



农业新品种 新技术 新模式丛书

水稻机械化种植 实用技术

主编 杨力 刘中秀





国家出版基金项目
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION



农业新品种 新技术 新模式丛书

水稻机械化种植

实用技术

主 编 杨 力 刘中秀

副 主 编 金 鑫 刘洪进 李长亚 周 艳 王文彬

参编人员（按姓氏笔画为序）

王永超 刘 松 刘中秀 刘蔚华 孙广仲

杨 力 吴和生 何永琅 张红叶 张尊忠

茆春太 郭 红 徐 红 谭广梅 颜凤亚

江苏凤凰科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

水稻机械化种植实用技术 / 杨力等主编. —南京:
江苏凤凰科学技术出版社, 2016.4
(农业新品种 新技术 新模式丛书)
ISBN 978-7-5537-6230-2

I. ①水… II. ①杨… III. ①水稻栽培—机械化栽培
IV. ①S511.048

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 057459 号

农业新品种 新技术 新模式丛书
水稻机械化种植实用技术

主 编 杨 力 刘中秀
项目总策划 金国华 郁宝平 张小平
责任 编辑 沈燕燕
责任 校对 郝慧华
责任 监制 曹叶平 方 晨

出版发行 凤凰出版传媒股份有限公司
江苏凤凰科学技术出版社
出版社地址 南京市湖南路1号A楼,邮编:210009
出版社网址 <http://www.pspress.cn>
经 销 凤凰出版传媒股份有限公司
排 版 南京紫藤制版印务中心
印 刷 南通印刷总厂有限公司

开 本 880 mm×1 240 mm 1/32
张 数 2.375
字 数 80 000
版 次 2016 年 4 月第 1 版
印 次 2016 年 4 月第 1 次印刷

标准书号 ISBN 978-7-5537-6230-2
定 价 12.00 元

图书如有印装质量问题,可随时向我社出版科调换。

前 言

江苏省农业三新工程,是江苏省农业委员会和江苏省财政厅联合实施的一项重大农业科技推广专项,旨在支持农业新品种、新技术、新模式的集成示范和推广普及。2014年,盐城市粮油作物技术指导站和盐城市盐都区潘黄街道农业技术推广服务中心联合承担实施了江苏省农业三新工程项目——现代农业(稻麦)科技综合示范推广(盐城)(SXGC[2014]162)。按照项目实施要求,项目组集中示范了稻麦新品种30个、新技术10项、新模式3项,并开展了较大面积的示范推广工作。在完成项目规定的各目标任务外,项目组围绕大面积生产实际,开展了水稻机械化种植实用技术调研、示范和总结工作,形成了面向种植大户和广大农民的技术培训读本。

《水稻机械化种植实用技术》一书,包含了概述、机械化集中育秧技术、水稻麦秸秆全量还田机插秧栽培技术、机插水稻看苗诊断技术、水稻机直播栽培技术5个部分,阐述了水稻生育特点和水稻机插秧育秧、插秧、管理技术,突出强调实用性、操作性,紧贴生产需求,着力解决水稻机械化生产上存在的突出问题,目的就是为了解决机插秧等重大技术的推广应用。

本书在编写过程中得到了江苏省农业委员会科教处、江苏省作物栽培技术指导站多位领导和专家的大力支持及帮助,在此一并致谢。由于编者水平和实践经验所限,疏漏、不妥之处在所难免,恳请读者不吝赐教。

编 者

2015年12月

目 录

第一章 概述	1
第一节 水稻分类及发育特性	1
第二节 水稻的生长发育过程与器官建成	4
第三节 水浆管理及施肥技术	12
第二章 水稻机械化集中育秧技术	18
第一节 集中育秧的意义	19
第二节 壮秧要求	20
第三节 育秧准备工作	20
第四节 机械播种	23
第五节 秧田管理	23
第六节 水稻集中育秧创新技术	24
第三章 水稻麦秸秆全量还田机插秧栽培技术	28
第一节 机插水稻的主要优势与生育特点	28
第二节 稻田耕整原则及栽插密度	29
第三节 麦秸秆机械化全量还田技术	30
第四节 机械化插秧	34
第五节 机插秧大田主要管理技术	35

