

# Research progress on regeneration of annual grass crops

Luifen Yang

College of Grassland Resources, Southwest University for Nationalities, Chengdu, Sichuan, 610041, China

## Abstract

In recent years, annual grass crop regenerations (e.g., rice, oats, sorghum) have demonstrated economic viability, ecological benefits, and high return on investment, making further expansion of cultivation areas impractical. This necessitates enhanced yield and stability to drive industrial development. By refining cultivation techniques to improve multiple cropping indices, crops can ensure stable high yields in subsequent seasons. Literature indicates that key factors influencing regeneration include genetic traits, hormonal regulation, environmental conditions, and stubble height. Genetic factors determine regenerative potential, while hormones stimulate axillary bud development. Optimal temperatures (25–28°C) and humidity levels (81%–85%) are critical for germination. Stubble height significantly impacts growth and yield, offering practical applications in cultivation techniques. This study explores and outlines future research directions for regenerating crops under adverse conditions.

## Keywords

annual crops; grass family; visual analysis; regeneration

# 一年生禾本科作物再生研究进展

杨路芬

西南民族大学草地资源学院，中国·四川成都 610041

## 摘要

近年来，一年生禾本科再生作物（如水稻、燕麦、高粱）因其经济、生态及产投比高等优势，目前扩大播种面积已不现实，因此进一步提升作物产量及稳定性，推动产业发展。作物通过完善栽培技术提高复种指数的方法，确保再生季高产稳产。根据相关文献得知，影响再生季主要因素包括遗传、激素、环境和留桩高度等。遗传因素决定作物再生潜力，激素促进腋芽萌发生长。适宜温度（25–28.0°C）和湿度（81%–85%）是再生芽萌发的关键。留桩高度影响再生芽生长发育及产量，在栽培技术方面对作物再生性具有应用潜力。针对逆境条件下再生研究作出探讨和展望。

## 关键词

一年生作物；禾本科；可视化分析；再生

## 1 引言

水稻 (*Oryza sativa*)、燕麦 (*Avena sativa*)、高粱 (*Sorghum bicolor*) 是我国农业中常见的一年生禾本科作物<sup>[1-3]</sup>，因其优异的抗旱、耐贫瘠、耐盐碱和广泛的适应性<sup>[4-5]</sup>成为种植业中重要的替代作物而被广泛种植。随着畜牧业发展，老龄化人口增加劳动力减少，天气影响导致作物受到低温冷害、倒伏等危害，生产效益低等问题降低农户种植积极性导致作物生产的不确定性威胁中国粮食安全<sup>[6-9]</sup>。因此改进栽培技术和种植模式提高再生作物产量，通过激活休眠芽、优化资源分配或改造遗传特性，促进再生季发展具有重要意义。

目前对作物再生性能研究集中在遗传因素、刈割时期、留桩高度及施肥处理对燕麦再生力、产量和品质的影响<sup>[10]</sup>。

**【作者简介】**杨路芬（2001-），女，布依族，中国贵州盘州人，硕士，从事饲草种质资源保护利用研究。

本文收集一年生禾本科作物针对影响作物再生因素为研究对象进行综述，为作物再生栽培技术提供依据。

## 2 一年生禾本科作物再生研究文献计量情况

本文以 Web of Science 核心合集数据库 (WOS) 及中国知网 (CNKI) 数据库为数据来源，分析近 25 年国内外有关一年生禾本科作物再生研究的文献。中英文检索跨度皆为 2000 年 1 月 -2025 年 1 月 6 日。其中 WOS 以 “regrow rice or regrowth oat or ratoon sorghum” 为检索词，文献类型选择 “article”，“review”，语种为 “English”，共 156 篇，CNKI 检索主题为 “再生稻或燕麦或高粱”，筛选除开科技成果个、国际会议、无作者信息等不符合的文献，共 413 篇。

利用 CiteSpace 软件选取适当关键词反映文章主题。其中连线数量越多，表明关键词之间联系越紧密。如图可知近年来 WOS 文献数据库中主要研究作物再生稻、再生力和再生产量等方面，CNKI 则集中于留桩高度、品种筛选、再生力及栽培技术等方面。当前国内外研究人员主要聚焦于再生

