

# 水稻旱种土壤养分问题

张金盛 任顺荣 周艺敏 赵振达

(天津市农业科学院土壤肥料研究所, 天津)

## 摘 要

本文重点讨论了水稻旱种土壤养分问题。主要阐明: 水稻旱种与淹水种植土壤养分的区别、水稻体内三要素的变化、氮素利用状况以及水稻体内养分运转率的区别等。同时提出, 水稻旱种与淹水种稻在氮素营养的来源方面差异较大。淹水种稻应增施有机肥料, 培肥土壤, 而水稻旱种应适当增施一些无机氮肥。

**关键词** 水稻旱种 土壤养分

## 一、水稻旱种的意义

随着国家经济建设的发展, 工农业生产与城市生活用水量的增加, 水资源不足严重限制着北方水稻生产, 造成吃大米难的问题。水稻旱种是北京、天津、河北等省份根据水稻苗期能忍受一定程度干旱的生理特性, 用前旱后水的管理措施, 适应北方春旱夏涝自然特点的一种抗旱种稻法, 为我国北方扩大水稻生产开辟了一条崭新的途径, 适应了目前粮食商品化生产和改善粮食结构的新形势。实践证明, 水稻旱种不需要保水淹灌, 只要间歇灌水就能满足植株对水分的需求。一般年份, 除自然降雨外, 只需补充300—400方/亩的水量, 亩产可达300—400公斤。水稻旱种比淹水种植可节约灌溉水40—50%, 比同期种植玉米每亩可增加纯收入100元左右。特别在低洼易涝地区, 有很大发展前途。

本文重点讨论了水稻旱种土壤养分问题。

## 二、水稻旱种与淹水种植土壤养分的区别

水田由于淹水, 土壤和空气被隔绝, 氧气不能进入耕作层, 好气性细菌被窒息了, 而嫌气性细菌则活动起来。因此, 耕作层逐渐变为氧气严重不足, 形成蓝灰色还原层。相反, 湿润灌溉的土壤, 仍能与空气接触, 氧气充足, 耕作层和心土层皆呈氧化状, 好气性细菌大部分时间内都在活动着。因此, 淹水或渍水对几种重要的植物营养元素以及水稻生长和产量都有着显著影响。

**氮素** 氮素在淹水土壤中以 $\text{NH}_4^+$ 为主, 而湿润灌溉土壤氮素则以 $\text{NO}_3^-$ 为主。水稻旱种与淹水种植水稻分蘖期和成熟期土壤碱解氮含量相差很少。孕穗期差异较大, 如图1。看来, 在水稻生长中期, 土壤水分状况对土壤氮素的释放将有些影响, 土壤肥力水平比较高的情况下更为明显。

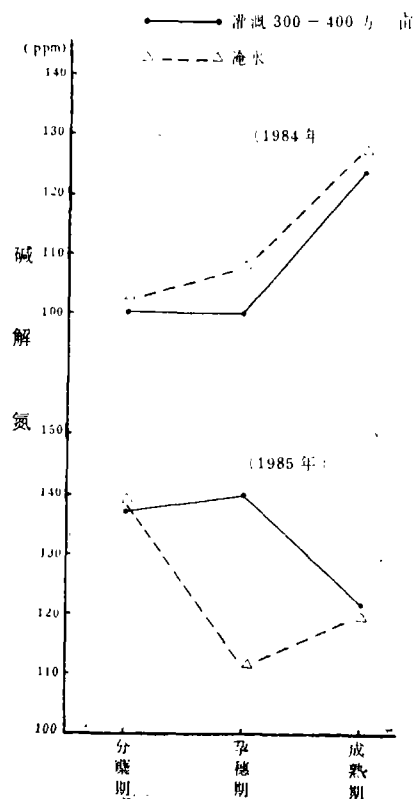


图1、水稻旱种与淹水种植土壤碱解氮含量变化

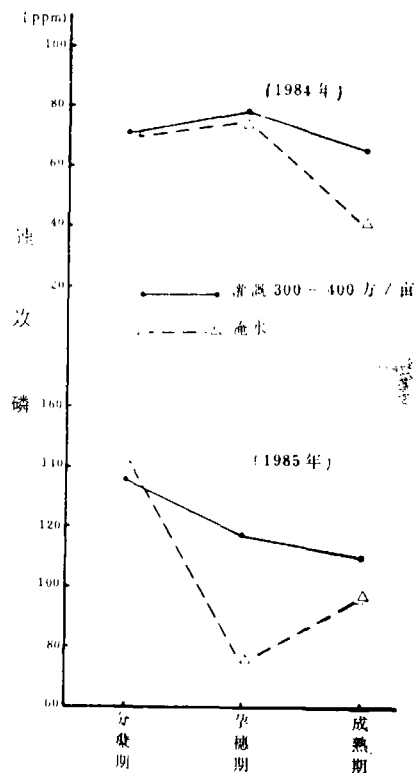


图2、水稻旱种与淹水种植土壤速效磷含量变化

(注: 图1—3 土壤速效养分含量, 1985年比1984年明显偏高。1985年比1984年每亩多施底肥2000公斤牛粪。)

