

间作及农林复合系统中植物组分间养分竞争机理分析

蔡崇法, 王 峰, 丁树文, 黄 丽, 史志华

(华中农业大学, 武汉 430070)

摘 要: 农林复合系统、间作及套作中植物组分之间养分竞争普遍存在。植物的养分竞争主要包括种内竞争和种间竞争。光照、温度、水分、土壤、微生物、低等动物等外界因素对植物的竞争作用具有明显的影响。农林复合系统中, 林种和林间作物品种的选用、林的修剪和管理方式等技术的应用可调控组分间的竞争作用。

关键词: 复合农林业; 间作; 养分竞争; 生物多样性

中图分类号: S157.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-3409(2000)03-0219-03

Nutrients Competition and Its Action Mechanism Between Component Parts in Inter-cropping Systems and Agroforestry

CAI Chong-fa, WANG Feng, DING Shu-wen, HUANG Li, SHI Zhi-hua

(Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, PRC)

Abstract: Nutrients competition between component parts are commonly happened in the agroforestry and inter-cropping systems, which can occur between crops of one or more species. Illumination, soil temperature, soil moisture, and microorganism, low forms of animals in soil affect nutrients competitions significantly between plants. In order to get good harvests from intercrops, the nutrients competition should be reduced in the agroforestry. Partner of tree and crop selection, tree clip and crop management might be used to control nutrients competition in agroforestry and agriculture management.

Key words: agroforestry; inter-cropping; nutrients competition; biodiversity

近几十年来, 人口、资源、环境和经济发展之间的矛盾日益加剧, 引起了人们的忧虑, 并开始对过去在资源与环境方面采取的战略与措施进行反思, 以求在全世界范围内探索实现可持续发展的道路。间种、套种、林粮结合、林经结合、果农结合等农业经营系统正是在这种社会背景下发展起来的一系列有效的土地利用和生产技术。尤其是复合农林经营(Agroforestry)更为广大农学家、林学家、生态学家所倡导; 它是在同一土地管理单元上, 人为的把多年生木本植物(如乔木、灌木、竹类等)与其它栽培植物(如农作物、经济植物及真菌等)和(或)动物, 在空间上或按一定的时序安排在一起而进行管理的土地利用和技术系统的综合。这种土地利用方式是应用生

态学原理, 高效利用各种自然资源, 持续发展的生态系统; 是解决资源相对贫乏的发展中国家存在的粮食危机、环境污染、经济发展速度慢等问题的重要措施之一。

农林复合经营方式对防止土壤侵蚀、保护生物多样性、提高土壤肥力、保护生态环境有多种效应。而同时植物组分之间存在的各种交互作用, 尤其是竞争作用影响了这一土地利用方式的推广和实施。养分竞争是植物组分之间竞争作用的重要方面。因此研究植物养分竞争, 对寻求避免组分间负向作用的有效措施有着重要的意义。本文将就农业、林业生态系统物种养分竞争类型和作用机理进行分析, 以期农林复合技术的推广应用和山地丘陵地区水土

保持及生态环境建设提供理论依据。

1 植物养分竞争的类型

生长在一起的植物个体,其根系生长发育,相互交错穿插,吸收土壤介质中的营养物质和元素,相互邻近植物根系吸收其周围土壤中养分,造成该共有区域土壤养分耗竭、供应不足,引起养分吸收竞争。植物间的养分竞争不仅发生在不同的植物种群之间,而且还可发生在同种植物的个体之间。种群间的养分竞争关系亦是生物群落的早期演替及生物多样性的决定因素之一,它可能发生在间作套种、混作、农林复合经营等农业经营方式中。

种内竞争是同一植物种群内的个体之间的竞争。同种植物之间具有相似的形态和生理特征,生长发育规律一致,因此种群内部的养分竞争特征是“一致性”。即在特定的自然环境条件下,某一或某些营养成分的不足对种群内的各个个体影响是一致的。在种内竞争的条件下,整个单作系统的主要争论点是养分的吸收效率和利用效率以及二者之间相互关系。

