

水稻旱地育秧 栽培技术

赵国平 青先国 陈进红 编著

中国农业出版社



水稻旱地育秧栽培技术

赵国平 青先国 陈进红 编著

中国农业出版社

水稻旱地育秧栽培技术

赵国平 青先国 陈进红 编著

* * *
责任编辑 徐建华

中国农业出版社出版 (北京市朝阳区农展馆北路2号 100026)
新华书店北京发行所发行 中国农业出版社印刷厂印刷

787mm×1092mm 32开本 4.75印张 100千字

1999年2月第1版 1999年2月北京第1次印刷

印数 1~12 000册 定价 6.00元

ISBN 7-109-05355-5/S·3409

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

前 言

水稻旱地育秧是水稻栽培中的一项新技术。这项技术遵循“育秧先育根”和“以水控苗，以肥促根，以根促蘖”的技术路线，在苗床培肥和育秧期间秧苗的水分管理上狠下功夫，有效地克服了我国以往旱育秧中床土层薄、保水能力差、土壤肥力低等原因造成的秧苗生长瘦弱的弊病。同时通过床土的调酸和水分的调控，有效地防止了我国传统旱育秧的死苗。这项技术自 80 年代初从日本引入我国北方稻区，90 年代初在南方稻区推广应用以来，全国水稻旱地育秧的应用面积已达到 470 万公顷，取得了很好的社会效益和经济效益。这项技术已被农业部立为“九五”重点课题和“九五”丰收计划中重点推广项目。

我国稻区耕作制度复杂，品种类型多样，针对这一特点，我国广大农业科技工作者根据“引进、吸收、提高、创新”的精神，在积极推广应用旱地育秧技术的同时，对水稻旱地育秧的理论（如旱育秧苗的抗寒性机理、旱育秧苗的生物学特性、旱育秧苗的生理生化特性等），旱地育秧的技术（如双季早稻、双季晚稻和单季晚稻的育秧技术），旱地育秧本田栽培理论（如合理的群体结构、吸肥需水规律及调控原则等），旱地育秧的本田栽培技术（如旱育秧再生稻栽培技术、旱育抛秧栽培技术等）等方面进行了较系统和全面的试验研究，积累了丰富的资料。为促进水稻旱地育秧技术的推

广和普及，我们编写了《水稻旱地育秧栽培技术》这本书，供广大农业科技工作者和从事水稻生产的农民们学习参考。

本书是编者在从事水稻旱地育秧试验研究的基础上，广泛收集和整理各方面的试验资料和科研成果汇集而成，书中引用了许多同仁们的宝贵资料，在此致以衷心谢意。在编写过程中我们对书中内容虽作了多次核对和修改，但由于编者水平所限，书中难免有挂一漏万之处，恳望读者予以指正。

编者

1998年2月

目 录

前 言

第一章 概述	1
第二章 旱地育秧的理论	5
第一节 种子的萌发与秧苗生长	5
第二节 旱育苗床的生态效应	11
第三节 旱育秧苗的生理特性	15
第三章 旱地育秧技术	53
第一节 双季早稻育秧技术	53
第二节 双季晚稻育秧技术	70
第三节 单季晚稻育秧技术	77
第四章 旱地育秧本田栽培理论	79
第一节 旱育秧苗产量结构及高产基础	79
第二节 旱育水稻高产栽培的土壤条件	80
第三节 本田期的需肥规律及施肥原则	81
第四节 本田期的需水特性及灌溉原则	90
第五节 本田期的主要病虫害防治	95
第五章 旱地育秧本田栽培技术	102
第一节 及时翻耕	102
第二节 合理密植	104
第三节 返青分蘖期的田间管理	111
第四节 拔节长穗期的田间管理	117

第五节	抽穗结实期的田间管理	123
第六节	早育秧再生稻栽培技术	125
第七节	早育抛秧栽培技术	130
参考文献		142

第一章 概 述

水稻栽培有直播和育秧移栽（抛栽）两种方式。直播稻的历史悠久，经过国内外科技工作者的不懈努力，已形成了水直播和旱直播两种配套技术，在地多人少的欧美国家得到大面积推广应用，取得了较明显的省工省力效应。如我国每公顷水稻的用工量为 3500~4050 小时，日本为 814.5 小时，美国用工量仅 37.5 小时。但我国人多地少，特别是南方稻区具有一多二高一大的特点，即多熟制、单产水平高、复种指数高、季节矛盾大，所以直播稻要大面积推广应用有较大的难度。育秧移栽由于秧田面积小，便于集中管理，也有利于提高单位面积产量和复种指数。因此，我国除少数人少地多的地区和农场外，水稻栽培均以育秧移栽为主。水稻育秧方式按育秧期间苗床水分管理状况，可分为水育秧、湿润育秧和旱育秧三种。