第四章 机插水稻看苗诊断技术	44
第一节 水稻生育期诊断及生育时期记载标准	44
第二节 幼苗期诊断	48
第三节 水稻形态特征诊断	51
第四节 各生育阶段长势长相指标	57
第五节 生理障碍	59
第五章 水稻机直播栽培技术	62
第一节 水稻机直播的技术优势	62
第二节 水稻机直播的生育特点	63
第三节 水稻机直播配套栽培技术	64
主要参考文献	69

第一章

概述

第一节 水稻分类及发育特性

一、水稻的分类

1. 按形态特征分类

分为籼稻和粳稻。籼稻、粳稻在特征上存在明显的差别。籼稻米粒(籼米)黏性较弱(直链淀粉含量高,为20%~30%),胀性较大;粳稻米粒(粳米)黏性较强(直链淀粉含量一般在20%以下)。籼稻耐湿、耐热和耐强光,耐旱性较弱;粳稻耐旱、耐寒和耐弱光。籼稻矮秆较耐肥,高秆不耐肥,而粳稻耐肥。籼稻品种白叶枯病较重,粳稻品种纹枯病和稻瘟病较重。

籼稻比较适宜于高温、强光和多湿的热带及亚热带地区栽培,粳稻比较适宜于气候温和的温带和热带高地栽培;南方多籼稻,北方多粳稻。

2. 按对日长反应不同分类

分为早稻、中稻、晚稻。早稻、中稻、晚稻同一地点种植,生育期有明显差异。但同一类型,如早稻、中稻或晚稻,在不同年份种植,或不同地点种植,生育期会有所不同。

3. 按胚乳淀粉性质分类

分为黏稻与糯稻。黏稻胚乳含有15%~30%的直链淀粉,其余为支链淀粉;糯稻胚乳几乎全部为支链淀粉。黏米糊化温度高,胀性大;



糯米糊化温度低,胀性小。干燥的黏米呈半透明状,而糯米呈蜡白色。煮熟后黏性最强的为粳糯(大糯),次为籼糯(小糯),再次为粳黏,而籼黏的黏性最弱。

另外,水稻还可按耐旱性不同进行分类。

二、水稻栽培品种的分类与利用



要点提示:

水稻栽培品种是经长期人工培育和选择而成的,突出表现在谷秆比率高,二次枝梗数和颖花数增加,每穗结实粒数多,抽穗成熟整齐,粒重增大,不易落粒,株型紧凑,群体物质生产量高等。

1. 按穗粒性状分类

分为大穗型和多穗型。大穗型秆粗、叶大、分蘖少,每株的穗数少而穗大、粒多。多穗型秆细、叶小而分蘖多,每株的穗数多而穗小、粒少。

2. 按熟期分类

早稻、中稻、晚稻还可分为早熟、中熟、迟熟品种,共9个类型。熟期分类在我国是以各品种在南京4月下旬播种至抽穗所需天数为划分标准的。

3. 按株型分类

按茎秆长度可分高秆、中秆、矮秆品种。粳稻偏矮,籼稻偏高。籼稻以短于100 cm的为矮秆品种,高于120 cm的为高秆品种,100~120 cm的为中秆品种。

4. 按种子类别分类

分为杂交稻种和常规稻种。杂交稻表现明显的杂种优势,易取得大面积高产稳产。杂交稻需要制种,种子易混杂或不孕率高,成本也较

高。常规稻种不用制种。

三、水稻对温度和光照的反应特性

1. 感温性

感温性是指水稻品种因受温度高低的影响而改变其生育期的特性。水稻生长上限温度一般为 40 ℃,而发育上限温度不会超过 28 ℃。晚稻感温性强至中等,早稻感温性中等,中稻感温性中等至强。高温下生育进程加快,低温下生育进程变慢。如年度间抽穗期相差较大,则该品种感温性强。

