

林草复合模式下草种选择研究进展

韩凌飞

奈曼旗新镇国有机械林场 内蒙古自治区 通辽 奈曼旗 028309

摘要: 本文聚焦林草复合模式下的草种选择。阐述草种选择需遵循生态适应性、功能需求及可持续性原则。介绍常用豆科、禾本科及其他科属草种特性。梳理草种适应性、与林木互作关系、功能特性及综合评价体系的研究进展。展望未来,草种资源开发利用、互作机制深入研究、综合评价体系优化及应对气候变化的草种选择策略将成为趋势。旨在为林草复合模式中合理选择草种提供全面参考,推动林草复合系统生态效益与经济效益协同提升。

关键词: 林草复合模式; 草种选择; 生态适应性

引言: 林草复合模式作为生态与经济协同发展的重要途径, 日益受到关注。草种选择是该模式成功的关键环节, 直接关系到系统的生态稳定性、生产功能及可持续性。合适的草种不仅能适应林下环境, 与林木和谐共生, 还能发挥多种功能, 如保持水土、提供饲料等。因此, 深入研究林草复合模式下的草种选择, 对于优化林草复合系统结构、提升系统综合效益具有重要意义, 也为生态建设与农业发展提供有力支撑。

1 林草复合模式下草种选择的原则

1.1 生态适应性原则

生态适应性原则是林草复合模式草种选择的首要准则, 要求草种生物学特性与林下微环境、区域气候高度适配。林下光照弱、湿度高、养分不均, 耐阴性草种(如白三叶、鸭茅)通过调整叶绿素与光合酶, 在弱光下高效光合; 耐旱草种(如紫花苜蓿)以深根、厚角质层适应干旱。同时, 草种要适应区域土壤, 如喀斯特地区选耐贫瘠的菊苣, 盐碱地用耐盐碱的碱茅。此外, 草种需抵御病虫害与极端气候, 高寒地区草种要抗冻, 确保在复杂环境稳定生长, 为林草系统筑牢生态根基。

1.2 功能需求原则

功能需求原则强调草种选择要匹配林草复合模式目标, 实现生态与经济功能精准对接。以生态防护为主时, 选覆盖强、固土保水好的草种, 如狗牙根固土, 豆科草种固氮; 以经济产出为核心, 如发展畜牧业, 选高产优质饲用草种, 黑麦草产量高、蛋白丰富, 苏丹草再生强。部分模式需兼顾多功能, 如经济林下种白三叶, 可遮阴、抑草, 枝叶还能作饲料, 实现“林果-牧草-养殖”循环, 通过功能导向选种, 最大化系统综合效益。

1.3 可持续性原则

可持续性原则关注林草复合系统长期稳定运行, 避免选种引发生态风险或降低系统韧性。优先选乡土草种,

如黄土高原用本地冰草、长芒草, 无人侵风险且维护生物多样性。考虑草种再生与群落稳定, 多年生黑麦草一次播种用数年, 减少成本与环境干扰, 避免一年生草种致土壤侵蚀^[1]。选种兼顾养分平衡, 避免耗肥草种与林木争养分, 如禾本科与豆科草种混播, 豆科固氮补充氮素, 实现养分循环, 保障系统长期生态、经济与社会效益协同。

2 林草复合模式下常用草种及其特性

2.1 豆科草种

豆科草种是林草复合模式中的重要类群, 凭借固氮能力与优质饲用价值广泛应用。紫花苜蓿作为典型代表, 根系发达可深入土层2-3米, 能吸收深层土壤养分, 根瘤菌固氮量可达150-200kg/(hm²·a), 可显著提升土壤氮含量, 其粗蛋白含量约15%-22%, 适口性好, 适合与杨树、松树等乔木搭配, 在干旱半干旱地区的用材林、防护林下方种植。白三叶具有匍匐生长特性, 地表覆盖度可达90%以上, 能有效抑制杂草生长、减少水土流失, 耐阴性强, 在苹果园、柑橘园等经济林内种植, 可改善果园微气候, 且其花期长, 能吸引传粉昆虫提升果实产量。此外, 红三叶、紫云英等豆科草种, 分别适用于高寒地区、南方稻田轮作的林草系统, 通过固氮与饲用功能, 实现林草协同发展。

2.2 禾本科草种

禾本科草种因抗逆性强、生物量大, 在林草复合模式中应用广泛, 尤其适合作为基础牧草与生态防护草种。黑麦草分为一年生与多年生两类, 多年生黑麦草耐阴性较好, 在疏林地下方种植, 鲜草产量可达60-80t/(hm²·a), 且分蘖能力强, 刈割后再生速度快, 是优质的放牧与刈割兼用草种, 常与栎类、桦木等阔叶树搭配。鸭茅具有较强的耐阴性与耐旱性, 叶片宽大、适口性好, 粗蛋白含量约10%-14%, 适合在中低光照的乔木林下种植, 如杉木林、马尾松林, 其根系呈须状分布, 可增加土壤有