作物的氮素利用效率和栽培技术问题。

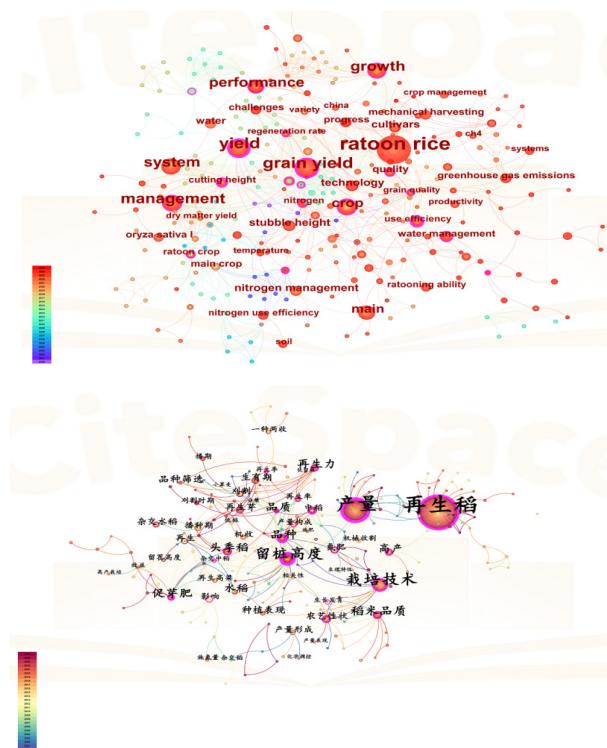


图1 WOS 和 CNKI 关键词共现网络图

### 3 影响一年生禾本科作物再生性的因素

研究发现一年生作物产量普遍较低<sup>[1]</sup>, 遗传、植物激素、留桩高度、肥料管理、水分管理和环境条件等农业管理措施对再生季均有显著影响。

#### 3.1 遗传因素

遗传特性根据亲本遗传背景而异, 不同品种的生育期、再生芽类型、分蘖能力各不相同。曹玉贤以南方籼稻品种来研究再生性, 籼稻品种通常具有较长的茎节, 其再生分蘖萌发率达 70% 以上, 为再生季腾出充足的光热资源。更易适应再生稻的“一种两收”模式。

再生潜力方面, 头季稻选择适应性好、强再生力、分蘖数量多、较强抗倒伏力等特点对提高作物产量至关重要。结合当地气候条件选育适宜生育期品种利于获得两季高产。

#### 3.2 植物激素

植物激素作为植物体内的信号物质, 植物再生分蘖的激素包括生长素(IAA)、细胞分裂素(CTK)、赤霉素(GA)和独脚金内酯(SLs)四类<sup>[11]</sup>。

激素在不同生长阶段喷洒植物生长调节剂促进细胞分裂、延缓衰老、增强光合作用、打破休眠。植株从营养生长向生殖生长转化。利于提高茎部强度、缩短株高、防止倒伏。综合考虑品种特性、喷施植物生长调节剂的种类、浓度、喷施时间和方法等因素。

#### 3.3 环境条件

作物萌发生长需要适宜的环境条件如适宜光照、温度、

湿度。张桂莲等<sup>[12]</sup>研究得出光照是保证茎节上的再生腋芽早发、快发、多发的重要条件。日均温是影响再生芽存活和生长的主要因素, 其次是空气湿度和日照时数。在 25-28℃ 范围内, 适合再生芽萌发和生长的适宜空气湿度为 83% - 87%, 留桩含水率在 70% 左右为宜<sup>[13]</sup>。除温度外, 湿度过高或过低都会导致再生芽不萌发或生长缓慢。Escalada<sup>[13]</sup>发现温度范围在 23.9-32.2℃ 时, 头季再生芽存活率与株间光照强度呈显著正相关关系。

除适宜植株的温度、湿度、光照条件在不同地区对温度要求不一致。头季灌浆后期由于植株穗部负重过大, 植株易发生倒伏。阻断对倒 2- 倒 4 茎节中腋芽的养分供应, 引发再生季减产。因此将抗旱、病虫害、倒伏和高温能力强的品种作为筛选目标。

