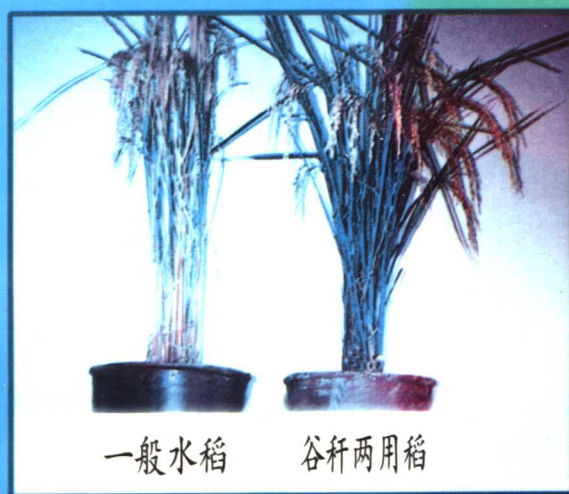


水稻秸秆 品质化学与遗传改良

Rice Straw
Quality Chemistry and Genetic Improvement

郑金贵 著



一般水稻

谷秆两用稻

厦门大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

水稻秸秆品质化学与遗传改良/郑金贵著. —厦门:厦门大学出版社, 2002
ISBN 7-5615-2026-3/S · 29

I. 水… II. 郑… III. 秸秆-综合利用 IV. S38

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 097660 号

厦门大学出版社出版发行

(地址:厦门大学 邮编:361005)

<http://www.xmupress.com>

xmup@public.xm.fj.cn

三明地质印刷厂印刷

2003 年 3 月第 1 版 2003 年 3 月第 1 次印刷

开本:787×1092 1/16 印张:27.5 字数:700 千字

定价:58.00 元

本书如有印装质量问题请寄承印厂调换

序

资源问题是当今人类面临的三大问题之一,在人口与资源的矛盾难以完全避免的今天,研究资源的充分利用,特别是可再生资源的开发,一直为许多科技工作者所关注。

作为可再生农业资源的作物秸秆——水稻秸秆,其产量可占光合产物总量的一半以上。全世界每年有与稻谷产量相当的6亿吨水稻秸秆,而我国即占其中的1/3。如何充分、有效地利用好这些秸秆资源,是一个十分突出的问题,可是长期以来,人们总把提高稻谷产量作为育种目标,很少有人通过育种途径来提高秸秆的有效利用率,以致农民在获取稻谷之后,秸秆即弃之不用,十分可惜!

为此,国内外许多学者也曾做过大量研究,主要是对现成的秸秆进行物理、化学或微生物处理,期望提高秸秆品质,并取得了不少进展,但或由于处理方法比较复杂,或由于处理过程成本过高,结果还是限制了利用范围和使用效果。

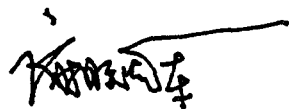
本书作者郑金贵教授,以一位农学家的高度责任感,以全新的视角、敏锐的思路,采用遗传选择的方法来改善和提高水稻秸秆的品质,经十多年的艰苦探索和系统研究,终于成功地育成了稻谷产量、米质与一般推广品种相当,而秸秆品质优异的新型水稻——谷秆两用稻。

本书正是在这一开创性研究成果的基础上,进行了理论概括和系统总结。书中全面阐述了秸秆品质优异种质资源的筛选、发掘、利用;谷秆两用稻的育种技术和育种程序;谷、秆同步双重筛选方法;谷秆两用稻的特征特性和栽培技术;秸秆的收获技术、储藏技术、加工粉碎技术等产业化的配套技术,特别详细地介绍了谷秆两用稻秸秆的高效利用技术。这些技术简便易行,利于推广,其研究思路 and 成功实践不仅为水稻育种开拓了一个全新的领域,也为其他禾谷类作物的谷秆皆优新品种的选育提供了重要的借鉴。

郑金贵教授早在青年时期,在农村劳动期间就忘我于“良种”工作,当时福建日报就曾以“种子迷”为题登载了他的感人事迹。后来他上大学、读研究生、出国进修都热爱和专攻作物遗传育种。之后,几十年来他一直从事遗传改良及遗传育种

的科研与教学工作,锲而不舍,建树颇丰。本书是郑金贵同志近十几年来的最新研究成果,相信它的出版对我国秸秆资源的充分利用定能产生重要的影响。为此,我乐于推荐此书,并希望读者与作者共同研讨,相互交流,进一步把我国的秸秆资源的高效利用推向一个新水平,为全面建设小康社会贡献一份力量。

中国科学院院士



2002年12月

前 言

《水稻秸秆品质化学与遗传改良》这一专著是“谷秆两用稻的选育及其秸秆高效利用技术”这一研究成果的系统总结和理论概括。

我们知道,长期以来,水稻遗传育种工作者把“稻谷”作为育种的惟一目标,因此,目前生产上推广的水稻品种稻谷的产量高,而秸秆(俗称稻草)的品质却很差,导致了占水稻光合产物总量 50%~60% 的大量秸秆资源的严重浪费,同时又污染了环境。国内外不少学者,特别是饲料工作者对秸秆的利用进行了大量的研究,即从“外因”的角度,对现成的品质差的水稻秸秆进行物理处理、化学处理和微生物处理等,由于有的处理方法复杂,有的处理方法成本较高,而秸秆的营养成分含量却提高不多,因而秸秆的利用效果和利用范围都受到很大的限制。

