少损失。

1.3.6 菌根和土壤微生物学

与植物的根形成共生组合的微生物(真菌)对养分摄取能力的增强作用正作为全球性提高作物生产的最鼓舞人心的尖端之一而出现。植物的根从土壤中吸收养分的效率能够大大地改善。菌根,特别是内生菌根和囊泡状-丛枝状的(vesicular-arbuscular)那个亚群,能够使磷和其他不易移动的养分的摄取得到很大的提高。

几乎所有的植物都有响应。囊泡状-丛枝状的菌根看上去是根的真菌延伸物。它们帮助根吸收肥料,从而能够刺激豆科植物的生长和固氮,特别是在缺磷的土壤中。菌根的影响不仅产生于吸收部位数目的增多,而且还有这些部位营养吸收亲和力的加强。有一些菌根的优良品种,可以把它们接种到作物上去。

据报道,菌根真菌能显著地提高谷物和许多蔬菜作物的产量。它们通过改变植物可利用的矿物质的总数、浓度和性质来促进养分的摄取。

潜力不仅在于在保护不可更新的资源的同时使传统的作物生产有大幅度的提高,而且在于扩大土地基础,从而可以在目前气候不适宜和土壤无生产力的地区种植植物。有待于研究的课题是培养菌根生物,用遗传学方法改良它们,然后运用它们,就象目前根瘤菌被用于大豆和其他豆科植物一样。

细菌接种已成为一种促进植物生长和控制病虫害的新方法。它包括把促进生长的根细菌使用于土壤和植物部分。用液体悬浮剂处理种子,或者把细菌用某些树胶或多糖包起来以防止活力的丧失,然后作为粉剂使用。这个工作是多年以前由苏联的米舒斯金(Е. Н. Мишустин)院士和他的同事们首先开创的。苏联的结果最近已在加利福尼亚得到进一步的证实。甜菜、萝卜和马铃薯的种子或种块用选择过的细菌菌株处理之后,大田的产量增加了15—144%。

叶面施肥被认为是最有效的施肥方法。由表面淋洗引起的损失和散发到大气中的损失应该有所减少,因为不受土壤及其微生物的影响。不但利用植物地下部分的吸收能力,而且也利用地上部分的吸收能力,特别是在发育的关键阶段施肥,可能减少增产的障碍。喷撒在植物地上部分的养料可以被吸收,但是应用技术尚未解决。

1975年衣阿华州在种子充实阶段对向大豆叶面喷撒氮、磷、钾、硫寄予极大的希望。但是,以后1976,1977和1978年在美国所有主要的大豆生产地区广泛的养料叶面喷撒却未能重复1975年取得的出色的结果。然而,氮肥成本的上涨和对非矿物燃料资源的需求,应当是对进一步研究这种技术的持续的刺激因素。同时,从发展中国家(印度、中国)不断有报告说,叶面施肥,特别是在谷物和豆科植物开花和种子充实阶段叶面施氮肥,是有益的。

1.3.7 对环境胁迫的抗性

气候胁迫构成了对全世界作物生产的增加和扩大的主要限制因素。限制作物生产率的因素包括干旱、冷、热、盐碱、有毒离子和空气污染物。与人、牲畜以及其他动物不同,植物是不能移动的。它们的位置是固定的。因此,环境适应力就是很重要的。任何增强植物对高温和低温,干旱和水分胁迫,不利的土壤条件的抗性的措施都极有希望增加农业生产的总量和可靠性。

通过生长季短的、早播的单交玉米杂交种的使用,美国谷物的商业性生产在过去的50年里,向北推移了500英里。苏联的春小麦向北推移了200英里。杂交高粱和小米正在进入至今还不适宜于谷物生产的干热地区。

小黑麦具有对铝毒的抗性。迄今为止,苏联是主要的生产者。因此,数百万英亩至今非生产性的土地能开发出来种植粮食。

“绿色革命”的新种子(稻和小麦)的特点,是它们属光期钝感(对任何日长都有反应)植物,因而在任何纬度都能结实。也有对寒冷和碱性具有较强抗性的水稻、小麦、大麦的遗传品系。在安第斯山脉的高山上,已经鉴定出具有中等抗冻性和抗寒性的马铃薯和番茄的品系。

可以通过遗传学改良和适当的土壤、水分和病虫害控制使植物更加“防御气候”。把作物的抗旱性与高产结合起来可能会提高生产率,并且作为降低旱害的一种措施。选择适合特殊气候环境的作物品种,战略地计划灌溉系统的大小、类型和运行,或者选择病虫害控制的战略时,使用气候资料都能够减弱气候对于作物生产率的不利影响。

最早和最有意义的环境控制技术是灌溉。它是不受天气影响的作物生产所需的最有效的战略。它与其他保护栽培的措施一起,将在后面二十一世纪的技术选择中加以讨论。

环境胁迫,特别是环境温度,对畜牧业有明显的影响。它们改变动物生长、繁殖或完成其被要求的产奶或产蛋的功能的速率。温度不但直接地影响动物的生理,而且还间接地影响饲料生产、寄生虫、疾病和土壤。

