

水稻营养和合理施肥

王永锐 编著

科学出版社

水稻营养和合理施肥

王永锐 编著

内 容 简 介

本书从水稻营养生理学的观点出发,比较系统地叙述水稻矿质营养的生理功能和根据水稻几个主要生育期的生理特点,进行合理施肥的原理,企望提高水稻单位面积的产量,以达到高产量、低成本,从而增加农民和国营农场的实际收入。全书分上、下两篇,共10章。上篇叙述水稻矿质营养生理,共五章:水稻的氮素营养、磷素营养、钾素营养、水稻的硅、镁、硫、钙素营养和微量元素营养;下篇为水稻的生长发育与矿质营养,叙述高产结合水稻各个生育期的生理特点进行合理施肥的原理及原则,也分五章:水稻种子萌发和秧苗生长以及矿质营养、水稻营养生长与矿质营养、水稻生殖生长与矿质营养、水稻成熟期与矿质营养,杂交水稻的矿质营养和合理施肥。本书是作者长期在教学和科研实践中经过学习、调查和研究后写成的。书中主要综合了我国许多地区种植水稻的经验和水稻科研成果以及作者的研究成果,也参考国外不少有益的资料和专著。

本书可供农业大专院校师生、农业技术人员和农业技术学校师生参考,也可供农村知识青年和水稻种植专业户学习。

水稻营养和合理施肥

王永锐 编著

责任编辑 黄宗甄

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1989年10月第 一 版 开本: 787×1092 1/32

1989年10月第一次印刷 印张: 12 3/8

印数: 0001—820 字数: 278,000

ISBN 7-03-000994-0/S·35

定价: 10.60元

目 录

前言

上篇 水稻的矿质营养 (1)

第一章 水稻的氮素营养 (3)

一、氮素营养在水稻植株的生理作用 (3)

(一)氮是合成氨基酸和蛋白质的重要成分 (3)

(二)氮素与生物催化剂——酶 (4)

(三)氮素与叶绿素及光合作用 (5)

(四)氮素营养与碳水化合物代谢 (6)

二、水稻对氮素的吸收和利用 (6)

(一)水稻对氮素的吸收 (6)

(二)氮素在水稻体内的存在形式及利用 (9)

三、水稻对氮素营养的反应 (10)

(一)水稻对氮素的吸收高峰和积累高峰 (10)

(二)氮素营养与水稻干物质积累和有机物质代谢的关系 (14)

(三)氮素营养与水稻光合面积变化 (18)

(四)氮素营养与水稻品种及产量反应 (21)

四、我国土壤耕作层含氮量和水稻对肥料氮和土壤氮的吸收及利用 (25)

(一)我国土壤耕作层含氮量 (25)

(二)水稻对肥料氮和土壤氮的吸收及利用 (25)

(三)水稻各生育期对肥料氮和土壤氮的吸收及利用 (28)

(四)水稻对硝态氮和铵态氮的反应 (30)

(五)化学氮肥对早稻吸收土壤氮的促进作用

.....	(32)
(六) 氮素对水稻吸收磷、钾的促进.....	(33)
(七) 水稻各个生育期施氮肥的产量效应.....	(34)
五、氮素供应强度与代谢产物的积累、运输和谷粒	
产量.....	(36)
(一) 氮素供应强度对叶片含氮量的影响.....	(37)
(二) 氮素供应强度对代谢产物运输和积累的	
影响.....	(39)
(三) 氮素供应强度对穗粒性状和产量的影响	
.....	(39)
六、氮肥缺乏症和氮肥用量过多引起的病变.....	(40)
(一) 缺乏氮肥的植株形态特征及缺氮临界值	
.....	(40)
(二) 氮肥偏多引起的生理病变.....	(41)
(三) 水稻偏施氮肥引起的病理病变.....	(43)
主要参考文献	(45)
第二章 水稻的磷素营养.....	(47)
一、磷在水稻植株的生理作用.....	(47)
(一) 磷对碳水化合物代谢的作用.....	(48)
(二) 磷与植物光合作用的生物化学过程.....	(48)
(三) 磷对植物体内蛋白质合成的作用.....	(49)
(四) 磷对脂肪的代谢作用.....	(49)
二、水稻对磷肥的吸收和反应.....	(50)
(一) 水稻对磷肥的吸收和利用.....	(50)
(二) 水稻的生长与磷肥.....	(55)
(三) 磷肥与水稻体内含磷量及产量.....	(56)
(四) 磷素营养在秧田和本田的效应.....	(59)
三、磷的缺乏症状及对“发红田”稻苗的效应.....	(61)
(一) 磷的缺乏症状.....	(61)
(二) 磷对“发红田”稻苗的作用效果.....	(62)