作为遗传育种工作者,作者于 1987 年正式立项,经过 14 年的研究,从“内因”的角度出发,以遗传育种的方法,在国内外率先培育出水稻秸秆品质优异(秸秆营养成分含量高)、稻谷产量高、米质优的新型水稻——谷秆两用稻。由于这是全新的探索,没有前人的工作可以借鉴,因而在研究过程中,一共召开了 23 次现场会,邀请了 155 位专家对每个阶段的研究进展进行了评估、验收或阶段性鉴定。在这些专家中有:中国科学院院士、中国工程院院士、农业部科技委员会委员、国际水稻研究所(International Rice Research Institute)的高级科学家,以及中国农业科学院、中国水稻研究所、中国特种稻米研究与开发协会(筹)、厦门大学、福建省农业厅、福建省科技厅、福建农林大学、福建省农业科学院等部门的专家、学者。他们听取了技术介绍,查阅了实验资料,现场察看、现场测试、现场验收,对每个阶段的研究进展进行了实事求是的科学认真的评价或鉴定,并对下一步研究提出了很多宝贵的意见或建议。

该项目是福建省科技厅(科委)1987 年立项的省重点科研项目(编号为 87—Z—121)。由于中国、福建省面临“人多地少、资源短缺”的严峻挑战,本项目立项符合经济社会的迫切需要,而且研究进展较快,应用前景好,所以在研究与推广过程中得到多方的重视与支持:入选国家九五科技攻关计划“持续高效农业技术与示范”项目的主体技术(编号 98—015—01—011);入选国家自然科学基金项目“稻草品质改良的种质资源研究”(编号 30070467);入选国家计委“国家高技术产业化示范工程项目”(编号 20022307 号);入选福建省计委“高新技术产业化项目”(编号 200149 号);入选福建省农业厅“跨越计划”项目(编号:闽科教函 111 号);

福建省财政厅、福建省教育厅、福建省农委都拨款支持研究与推广。特别必须指出的是,第七届、第八届、第九届三届福建省人民政府的分管农业的原副省长及现任副省长刘德章都分别从省长的专项推广经费中拨款支持本项目。

1995年6月7日,童万亨副省长对此研究成果批示“很好,这是一条新路子,希望作出更大成绩”。2002年7月4日,习近平省长对此研究成果批示“此科研成果具有推广应用价值,要随即做好产研转化工作”。

中国农业科学院科技文献信息中心1993年12月27日查新检索报告的结论是:“在检出的中外文献中,未发现有以下方面的报道:a)谷秆两用水稻的育种研究;b)谷秆两用水稻的特性研究;c)谷秆两用水稻高营养含量的稻草作为牲畜饲料、鱼饵料和食用菌培养料取得显著成果的应用研究。”

福建省科学技术信息研究所2002年3月6日科技查新报告的结论是:“经国内资料检索和国际联机检索,委托查新项目在以下几个方面的研究,除了委托查新项目小组成员报道的文献外,国内外未见其他研究文献报道:1.通过育种途径培育出稻秸秆营养成分特别高的、稻谷产量和品质与推广品种相当的可在生产上推广应用的谷秆两用稻。2.谷秆两用稻的育种技术和育种方法。3.谷秆两用稻稻草(粉)栽培草生食用菌,替代麦皮栽培木生食用菌,饲养奶牛,作为草鱼、白鹅等草食动物配合饲料的原料的技术与配方。4.谷秆两用稻的配套栽培技术和稻草的收获、贮藏技术。”

1993年12月28日,中国水稻研究所新技术室主任赵成章研究员、福建农林大学博士生导师陈启锋教授、福建省农业厅郑则梅高级农艺师等9位专家组成的鉴定委员会认为:“该研究采用谷秆同步筛选法培育谷秆并重的水稻和相应的栽培技术,在改进稻谷产量、品质的同时,提高秸秆的营养成分、利用价值和经济效益,开拓了水稻育种研究的新领域,具有独创性……属国内首创,居国际领先水平。”

1994年1月17日,卢良恕院士评审:“该研究立题新颖,思路很好,国内尚未有人在谷秆两用方面做系统研究,因此该研究对水稻谷秆利用有重要意义。”

1999年12月28日,谢联辉院士、谢华安研究员等12位专家的评议意见:“听取了项目主持人及部队农场负责人和有关技术人员的情况介绍,察看了年产800吨的优质稻草粉加工厂。经讨论一致认为:……该新技术简便易行,成本低,深受应用单位的欢迎,发展较快,已具有一定的规模。该技术为秸秆的利用开辟一条切实可行的新途径,对巨大的可再生的农业资源——作物秸秆的利用具有重要意义。”