北海道位于日本最北部，面积为 83516.76 平方公里，占全国总面积的 22.1%，北海道的气候是夏季短而冷凉，冬季长而寒冷。年平均气温在 5.7~9℃，年平均温度在 0℃ 以下日期长达 3~4 个月，无霜期在 140 天左右。北海道种植水稻的关键是培育早熟耐寒品种和通过栽培等技术措施促使水稻能早熟，生育后期免受低温危害。北海道从 1935 年开始水稻旱育秧技术研究，通过旱地育秧一方面解决了直播稻不能早播和水育秧易发生烂秧死苗的问题，另一方面通过

早播早插，达到提早成熟，有效地减轻了后期低温的危害。水稻早育秧技术从 1936 年起开始推广，到 1965 年达高峰，应用面积达到水稻栽培面积的 95% 以上，成了当地水稻主要的育秧方式，并推广到东北地区。1965 年以后，由于开始推行机插技术早育秧面积逐年下降，到 1974 年机插秧面积已超过早育秧面积，到 1985 年已基本实现了机械化插秧，目前北海道通过工厂化育秧后机插的面积已占水稻栽培面积的 99.5% 以上。工厂化育秧中有很多技术是从旱地育秧中移植过来的，如采用旱地土壤、进行床土的培肥和调酸、秧苗期的控水技术、重视秧苗根系的培养等等。因此，可以认为工厂化塑料盘育秧仍属于早育秧的范畴，是在旱地育秧的基础上发展起来的，是旱地育秧技术的改进和提高。

我国 50 年代初期大面积应用的是水育秧，由于育秧期间秧床长期灌有水层，土壤通气性差，影响根系的生长，播种后扎根立苗缓慢，甚至出现翘根和倒苗现象，导致烂秧和死苗。这不仅造成严重的经济损失，而且贻误农事，影响栽插季节，使全年生产陷于被动。为减轻双季早稻的烂秧和死苗，于 50 年代中期开始推广湿润育秧，即在 2~3 叶期前不灌水上秧板，只保持秧板湿润，2~3 叶期后才开始灌水。湿润育秧改善了土壤通气状况，抑制了大部分嫌气性菌类的滋生和活动，较好地解决了秧苗根系生长对氧气的需求，播种后种谷扎根立苗正常，避免了翘根和倒苗现象的发生，对防止烂秧死苗和培育壮秧具有很好作用。因此，从 50 年代后期开始，全国大部分省市都推广应用湿润育秧技术。随着塑料工业的发展，60 年代中期以后塑料薄膜覆盖的湿润育秧技术得到迅速推广应用，这对防止双季早稻的烂秧死苗，提早播种移栽，缓和季节矛盾和提高单产都起了十分重要的

作用。但是塑料薄膜湿润育秧，尚有许多问题还没有得到很好解决，如健壮根系与壮秧的关系；早播幅度较小；早春遇上低温阴雨年份，仍会发生较大面积的烂秧死苗；早栽后易发生僵苗不发。早育秧是在旱地苗床中育苗，通过浇水来满足秧苗各叶龄期对水分的需求，达到地上部矮壮，根系发达，体内重要物质含量丰富，抗逆能力强的健壮秧苗。以前，浙江、湖南等省也搞过场地早育小苗秧，但由于许多关键技术未能得到解决，操作技术不规范，结果育成的秧苗素质较差，增产效果不明显，所以，未能在生产上长久推广应用。80年代初，我国黑龙江省率先引进了日本“寒地早育小苗稀植”技术，并由日本稻作专家原正市先生进行实地指导。该技术遵循“育秧先育根”和“以水控苗，以肥促根，以根促蘖”的技术路线，在苗床培肥和育秧期间秧苗的水分管理上狠下工夫，从而有效地克服了以往早育秧中床土层薄、保水能力差、土壤肥力低等原因造成的秧苗生长瘦弱的弊病。同时结合床土的调酸和水分的调控，有效地防止了早育秧的死苗。经几年的示范和推广，使黑龙江省的水稻产量大幅度提高，一般每667平方米（1亩=667平方米）增产150千克左右。1989年这项技术被农业部和国家科委立为重点推广项目，并迅速推广到“三北”（东北、西北、华北），据农业部的统计，北方稻区水稻早育秧的应用面积近266.67万公顷，占水稻面积的80%左右。由于这项技术增产效果明显，解决了北方稻米供应紧张这一历史难题，并出现了“北粮南调”的好局面。