#### 3.4 留桩高度

留桩高度是再生植株培育成功与否的关键因素之一<sup>[14]</sup>。考虑遗传特性、栽培目标和不同地区气象条件不同调整。留桩过高或过低破坏均不利于再生。燕麦适宜的留茬高度分别为 5、10、15 和 20cm。并在一定程度上提升生产力。白瑞等<sup>[15]</sup>研究进一步指出, 当留桩高度为 8-10cm 时刈割可以促进作物再生。zhuo<sup>[16]</sup>实验得出高粱进行再生可缩短 20d 的生育期, 从而减少劳动力投入并提高土地生产力。张国琴等<sup>[17]</sup>研究得出适当降低留桩高度至 8-10cm, 刈割后提高再生产量和效率。

#### 3.5 肥料管理

合理施用氮、磷、钾肥对作物生长和产量有显著影响。头季收割后 7d 内留茬的氮浓度和氮素积累量是决定再生蘖存活和生长的关键时期。当施肥量超过某一临界值, 产量趋于平稳或不再显著增加。徐富贤等<sup>[18]</sup>研究表明, 氮肥促进再生分蘖、提高低节位发芽率及籽粒产量等方面有积极作用。白宗绪<sup>[19]</sup>学者研究表明, 促芽肥不可过早施用, 以免头季稻贪青或倒伏。钾肥促进分蘖、提高结实率和千粒重, 适量施用氮肥促进作物分蘖、干物质积累, 提高饲草营养价值和产量。

在实际生产中, 根据品种需肥特性, 合理施用氮、磷、钾。既确保作物头季生长, 又兼顾再生季养分需求和生长恢复。提高一年生禾本科作物的综合效益。

#### 3.6 水分管理

科学水分管理提升作物再生能力。适度降低土壤含水量利于光合产物向再生芽转移, 头季作物分蘖旺盛期及灌浆后期, 实施干湿交替灌溉法, 优化根际环境, 增强植株抗旱性能。间接灌溉调节水层深度促进水稻根系发育, 增强活力。当上下部土壤水分饱和时, 田间存在根系倒伏的威胁, 这种灌溉方式提高再生季产量, 改善作物品质。

农业生产中, 水分是确保叶片功能正常和延长光合作用时间的关键。根据作物在不同生长阶段的需水量、气候条件、土壤类型及品种特性等因素, 关注水分不足或淹水对稻

田土壤环境的影响，实现作物高产和可持续发展。

## 4 一年生禾本科作物再生机制研究进展

### 4.1 新分蘖形成与生长

再生芽的分化、萌发和生长与植株遗传特性密切相关，高留桩条件下，倒2节和倒3节是优势节位，再生产量贡献率达70%，倒4节及其他节位贡献率约20%。适宜栽培管理和化学调控剂促进再生芽均衡增产。

### 4.2 逆境对作物再生性的影响

作物生长过程中受到遗传因素和环境胁迫的共同影响，Fita<sup>[20]</sup>通过遗传学和分子生物学手段改良作物，提高其对干旱、盐碱、高温等逆境的耐受性。赤霉素在植物生长和抗逆性中通过调节气孔开闭和促进光合作用提高植物适应性。脱落酸将营养运输到叶片、调节气孔对土壤干燥的反应，缓解干旱胁迫。细胞分裂素通过诱导气孔开放，增强植物对逆境的耐受性。

随着全球气候变暖，高温对作物产量和品质构成威胁。在干旱胁迫条件下，合理施用氮肥改善作物根系形态，增强对干旱耐受性，氮肥与磷肥合理配比提高作物抗逆性。通过遗传改良、植物激素调控、光照管理以及合理水分和氮肥管理，有效缓解作物抗逆性和再生能力，减轻再生作物生产损失。

## 5 结语

在一年生作物再生研究中，国内外学者对禾本科再生作物氮素利用效率和栽培技术进行深入研究并取得显著进展。研究发现再生作物栽培是切实可行的，但目前研究上还存在一些问题仍需进一步优化相关技术以提升再生效率：