1994年1月24日,中国水稻研究所所长应存山研究员评审:“这是一项具有学术意义和应用价值的研究成果。……综上所述,本研究具有新颖性、先进性和实

用性,在国内外同类或相似研究中居领先地位。”

农业部畜牧兽医司郭庭双高级工程师1994年1月17日评审:“以往秸秆饲料化的研究仅仅着重于以各种不同处理方法来改进秸秆的喂饲价值,郑金贵等人的研究则以作物育种的途径,从根本上改进秸秆的喂饲价值,在国内外尚属首创。郑的论文在1993年10月‘利用当地资源发展畜牧业生产国际会议’上受到各国专家的重视与好评,大会已建议就此专题召开一次国际讨论会。”“培育谷秆双优品种,显然不应限于水稻,作物育种专家应当与畜牧专家共同努力,培育其他谷物(小麦、玉米、高粱等)双优品种。”

中国特种稻米研究与开发协会(筹)会长赵则胜教授评审:“……采用双重选择同步进行的方法育出的稻谷产量和稻草营养成分含量均高的谷秆两用稻具有独特的创造性,这在应用和选育特种稻专用种的学术上有重要的指导意义。……属国内外首创。”

国际水稻研究所高级科学家汤圣祥博士、福建省农业厅施能浦高级农艺师、厦门大学生命科学学院陈睦传教授等8位专家于2002年3月17日评审:“该课题从遗传育种和双重筛选技术着手,选育出谷秆两用水稻品种,从根本上提高水稻秸秆的营养品质,并有效地应用于食用菌的栽培和食草动物(鱼)的饲养,为水稻秸秆的高效利用开辟了一条切实可行的新途径,对大量的可再生的农业资源——作物稻秸秆资源的利用具有重要意义,产生了明显的经济效益和社会效益。经国内和国际联机检索,本研究具有新颖性和独创性,属国内外首创,居国际领先水平。”

农业部科技发展中心主任王汝锋研究员于2002年9月10日评审认为:“本项目是一个难度很大的研究项目,没有前人的研究可借鉴,通过课题组多学科多专业的科技人员通力合作,历经十四年的研究,取得了既有理论意义又有重大应用价值的研究成果。……为我国的大量的可再生的水稻稻秆的利用开辟了一条切实可行的新途径。……经联机检索本研究具有新颖性和独创性,属国内外首创,居国际领先水平。”

作物品种审定委员会审定意见:“经多年试种示范,一般亩产450~500公斤,高产的达550公斤以上。米质优,其米饭适口性好。稻米具有较好的市场前景,稻谷价值比当场对照品种特优63高35%左右。……该品种稻草蛋白质含量较高,经生产上实践作为动物饲料和食用菌培养料比一般稻草具有较大的利用价值。”

先后参加“谷秆两用稻的选育及其秸秆高效利用技术”这一项目的研究人员有:陈君琛、黄勤楼、郑开斌、涂杰峰、叶新福、杨菁、钱爱萍、张数标、蒋家煊、谢宝贵、张良韬、徐洁、王玲、郑回勇、何水林、卢礼斌。博士后王逸群、丁洪,博士及博士生郑回勇、王松良、谢宝贵、林金科、郑宝东、苏军、陈选阳、刘伟、郑少泉、余建坤,

硕士及硕士生开国银、张懿、许明、刘峰、王金英、章杏、陈福禄、张丹凤、黄志伟、林世强、林爱华、林忠辉、张志坚、郑亚凤、翁国华、江川、吕斌等也分别协助部分工作。陈炳煥、唐建阳等协助¹⁵N示踪研究。

特别需要指出的是,卢浩然、谢联辉、刘更另、刘中柱、陈启锋、谢华安、蔡俊迈、冯玉兰、吴志强、陈如凯、杨聚宝、王开锡、周天理、雷捷成、李桂芬、李盛林、李开本、施能浦、林文雄、黄一帆、潘大仁、胡方平、林彦铨、杨仁崔、祁建民、李维明、吴为人、梁康迺、周元昌、林杰、杨道富、尤志明都从不同角度、以不同形式对本研究进行指导、支持、鼓励和帮助。张伟光、翁伯琦等同志不但对本研究大力支持还分别协助在泉州市、安溪县、南平市、建阳市等地推广。1987年以来福建省农科院的有关党政领导,1998年以来福建农业大学、福建农林大学的有关党政领导都对本研究给予大力支持。

谢联辉院士在繁忙的教学与科研工作中拨出宝贵的时间为本书作序,给予热情的鼓励。

在本书的撰写过程中,研究生许明、林世强、黄志伟、林忠辉、刘峰、陈福禄以及校办庄祥生、童庆满、丘德珍等同志放弃大量的休息时间,协助清稿、打印、编排、校对、编辑等大量的、繁杂的、细致的工作。

在本书完稿出版之际,特向以上所有的同志表示最衷心的感谢!