种间竞争是指不同植物种群之间或同一种群不同品种之间的养分竞争。自然界中种间竞争广泛存在,它是生态系统演替的推动力,即优势种群是竞争力强的种群,而且种间竞争种类繁多,这种现象出现在树-树、树-作物、作物-作物、作物-草、草-草等生态系统中。不同种群之间的生态和生理特征有所差别,根系形态亦有直根系和须根系之分,这就决定了种群之间的养分竞争表现形式和种内竞争不同,具有“不一致性(Heterogeneity)”。这种“不一致性”的具体表现不仅有养分竞争吸收能力的不同及营养成分需求上的差别,还表现在时间和空间的不一致性。

2 养分竞争的机制

植物养分竞争产生的介质是土壤及其溶液,是通过植物根系的竞争吸收作用实现的。植物的遗传特性是竞争作用的内在机理,根系的活动、活力及吸收能力则是养分竞争的外在表现。植物之间的生化他感作用(Allelopathy)的存在也是竞争产生的原因之一。

2.1 植物种群对养分类型的选择性

植物种群之间生理生化特征千差万别,对养分的需求量、养分的形态与种类、养分的需求时期也各不相同。种植作物对不同的养分物质的敏感性不同,

如油菜不同品种对土壤中磷、硼含量较为敏感,而对氮钾的需求量变化不大;蔬菜多为喜钙和硝态氮的物种;甘薯则为喜钾作物。当这些植物(作物)生长土壤中敏感养分元素产生丰缺变化时,就产生竞争。不同间作方式下作物对营养吸收特点较单作变化。如间作的小麦玉米对氮磷养分吸收效率高于当量面积的单作,利用效率则低于单作,这种间作中的小麦对氮磷的竞争强于玉米^[1]。如混交的马尾松木荷对磷的吸收比纯马尾松林或木荷高;而杨树刺槐混交林条件下的对磷的吸收比纯杨树、刺槐林低,但混槐的固氮能力比纯槐林明显提高^[2]。

种间养分竞争造成不同植物之间的优胜劣汰,处于竞争优势的植物逐渐取代相对较弱的植物或抑制其生长。如Decker等对两种起源相似和树龄相同的北美短叶松品种相比,竞争耐力强的品种具有较高的大量元素含量和光合能力以及在光氧化破坏组织中具有较大的保护能力。两年生红槲栎(*Quercus rubra*)和北美鹅掌楸(*Liriodendron tulipifera*)比较,混种的鹅掌楸生长较好,而红槲栎树的生长效果不明显;而且鹅掌楸能迅速消耗土壤氮库中的氮,在氮富集的条件下,鹅掌楸处于竞争优势。Timan等以氮为主要限制因子,连续种植方式下,种子含氮高且根系能在土壤中迅速伸展,占据更多土地资源的草类逐步取代其它草类^[3]。

2.2 根系活动

根系是植物吸收养分的主要器官,也是植物间发生养分竞争的主要场所。因此,植物根系的生长发育、活力、分布等行为活动与养分竞争吸收有密切关系。农作物轮作、间作,农林复合经营等生产系统中,各种植物根系活动的交互是必然存在的,养分吸收的变化也常发生。如小麦与大豆间套种植,其根系的还原力提高30%左右,吸磷能力也显著提高;玉米与花生间作种植,根系形态特征与单作相比,根半径减少,根长增加,侧根数目、长度增加,从而有利于竞争条件下作物对土壤中移动性较差的营养元素的吸收;玉米的根系分泌物能促进花生对铁营养的吸收以及混作花生能较长时间维持较高的还原力^[4]。蓝橡树(Blue oak)与针茅共生时,蓝橡树实生苗能增强对根区氮的吸收比率以补偿和针茅氮素竞争的不足^[5]。在桐农间作的农林复合系统中,农作物根系多集中在0~40 cm的土层中,泡桐的吸收根密集于40 cm以下的非耕作层中,摄取深层土壤中的养分,以及截流吸收耕作内层内随雨水下渗转换为地下水径流而可能消失的养分,这是复合农业中无对抗性(竞争)矛盾的代表^[6]。

为研究的方便, 目前有研究者对根系的竞争吸收进行了建模和计算机模拟。Timan 等建立了5种养分竞争模型, 指出预示竞争能力的重要参数是土壤中的限制养分的浓度; 并对如何确定养分竞争能力以及如何确定用简单的模型来简化复杂的模型等问题进行了讨论^[3]。单一根系、平行根群以及整株根系的竞争模型也有研究报道。