(三) 缺磷发僵稻株组织液中氮磷钾含量·····	(64)
四、我国南方几种水稻土与磷肥效果·····	(65)
(一) 我国南方几种水稻土的农化特性及施磷肥 的增产效果·····	(65)
(二) 磷肥施用法与水稻吸收磷量及增产效果 ·····	(67)
五、化学磷肥种类与水稻的吸收效果·····	(72)
(一) 磷素化学肥料的品种·····	(72)
(二) 不同磷肥的产量效果·····	(74)
(三) 水稻对不同磷肥的吸收和利用·····	(74)
六、水稻品种对磷肥的反应·····	(76)
主要参考文献·····	(76)
第三章 水稻的钾素营养·····	(78)
一、钾对水稻的生理作用·····	(78)
(一) 钾对糖代谢及其运输的作用·····	(78)
(二) 钾对核酸合成的作用·····	(79)
(三) 钾对蛋白质合成的作用·····	(80)
(四) 钾对水稻光合作用和呼吸作用的影 响·····	(80)
二、钾素营养对水稻生育的效应·····	(81)
(一) 水稻一生需钾的情况·····	(81)
(二) 钾在水稻植株的分布·····	(82)
(三) 钾与水稻植株养分含量·····	(83)
(四) 钾增加水稻植株氮、磷营养和 K_2O/N 比·····	(85)
(五) 钾对水稻穗粒性状及产量的影响·····	(87)
(六) 水稻不同生育期施钾肥的增产效果·····	(88)
(七) 不同水稻品种和季别施钾肥的增产效果 ·····	(89)
三、我国农业地区土壤中的钾及施钾肥的效果·····	(91)
(一) 我国农业地区土壤含钾量及其供应能力·····	(91)
(二) 不同土壤上水稻施钾肥的增产效果·····	(96)

四、氮磷钾营养对水稻生长发育和产量的作用·····	(98)
(一) 水稻对氮磷钾的总需要量·····	(98)
(二) 氮磷钾结合使用对稻株养分积累的影响 ·····	(100)
(三) 氮磷钾三要素在水稻物质代谢生理上的相 互作用·····	(104)
(四) 氮磷钾营养对水稻营养器官——根茎叶生 长的影响·····	(107)
(五) 氮磷钾营养结合使用对水稻产量的影响 ·····	(108)
五、水稻缺钾引起的病 变·····	(113)
(一) 水稻缺钾的一般表现·····	(113)
(二) 缺钾诊断及症状调查·····	(114)
(三) 缺钾与水稻几种病害发生的关系·····	(116)
(四) 引起水稻缺钾症的原因分析·····	(117)
主要参考文献·····	(122)
第四章 水稻的镁、硫、硅、钙素营养·····	(125)
一、镁、硫、硅、钙对水稻的生理作用·····	(125)
(一) 镁对水稻的生理作用·····	(125)
(二) 硫对水稻的生理作用·····	(128)
(三) 硅对水稻的生理作用·····	(135)
(四) 钙对水稻的生理作用·····	(137)
二、我国水稻土钙镁硫和硅的含量及吸收·····	(139)
(一) 我国水稻土钙镁硫和硅的含量·····	(139)
(二) 水稻对钙镁硫硅等营养元素的吸收和迟滞 ·····	(141)
(三) 氮素对水稻吸收硅酸的影响·····	(145)
三、钙镁硫和硅对水稻产量及产量构成因素的影响 ·····	(147)
(一) 钙镁硫和硅对水稻茎叶器官及谷粒产量构成	