为了使读者能够更好地了解 and 熟悉本研究结果,本书的部分章节中首先介绍了有关基本知识,如水稻生育期间茎叶的基本知识,水稻秸秆品质改良的“外因”途径与方法的概况,食用菌的营养类型及其对营养物质需求的基本知识,动物营养物质需求及其营养作用的基本知识等。这些基本知识主要引用了吴光南等(1981)、刑廷铨(1994)、杨新美等(1988)、许振英等(1982)的论著。在此特向他们以及所有被本书引用、参考的论著的作者表示衷心的感谢!

由于作者水平有限,书中不妥之处,敬请读者指正。

作者

2002年12月

摘 要

水稻光合产物的总量中,有 50%~60% 贮存在水稻秸秆中。全世界和全中国每年分别与稻谷产量相当的 6 亿吨和 2 亿吨的水稻秸秆(俗称稻草)再生。由于其品质差、营养成分含量低,而且秸秆中的半纤维素与木质素通过酯键紧密结合,镶嵌在一起而形成“物理硬壳”(Physicalinscrustation)与“营养封皮”(Nutrientenvelopment),把秸秆中的本来就很少的营养物质包裹其中,使动物消化酶难以与之接触,因而难以吸收利用。

在“人多地少、资源短缺”的严峻现实面前,国内外广大学者,特别是动物营养工作者、动物饲料工作者对这一巨大的、可再生的秸秆资源做了大量的研究,他们主要是以“外因”的途径和方法改良水稻秸秆的品质,也就是对现成的品质差的秸秆进行前处理,即物理处理、化学处理、微生物处理等,期望提高秸秆的品质,即提高营养成分含量或提高秸秆的消化率。由于有的前处理方法操作复杂,有的前处理成本较高,因此,难以大范围推广,大量的稻草被弃之不用,造成资源的极大浪费,还污染了环境。

笔者作为作物遗传育种工作者,则从“内因”的角度出发,对水稻品质进行遗传改良,也就是采用遗传育种的方法,选育秸秆品质优异,稻谷产量、米质与一般推广品种相当的新型水稻——谷秆两用稻。通过“良种”与“良法”相结合,谷秆两用稻收获的稻草,不需任何前处理,即可直接、高效地利用。

全书分为四章。

第一章介绍“水稻生育期间茎叶的基本知识”,水稻的茎叶在水稻成熟后就称为水稻秸秆(稻草),所以要研究水稻秸秆必须掌握水稻茎叶的基本知识。

第二章介绍“水稻秸秆品质化学”,也就是对一般水稻秸秆的多种化学组成、营养成分作详细的介绍。

第三章系“水稻秸秆品质的遗传改良”,是本专著的重点,共分六节。

第三章的第一节介绍国内外“水稻秸秆品质改良”的六种“外因”途径与方法:一、对秸秆进行物理处理——机械、射线、热喷等处理;二、对秸秆进行化学处理——碱化处理;三、对秸秆进行化学处理——氨化处理;四、对秸秆进行微生物处理——微贮处理;五、对秸秆进行微生物处理——EM 处理;六、对秸秆进行微生物处理——青贮处理(乳酸厌氧发酵处理)。

第三章的第二节系“栽培技术改良水稻秸秆品质”,详细介绍笔者研究小组的研究结果和国内外的一些报道,即改良水稻秸秆品质的四项栽培技术:一是在不影响稻谷产量的前提下适当增施 N 肥;二是有针对性的增施相应的微肥;三是选择适当的季节栽培;四是在不影响稻谷产量和抗倒伏性的前提下尽量少施或不施硅肥。

第三章的第三节系“水稻秸秆品质的遗传改良 I——谷秆两用稻的选育”,先介绍笔者研究小组和国内外很多学者发现水稻秸秆品质存在着类型间、品种间的差异,再图文并茂详细介绍谷秆两用稻的选育程序和具体方法——筛选发掘秸秆品质优异的水稻种质资源、引变方法、引变后代的“谷”、“秆”同步双重筛选方法等。

第三章的第四节系“水稻秸秆品质遗传改良Ⅱ——谷秆两用稻的主要特性”，详细介绍四个方面的内容：一是谷秆两用稻的生长发育特点，①株型好、抗早衰、生育后期光合效率高；②具有独特的N素分配规律，生育后期茎叶具有较高的同化和累积外源N素的能力；③生育后期营养生理上具有顶端优势较弱的特性；④具有把吸收N转化为氨基酸的能力较强的生化特性。二是谷秆两用稻的“谷”、“秆”兼优特性，介绍了三种水稻类型：高N—谷秆兼用型：即在高N水平下栽培，营养生长可向生殖生长正常转换，稻谷产量高，稻草营养成分高，粗蛋白含量高，而且是以氨基酸形式存在；高N—草用型：即在高N水平下栽培，水稻植株生长过度旺盛、贪青旺长，营养生长难以向生殖生长转换，不幼穗分化，没有稻谷产量，而稻草的粗蛋白含量很高，可连续多次刈青草利用；中间型：即在高N水平下栽培，水稻生长贪青，营养生长可勉强向生殖生长转换，稻草的粗蛋白含量高，但稻谷的结实率低，稻谷的产量低。三是谷秆两用稻的稻谷产量和米质，介绍了谷秆两用稻201的稻谷产量每667 m²可达450~500公斤，高产的达550公斤以上，米质的十项指标中，有七项指标（精米率、整精米率、粒长、碱消值、胶稠度、直链淀粉含量、蛋白质）达到一级优质米的标准，三项指标（长宽比、垩白度、透明度）达到二级优质米的标准。四是谷秆两用稻的秸秆品质，介绍了通过“良种”“良法”相结合，谷秆两用稻的粗蛋白含量可达8%以上，比一般水稻秸秆4%左右高一倍左右，最高可达15.75%，而且主要以氨基酸的形式存在于秸秆中。同时还介绍秸秆的其他化学成分及其消化率、秸秆中各种矿质元素的含量等。