机质含量,改善土壤结构。另外,无芒雀麦耐寒性突出,可在大兴安岭等高寒林区种植,与落叶松搭配;狗牙根耐旱耐践踏,适合在南方丘陵地区的经济林与防护林下方种植,用于固土护坡与放牧。

2.3 其他科属草种

除豆科与禾本科外,其他科属草种因独特的功能特性,在特定林草复合场景中发挥重要作用。菊科的菊苣适应性广,耐贫瘠、耐盐碱,且叶片富含维生素与矿物质,粗蛋白含量约12%~18%,适口性优于部分禾本科草种,适合在喀斯特石漠化地区、盐碱地的林草系统中种植,与花椒、核桃等经济灌木搭配,既改善土壤条件,又提供优质饲草。藜科的苜蓿(又称籽粒苋)生长速度快,生物量大,耐旱耐贫瘠,可在干旱地区的幼林下方种植,作为短期饲草补充,其叶片可食用,茎秆可作为饲料,实现资源多元利用^[2]。此外,莎草科的苔草耐阴性与耐湿性强,适合在高湿度的针叶林、竹林下方种植,用于保持水土与改善林下植被覆盖,虽饲用价值较低,但生态防护功能显著,丰富了林草复合系统的草种选择范围。

3 林草复合模式下草种选择的研究进展

3.1 草种适应性研究进展

草种适应性研究已从传统的田间观察转向生理生态机制与分子水平的解析。早期研究多通过对比不同草种在林下的株高、生物量等表型指标,筛选适应特定环境的草种,如在华北石质山地,通过田间试验筛选出披碱草、早熟禾等耐贫瘠草种。近年来,随着生理监测技术的发展,学界开始关注草种在林下弱光、土壤养分胁迫下的生理响应,如研究发现耐阴草种白三叶通过提高光系统II的量子效率,增强对弱光的利用能力;紫花苜蓿在干旱条件下,通过积累脯氨酸与可溶性糖调节渗透压,提升耐旱性。分子水平上,已克隆出部分与草种抗逆相关的基因,如从冰草中克隆出的耐寒基因CbCOR413,为抗逆草种的分子育种提供了基础。同时,结合GIS与生态位模型的研究,实现了草种适宜分布区的精准预测,如在西南喀斯特地区,通过生态位模型预测菊苣、饲用木豆的潜在种植范围,提升草种选择的科学性。

3.2 草种与林木互作关系研究进展

草种与林木互作关系研究已从单一的竞争关系分析,拓展到竞争-协同共存机制的综合探讨。早期研究认为林草间主要存在光照、水分与养分的竞争,如高大乔木会抑制下层草种的光合作用,导致草种生物量下降。但近年研究发现,合理的草种选择可实现与林木的协同,如豆科草种通过固氮提升土壤氮含量,促进邻近林木生长,在苹果园种植白三叶,可使果树叶片氮含量提升8%~12%,果

实产量增加5%~10%。同时,林草互作的微环境调控作用逐渐被重视,如林下草种的覆盖可降低土壤温度波动,减少林木根系水分蒸发,在干旱地区可提升林木成活率。此外,通过根系分泌物研究,发现部分草种(如黑麦草)的根系分泌物可抑制土壤病原菌繁殖,降低林木病害发生概率,为林草互作的机理研究提供了新视角,推动草种选择从“规避竞争”向“利用协同”转变。

3.3 草种功能特性研究进展

草种功能特性研究已从单一的饲用价值评估,转向生态、经济、社会多功能的综合解析。在生态功能方面,除传统的固土保水、土壤改良研究外,近年重点关注草种对生物多样性的维持作用,如研究发现混播草种(豆科+禾本科)的林草系统,土壤微生物多样性比单播草种系统高15%~20%,昆虫群落丰富度显著提升。经济功能研究中,草种的多元利用成为热点,如菊苣不仅可作为饲草,其根可入药,叶片可作为蔬菜,提升了林草系统的经济附加值;苜蓿的籽粒可作为粮食补充,拓展了草种的利用途径^[3]。同时,草种的碳汇功能研究逐渐兴起,通过测定不同草种的生物量与碳含量,评估其在林草系统碳循环中的贡献,如多年生黑麦草的年碳固定量可达1.2~1.5t/hm²,为林草复合模式的碳汇潜力研究提供了数据支撑,使草种功能特性研究更贴合生态与经济协同发展需求。

