

水稻与气象

中国农业科学院农业气象研究室編著



农业出版社

水 稻 与 气 象

(修訂本)

中国农业科学院农业气象研究室編著

农 业 出 版 社

內 容 提 要

农业生产大跃进以来,各地开展了水稻改制的群众性运动。水稻栽种迅速向北扩展,南方稻区则广泛进行单季改双季、间作改连作、旱地改水田。同时因为认真贯彻了农业“八字宪法”,使水稻栽培技术大大提高了一步。水稻改制与农业“八字宪法”的实行相应地需要解决一系列的农业气象问题:水稻改制适应于那些气候区域,改制后什么时候播种、移栽最适宜;不同深浅水层的气象效应如何;怎样根据气候与天气掌握水层管理与施肥;怎样根据各地气候条件正确地进行引种;不同的密植程度和栽植方式形成什么样的小气候特点;怎样防止或减轻水稻的天气灾害等等。本书就是整理和总结各地群众和科学工作者关于水稻气象方面的经验,从水稻对气象的基本要求及栽培、品种三方面来讨论有关农业气象问题,可供农业技术及农业气象工作者及高等农业院校师生参考。

水 稻 与 气 象

(修訂本)

中国农业科学院农业气象研究室編著

农 业 出 版 社 出 版

北京东黄城根一号

(北京市书刊出版业营业许可证出字第 106 号)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店經售

北京市印刷一厂印刷装订

統一書号 16174·604

1962年2月北京制型

1960年4月初版

1963年1月第二版北京第二次印刷

印数 1,301—4,300册

开本 247×1092毫米

三十二开之一

字数 74千字

印张 三又八分之五

定价 (7) 三

序 言

水稻是我国主要的粮食作物，提高水稻的单位面积产量与扩大水稻面积对于整个粮食增产有着重要的意义。

种植水稻和气象条件关系十分密切。水稻生长发育对外界条件有一定的要求，气象因子中温度、光照和降水是水稻生长发育最基本的外界环境条件。在不同气候条件下，这些因子的综合作用，形成了我国多种多样的水稻品种类型。北方稻区气候寒冷，水稻生育期短，形成早熟品种及耐寒性强的粳稻类型；南方稻区气温高，生育期长，形成早、中、晚熟各种生育期的品种，以及耐高温的籼稻类型品种。适应不同气候区域的特点、栽培制度及栽培方法也有很大差异；华南地带水稻多两季连作；长江流域多单、双季并行；而华北平原以及东北只能栽培一季早、中稻。春雨缺乏地区，农民有旱直播的经验；雨水不足地区，有栽培陆稻的经验。

我国农民对于水稻栽培与气象的关系向来非常重视，有许多农谚将二十四节气与水稻栽培密切地联系起来，到现在还广泛地应用于指导农事活动。

解放前稻作科学研究人员曾经注意到水稻栽培与气象的关系，对于水稻气象工作作过一些努力，如用相关系数法计算水稻产量与生育期间降水量的关系等等。但在旧中国的社会条件下，科学工作不可能得到发展，有关水稻气象方面研究的成果极少。

解放后，在党的英明领导下，农业生产空前发展。各地开展了水稻改制的群众性运动。北方稻区迅速发展，扩种地区推进到我国最北部；南方稻区则广泛地进行单季改双季、间作改连作、旱地改水田。1958年，在我国农业生产大跃进中，認真贯彻了农业“八字宪法”，使水稻栽培技术大大提高了一步。

水稻改制与农业“八字宪法”提出了一系列需要解决的农业气象問題。例如：水稻改制适应于那些气候区域；改制后什么时候播种、移栽最适宜；不同深浅水层的气象效应如何；怎样根据气候与天气掌握水层管理与施肥；怎样根据各地气候条件正确地进行引种；不同的密植程度和栽插方式形成什么样的小气候特点；怎样防止或減輕水稻的气象灾害。针对这些問題，我国农民創造了许多宝贵經驗，同时，稻作科学工作者与农业气象工作者也进行了不少工作，获得了許多成果。

为了在水稻生产中更充分地利用有利的气象条件，克服不利气象条件，有必要将各地群众和科学工作者关于水稻气象的經驗和研究成果加以整理与总结，这就是我們編写本书的目的。

本书共分三章，从水稻对气象的基本要求及栽培、品种三方面来討論有关的农业气象問題。

第一章：水稻生长发育对气象条件的要求，分別叙述了水稻对温度、光照与水分条件的要求。第二章：水稻栽培的农业气象問題，分別叙述了水稻播种、育秧、插秧、密植、灌溉、施肥与气象条件的关系。第三章：水稻品种与气象，着重討論我国不同的稻作区域怎样形成复杂的水稻品种类型，以及引种的一些农业气象原則。