2. 感光性

感光性是指水稻品种因受日照长短的影响而改变其生育期的特性。一般原产低纬度品种感光性强,原产高纬度品种对日长反应钝感或无感。南方晚稻感光性强,其中华南晚稻较华中晚稻感光性强,而早稻感光性钝感或无感,中稻感光特性介于早稻和晚稻之间。如年度间抽穗期基本稳定,则该品种感光性强。

3. 基本营养生长性

水稻即使在最适于发育的短日照和高温条件下,也必须经过一段最低限度的营养生长期,才能完成其发育转换,所需的天数称为基本营养生长期(吴光南* 称其为短日高温生育期),进入幼穗分化的特性称为基本营养生长性。

(1) 晚稻 营养生长期最长,达 74.2 天,基本营养生长期最短,基本营养生长性也小。

(2) 早稻 营养生长期最短,只有 23 天,但营养生长性较晚稻稍大。早稻是由晚稻在较长的日照和较低温度的条件下,经人工培育选择而形成的变异型。

* 吴光南为我国著名的农作物生理学家、水稻专家,对水稻品种对温度和光照的反应有较深的研究。



(3) 中稻 基本营养生长期介于早稻和晚稻之间,为 53.5 天,但基本营养生长期较长,因此基本营养生长性较大。

第二节 水稻的生长发育过程与器官建成

一、水稻的生长发育过程

水稻的一生在栽培学上是指从种子萌动开始到新种子成熟。水稻从播种或出苗到成熟所经历的天数,称为全生育期,包括营养生长期和生殖生长期。营养生长开始的标志是稻谷萌发,生殖生长开始的标志是幼穗分化。

1. 营养生长期

营养生长期是水稻营养体增长的时期,包括种子发芽和根、茎、叶、蘖的增长,并为过渡到生殖生长期积累必要的养分,分幼苗期和分蘖期。从稻种萌发开始到 3 叶期称为幼苗期;从 4 叶出生开始萌发分蘖直到拔节为止为分蘖期。移栽水稻,营养生长期可以分为秧田期(播种至拔秧)和本田分蘖期(或大田营养生长期,从移栽、返青到拔节),4 叶期到拔秧也可称为秧田分蘖期。秧苗移栽后,由于根系植伤,需 5 天左右才恢复正常生长,故此期称返青期(活棵)。活棵的标志是早晨秧苗叶尖吐水。

2. 生殖生长期

生殖生长期包括稻穗的分化形成和开花结实,分为长穗期(幼穗开始分化至抽穗)和抽穗结实期(抽穗到成熟)。

(1) 拔节长穗期 水稻在拔节长穗期新叶(最后 3~4 叶)仍在抽出,根系仍在扩大,节间伸长到抽穗后 4~7 天,拔节过程才结束。因此,严格来说,从稻穗分化到抽穗是营养生长和生殖生长并进时期,一般需要 25~30 天。

(2) 开花(抽穗)结实期 从抽穗开花到谷粒成熟,又可分为开花

期、乳熟期、蜡熟期、黄熟期、完熟期。开花结实期因所处气候条件(主要是温度)和品种不同,一般在 25~50 天。

二、种子发芽与幼苗生长

1. 种子的构造

水稻籽粒由颖果及内稃、外稃构成。内部颖果即为“糙米”,由子房受精发育而成,包括果皮、种皮、胚乳与胚。外面包被的内稃、外稃也叫内颖、外颖,即“谷壳”。

2. 发芽与幼苗的生长

稻种在合适条件下开始萌动,胚根鞘或胚芽鞘突破谷壳,外观可看到“露白”或“破胸”。当胚芽长度达种子长的一半,或种子根与种子等长时为发芽,田间称“立针”。

稻种发芽后在充足的氧气和光照条件下,胚芽鞘迅速破口,不完全叶抽出,秧苗现绿色,生产上称“现青”,即出苗。

3. 幼苗生长过程中的物质消长

幼苗生长前期,到第 2 叶完全展开,第 3 叶始出前后,胚乳残留率一般减至 8% 以下,贮藏养分基本耗尽,此期称为离乳期(断奶期)。此时秧苗抗寒力下降,抵御不良环境的能力减弱,是防止死苗的关键时期。3 叶期以前的秧苗生长所需的养分主要由种子提供,3 叶期以后的生长主要由叶片光合作用提供,进入自养阶段。