3.4 草种选择综合评价体系研究进展

草种选择综合评价体系已从单一指标评价,发展为多维度、量化的综合评估模型。早期评价多以草种的生物量、存活率为核心指标,难以全面反映草种在林草系统中的适配性。近年来,学界构建了包含生态、经济、社会3个一级指标,耐逆性、固土效果、饲用价值、经济效益等10余个二级指标的评价体系,并引入层次分析法(AHP)、模糊综合评价法等数学方法,实现指标权重的科学分配与评价结果的量化。例如,在黄土高原林草系统中,通过AHP确定生态适应性权重为0.45,经济价值权重为0.35,社会可接受度权重为0.2,对紫花苜蓿、冰草等草种进行综合评分,筛选出最优草种。同时,随着大数据与机器学习技术的应用,部分研究构建了基于机器学习的草种选择预测模型,通过输入区域气候、土壤、林木类型等数据,自动输出适宜草种及配置方案,提升了评价体系的实用性与精准性,为不同区域林草系统的草种选择提供了标准化工具。

4 林草复合模式下草种选择的未来发展趋势

4.1 草种资源的开发与利用

未来草种资源开发聚焦乡土与野生草种驯化及优质

草种遗传改良。乡土草种区域适应和生态安全性强,但挖掘利用不足,后续要系统普查,建立基因库,如在西南山区收集鉴定野生苔草、羊茅,筛选优良单株驯化。利用基因编辑、杂交育种等技术,定向改良草种抗逆性与功能特性,如培育高固氮且高饲用价值的紫花苜蓿新品种,增强黑麦草抗病性。另外,草种资源多元化利用将拓展,开发其观赏价值(如野花组合)、能源价值(如柳枝稷用于生物质能),实现“一草多用”,提升林草系统综合效益与市场竞争力。

4.2 草种与林木互作机制的深入研究

草种与林木互作机制研究将向分子与微观生态过程深化,揭示协同内在机理。重点研究林草根系信号传递与物质交换,通过代谢组学分析根系分泌物成分,明确调控互作的关键化学物质及其对土壤微生物和养分吸收的影响。利用转录组学、蛋白质组学技术,研究互作中基因表达与蛋白质合成变化,挖掘关键基因,为基因工程优化互作关系提供靶点^[4]。同时,加强林草互作时空动态研究,分析不同林木生长阶段与草种生长周期的匹配关系,为林草系统动态管理提供科学依据。

4.3 草种选择综合评价体系的优化

草种选择综合评价体系将朝着更全面、动态、智能的方向优化。指标体系新增“气候适应性”“碳汇能力”“生态风险”等,以应对气候变化与生态安全需求,如纳入极端天气耐受性指标评估草种响应能力。评价方法融合长期定位观测与多源遥感数据,实现动态更新,如通过遥感监测结合田间实测修正模型参数,提升结果时效性。人工智能深度应用推动评价体系智能化,构建基于深度学习的决策系统,整合多源数据,实现草种自动推荐、配置方案智能优化及系统效益动态预测,为林草复合模式规划管理提供高效精准决策支持。

4.4 应对气候变化的草种选择策略

面对气候变化带来的温度升高、降水改变等挑战,草种选择需构建适应与减缓并重的策略。适应策略上,筛选培育广适性草种提升气候韧性,如北方选耐寒无芒雀麦应对冬季低温,南方培育耐旱狗牙根适应夏季干旱。采用草种混播配置,利用生态位互补降低单一草种受气候波动影响,如豆科与禾本科混播,干旱时豆科草种深根系吸水保障生产力。减缓策略方面,优先选碳汇能力强的多年生禾本科草种,增加生物量与土壤有机碳固定,优化管理措施(合理刈割、施肥)减少排放,推动林草复合模式向气候友好型发展。

结束语

林草复合模式下草种选择研究已取得一定成果,明确了选择原则,掌握了常用草种特性,在适应性、互作关系、功能特性及综合评价体系等方面均有进展。未来,草种资源开发利用、互作机制深入研究、综合评价体系优化以及应对气候变化的选种策略,将是推动林草复合模式高质量发展的关键。持续深入研究草种选择,有助于构建更加科学合理的林草复合系统,实现生态效益、经济效益和社会效益的最大化,为生态文明建设和农业可持续发展贡献力量。

参考文献

- [1]黄文强,仝令臣,韩艳英,等.林草复合模式下草种选择研究进展[J].农业与技术,2025,45(17):59-64.
- [2]田光.干旱区露天矿排土场生态修复关键技术现状[J].露天采矿技术,2025,40(1):34-38.
- [3]徐淑升,龚海洋,陈绵润.红树林,陆地草原,海草床生态修复的对比研究[J].环境科学与管理,2023,48(8):111-115.
- [4]王雨霏,李文健,朴永杰.合理利用林草复合系统全面保护林场生态环境[J].中国林业产业,2023(4):30-31.