第三章的第五节系“水稻秸秆品质的遗传改良Ⅲ——谷秆两用稻的配套技术”，介绍了谷秆两用稻的四项配套技术：一是谷秆两用稻的栽培技术，①必须适量增施N肥；②必须尽量少施K肥；③根据不同品种不同环境条件，增施相应的微肥。二是谷秆两用稻稻草的收获技术。三是谷秆两用稻稻草的贮藏技术。四是谷秆两用稻稻草的粉碎技术。

第三章的第六节系“基因工程改良水稻秸秆品质的研究进展”，介绍了笔者研究小组正在进行的研究工作进展：一、先介绍“水稻遗传转化技术”的基本情况；二、谷秆两用稻高频再生系统的研究进展；三、高赖氨酸蛋白基因遗传转化谷秆两用稻的研究进展；四、人乳铁蛋白基因遗传转化谷秆两用稻的研究进展；五、抗衰老基因遗传转化谷秆两用稻的研究进展；六、玉米高光效基因遗传转化谷秆两用稻的研究进展；七、植酸酶基因遗传转化谷秆两用稻的研究进展。

第四章系“谷秆两用稻优质稻草的高效利用”，即谷秆两用稻的优质稻草作为多种食用菌的培养料和作为多种动物的饲料的利用技术和效果。

第四章的第一节系“谷秆两用稻优质稻草栽培食用菌”，先介绍食用菌的营养类型及其对营养物质需求的基本知识，再详细介绍谷秆两用稻优质稻草栽培食用菌的具体技术与效果：①¹⁵N示踪结果表明：谷秆两用稻“201”能够把¹⁵N尿素有效地转化为稻草蛋白（稻草¹⁵N回收率比CK高104.3%）；②“201”稻草蛋白能有效地转化为菇体蛋白（菇体¹⁵N回收率比CK高21.7%）。③“201”优质稻草栽培草生食用菌，可提高菇产量和粗蛋白含量：每公顷7.5吨稻草可增草菇797.2公斤、菇蛋白67.9公斤；或增姬松茸675.0公斤、菇蛋白80.0公斤。④该优质稻草粉可替代等量麦皮栽培木生食用菌（菇产量和粗蛋白含量与麦皮组没有显著性差异），每公顷优质稻草可替代7.5吨麦皮。在栽培毛木耳、黑木耳、真姬菇、香菇、猴头菇的培养料中，稻草粉替代麦皮量均为占培养料总量的20%、茶薪菇为8%、金针菇为7.5%。⑤“201”优质稻草粗蛋白含量高，栽培蘑菇时必须调节最适的C/N比，蘑菇产量才会提高。⑥“201”优质稻草属碱性，可等量代替麦皮栽培香菇和猴头菇，但必须增加适量的酸性培养料。

第四章的第二节系“谷秆两用稻优质稻草饲养动物”，先介绍动物对营养物质的需求及其

营养作用的基本知识。再详细介绍谷秆两用稻优质稻草饲养动物的技术与效果：①¹⁵N 示踪结果表明：“201”稻草中的蛋白质能够有效地转化为鱼体蛋白和白老鼠的体蛋白；“201”稻草饲养草鱼的饲料消化率、动物体¹⁵N 回收率、动物吸收饲料蛋白分别比一般稻草高 13.8%、9.6%、24.32%，饲养白老鼠则分别比一般稻草高 16.5%、6.0%、47.4%，而动物粪便的¹⁵N 回收率却比一般稻草低 3.46% 和 7.0%。②谷秆两用稻“201”优质稻草饲养肉牛，在同样的精料和饲养管理条件下，比一般稻草氨化后饲喂肉牛日增重提高 120.0 克，肉牛增重平均提高 12.2%，每公顷谷秆两用稻稻草 7.5 吨可使肉牛增重提高 184.0 公斤；③谷秆两用稻优质稻草饲养奶牛，奶产量比一般稻草提高 8.3%，每公顷谷秆两用稻干稻草 7.5 吨可增产牛奶 843.8 公斤；④谷秆两用稻优质稻草饲养草鱼，鱼的日增重、日食草量、每千克鲜稻草使鱼增重三项指标比一般稻草分别提高 60.0%、16.8%、37.0%，每公顷 25.0 吨鲜稻草可使鱼增产 297.5 公斤；⑤谷秆两用稻优质稻草作为配合饲料的主要原料饲养白鹅，鹅的日增重和料肉比比一般稻草分别提高 33.9% 和 26.8%，每公顷稻草 7.5 吨可使白鹅增重提高 2 358.0 公斤；⑥谷秆两用稻优质稻草的稻草粉可替代占瘦肉型杂交猪全价配合饲料总量 5% 的麦皮，饲养效果相同。瘦肉型杂交猪每增重 1 公斤可节省 0.11 公斤精饲料。