4. 稻种萌发需要适宜的环境条件

(1) 水分 其适宜吸水量为本身风干重的 25%~40%。

(2) 温度 发芽的最低温度为粳稻 10℃、籼稻 12℃,最适温度为 28~36℃,最高温度为 40℃。生长上遇到 12℃ 以下的低温连续阴雨天气会造成烂秧。

(3) 氧气 稻种萌发和幼苗生长要有充足的氧气。稻种在发芽过程中如遇长时间的淹水,则会造成烂种死苗现象。



三、根的生长

80%的根分布在0~10 cm的表土层中,其中以0~5 cm的表土层分布最多,耕作层以下分布很少。自分蘖初期至生育中期,根系主要向斜下方发展;抽穗期与中期相比,分布在土表和深层的根系增加。

1. 根系形态

水稻根系由种子根和不定根组成。种子根只有1条,由胚根生长而成,种子根上发生分枝根。它的功能期大约到第6叶期为止。不定根是从芽鞘节和各叶节(包括不完全叶和完全叶)上发出的根,也称节根。发生于分蘖节上,是稻根的主体。芽鞘节上不定根发生的好坏,能否及时扎入土中意义重大。



行家指点:

当第1叶刚抽出时,芽鞘节上(胚根两侧)长出2条不定根;在第1叶伸出过程中,芽鞘节上又长出3条不定根,其中2条在胚根两侧,另一条在胚根上方,这时芽鞘节上共有5条不定根,两两相对,一条在前,形似鸡爪,故有“鸡爪根”之称。在第2叶抽出至第3叶抽出初期,幼苗无不定根发生。

2. 根色

水稻根有白、黄、黑和灰等颜色,这些是根系生长状况和根系活力高低的重要标志。

3. 根系发生、发展与分布

出叶与发根具有同伸关系:

n 叶抽出 $\approx n$ 叶节根原基分化 $\approx (n-3)$ 叶节根旺盛抽出 $\approx (n-4)$ 叶节发生第1次分枝根(仍有发根) $\approx (n-5)$ 叶节发生第2次分枝根。

主茎发根节位数主要决定于主茎总叶数和伸长节间数。

主茎发根节位数 $= N - n + 1$ (第1伸长节间下方节) $+ 2$ (芽鞘节和

不完全叶节)。

分蘖的出叶与发根节位也符合上述叶根同伸关系。

稻根的线条与总长度,在分蘖期随分蘖的发生而增加,到拔节、穗分化初期前后增加最迅速,到抽穗期达最大值,而后逐渐减少。



行家指点:

水稻拔节后,在伸长的节上一般不再发生不定根,只是在靠近土表氧化层的上位节上生长出大量的不定根,这些根因密生于土壤表层,故称之为“浮根”或“表根”。它们有强大的吸收水中氧气和土壤养分的能力。

四、叶的生长

叶分为芽鞘、不完全叶及完全叶 3 种形态。发芽时最先出现的是无色薄膜状的芽鞘,从芽鞘中长出的第 1 张绿叶,只有叶鞘,无叶片为不完全叶。自第 2 张绿叶起,叶片、叶鞘清晰可见,习惯上称它为完全叶。

1. 叶的形态

水稻叶由叶鞘和叶片两大部分组成,叶片分近根叶与抱茎叶。

2. 叶的其他症状

(1) 叶色 水稻生长期间叶片颜色有时黑有时黄。黑就是颜色深一点,不是像疯长披叶的稻苗那样绿;所谓黄就是颜色淡一些,不是像缺肥的稻苗那样枯黄。凡是叶色黑的时候,都是水稻的新器官大量生长的时期;凡是叶色落黄的时候,都是水稻从一个生育期转到另一个生育期的时候。所以叶色的变化是水稻生长发育的必然规律,稻株该黑不黑、该黄不黄,生长就不正常。