水稻受农业气象条件影响很大，由于資料还不够完整，加以編写者水平的限制，粗陋和錯誤之处，一定不少，希望讀者

提出意見,以便今后补充修正。

中国农业科学院江苏分院农业气象研究室、中央气象局农业气象研究室参加了編写,各地許多同志提供了不少資料和宝贵意見,特此致謝。

中国农业科学院农业气象研究室

1959年12月

目 录

序言

第一章 水稻生长发育的农业气象条件	9
第一节 水稻对温度条件的要求	9
一 不同生长发育阶段对温度条件的要求	9
二 水稻各生育期的持续日数与温度条件的关系	26
第二节 水稻对光照条件的要求	34
一 水稻的光照阶段	34
二 水稻品种对光照长度的反应	36
三 水稻对光照强度的要求	37
第三节 水稻对水分条件的要求	41
一 水稻各发育期对水层与土壤湿度的反应	42
二 水稻的需水量	45
第二章 水稻栽培的农业气象问题	48
第一节 水稻播种期、插秧期与气象	48
一 春季气象条件与播种期、插秧期	48
二 秋季气象条件与播种期、插秧期	55
第二节 水稻育秧与气象	57
一 培育壮秧、防止烂秧与气象条件的关系	57
二 水稻的保温育秧与气象	62
第三节 水稻密植与气象	65
一 不同密度下的农田温湿度及其对水稻生育的影响	65
二 不同密度下的农田光照及其对水稻生长发育的影响	70

三 不同栽插方式的农田光照及其对水稻生育的影响	77
第四节 水稻灌溉施肥与气象	79
一 灌溉的农业气象问题	79
二 施肥的农业气象问题	82
第五节 水稻病虫害与气象	85
一 水稻病害与气象	85
二 水稻虫害与气象	90
第三章 水稻品种与气象	99
第一节 我国各地主要水稻品种的气候生态型	99
一 光照长度对水稻品种分布的作用	100
二 温度条件对品种类型分布的作用	103
第二节 水稻引种与农业气象	103
一 不同气候区域的温度、光照条件下对于水稻生育期的影响	104
二 不同气候条件对水稻生长发育性状的影响	105
三 水稻引种的几个农业气象规律	109
附表 五个品种在全国各地栽培生育期及温度条件	111
参考文献	114

第一章 水稻生长发育的 农业气象条件

水稻起源于热带与亚热带沼泽地区，生长于高温、强光、多雨多湿的地带和季节，是一种喜温喜湿的作物。水稻从播种到收获一生中可分为营养生长期和生殖生长期两大时期。其中营养生长期包括幼苗期和分蘖期。生殖生长期包括拔节孕穗期、抽穗开花期和灌浆成熟期。

研究水稻各发育期对气象条件的要求是农业气象在水稻方面的基本工作，它具有多方面的实际意义。种植水稻只有深入認識水稻从播种到成熟整个生育过程的需要，并尽可能地滿足这些需要，才能获得高产。同时水稻生长发育与气象条件之間的数量关系，即水稻的各种气象指标，又是根据气候和天气变化掌握丰产栽培措施，作好农业气象预报及有效地防御天气灾害的基础。下面分別叙述水稻各发育期对温度、水分、光照等主要气象因子的要求。

第一节 水稻对温度条件的要求

一 不同生长发育阶段对温度条件的要求

水稻生长发育的各个阶段都需要在一定的温度条件下才能順利完成，而各个阶段对于温度条件的要求又是不相同的。水稻生长发育对温度的要求基本上可从温度的三个基点（最高、最低和最适宜）反映出来。

(一)种子发芽期 成熟稻种的萌发包括两个过程。先是种子吸足水分，然后开始发芽。在生产技术上与这两个过程相适应的就是浸种与催芽。

要使种子发芽，首先必须使种子吸收本身重量25%的水分。吸水的快慢与温度关系密切；温度愈高，吸水愈快。在水温15°C的条件下，需要5—6天吸足水分；20°C的条件下只要2—3天。所以浸种日数应根据水温来决定。如果在自然气温条件下浸种，一般早稻可浸三昼夜，晚稻可浸一昼夜(或不浸种)。籼稻浸种时间可比粳稻短。种子吸足水分后，在适宜的温度条件下就开始发芽。根据各方面的研究，水稻发芽的最低温度是10—12°C，最适温度是28—32°C，最高温度是40°C左右。高至42°C时，原生质停止流动，种芽发焦。粳稻发芽的温度要求比籼稻稍低，但发芽较慢。据华中农学院李泽炳的研究结果如表1。