Summary

Of the total products of rice photosynthesis, 50%~60% were stored in rice straw. Every year, there are 600 and 200 million tons of rice stem (commonly known as rice straw) regenerated all over the world and in China respectively, which are almost equal to the production of rice grain. Nevertheless, rice straw was poor in quality and low in nutrient content. Furthermore, the semi-cellulose and lignin of straw were tightly combined and mosaicked through ester bond, forming physical incrustation and nutrient envelopment. Thus the already scanty nutrients were enveloped inside the straw. This hinders the animal digestive enzymes' contact with straw nutrients, and makes it difficult for animals to absorb and utilize straw nutrients.

Facing the severe reality of over-population, land inadequacy and resources shortage, many researchers at home and abroad have conducted a great deal of research on this great renewable resource. They primarily attempted to improve rice straw quality through "external factor" methods, i. e., conducting pretreatments such as physical, chemical, and microbial treatments etc., on existing poor quality straw. They expected to improve straw quality, i. e., straw nutrient content or digestibility. Most pretreatments are either complicated or high in cost or both. So it is difficult to extend a wide scope of application and lots of straw was abandoned. In consequence, this results in resource waste and environmental pollution.

As a rice breeder, the author studied the improvement of rice straw quality from 'internal factor'. Through genetic breeding method the author bred a new-type of rice variety Grain-Straw-Dual-Use-Rice (GSDUR). Straw quality of GSDUR was high, and grain yield and rice quality were equivalent to those of common commercial variety. The integration of "fine variety" and "effective cultivation" made reality direct utilization of GSDUR straw without any pretreatments.

This book is divided into four chapters.

Chapter I introduces "Basic knowledge of rice stem and leaf of growth duration". After rice grain maturity the rice stem and leaf are called rice straw, and it is necessary for us to study rice straw to master the basic knowledge.

Chapter II presents "Rice straw quality chemistry", which describes the chemical components, and nutrient ingredients of common rice straws.

Chapter III, "Genetic improvement of rice straw quality", is the highlight of the book and it is divided into six sections.

The first section of chapter III includes six 'external factor' methods at home and abroad for rice straw quality improvement. (1) physical treatments—mechanic, radiation, thermojet, etc. (2) chemical treatment—alkalization. (3) chemical treatment—ammonification. (4) microbial

treatment—special microorganisms. (5) microbial treatment—effective microorganism (EM) treatment. (6) microbial treatment—silage storing (lactic anaerobic fermentation treatment)

The second section of chapter III is “Rice straw quality improvement through cultivating techniques”, which presented in detail the research results of the author’s research team. Four cultivating techniques for improving straw quality are ① moderate increase of nitrogen fertilizer conditioned on unaffected grain yield, ② selectively application of relevant microelement fertilizers, ③ cultivating in proper season, ④ applying silicon fertilizer as little as possible or no silicon fertilizer at all on condition that grain yield and lodging resistance are unaffected.

The third section of chapter III is “Genetic improvement of rice straw quality I—GSDUR breeding”. The section first demonstrates the findings of many researchers at home and abroad including the author that rice types and varieties are different in rice straw quality. Then introduces GSDUR breeding technique and procedure, including screening rice germplasm of high straw quality, variation-promoting methods, grain-straw synchronous dual screening method for variant progeny selection.

The fourth section of chapter III, “Genetic improvement of rice straw quality II—main characteristics of GSDUR”, deals with the following four aspects at length. (1) characteristics of GSDUR ① ideal plant type, resistance to senility, high photosynthetic efficiency at late stage, ② special characteristics of nitrogen distribution in plant and high capability of stems and leaves to assimilate and accumulate exogenous nitrogen at late growth duration, ③ weak apical dominance at late growth duration in nutrient physiology, ④ biochemical characteristics of converting the absorbed nitrogen into amino acids. (2) “grain” and “straw” double high performance of GSDUR. There are three types in rice varieties: ① GRAIN—STRAW—DUAL—USE—TYPE, which can transit from vegetative growth to reproductive growth under high nitrogen level. Grain yield and straw nutrient content are high. Crude protein content is high, existing in the form of amino acids. ② under high N cultivation conditions STRAW—USE—TYPE, which can not transit from vegetative growth to reproductive growth. Rice plant grows too greedily, without panicle differentiation or grain yield. Straw is high in crude protein content and rice plant can be harvested several times for straw use only. ③ MEDIUM TYPE. Rice plant grows greedily and reluctantly transits from vegetative growth to reproductive growth. Rice straw is high in crude protein content but percentage of setting of grain and grain yield are low. (3) Grain yield of GSDUR “201” reaches 450~500 kg/667 m², and high yield may exceed 550 kg/667 m². Of ten rice quality indexes, seven, (i. e., milled rice rate, total milled rice rate, grain length, gelatinization temperature, gel consistency, amylose content, protein content) accord with standards of first—level quality rice and three (i. e., ratio of length to width of grain, chalkiness grain rate, transparency), accord with standards of second—level quality rice. (4) GSDUR straw quality. By coupling ‘fine variety’ and ‘effective cultivation’, the crude protein content of GSDUR exceeds 8% (the highest reaching to 15.75%), one time higher than that of common straw. The crude protein of GSDUR mainly exists in rice straw in the form of amino acids. Other straw chemical components and their digestibility, and mineral element contents were also covered.