因素的影响·····	(147)
(二) 钙对水稻产量的影响·····	(150)
(三) 硫对水稻产量的影响·····	(152)
(四) 硅对水稻产量的影响·····	(153)
四、水稻缺钙镁硫硅营养元素的症状·····	(156)
(一) 水稻缺钙症状·····	(156)
(二) 水稻缺镁症状·····	(156)
(三) 水稻缺硫症状·····	(157)
(四) 水稻缺硅症状·····	(157)
主要参考文献·····	(159)
第五章 水稻的微量元素营养·····	(161)
一、绪论·····	(161)
二、微量元素对水稻的生理作用·····	(162)
(一) 钼的生理作用·····	(162)
(二) 铜的生理作用·····	(163)
(三) 锌的生理作用·····	(165)
(四) 铁的生理作用·····	(166)
(五) 硼的生理作用·····	(167)
(六) 钼的生理作用·····	(168)
三、微量元素施用与水稻产量效应·····	(170)
四、我国土壤的微量元素和水稻生长·····	(174)
(一) 我国土壤的硼与水稻生长和施硼肥·····	(174)
(二) 我国土壤的锰与水稻施用锰肥·····	(176)
(三) 我国土壤的钼与水稻施用钼肥·····	(179)
(四) 我国土壤的锌与水稻施用锌肥·····	(181)
(五) 我国土壤的铜与水稻施用铜肥·····	(183)
五、我国缺乏微量元素的土壤和水稻缺乏微量元素的 症状·····	(185)
(一) 土壤中有效态微量元素的分级、评价和缺 乏状况·····	(185)

(二) 水稻缺乏微量元素的症状·····	(189)
六、水稻缺锌、锌临界值及防治效果·····	(190)
(一) 水稻缺锌状况·····	(190)
(二) 缺锌植株和土壤含锌量的临界值·····	(191)
(三) 水稻缺锌的防治·····	(192)
主要参考文献·····	(194)
下篇 水稻的生长发育与矿质营养 ·····	(197)
第六章 水稻种子萌发和秧苗生长以及矿质营养 ·····	(197)
一、水稻种子的化学成分·····	(197)
二、水稻种子萌发和幼苗初始生长·····	(199)
(一) 水稻种子萌发和幼苗初始生长的形态建成·····	(199)
(二) 水稻种子萌发和幼苗初始生长的物质转化及能量利用·····	(199)
(三) 水稻种子萌发和幼苗初始生长的呼吸途径·····	(210)
(四) 水稻种子萌发和幼苗初始生长的含金属末端氧化酶·····	(212)
三、水稻壮秧与矿质营养·····	(215)
四、水稻烂秧与矿质营养·····	(221)
主要参考文献·····	(223)
第七章 水稻营养生长与矿质营养 ·····	(226)
一、水稻的营养生长·····	(226)
二、水稻营养生长与矿质营养·····	(227)
(一) 分蘖与矿质营养·····	(228)
(二) 叶与矿质营养·····	(235)
(三) 根与矿质营养·····	(241)
三、水稻营养生长的合宜长相与矿质营养·····	(244)
(一) 水稻营养生长期施肥的形态指标·····	(244)