对于通过遗传改良、激素调节、饲料摄取和控制环境以减弱环境胁迫的研究,关系到我们的食物系统的一个重要部分,也关系到温带、热带、半干旱热带和干旱地区的草原和野生动物的生产率。对每一种动物来说都有一个使之健康最佳,表现最好的最适温度环境。

1.3.8 大气污染物

在工业化世界里,变化着的大气的局部组成,包括气体的和微粒的,是环境胁迫的一个来源。它既可以提高也可以降低农业生产率。大气中的微粒和气体——天然的和人为的——被植物的地上部分吸收,也可以通过降水被根吸收。

在美国的密西西比河以西地区,以及另外一些地方性工业区域,酸雨是常见的。它对于农业生产率(作物、牲畜、草原)的全部影响尚未加以估价。迄今为止,空气质量标准都联系到人的活动和福利,很少注意到农业生产率。

由空气污染物的胁迫所造成的作物损失,能够通过抗性品种的遗传选择,抗氧化剂化学物质的应用,以及植物营养的改变而减到最小。大气对于生物圈的作用和我们对它可以做的工作,对未来的农业生产率和食品供应有重大影响。

关于作为大气中二氧化碳含量增加的一个结果而发生的气候改变,以及由预期的农业混乱引起的我们的食品供应的完善(译注:原文如此,恐有漏字),目前有很多警告。很多这样的恐惧和担忧能够通过合理地研究减轻环境胁迫,对作物和牲畜的冲击的措施来减少。

减轻气候胁迫的研究的必要性,超过了CO₂问题的任何重要方面。鉴于大气中的CO₂含量预期将不断增加,美国已通过其能源部开始了一项国家研究计划,研究大气中的

CO₂ 水平的提高对植物直接的生物学影响和可能的 CO₂ 诱导的气候变化对农业和其他可更新资源的环境的和社会的后果。

1.3.9 提高对竞争性的生物学系统的抗性

主要粮食作物由于各种有害生物(昆虫、病、杂草、线虫、啮齿类动物)所造成的全年的大田损失大约为 35%。所有主要的作物在收获之前遭受的损失超过 20%。最大的损失发生在发展中国家。由于昆虫造成的损失对大多数但不是全部作物来说占首位。农民最害怕的,除了干旱之外,就是有害生物的破坏。化学农药起着首要的控制作用,而在可以预见的将来还要继续下去。在过去的 40 年里,农药使用的增加,是对提高世界农业产量的最有意义的贡献之一。

1976 年全世界生产了大约 50 亿磅合成有机农药。每年全球的花费为 60—80 亿美元。化学农药的作用占过去 25—30 年间美国农业产量增加的 10%,而在此期间生产翻了一番。从第二次世界大战以来,对化学农药的依赖日益增长,而这种依赖还将继续下去。如果要满足未来世界对粮食的需求,那么必须使用更多的,而不是更少的农药。化学药物提供了对有害生物控制的 70—80%。

对于目前正在发展的有害生物控制所作出的未来的战略,将导致农业发展中国家使用更多的农药,而在比较发达的国家中却可能减少。对于小农农业,农药并不是一种未来的选择,而是当前的必需。大部分发展中国家处于热带。这里,有害生物的控制问题比温带复杂得多。一般地说,国家越发达,用农药就越多。发展中世界目前只使用全部农药的 20%。

对于不能购买化学药品,把它们用于控制有害生物的低收入农民来说,最有希望的选择,是发展具有内在抗性的作物品种。但是,甚至这也需要继续不断地努力,以跟上病原体演化的步子。目前对化学药物有抗性的生物类型包括大约 300 种对杀虫剂有抗性的昆虫,100 种对杀真菌剂和杀细菌剂有抗性的病菌,以及 10 种对除草剂有抗性的杂草。

1.3.10 综合的有害生物管理

在今后的 20 年里一个有意义的发展将是农业系统(包括有害生物)的“实时-联机”(real time-on line)管理。这将包括综合的有害生物管理规划。这些规划必须有昆虫学家、植物病理学家、杂草学家、计算机程序员以及经济学家们的参加,而且得到行政上的同情。这些规划还必须包括生物的和环境的监测能力。

必须有训练计划来培养推广人员和大田观察员的新干部以监测病虫和杂草种群,并且递送结果。在今后几乎没有稳定的资源的时代,我们必须发展综合的生物为害控制措施。这意味着不止一条防线,也就是有抗性的品种,管理的改善,生物防治,以及经过认真地安排时间和规划的化学品的使用。这或许也意味着一种用情报部分地取代化学药品和将具有技术知识的人派回到农场去的可能性。

但是,综合的有害生物管理基本上还只是一个概念。因此,直到它经过示范和付诸实施之前,它并不能减轻生物为害所造成的损失、保护环境或减少对健康的危害。化学农药目前是所有的制造商资助的综合生物为害管理系统的一部分。但是,可以预期,如果综合的病虫草害管理系统能够扩大,并且适当地协调,那么作物的损失就能够显著地减少(达