The fifth section of chapter III is "Genetic improvement of rice straw quality II—main characteristics of GSDUR", in which four techniques are included. (1) GSDUR cultivating technique. ① increasing nitrogen fertilizer moderately, ② applying potassium fertilizer as little as possible, ③ applying relevant microelement fertilizers according to specific varieties and environmental conditions. (2) GSDUR straw harvesting technique. (3) GSDUR straw storing technique. (4) GSDUR straw grinding technique.

The sixth section of chapter III, "Research progress of improving rice straw quality by technique of genetic engineering", introduces research progress of the author's research group, i.e., rice genetic transformation technique, GSDUR high—frequency regenerating system, genetic transformation of high—lysine gene to GSDUR, genetic transformation of human—lactoferrin gene to GSDUR, genetic transformation of ipt gene to GSDUR, genetic transformation pepc gene to GSDUR, genetic transformation of phytase gene to GSDUR

In chapter IV, "High—efficiency utilization of GSDUR straw", the technique and effect of cultivating edible fungi and feeding animals with GSDUR high—quality straw are covered.

The first section of chapter IV, "Cultivating edible fungi with GSDUR straw" concerns the trophic type of edible fungi and their nutritional needs, and then the technique and effect of cultivating edible fungi with GSDUR high—quality straw in detail. ① The results of ^{15}N trace experiment showed that ^{15}N urea could be effectively transformed into straw protein of GSDUR "201" and the recovery rate of ^{15}N in the straw of "201" was 104.3% higher than that of the CK. ② The straw protein of GSDUR "201" could be effectively transformed into mushroom protein and the recovery rate of ^{15}N was 21.7% higher than CK. ③ Using the straw of "201" as material to cultivate straws—rot edible fungi, the yield and crude protein content of mushroom could be improved. 7.5 tons of straw from one hectare of "201" increased 797.2 kg yield and 67.9 kg crude protein of mushroom of *Volvariella volvacea* than that of the CK, and increased 675.0 kg yield and 80.0 kg crude protein of mushroom of *Agricus blazei* Murrill than that of the CK. ④ The straw powder of "201" could be used to substitute the same weight of wheat bran to cultivate lignicolous edible fungi, with no significant difference in terms of the yield and the crude protein content of mushroom comparing to the wheat bran. 7.5 tons straw from one hectare of "201" could be used to substitute 7.5 tons wheat bran. It could be used to substitute 20% of total amount of material to grow *Auricularia polytricha*, *Auricularia auricula*, *Hypsizygus tessulatus*, *Lentinus edodes* and *Heridium erinaceus*, 8% of that to grow *Agrocybe cylindracea* and 7.5% of that to grow *Flammulina velutipes* respectively. ⑤ Because the crude protein content of "201" straw was high, in order to increase mushroom yield, the cultivating materials must be adjusted to optimum N/C when using the straw to grow *Agaricus bisporus*. ⑥ Due to the alkaline nature of "201" straw, acidic material must be added when using the straw to cultivate *Lentinus edodes* and *Heridium erinaceus*.

The second section of chapter IV introduces "Feeding animals with GSDUR high—quality straw". The section first covers nutritional needs and the nutrients functions in animals, and then the technique and effect of feeding animals with GSDUR high—quality straw in detail. ① ^{15}N tracing results showed that the protein in "201" rice straw could be effectively transformed

into fish body protein and white mouse body protein, and that feeding grass carp with "201" rice straw, the digestibility of feed, the ^{15}N recovery rate of animal body, the absorption of feed protein were 13.8%, 9.6%, 24.32% higher, and that feeding white mouse with "201" rice straw, the digestibility of feed, the ^{15}N recovery rate of animal body, the absorption of feed protein were 16.5%, 6.0%, 47.2% higher, whereas the ^{15}N recovery rates of animal manure were 3.46%, 7.0% lower than those of common rice straw, respectively. ② Feeding meat cattle with the same concentrate and forage under identical management conditions, GSDUR could increase cattle daily weight gain by 120.0g, and on average meat cattle weight gain increased 12.2%, compared with ammonified straw. 7.5 tons of GSDUR straw per hectare increased 184.0kg meat cattle weight gain. ③ Feeding dairy cattle with high quality GSDUR straw, the dairy yield increased by 8.3%, compared with common straw. 7.5 tons of dry GSDUR straw per hectare increased yield of milk by 843.8kg; ④ Feeding grass carp three indexes, i.e., fish daily weight gain, straw-eating amount of grass carp, fish weight gain per kg fresh rice straw, increased by 60.0%, 16.8%, and 37.0%, respectively. 25.0 tons of fresh GSDUR straw per hectare increased fish yield by 297.5 kg; compared with common straw. ⑤ Feeding white geese with GSDUR straw as the main raw material of the compound feed, the goose daily weight gain and feed meat ratio increased by 33.9% and 26.8%, respectively. 7.5 tons of GSDUR rice straw from one hectare of GSDUR increased geese weight by 2358.0 kg, compared with common straw. ⑥ Feeding cross pigs with GSDUR straw powder substituting for wheat bran which made up of 5% full rate compound feed, could save 0.11 kg fine fodder per kg increase of cross pig weight.