(二) 苗蘖消长和穗数形成与矿质营养·····	(247)
四、水稻叶面积、光合强度及干物质增长与矿质营养	
·····	(251)
(一) 水稻叶片光合强度与矿质营养·····	(251)
(二) 水稻叶面积的动态变化与矿质营养·····	(252)
(三) 水稻干物质增长规律与矿质营养·····	(254)
主要参考文献·····	(257)
第八章 水稻生殖生长与矿质营养·····	(259)
一、水稻幼穗发育的生理及生物化学变化·····	(259)
(一) 短日照处理引起多糖的变化·····	(259)
(二) 幼穗分化发育过程中的生物化学变化·····	(261)
二、水稻幼穗分化发育与矿质营养·····	(263)
(一) 水稻幼穗发育过程及鉴定·····	(263)
(二) 水稻幼穗发育与矿质营养·····	(267)
三、水稻颖花及枝梗退化与矿质营养·····	(269)
(一) 水稻颖花及枝梗退化现象·····	(269)
(二) 颖花和枝梗退化与矿质营养·····	(271)
四、水稻枝梗和颖花退化与其他外界条件的关系·····	(274)
(一) 光对水稻枝梗和颖花的影响·····	(274)
(二) 水对水稻枝梗和颖花的影响·····	(275)
(三) 温度对水稻枝梗和颖花的影响·····	(276)
(四) 密植对水稻枝梗和颖花的影响·····	(276)
(五) 水稻品种与水稻枝梗和颖花的关系·····	(277)
五、水稻生育中期施肥的实践和理论·····	(278)
(一) 水稻生育中期施肥的概念和发展·····	(278)
(二) 水稻生育中期施肥植株的生理性状·····	(280)
(三) 水稻生育中期施肥与谷粒产量·····	(285)
(四) 水稻生育中期施肥必须注意的几个问题·····	(288)
(五) 应用“水稻施氮电子计算器”合理施肥·····	(291)
主要参考文献·····	(293)

第九章 水稻成熟期与矿质营养·····	(296)
一、水稻受精与氮素营养及其他条件·····	(296)
(一) 水稻开花受精与氮素营养·····	(296)
(二) 水稻开花受精与其他条件·····	(296)
二、水稻籽粒物质积累与矿质营养·····	(299)
(一) 水稻籽粒充实过程中干物质及其来源·····	(299)
(二) 水稻籽粒充实过程中有机物质的运转·····	(303)
(三) 水稻籽粒充实状况与矿质营养·····	(308)
三、水稻谷粒产量与齐穗期后的矿质营养·····	(313)
四、水稻一生吸收矿质营养状况及成熟期合理施肥的 指标·····	(314)
(一) 水稻不同生育期各器官的营养积累和分布 ·····	(316)
(二) 水稻一生吸收矿质营养元素的数量·····	(316)
(三) 矿质营养元素与水稻谷粒生产效率·····	(319)
(四) 水稻成熟期合理施肥的指标·····	(322)
主要参考文献·····	(324)
第十章 杂交水稻的矿质营养和施肥·····	(326)
一、杂交水稻对矿质营养元素的要求·····	(326)
(一) 杂交水稻的氮素营养·····	(326)
(二) 杂交水稻的磷素营养·····	(330)
(三) 杂交水稻的钾素营养·····	(331)
(四) 杂交水稻与合理施用氮磷钾·····	(335)
二、杂交水稻的干物质生产和谷粒产量以及矿质营养 ·····	(338)
(一) 杂交水稻的干物质生产和作物生产率以及 叶面积·····	(338)
(二) 杂交水稻的干物质生产和谷粒产量以及光 合强度和光合势·····	(340)
(三) 杂交水稻的干物质生产和谷粒产量以及根	

系活力	(342)
(四) 杂交水稻的干物质生产和谷粒产量以及光 合产物分配	(344)
(五) 杂交水稻的干物质生产和谷粒产量以及矿 质营养	(349)
三、杂交水稻的施肥	(352)
(一) 培育分蘖壮秧与苗期施肥	(353)
(二) 争取早分蘖与适施分蘖肥	(354)
(三) 争大穗与合理施穗肥	(358)
(四) 提高结实率和粒重以及合理施粒肥	(362)
主要参考文献	(365)
索引	(367)