表1 不同温度下水稻发芽的快慢
(品种南特号)

经历天数 温度(°C)	一天半	二天半	三天半	四天半	五天半	六天半
7—8	0	0	0	0	0	0
12—18	0	0	0	0	0	0
20	0	0	62	92	95	97
24	0	6	77	100	100	100
28		95	98	98	98	98
32	25	91	95	96	97	97

注：12—18°C温度下六天半后有一半以上种子破胸。

表1說明：籼稻南特号在7—8°C 恒溫条件下不能发芽；在12—18°C 条件下經過六天半有一半以上种子破胸，发芽所要求時間更长些；在20—24°C 恒溫下，稻种发芽比較正常，发芽所需要時間約为3—5天；28—32°C 恒溫对水稻发芽最为适宜，发芽最迅速，約需1—3天。

四川农学院楊开渠研究結果如表2：

表2 水稻种子在30°C与40°C温度下发芽情况

品 种	印度 T.18		邦家島 1		AS. 3		邦家島 10	
	平均发 芽时数 (小时)	发芽率 (%)	平均发 芽时数 (小时)	发芽率 (%)	平均发 芽时数 (小时)	发芽率 (%)	平均发 芽时数 (小时)	发芽率 (%)
温度 (°C)								
30	28.15	95.06	33.77	61.11	59.33	83.51	98.94	100
40	78.84	85.36	100.00	84.80	68.24	16.85	127.12	84.72

表2所列各品种，在40°C 恒溫下比30°C 的时间显著延迟，发芽率降低，这說明 40°C 左右的高溫对于稻种发芽上有抑制作用。

生产上掌握催芽溫度是很重要的，根据上述水稻发芽的溫度要求，可知催芽溫度应当保持 30°C 左右，切忌超过 40°C，否則就要发生烧灼現象。催芽时如果种堆較大，由于种子呼吸散热，种堆内部溫度往往容易升得过高，所以必須时常检查，勤加翻拌，調节溫度。有些地区早稻未經催芽就播种，因此使种子发芽經常处在 20°C 以下的秧田溫度条件下，显著延迟发芽与出苗期，以致造成严重的烂秧現象。从水稻发芽对溫度的要求，可以說明催芽对于早稻提早出苗、防止烂秧有特別重要的意义。浸种催芽时短時間的高溫并不影响发芽率，在溫湯浸种消毒时粳稻 55°C、籼稻 52°C 浸 10 分钟，沒有不利影响。催芽时为加速发芽进度，可用 40°C 的溫水淋种或浸入

種溫度之水由 5—6 分鐘。

(二) 幼苗 在正常環境下，稻種發芽後隨即生出芽鞘與第一片不完全綠色真葉。當不完全葉伸出芽鞘達 1 厘米左右，次生根開始下扎時稱為出苗。出苗與扎根要求適宜的溫度、水分條件與足夠的氧氣供應。而了解出苗與溫度條件的關係可以幫助確定水稻適宜播種期，亦可以幫助在露地育秧與保溫育秧中採取各種適當措施以調節溫度。水稻出苗的最低溫度（恆溫條件，下同）是 $12-14^{\circ}\text{C}$ ，最適溫度是 $26-32^{\circ}\text{C}$ ，最高溫度是 $40-42^{\circ}\text{C}$ 。在最適溫度的範圍內不僅出苗迅速，並且生長與扎根狀況也都良好，秧苗健壯。中國農業科學院、中央氣象局農業氣象研究室與華東農科所合作 1958 年利用實驗室恆溫控制進行了研究，試驗用 4 個品種，包括粳、籼類型，6 個不同溫度處理，其結果列於表 3。

由表 3 可見 10°C 恆溫下籼稻、粳稻均不能出苗，發芽後的稻種隨品種耐寒性的差異經過 10—20 天就開始腐爛而死亡， 12°C 恆溫籼稻不能出苗而粳稻少數能出苗，但非常緩慢， 14°C 恆溫下粳稻二周後出苗達 10%，而籼稻所需天數更長，播種到出苗需一個月左右， 16°C 恆溫下無論籼稻和粳稻一週後就開始出苗，且幼苗生長良好， 20°C 恆溫下 4 天左右出苗，品種間差異不大，表現出苗迅速而整齊。這個結果說明了（1）出苗的最低溫度，粳稻為 12°C ，籼稻為 14°C ，但是如果維持這樣的低溫水平，出苗十分遲緩，生長狀況很差。（2） 15°C 以上出苗才比較正常， 20°C 以上出苗順利。（3）在高溫下籼稻比粳稻生長迅速， 16°C 溫度下播種到三葉，籼稻比粳稻早。