目 录

序.....	谢联辉(1)
前言.....	(1)
摘要.....	(1)
Summary	(1)
第一章 水稻生育期间茎叶的基本知识.....	(1)
第一节 水稻茎叶的生长与结构.....	(1)
第二节 水稻茎叶的光合作用	(12)
第三节 水稻生长发育过程中各种营养元素的吸收与利用	(20)
第四节 水稻生长发育过程中营养物质的运输与分配	(42)
第二章 水稻秸秆品质化学	(54)
第一节 水稻秸秆的化学组成	(54)
第二节 水稻秸秆中的粗蛋白	(58)
第三节 水稻秸秆中的粗纤维	(75)
第四节 水稻秸秆中的矿质元素与无氮浸出物	(83)
第三章 水稻秸秆品质的遗传改良	(88)
第一节 水稻秸秆品质改良的“外因”途径与方法概述	(88)
第二节 栽培技术改良水稻秸秆品质.....	(124)
第三节 水稻秸秆品质的遗传改良Ⅰ——谷秆两用稻的选育	(150)
一、水稻秸秆品质存在着类型间、品种间的差异.....	(150)
二、谷秆两用稻的选育	(162)
第四节 水稻秸秆品质的遗传改良Ⅱ——谷秆两用稻的主要特性.....	(163)
一、谷秆两用稻的生长发育特性	(163)
二、谷秆两用稻的“谷”、“秆”兼优特性.....	(173)
三、谷秆两用稻的稻谷产量与稻米品质	(177)
四、谷秆两用稻的秸秆品质	(178)
第五节 水稻秸秆品质的遗传改良Ⅲ——谷秆两用稻的配套技术.....	(190)
一、谷秆两用稻的栽培技术	(190)
二、谷秆两用稻秸秆的收获技术	(206)
三、谷秆两用稻秸秆的贮藏技术	(208)
四、谷秆两用稻秸秆的高效粉碎技术	(208)
第六节 基因工程技术改良水稻秸秆品质的研究进展.....	(208)
一、水稻遗传转化技术	(209)

二、谷秆两用稻高频再生系统的研究进展	(216)
三、高赖氨酸蛋白基因遗传转化谷秆两用稻的研究进展	(219)
四、人乳铁蛋白基因遗传转化谷秆两用稻的研究进展	(226)
五、抗衰老基因遗传转化谷秆两用稻的研究进展	(230)
六、玉米高光效基因遗传转化谷秆两用稻的研究进展	(234)
七、植酸酶基因遗传转化谷秆两用稻的研究进展	(238)
第四章 谷秆两用稻优质秸秆的高效利用	(242)
第一节 谷秆两用稻优质秸秆栽培食用菌	(242)
一、食用菌的营养类型及其对营养物质需求的基本知识	(242)
二、谷秆两用稻优质秸秆栽培食用菌的技术与效果	(252)
第二节 谷秆两用稻优质稻草饲养动物	(262)
一、动物对营养物质的需求及其营养作用的基本知识	(262)
二、谷秆两用稻优质秸秆饲养动物的技术与效果	(287)
附录一 作者的部分论文	(299)
——Studies on Dual—Purpose Rice of Grain and Straw	(300)
——Rice Breeding for Good Quality Straw—Grain—straw—dual— use—rice and the utilization of the rice	(310)
——Effect and Potential of Using Two—Purposes—Rice Straw to Cultivate Edible Fungi	(316)
——Studies on Growing Edible Fungi on Improved Straw from a Dual Use Rice Cultivar	(321)
——Studies on Feeding Animals with Straw of Grain—Straw—Dual—Use —Rice 201	(331)
——Genetic Improvement of Rice Straw Quality and its Utilization	(339)
附录二 本书有关的测定方法	(340)
附录三 本书专业词汇的中英文对照	(374)
参考文献	(393)

封面图片说明:一般水稻(普通水稻)的茎叶在生育后期即抽穗后 15 天左右逐步衰老,同化作用逐步减弱,稻谷成熟时,大部分茎叶枯黄,秸秆营养成分低。水稻秸秆品质经遗传改良后,选育出的谷秆两用稻,其生育后期茎叶一直保持绿色并进行旺盛的同化作用,并将部分同化产物贮藏在茎叶中,稻谷成熟后,秸秆的营养成分含量高。