1991年湖南省邀请日本稻作专家原正市先生到湖南传授“水稻早育稀植高产技术”，当年在浏阳县搞了0.16公顷试验田，结果平均每667平方米产达到527.7千克，比当地

常规栽培法提早 6 天成熟，增产 107 千克，增产幅度达 25.4%。经有关领导和专家现场考察和论证，这项技术当年就被农业部立为“八五”重点课题，并组成了南方水稻旱地育秧栽培技术体系研究协作组。经过各级部门的努力，水稻旱地育秧技术已在南方稻区迅速推广应用，据农业部的统计，1995 年南方稻区旱地育秧的应用面积达到 200 多万公顷，取得了很好的社会效益和经济效益。我国南方现有水稻种植面积约 0.29 亿公顷，通过努力，到本世纪末有希望推广面积达到 50%，即 0.15 亿公顷，每 667 平方米若按增产 50 千克计，单此一项，就可增加稻谷 110 多亿千克，这对于实现到 20 世纪末我国增产 500 亿千克粮食的总目标具有十分重要的意义。1995 年，旱育秧技术又被农业部立为“九五”重点课题和“九五”农业丰收计划重点推广项目。农业部计划在四川、湖南、江苏和广东设立四个培训中心，重占培训南方 12 省（自治区）2100 名县和重点乡行政管理部门和推广的技术骨干，学员覆盖南方所有水稻生产县。

第二章 旱地育秧的理论

第一节 种子的萌发与秧苗生长

一、水稻种子的形态构造

水稻种子（稻谷）由米粒和稃壳两部分构成。稃壳包括护颖和内外颖，很多品种的外颖尖端延伸为芒。米粒由皮层、胚乳、胚三部分组成。皮层由果皮和种皮组成，黑米和红米的色素就存在于果皮细胞内。胚乳的外层为糊粉层，由1~6层细胞组成，再里面是由淀粉细胞组成的胚乳，胚乳是种子萌发过程中物质与能量的主要来源。习惯上把胚所在的一侧叫腹面，另一面叫背面，米胚很小，只占米粒重量的2%~3%，胚由胚芽、胚根、胚轴、盾片四部分组成。

二、种子萌发过程

有些水稻品种有休眠现象，要经过一段时间的后熟作用，才能正常发芽。休眠期结束后的种子，在适宜的温度、足够的水分和氧气供应条件下，就能正常发芽。整个萌发过程可分为三个阶段。

1. 吸胀阶段 干燥种子含水量一般在13%以下，细胞内含物呈凝胶状态，因此生命活动很微弱。当它与水分直接接触时就很快吸水而膨胀。种子吸水达一定量后，其膨胀后的体积与干燥种子体积之比率，称为种子的吸胀率。水稻种

子的吸胀率较小，在室温为 13~17℃ 的条件下，48 小时的吸胀率籼稻为 1.231，粳稻为 1.280。

2. 萌动阶段 种子经吸胀作用后，种子内水分含量较高，且大部分以自由水状态存在，使种子的呼吸作用加强，在各种酶的催化作用下，种子内的贮藏物质转化为可溶性的简单物质，种子内的生理活动加强，细胞的增殖加快，当胚的体积增大到一定程度时，胚根尖端就突破种皮后外伸，这种现象即为种子的萌动，在生产上称为“露白”。水稻种子吸胀到萌动的时间因环境条件而有较大的差异，在温度适宜的条件下，经一昼夜左右就能萌动。

3. 发芽阶段 谷种萌动后，胚部细胞继续分裂和生长，当胚根长度达到与种子等长，胚芽长度达到种子长度的一半时称为发芽。谷种在氧气充足的条件下，胚根的伸展速度快于胚芽，但在氧气不足的嫌气条件下，胚芽的伸展速度快于胚根。