以上討論的是恆溫條件，與百葉箱平均氣溫條件的情況是不同的，但二者又是有關聯的。實驗室恆溫的鑑定結果，反映了水稻出苗的本性要求。了解這個要求，對於考慮播種期

表 3 早稻出苗与温度的关系(1958年,南京)

品 种		有 芒			早 梗			无 子			号	
恒 温 (°C)	播 种 到 出 苗 天 数	播 种 到 三 叶 天 数	出 芽 率 (%)	出 苗 率 (%)	生 长 状 况	播 种 到 出 苗 天 数	播 种 到 三 叶 天 数	出 芽 率 (%)	出 苗 率 (%)	生 长 情 况		
10	—	—	64	0	8 天芽变褐色 18 天开始烂芽	—	—	96	0	8 天芽变褐色 18 天开始烂芽		
12	46	—	?	?	差	24	—	100	22	差		
14	13	27	100	84	5 天芽转绿	12	26	98	20	绿 色		
16	8	21	100	100	良 好	7	21	100	100	转 良		
20	4	11	100	100	良 好	4	10	100	100	良 好		
品 种		南 · 特			号			503				
恒 温 (°C)	播 种 到 出 苗 天 数	播 种 到 三 叶 天 数	出 芽 率 (%)	出 苗 率 (%)	生 长 状 况	播 种 到 出 苗 天 数	播 种 到 三 叶 天 数	出 芽 率 (%)	出 苗 率 (%)	生 长 情 况		
10	—	—	23	0	2 天芽变褐色 11 天开始烂芽	—	—	14	0	2 天芽变褐色 10 天开始烂芽		
12	—	—	28	0	很 差	49	—	38	16	差		
14	17	37	76	38	差	14	24	92	62	差		
16	8	19	96	94	较 好	7	18	98	92	较 良 好		
20	4	11	100	96	良 好	4	12	98	98	良 好		

注: (1) 天数,指从开始处理起进入到该发育开始期的天数。
(2) “?”为缺测、“—”为无法计算。

仍然是有帮助的。早稻与北方水稻播种期問題，秧田平均溫度都在出苗适溫范围以下，因此采用风障等措施，提高秧田溫度，不仅能加速出苗，并且有利于培育嫩壯秧。当采用暖房育秧或油紙、尼龙育秧时，溫度更易于調节，就可以根据秧苗要求創造适溫条件，而特別要防备 38°C 以上的最高溫度界限。

溫度条件低于出苗最低溫度 ($12-14^{\circ}\text{C}$) 对于秧苗是有害的。

我們再討論一下秧苗对低溫的抵抗力 (所謂“低溫”就是溫度低于上述出苗的最低溫度 $12-14^{\circ}\text{C}$)。这里包括二个方面：(1) 秧苗对連續低溫的抵抗力；(2) 秧苗对短时期驟冷 (即霜冻害) 的抵抗力。

江西农学院周长信研究，将不同品种不同高度的秧苗放于 $5-7^{\circ}\text{C}$ 的連續低溫下，处理不同天数后，再放入 20°C 的溫度下观察其恢复生长情况并計算冻死百分率。其結果如表 4：

表 4 秧苗在自然低溫 (平均溫度 $5-7^{\circ}\text{C}$) 下的冻死百分率

品 种	处 理 天 数	2 天	4 天	6 天	8 天	10 天	12 天
南 特 号	秧苗 0.5 厘米	0	0	0	47	72	93
(籼稻)	秧苗 2—4 厘米	0	0	0	59	100	100
南 昌 糯	秧苗 0.5 厘米	0	0	0	0	30	22
(糯稻)	秧苗 2—4 厘米	0	0	0	0	86	100
大 禾 子	秧苗 0.5 厘米	0	0	0	0	0	8
(粳稻)	秧苗 2—4 厘米	0	0	0	0	93	100

表 4 說明：(1) 随着秧苗的长大，耐寒力减弱，秧苗幼小时耐寒力較强。(2) 品种間耐寒力有差异，粳稻、糯稻耐寒力比籼稻强。(3) 籼稻南特号在 $5-7^{\circ}\text{C}$ 連續低溫下 6 天以內不至于