**磷** 众所周知, 种植水稻的淹水条件有利于土壤中磷素的释放。图2中的情况却有些不同。水稻旱种与淹水种植水稻分蘖期土壤速效磷含量差异不大, 孕穗期及成熟期差异较大。其原因有待于进一步研究。因为该土壤不是长期灌水耕作的水稻土, 不具备水稻土的一些特性, 而是旱地土壤种植水稻。

**钾** 图3中水稻旱种与淹水种植土壤速效钾变化趋势基本相同。但在水稻各生育时期的土壤速效钾含量, 水稻旱种均比淹水种植的高。说明, 水稻旱种, 改善了土壤的通透性, 土壤处于氧化状态, 对土壤中钾的释放有一定促进作用。

氧化还原电位是用来表达淹水土壤最重要的物理化学参数之一。淹水土壤具有低的或负的氧化还原电位的特征。相反, 通气较好的湿润灌溉土壤具有较高的氧化还原电位。天津市种植水稻淹水期间均在+100~-300毫伏之间。而通气较好的湿润灌溉土壤通常在+200毫伏以上。由于氧化还原电位的变化, 使营养元素的形态有明显的差异。湿润灌溉通气较好的土壤中<sup>[6]</sup>, 有机质分解的最终产物主要是二氧化碳、硝酸盐、硫酸盐和抗腐性的残余物。而在淹水土壤中, 有机质分解过程的产物主要是从碳水化合物分解出的二氧化碳、甲烷、氢和有机酸, 以及从蛋白质分解出的氨、胺、硫醇和氧化氢, 还有抗腐性的残余物。在湿润灌溉的土壤中<sup>[4]</sup>, 氮素矿化可进行到 $\text{NO}_3^-$ 态,  $\text{NO}_3^-$ 是稳定的无机态氮, 所有伴随着有机

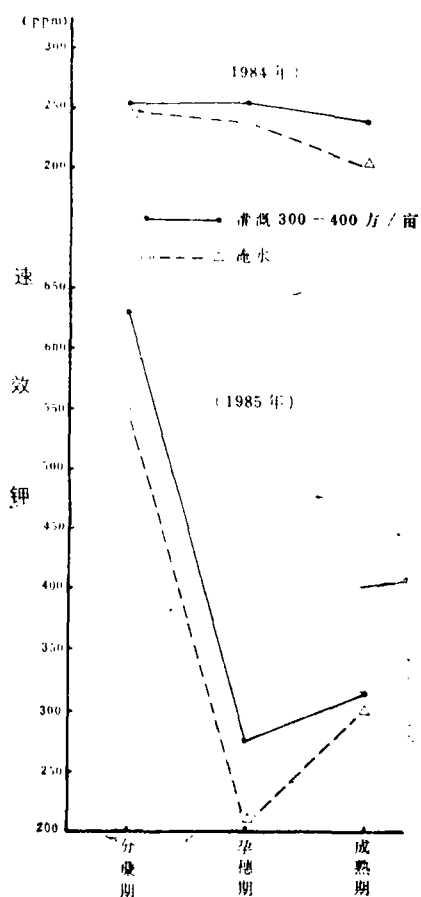


图3 水稻旱种与淹水种植土壤速效钾含量变化

质于分解而进行的氮素反应都有利 $\text{NO}_3^-$ 的产生。而在淹水土壤中,缺氧抑制了氧化 $\text{NH}_4^+$ 的亚硝化毛杆菌的活性,使氮素矿化停留于 $\text{NH}_4^+$ 态。铁在通气较好的土壤中<sup>[6]</sup>,通常以高铁态存在( $\text{Fe}^{3+}$ ),使土壤具有棕或红色。锰的反应形态也是较高价的氧化物( $\text{Mn}^{4+}$ )。磷多形成溶解度较低的磷酸盐<sup>[7]</sup>,在石灰性土壤,先形成磷酸二钙 $[\text{Ca}_2\text{HPO}_4]$ ,以后再转变为磷酸八钙 $[\text{Ca}_8\text{H}_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}]$ 。在淹水土壤中<sup>[8]</sup>铁被还原成亚铁态( $\text{Fe}^{2+}$ ),土壤的棕或红棕色变成蓝绿色或黑色,大量的铁转入溶液中。磷酸盐可与土壤中亚铁离子( $\text{Fe}^{2+}$ )结合<sup>[7]</sup>,形成溶解度较高的还原态磷酸铁。不溶性的氧化锰化物还原成溶解度较大的亚锰( $\text{Mn}^{2+}$ )<sup>[4]</sup>。