2.3 生化他感作用

生化他感作用是指一种植物(包括微生物), 通过产生化学物质并排放至环境中而对另一种植物产生直接或间接的有害效应^[7], 如苹果的自毒作用, 向日葵对蓖麻的抑制作用等。植物产生他感生化物质的途径, 主要有根系分泌物、残体的分解产物或分解中间产物等。他感物质能抑制植物对养分的吸收、种子萌发等。研究表明小麦根区他感物质会抑制豆科作物根瘤菌活性; 新银合欢的叶片浸提物对不同品种的小麦发芽率影响不同, 有促进作用, 也有抑制作用; 而新银合欢的凋落物能抑制豇豆的生长^[8]。

3 竞争过程中植物生理生态的变化

养分竞争是由于其生存空间的营养物质相对不足引起的。养分供应的不足, 必然引起植物个体之间的生长、发育、生态以及其生态位改变。处在竞争条件下的植物个体或种群, 由于相互作用和养分胁迫的影响, 其生态特性也发生了许多改变, 如根系的形态特征地上和地下部分的生物量以及质量性状等。

混作的花生幼苗和单作相比, 不同时期其新叶活性铁含量差异显著, 特别是后期活性铁含量的增加对花生产量的影响尤为重要。当氮素施用量逐渐增加时, 桃树和杂草对氮、磷、钾的竞争能力增加, 叶片中氮的含量增加, 磷的含量不受影响, 但钾的含量却下降。混交条件下, 刺槐能争夺杨树根系所转化的有效钾, 使其根瘤生长高峰提前^[2]。间作的小麦吸氮磷量明显高于单作; 而间作大豆的吸氮量前期较为缓慢, 直到后期才与单作差异不显著, 吸磷量则一直低于单作大豆, 说明间作小麦的营养竞争比率高于大豆, 处于竞争优势。间作的玉米—花生地下部分干物质量增加, 根冠比也明显高于单作。

此外, 上节描述的根的活动, 其实很多情况是与根的生理生态变化有关。玉米花生间作的根系形态特征与单作相比, 在0~60 cm的土层中发生了不同长度的变化, 20~40 cm的土层中, 其根半径减少, 比根长、侧根数目、侧根长度增加, 这些变化在竞争条件下将有利于作物的生长^[4]。地上部分生物量、形

态、开花期、籽粒产量与质量也因竞争而产生变异。

4 竞争过程中的外界影响因素

处在一定环境中的植物, 其正常生长受多种因素的影响。水分、土壤、光照等都能影响植物对营养物质的吸收。水是植物生长的重要因子, 土壤中的水分含量明显影响营养物质的运移, 特别是可溶性的盐类和氮等, 这就在一定程度上决定了竞争的植物个体根系吸收养分的数量和种类, 尤其是限制性的营养元素。土壤的理化性质同样影响植物对养分的吸收, 在土壤有机质含量高的土壤中, 植物对氮素的竞争则一般不太强烈。而在对营养元素有强吸附力的土壤中, 即使养分含量较高也有可能表现出竞争作用。光照和温度对养分竞争的影响作用一般是间接的, 通过植物对CO₂和水分的吸收而起作用。Simard 在实验室微生境中配对单株栽培研究发现, 花旗松与北美白桦相比, 能吸收更多的同位素C的趋势与较高的光合作用速率和叶片含氮量相一致。土壤中微生物、低等动物也能影响植物的竞争作用。Freeman 等应用同位素研究发现, 相对低的微生物代谢通过限制养分循环而间接的改善植物的养分状况^[10]。Murray 和Clements 发现 Sitona lepidus 的幼虫(一种食根害虫)损伤三叶草根系, 使其产生伤流而被小麦吸收, 研究表明大约有7%的小麦氮来自于三叶草^[11]。另外, 研究还发现季节和植株的密度也是植物养分竞争的潜在影响因素。

5 结 语

农业生态系统中植物组分之间养分竞争普遍存在; 主要包括种内竞争和种间竞争, 种内竞争具有一致性的特点, 种间竞争具有不均性特点。光照、温度、水分、土壤、微生物、低等动物等外界因素对植物的竞争作用具有明显的影响; 在竞争条件下植株会出现生理生态的变化。