冻死，8 天以上就要冻死；粳、糯稻在这种温度条件下 10 天以内不至于冻死，10—12 天以上要冻死。

以上结果在生产实践上是有意义的。在适期播种条件下，不易遇到 $5-7^{\circ}\text{C}$ 的平均气温连续达 8—10 天以上的机会，所以早春在低温阴雨天气下的烂秧，一般不是低温直接冻死的，而是在较低的温度条件下（一般容易遇到的平均温度是 $7-10^{\circ}\text{C}$ ），秧苗生活力削弱，加上阴雨连绵、秧田积水、幼苗窒息受害。只要秧田平整及时排水或采用湿润秧田，绝大部分秧苗在天气晴暖时仍能恢复生长。

关于秧苗对短时期骤冷的抵抗力，亦就是秧苗的霜冻指标，目前还缺乏系统研究。根据各地调查，初步明确随着秧苗的长大，抗御霜冻的能力显著减弱。(1) 在出苗以前，秧田最低温度在零下 $2-3^{\circ}\text{C}$ 以上，最低气温在零下 $1-2^{\circ}\text{C}$ 以上还不致受害。例如 1957 年湖南农业科学研究所调查，品种早粳 16 号，在 3 月 11 日播种，13 日寒流直下，最低气温为 -1.6°C ，水面结冰 3—4 分厚，但并无烂秧。(2) 出苗到三叶最低气温 $2-3^{\circ}\text{C}$ （秧田最低温度为 0°C 以下），秧苗就要受害。据日本近藤在 1939 年研究，最低温度达 -1°C 时， 0°C 以下低温持续 3 小时，地上部和地下部均死亡； 0°C 以下低温持续 2 小时，则地上部死亡，地下部仍能生存，而当最低温度 -2°C 以下时， 0°C 下温度持续 12 分钟，地下部亦告死亡（他用的是实验室温度）。(3) 三叶期以后，天气已经温暖，如有寒流南下，温度骤降，最低气温达 $5-6^{\circ}\text{C}$ 以下（秧田温度 $2-3^{\circ}\text{C}$ 以下），秧苗就会受冻害。例如浙江省 1955 年 4 月上半月温暖，4 月 17 日后气温下降，4 月 21 日早晨最低气温为 $5-7^{\circ}\text{C}$ ，全省大部分地区早稻秧苗发生了一次严重冷害，死苗率有高达 70% 以上的，一般损失 10—15%。

长江流域以北各地早稻幼苗都有受霜冻害的可能。以上霜冻害的气象指标可供生产实践及气象台站进行农业气象预报时参考应用,但这里仅仅是初步概括,更精确的指标还待今后进一步探求。

(三)分蘖期 水稻幼苗长出5—6片真叶后,分蘖芽自主茎基部叶腋伸出,即进入分蘖期。分蘖的过程是从始期,经过盛期到终止期,是水稻营养生长的一个十分重要的阶段。分蘖是水稻的本性,在合理密植条件下,仍要根据不同条件,适当地争取分蘖穗,以保证每亩足够的穗数。同时要减少后期发生的无效分蘖,以减少养分的无谓消耗。

分蘖与温度有十分密切的关系。了解这个关系,就有可能根据丰产的要求,来促进或抑制分蘖,又能为合理密植提供农业气象依据。综合各方面的研究,可以认为分蘖的最低气温是 $15-16^{\circ}\text{C}$,最低水温是 $16-17^{\circ}\text{C}$;最适气温是 $30-32^{\circ}\text{C}$,最适水温为 $32-34^{\circ}\text{C}$;最高气温是 $38-40^{\circ}\text{C}$,最高水温 $40-42^{\circ}\text{C}$ 。

江西莲塘气候站观测了南特号品种不同播种期、插秧期的分蘖情况,共6期播种为3月17日、3月22日、3月28日、4月1日、4月6日、4月11日,前三期播种的在4月20日插秧,后三期播种的在4月24—26日插秧。观测结果与气温曲线相对照(图1),清楚地说明水稻分蘖与温度条件的密切关系。分蘖自始期到盛期原来是应当逐渐增长的,但是从图1中看出,4月20日插秧的第1期,因为插秧后正遇到比较高的温度,分蘖迅速增长。5月6—10日候温为 19.6°C ,分蘖率增长值从33%到49%。而当11—15日候温下降到 14.7°C 时,分蘖率增长值亦相应下降,由9%到14%。4月24—26日插秧的第4期,插秧后正遇低温,分蘖增长很少,直