三、秧苗的生长过程

水稻最先长出的是芽鞘，不含叶绿素。其后抽出的叶只有叶鞘而无叶身，故称为不完全叶，该叶鞘含叶绿素。不完全叶抽出时，田间呈现绿色，此时称为“现青”，也称为出苗。此后抽出的叶片，既有叶鞘又有叶身，称为完全叶。水稻叶龄一般不包括不完全叶，而是从第一完全叶开始计算。在不完全叶抽出的过程中，胚根发育成种子根，种子根向下伸长，而不斜向生长，更不横向生长。当第一完全叶抽出时，芽鞘节上的 5 条鸡爪根也同时长出，这 5 条鸡爪根的生长状况对播种后秧苗的立苗和生长都有重要作用。水稻幼苗长到三叶期，胚乳内的养分已基本耗尽，生产上称为“离乳

期”或“断奶期”，是水稻幼苗生长过程中由异养向自养的转换期。这时依靠自身制造的养分尚少，对不良环境的抵抗能力较弱，管理不善就会发生死苗。三叶期以后秧苗自身已有较大的绿叶面积和较发达的根系，对不良环境的抵抗力也随之增强。在环境适宜的条件下，水稻秧苗抽出第四叶时，就能从茎基部第一叶腋长出分蘖，以后按 $n-3$ 的叶蘖同伸规律产生分蘖。分蘖生长所需养分主要由上一节位的叶片供应，如第一完全叶节的分蘖，主要由第二完全叶供给。但在育秧的条件下，由于秧苗的生长受苗床光、肥、水、气等条件的抑制，基部 1~3 节位的腋芽通常呈休眠状态。

四、稻种发芽对环境的要求

1. 水分 水稻种子首先要吸收足够的水分，才能萌发。星川清亲的研究认为，梗稻发芽必需的吸水量为种谷风干重的 25%；潘瑞炽在广州的研究指出，籼稻发芽所需的吸水量为种子风干重的 25%，梗稻品种在 35% 以下时不能正常发芽。看来稻种发芽所需的吸水量因品种类型、环境温度条件等因素而有较大差异。蛋白质含量高的品种，种子萌发的最低需水量较多，而淀粉含量较高的品种需水量较少。水稻种子的需水量还因不同部位和成熟度而有差异，种谷胚部的吸水量约为胚乳的两倍；成熟度差的种子的吸水量大于成熟度好的种子，这主要是由于未成熟种子的胚乳呈粉质状态，而粉质结构的吸水量大于角质结构。

2. 温度 不同水温条件下，种谷的吸水速度有明显差异。星川清亲的研究指出，梗稻在 30℃ 时吸水最快，35 小时就能吸收种子风干重的 25%；吸收相同量的水分，在 20℃ 时需 60 小时，在 10℃ 时需 90 小时。据研究，在较高

水温条件下，籼稻的吸水速度快于粳稻，但在水温较低条件下，粳稻的吸水速度快于籼稻。

一般认为水稻发芽的最适温度为 $30\sim 35^{\circ}\text{C}$ ，最低温度为 $10\sim 14^{\circ}\text{C}$ 。在温度较低条件下，发芽，所需的时间延长，如据华南农学院 1977 年的研究，早、中、晚稻 80 个品种的发芽试验结果表明，平均温度在 14°C 时，发芽需 12 天， 20°C 时需 6.5 天， 23.7°C 时需 2.5 天。据星川清亲的研究，一般稻谷发芽的临界温度在 $8\sim 10^{\circ}\text{C}$ ，高纬度地区品种的临界温度较高，低纬度地区的品种临界温度较低。一般籼稻品种在 10°C 以下时，秧苗生长趋向停滞，时间过久，就会引起烂秧。发芽的最低温度还因品种而有差异，一般粳稻品种比籼稻品种耐低温；同一类型的品种，原产地是低纬度地区的，其耐低温的能力较弱，反之则较强。但据星川清亲的研究，水稻发芽的最适温度是 23°C ，在 30°C 以下，温度越低，发芽所需时间就越长，发芽的整齐度就越差。在 $10\sim 20^{\circ}\text{C}$ 的范围内，种子发芽缓慢，且易感染霉菌而使发芽率下降。破胸后的谷种，处于 1°C 的水中 2 小时，仍可维持生命力，但超过这一时间，种谷就会失去生命力；若处于 3°C 的水中，种谷的生命力可延长到 1~5 天；有人将种谷放在 $5^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 的冰箱内，生长虽停止，但其生命力能维持 20 天，超过 20 天，多数发生白化苗、畸形的叶和根系，严重者则死亡。水稻发芽的最高温度一般在 $38\sim 40^{\circ}\text{C}$ 以上。温度过高，会抑制发芽，时间过长甚至会造成幼芽的死亡。如据杨开渠的研究，在 30°C 的条件下，4 个品种的发芽时间为 $28.15\sim 98.94$ 小时，平均为 55.05 小时，发芽率为 $61.11\%\sim 100\%$ ，平均为 84.92% ；在 40°C 的条件下，4 品种的发芽时间为 $68.24\sim 127.12$ 小时，平均为 93.55 小时，