遗传因素决定作物再生性在逆境胁迫响应中起重要作用。通过对特定基因改造，培育根系粗壮、再生力强、分蘖能力强的头季作物，结合现代生物技术培育适应性强的作物品种。

目前对一年生作物再生性的生长调节剂和植物激素有所了解，但仍有许多问题有待回答，如内外源激素对再生稻低节位腋芽萌发调节。

氮肥和水分管理的优化如何通过改善作物再生形态来提高作物的再生率、抗逆性和产量。未来研究应进一步探索不同作物的再生机制，结合现代生物技术手段，提升作物再生能力和抗逆性，实现高量和可持续农业发展。

## 参考文献

- [1] 朱永川,熊洪,徐富贤,等.再生稻栽培技术的研究进展[J].中国农学通报,2013,29(36):1-8.
- [2] 赖上坤,潘明泉,朱莉,等.国内外高粱种质资源在江苏淮北地区的遗传多样性分析[J/OL].植物遗传资源学报,1-15[2025-03-16].
- [3] 赵永峰,翟玉明,穆兰海,等.燕麦引种比较试验[J].内蒙古农业科技,2010,(06):30+52.
- [4] 李颖,毛培胜.燕麦种质资源研究进展[J].安徽农业科学,2013,41(01):72-76.
- [5] Zhou Y, Huang J, Li Z, et al. Yield and quality in main and ratoon crops of grain sorghum under different nitrogen rates and planting densities[J]. Frontiers in Plant Science, 2022, 12: 778663.
- [6] Peng S ,Tang Q ,Zou Y .Current Status and Challenges of Rice Production in China[J].Plant Production Science,2008,12(1):3-8.
- [7] 刘刚,赵桂琴,白史且,等.川西北高寒牧区冬春补饲饲草营养价值的综合评价[J].草业科学,2009,26(07):94-98.
- [8] 彭少兵.对转型时期水稻生产的战略思考[J].中国科学:生命科学,2014,44(08):845-850.
- [9] PengSB,ZhengC,YuX,Mechanizedrice ratooningtechnology in China: Progress andchallenges. CropEnviron, 2023,
- [10] 王朋,周青平,纪亚君,等.施氮与刈割对青引1号燕麦产量的影响[J].青海大学学报(自然科学版),2013,31(03):4-8.
- [11] 易镇鄂,王学华,陈平平,等.不同再生类型杂交稻腋芽在母体与离体条件下的再生特性差异[J].杂交水稻,2008,(05):73-76.
- [12] 张桂莲,屠乃美,袁菊红,等.播种期对再生稻腋芽萌发和产量的影响[J].湖南农业大学学报(自然科学版),2005,(03):229-232.
- [13] Escalada R G, Plucknett D L. Ratoon Crop of Sorghum: II. Effect of Daylength and Temperature on Tillering and Plant Development I[J]. Agronomy Journal, 1975, 67(4): 479-484.
- [14] 易镇鄂,周文新,屠乃美.留桩高度对再生稻源库性状与物质运转的影响[J].中国水稻科学,2009,23(05):509-516.
- [15] 白瑞,关皓,李海萍,等.初次刈割时间和乳酸菌剂对再生燕麦青贮品质的影响[J].草地学报,2024,23(09):2982-2989.
- [16] Zhou Y, Huang J, Li Z, et al. Optimal nitrogen management for high yield and N use efficiency of ratoon sorghum[J]. Scientific Reports, 2024, 14(1): 19566.
- [17] 张国琴,葛玉彬,张正英,等.饲草高粱新品种陇草4号选育报告[J].寒旱农业科学,2024,3(12):1103-1106.
- [18] 徐富贤,熊洪,朱永川,等.再生稻促芽肥高效施用量与头季稻齐穗期库源结构关系[J].西南农业学报,2006,(05):833-837.
- [19] 白宗绪.提高再生稻产量的几项关键技术[J].杂交水稻,1995,(01):44.
- [20] Fita A, Rodríguez-Burrueto A, Boscaiu M, et al. Breeding and domesticating crops adapted to drought and salinity: a new paradigm for increasing food production[J]. Frontiers in Plant Science, 2015, 6: 978.