上篇 水稻的矿质营养

除了光合作用以外，肥料就是水稻的重要“粮食”，缺乏肥料，便使水稻生长不良，产量下降。因此，肥料是水稻高产的物质基础之一。有机肥料施入土壤之后，要经过分解，成为水稻植株可以吸收的矿质元素，或可溶性有机化合物如含氮的氨基酸或酰胺，而工业化学肥料所含的矿质盐施入土壤之后一般能被水稻直接吸收和利用。水稻吸收、利用和同化这些矿质元素，用于构成水稻植株的组成成分和调节水稻的生理功能，使水稻进行正常的生长发育，建造营养器官和生殖器官，形成新的种子，以作为繁殖后代，这就称为水稻的矿质营养。

通过借助溶液培养、砂基培养和灰分分析技术，知道水稻等作物要进行正常的生长发育，需要下列各种矿质元素，即：氮、磷、钾、钙、镁、硫、铁、锰、锌、硼、钼、氮、硅等。其中氮、磷、钾、钙、镁、硫、硅等的需要量最大，含量占干物重的10—0.01%，称为常量元素，而铁、锰、锌、硼、铜、钼、氯等的需要量比较少，含量占干物重的0.011—0.00001%，称为微量元素。近年来的研究认为水稻还需要铝(Al)等矿质元素作为营养物质，此外，还有一些有益元素如铷、锶、钴、硒等，对高等植物并不是绝对必需的，但向土壤或者营养溶液中加入这些元素，都可以改善植物的生长状况。在某种情况下，如果植物缺少钾或钙时，铷和锶就部分地替补钾或钙的作用，故此时的铷和锶就会产生有益的作用。又如硅是禾本科作物如水稻、玉米、高粱、麦类的必需元素，但硅对一般的植物，还不能认为是必需元素，只能说是有益元素，可以看到它能促进植物的生长和发育。

现在,我们就针对水稻所需要的这些常量元素和微量元素,在水稻生活中所起的生理作用和对水稻生长发育及谷粒产量的影响,作如下的一些说。

第一章 水稻的氮素营养

氮是水稻营养的三要素之一,是水稻最必需的营养元素。氮素对氨基酸、蛋白质、核酸、叶绿素、生物催化剂——酶的生物合成,对提高水稻的光合作用、增加同化产物,以及对水稻的生长发育和提高水稻的单位面积产量都是十分必要的,它在水稻生活中具有特殊的意义。

一、氮素营养在水稻植株的生理作用

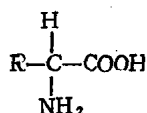
(一) 氮是合成氨基酸和蛋白质的重要成分

构成蛋白质的元素成分有:碳(占50—55%)、氢(占6.0—7.3%)、氧(占19—24%)、氮(占14—19%)和硫(占0—4%)。氮素是合成蛋白质的主要元素,一切蛋白质都含有一定量的氮素。一般植物含氮量约为16%,水稻种子蛋白质中含氮量为16.8%。

蛋白质经过无机酸或碱水解后产生氨基酸混合物,氨基酸是构成蛋白质的基本单位,蛋白质也就是氨基酸的高聚物。自然界中存在有二十多种氨基酸,这些氨基酸构成生物体内多种多样的蛋白质。不同种类和不同数量的氨基酸通过不同排列顺序生成各种蛋白质,包括简单蛋白质和结合蛋白质。简单蛋白质包括清蛋白类、球蛋白类、谷蛋白类、醇溶蛋白类;结合蛋白质包含脂蛋白类、糖蛋白类、色蛋白类和核蛋白类。就植物蛋白质而言则可分为种子蛋白和原生质蛋白两类。种子蛋白可分为各类种子的胚蛋白和双子叶植物子叶及胚乳