(2) 叶长 在水稻分蘖期后,新长出的叶,在正常营养条件下,比其下一叶增长 20%~30%。到了分蘖末期,从近根叶的最上一叶,亦即抱



茎叶的最下一叶开始,叶片的长度明显增长,一般要比其下一叶增长50%以上,称“飘长叶”。一般倒2叶最长,剑叶较短。

(3) 叶枕距 分蘖期各叶叶鞘长度是依次渐进增加的,由此上下两叶叶枕之间产生的距离,称为叶枕距。分蘖期的各叶叶枕距较小,为1~2 cm。分蘖至拔节之前的叶枕距也是看苗诊断的一个指示特征。

3. 叶龄

总叶龄是指主茎一生抽出的总叶片数。水稻同一品种同一地区、相同播期下,一生的主茎总叶片数是比较稳定的。

五、分蘖的分化与生长

1. 分蘖

分蘖是由稻茎基部的节(分蘖节)上的腋芽(分蘖芽)在适宜的条件下长成的。一般芽鞘节和不完全叶上不发生分蘖,伸长茎秆节上的芽一般不萌发,特殊情况下发生,成为高位分蘖(如再生稻)。在分蘖节上端的最上2片近根叶叶腋内的分蘖芽一般休眠而不发生。

2. 水稻叶、蘖的同伸关系

n 叶抽出 $\approx(n-3)$ 叶节分蘖的第1叶抽出。

分蘖芽形成之后能否长成分蘖,则要受制于多种内外条件。

3. 分蘖的类别

(1) 有效分蘖 主茎开始拔节时,具有独立根系,可自养的分蘖(>4 叶)。

(2) 无效分蘖 主茎开始拔节时,无独立根系,不能自养的分蘖(<3 叶)。

(3) 动摇分蘖 主茎开始拔节时3张叶的分蘖,根数目和绿叶数目少,能否成穗因土壤营养状况、群体大小而变化于上两者之间。

有效分蘖临界叶龄期 $=N$ (品种总叶数) $-n$ (伸长节间数)。

六、茎的生长



要点提示：

稻株上的叶、分蘖和不定根都由茎上长出，茎具有支持、输导和贮藏功能。壮秆是抗倒的组织结构保证，是大穗形成的组织结构基础，也是抽穗后灌浆物质贮备和顺利输送的必要条件。生产上株高要适当，基部节间应粗短而充实，穗下节间长而富有弹性。

1. 稻茎的基本形态结构

稻茎由节和节间两部分组成。稻茎基部的若干节间不伸长，各节密集呈缩短的茎，节上发生根和分蘖，为分蘖节或根节；茎上部有若干个伸长的节间形成茎秆。常规水稻一般有4~7个伸长节间数。稻茎秆的节间部呈圆筒状，其横切面呈环状。

从茎的外壁到内壁，统称茎壁。其厚度和茎的机械强度有关。茎外壁的表面沉积多量的硅质，具有防止病菌侵入和增加茎秆强度的作用。

茎壁的外侧，为多层厚壁细胞，分布有小维管束；茎壁的内侧为薄壁细胞，贮藏淀粉。薄壁组织层中有通气腔，还分布有大维管束。茎内维管束起输导作用，也能提高茎秆的强度。基部节间大维管束数多少与穗一次枝梗数成正比，大维管束越多，穗子越大，壮秆要先从苗期壮苗。