竞争的原因是多方面的, 首先植物的遗传特性决定了其内在竞争能力, 其次植物生长土壤环境的变化、混种植物的他感作用等是竞争产生的外在原因。因此, 为了更有利于自然资源的利用和保护、生态环境的良性发展以及粮食生产, 需正确调控的自然生态系统和人工生产系统可能存在的竞争问题, 急需解决和进一步深入的问题有: (1) 根系相互作用、他感作用等竞争机理的研究; (2) 根系在竞争条件下的生理变化; (3) 复合种植配置种类的选择。

(下转第252页)

参考文献

- 1 秦皇岛市志[K]. 天津: 天津人民出版社, 1994
- 2 秦皇岛市水利志[K]. 天津: 天津人民出版社, 1993
- 3 秦皇岛市科学技术志[K]. 北京: 中国科学技术出版社, 1994

作者简介: 孔繁德, 男, 1945年生, 北京师范大学自然地理专业1969年本科毕业, 1982年硕士研究生毕业, 现任中国环境管理干部学院教授, 从事生态保护的教学与研究工作, 出版过4本专著及教材, 主持或考加十几项科研项目, 发表论文20余篇。

(上接第221页)

参考文献

- 1 金绍龄, 等. 小麦玉米带田作物磷钾营养特点研究[J]. 甘肃农业科技, 1997(1)
- 2 翟明普, 等. 杨树刺槐混交林及树种间作用机制的研究[C]. 混交林研究论文集, 北京: 林业出版社, 1997
- 3 Tilman, D.; Wedin, D. Dynamics of nitrogen competition between successional grasses[J]. Ecology, 1991, 72(3)
- 4 左元梅, 等. 玉米花生混作对花生根系还原力和花生铁营养的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 1999, 4(2)
- 5 Welker, J. M., et al. Capture and allocation of nitrogen by *Quercus douglasii* seedlings in competition with annual and perennial grasses[J]. Oecologia, 1991, 87(4)
- 6 李文华, 赖世登主编. 中国农林复合经营[M]. 北京: 科学出版社, 1994
- 7 Rice, E. L.. Allelopathy (2nd ed.) [M]. Academic Press Inc, New York: 1984, 1~5
- 8 Aminder Kaur; Rao, P. B.. Allelopathic effect of four agroforestry tree species on seed germination varieties of wheat[J]. Annals of Forestry, 1998, 6(1)
- 9 李隆, 等. 小麦/大豆间作中作物种间的竞争作用和促进作用[J]. 应用生态学报, 1999, 10(2)
- 10 Freeman, C. et al. Could competition between plants and microbes regulate plant nutrition and atmospheric CO₂ concentrations[J]? Science of the Total Environment, 1998, 220(2/3)
- 11 Murray, P. J.; Clements, R. O.. Transfer of nitrogen between clover and wheat: effect of root herbivory[J]. European Journal of Soil Biology, 1998, 34(1)

作者简介: 蔡崇法, 男, 1961年生, 博士, 华中农业大学副教授, 学科带头人, 主要从事水土保持与农业生态研究。现为国家“九五”攻关、国家重点基础研究发展规划(973)子项、国家自然科学基金等研究项目主持人。发表及合作发表论文30余篇, 获省部级科技进步奖两个。

湖南省水土保持处四季名优时鲜 水果示范园及种苗基地简介

湖南省水土保持处优质时鲜水果示范园种苗基地, 位于资江河畔新邵县水土保持站, 1990年始建, 面积21.67hm²。10年来, 该场陆续引进国内外最新水果品系200多个鉴试种植, 目前选育保留适宜南方种植的名优水果种类15个, 品系130余个。经投产示范证明, 这些品系每个月都有多种水果成熟, 形成了周年四季都有多元化时鲜水果均衡应市的结构, 而且每个品系的果实都为市场所鲜见, 销售价格通常高于同类普通果品的数倍, 具备了明显的鲜、稀、优之特色, 极受消费者青睐。

结合“长治”工程基地建设, 我省水土保持优质水果示范按一地一品的思路布局, 目前已经有60余个品系产生了规范化示范效果, 开始从示范效应走向市场效应, 从而为我省水土保持产业化的可持续发展战略树立了样板。种苗繁育采取以总场带基的方法, 在面上一地一品的结果示范基地中, 同样建立了一地一品的苗木分场, 不仅解决了总场劳力、土地紧张的矛盾, 同时也保证了分场育苗的苗木纯度。目前, 该场常年具备60个以上品系的苗木繁育能力, 每年可供各类纯正优质果苗300~500万株。