发芽率在 16.85%~85.36%，平均为 67.93%。在双季早稻催芽时常用 52~55℃ 的水浸种 10 分钟，在催芽过程中用 40℃ 温水淋种，说明短时间的高温处理并不影响种子的发芽率。

据香山俊秋的研究，水稻种子的发芽日数与温度有着密切的关系（表 2-1）。从表 2-1 可见，在 35℃ 条件下（除空气

表 2-1 温度与水稻种子发芽日数的关系

气温 (℃)	水中 (天)		空气中 (天)	
	幼芽	幼根	幼芽	幼根
40	2.47	5.67	—	—
35	1.89	3.12	1.88	2.26
30	1.94	3.47	1.97	2.24
25	1.99	3.79	2.01	2.69
20	3.69	8.16	3.53	4.92
15	5.54	16.99	5.31	9.38
13	9.54	23.47	9.02	17.03

中的幼根外)，幼芽和幼根的生长最快，随着温度的降低或升高生长减慢。温度与秧苗生长也有着密切的关系。清水正治将 4 叶期的爱知旭水稻品种置于 10、15、20、25、30℃ 的恒温及日夜变温条件下，定时用显微镜检查生长点细胞的分裂情况，结果是在 10℃ 以下，生长点细胞看不到分裂，15℃ 分裂缓慢，20~25℃ 分裂最旺盛，30℃ 时，细胞分裂虽也较旺盛，但细胞伸长速度较快。据星川清亲的研究，秧苗

1~2 叶期的适宜温度为 25℃ 左右，临界温度为 8℃ 左右。这时若遇到 4℃ 以下的低温几小时，幼苗就会死亡。处于 15℃ 的低温条件下，特别是白天的低温，1~2 叶期秧苗的叶绿素形成就会产生显著障碍，10℃ 以下时，叶绿素就无法形成。因此，把 10℃ 作为 1~2 叶期秧苗绿化的临界温度指标。3~4 叶期的适宜温度为 20℃，临界温度为 5℃。在 3 叶期，遇 2~5℃ 的低温 2 小时，当时形成的叶原基将变为畸形叶，或成为缺绿的白色叶片，严重时会出现叶凋萎。若遇 0℃ 低温达数小时，就会出现低温障碍或发生死苗。4 叶期的最适温度为 24~25℃，15℃ 以下会影响光合作用，5℃ 左右就进入临界低温，若持续时间达 5~7 小时，叶片就会停止伸长，开始凋萎，光合作用就立即中止。

3. 氧气 水稻种子的呼吸作用有有氧呼吸和无氧呼吸两条途径，在通气良好的条件下，一般以有氧呼吸为主，谷种在水中或在通气不良的环境中，则以无氧呼吸为主。

有氧呼吸： $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 2817 \text{ 千焦耳}$

缺氧呼吸： $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2 + 117 \text{ 千焦耳}$

从上可见，无氧呼吸所释放的能量，仅及有氧呼吸的 1/26 左右，其中间产物在数量和种类上，都不足以供给合成作用需要，而且无氧呼吸的产物（酒精），又对细胞产生毒害作用。因此，长时间的无氧呼吸，对水稻种子的发芽和幼苗的生长都是有害的。

据朱澂等的研究（表 2-2），在正常供氧条件下，芽鞘长度较短，芽鞘细胞很小（95.1 微米），不完全叶和种子根生长正常。而在低氧（0%~0.2%）条件下，芽鞘长度达 63.2 毫米，是正常供氧条件下的 4 倍，芽鞘表皮细胞明显增大（263.7 微米）不完全叶和种子根生长很不正常。