2. 茎秆的分化与生长

一是节和节间分化期，由下而上渐次分化形成节和节间，并分化形成各种组织。

二是节间伸长期，是决定节间长度的时期。

三是节间充实期，节间伸长后期即开始，主要是细胞壁增厚，积累木质素（机械组织）、硅质（表皮）、淀粉（薄壁组织），是决定抗折（倒）的



关键时期。节间充实所需的营养主要由包裹它本身的叶和下面的功能叶提供。宜在剑叶露尖期封行,不能过早。增施钾肥、硅肥有利于茎秆的充实和壮秆的形成。

四是节间物质输出期。盛花期后,茎秆及叶鞘中的淀粉占灌浆物质的30%左右。节间物质输出,茎秆强度变小,易倒伏。

n 叶抽出 = $(n+2)$ 叶与 n 叶对应节间组织分化。

n 叶抽出 $\approx (n-1)$ 叶与 $(n-2)$ 叶之间节间迅速伸长 $\approx (n-2)$ 叶与 $(n-3)$ 叶之间节间伸长末期。

3. 拔节

拔节是指基部第1伸长节间伸长2 cm,称为生物学拔节期。田间50%的植株主茎拔节称为拔节期。伸长节间露出土表1~2 cm时为物候学拔节期。



行家指点:

拔节期为倒 $(n-2)$ 叶抽出期(n 为品种的伸长节间数)。拔节叶龄期 = N (主茎总叶数) - n (伸长节间数) + 3。

七、穗的发育

1. 形态结构

稻穗为圆锥花序,由穗轴、一次枝梗、二次枝梗、小穗梗、小穗(也称颖花)组成。从穗颈节到穗顶端退化生长点是穗轴。穗节上长出的分枝称为一次枝梗,每个一次枝梗上直接着生6个小穗;一次枝梗上长出的分枝称为二次枝梗,二次枝梗上着生3个左右小穗。每个小穗由内外颖、6枚雄蕊及1枚雌蕊组成。

2. 穗的分化发育(丁颖八期)

幼穗分化进程可通过幼穗剥查法、叶龄余数法和叶耳间长法进行

确定。

(1) 幼穗剥查法 田间剥查幼穗发育进程可用显微镜检查。如没有显微镜,则可根据幼穗发育的外部形态来鉴定,详见表 1-1。

表 1-1 幼穗分化时期的鉴定

幼穗发育期	形态特征	持续天数	叶龄余数	距抽穗天数
第 1 苞原基分化期	一期看不见	2~3	3.5~3.1	24~32
一次枝梗原基分化期	二期苞毛现	3~4	3~2.6	22~29
二次枝梗及颖花原基分化期	三期毛茸茸	5~6	2.5~2.1	19~25
雌雄蕊原期分化期	四期粒粒现	2~3	1.5~(0.9~0.8)	14~19
花粉母细胞形成期	五期谷壳分	2~3	(0.9~0.8)~ (0.5~0.4)	12~16
花粉母细胞减数分裂期	六期叶枕平	3~4	(0.4~0.3)~0	7~9
花粉内容充实期	七期穗已定	4~5		7~9
花粉成熟期	八期即抽出	2~3		3~4

(2) 叶龄余数法 主茎总叶数—当时叶龄,即主茎未抽出叶的叶龄。

(3) 叶耳间长法 所谓叶耳间长(又称叶枕距),就是剑叶叶枕与下一叶叶枕之间的距离,是诊断花粉母细胞减数分裂期过程的一个简单易行的标志。剑叶叶枕高于倒 2 叶叶枕,为+;如仍在倒 2 叶叶鞘中,则为-。在-4~+1 cm 之间时,多为减数分裂期;在+1~+7 cm 之间,多为花粉内容充实期;如在 8~13 cm 时,则接近花粉完成期。

3. 颖花的分化与退化

在穗分化过程中,自颖花原基分化期开始,幼穗上分化的颖花原基数不断增加,约至雌雄蕊分化中期前后,不再分化出新的颖花原基;减数分裂盛期部分发育落后的颖花明显停止发育而退化,分化颖花数减少;至出穗前 7~10 天,退化颖花数不再增加,发育颖花数稳定。分化颖花的退化率一般在 20%左右,低的可低于 10%,高的可达 40%。所