中的贮藏蛋白。原生质蛋白又可分为细胞质的结构蛋白和活组织中的酶蛋白。各类蛋白质的氨基酸成分很不相同。

但氨基酸的化学结构有个共同特点,即在氨基酸分子中含有由氮素构成的氨基($-\text{NH}_2$)和羧基($-\text{COOH}$)。 $-\text{NH}_2$ 连接在与 $-\text{COOH}$ 相邻的碳原子上(即 α -碳原子),因此称为 α -氨基酸。它们是无色的结晶物,易溶于水,其水溶液呈中性。有的呈弱酸性或弱碱性反应。组成蛋白质的氨基酸都属于 α -氨基酸,它们的通式如下:



由上式可以看出,除甘氨酸外都含有一个或若干个不对称碳原子,因此它们都具有旋光性,即l(+)型或d(-)型。所有组成蛋白质的“天然”氨基酸都是l型,d型的很少发现,d型氨基酸不能被植物利用。因此,生物体内各个生理特性与蛋白质的氨基酸的不对称结构有密切关系。

(二) 氮素与生物催化剂——酶

所有的酶都是蛋白质,氮是蛋白质的成分,因此,氮也是酶的组成成分。凡是蛋白质所具有的性质,如水解作用、颜色反应等,酶都具有,所以,酶都是蛋白质。

酶能够使生物体内一系列有顺序的、连续性的化学反应,包括吸收与转化、分解与合成等等,都在常温、常压和中性条件下极迅速地进行、产生足够能量供给生物体内自身完成各种生命活动过程和各种生活功能,如生长、运动、生殖和遗传等。例如,种子发芽时在很短时间内把贮藏淀粉分解成糖,把蛋白质分解成氨基酸等供给根和芽的生长,它都是酶在起作用。

但是酶的催化作用有专一性,一种酶只能催化某一种物

质或某些结构相似的物质进行化学反应。水稻种子萌发时,分解淀粉成为糖的靠淀粉酶,分解蛋白质成为氨基酸的靠蛋白酶,分解脂肪成为脂肪酸和甘油的靠脂肪酶,等等。由于酶具有专一性(亦称特异性),就使生物体,包括水稻等植物体内的一系列化学反应有条不紊地迅速进行。由此可见,氮素营养在水稻体内一系列生命活动过程中的重要作用。

(三)氮素与叶绿素及光合作用

从叶绿素a的分子式 $C_{55}H_{72}O_6N_4Mg$ 和叶绿素b的分子式 $C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$ 看出,氮是叶绿素a和叶绿素b的组成成分。水稻叶片有绿的颜色,主要是因为水稻叶片的叶绿体里含有叶绿素a和叶绿素b(叶绿素a呈蓝绿色,b呈草绿色)的缘故。叶绿体中除含叶绿素外,还含有橙黄色的胡萝卜素和带黄色的叶黄素。当氮素营养供应缺乏或由于其他生理原因引起叶片叶绿素含量减少,叶片缺绿时,叶片便呈现出黄色,其原因便是绿颜色叶绿素的减少,叶黄素和胡萝卜素的黄色表现出来。

叶绿素含量与蛋白质含量也有密切关系。增施氮肥使水稻茎、叶器官蛋白质含量增多,叶片中叶绿素含量也增多。因为叶绿素存在于叶绿体的片层结构与蛋白质和脂质相结合着,叶绿素分子亲水的卟啉“头”插入蛋白质层,而亲脂的叶绿醇“尾”则伸入夹脂层,在叶绿素分子之间也夹有胡萝卜素分子。叶绿素只有结合于叶绿体的蛋白质上面才能够安定,胡萝卜素和叶黄素也是如此,才有利于光能在色素之间进行有效的共振传递。因此,当缺乏氮素营养和失去叶绿体蛋白时,叶绿素和其他色素也随之消失。土壤缺铁使水稻等植物出现缺绿现象,其中一个原因是缺铁影响植株体内蛋白质合成功能减弱阻碍叶绿体蛋白的合成。追施氮肥使叶片和叶鞘的蛋白质含量增加,也使叶片和叶鞘的叶绿素含量增加。