### 三、水稻旱种与淹水种植体内三要素的变化

#### 1、不同时期的养分浓度

水稻不同时期植株内的养分浓度,反映水稻不同生育时期吸收养分的相对强度。水稻体内氮素含量的动态变化与土壤养分的供应条件,植株的生长状况等有着密切联系。水稻体内磷的情况与氮不同,整个生育过程中含量变化的幅度小。钾的百分含量的动态变化在全生

育期差异较小,没有象氮对条件反应那么敏感。表1中,水稻旱种与淹水种植体内的氮素含量分蘖期最高,分别为2.78%和2.82%;孕穗期次之,为1.91%和1.78%;成熟期最低,为0.97%

表1 水稻旱种与淹水种植体内三要素浓度 (1984—1985)

处 理	样 本	植 株 养 分 浓 度 ( $\bar{X} \pm S \cdot D$ )											
		N (%)				P (%)				K (%)			
		茎 叶			籽 粒	茎 叶			籽 粒	茎 叶			籽 粒
		分蘖期	孕穗期	成熟期		分蘖期	孕穗期	成熟期		分蘖期	孕穗期	成熟期	
灌 溉	8	2.78 $\pm 0.255$	1.91 $\pm 0.148$	0.97 $\pm 0.062$	1.60 $\pm 0.112$	0.29 $\pm 0.077$	0.17 $\pm 0.059$	0.06 $\pm 0.022$	0.19 $\pm 0.030$	1.52 $\pm 0.307$	1.50 $\pm 0.223$	1.50 $\pm 0.313$	0.19 $\pm 0.090$
淹 水	3	2.82 $\pm 0.216$	1.78 $\pm 0.251$	0.85 $\pm 0.013$	1.49 $\pm 0.099$	0.27 $\pm 0.082$	0.20 $\pm 0.025$	0.06 $\pm 0.026$	0.22 $\pm 0.047$	1.45 $\pm 0.306$	1.44 $\pm 0.485$	1.78 $\pm 0.312$	0.18 $\pm 0.091$

和0.85%。磷在全生育的变化较小,为0.06%—0.29%。钾的浓度均为1.5%左右。

水稻旱种与淹水种稻不同生育期体内三要素的浓度相差不大。随着生长的进展,氮、磷的百分含量逐渐减少,钾的含量变化不大。

## 2、不同时期三要素的吸收百分率

一般情况下,稻株体内的无机养分大部分是在抽穗开花前的长穗期和分蘖期吸收的。不同时期吸收氮、磷、钾百分率以孕穗期最高,分蘖期次之,成熟期最低。水稻旱种与淹水种植的吸收时期基本相同。各生育时期的养分吸收量占总吸收量的百分率稍有不同。氮素的吸收百分率各生育期相差幅度为2~5.4%,磷素为0.7~6.6%,钾素为0.9~6.4%。水稻旱种与淹水种稻三要素的吸收百分率最多相差6.6%,对水稻的生长发育不会有很大影响。

表2 水稻旱种与淹水种植三要素吸收百分率 (1984—1985)

处 理	N (%)			P (%)			K (%)		
	分蘖期	孕穗期	成熟期	分蘖期	孕穗期	成熟期	分蘖期	孕穗期	成熟期
灌 溉 300—400方/亩	28.2	59.5	12.3	27.2	48.5	24.3	21.0	69.9	9.1
淹 水	33.2	54.1	10.3	24.5	51.9	23.6	20.1	64.4	15.5

## 四、水稻旱种与淹水种植氮素利用状况

$^{15}\text{N}$ 示踪试验采用直径20厘米,高30厘米的无底铁桶,每桶施N、P复合肥0.6克,与7.5公斤土充分混匀后装入桶内,埋入水泥池土壤中。水稻全生育期共追施丰度为11.31%的尿素肥料1.9克。结果于表3。

表3 利用 $^{15}\text{N}$ 尿素研究水稻旱种与淹水种植的氮素利用率 (1984)

处 理	氮 素 利 用 率 (%)	土 壤 中 残 留 (%)			亏 损 (%)	氮素营养来自(%)	
		0—30 cm 总 残 留	0—15cm	15—30cm		肥 料	土 壤
湿润400方/亩	21.24	50.36	27.75	22.61	28.40	83.73	16.27
淹 水	19.54	52.90	27.93	24.97	27.56	68.20	31.80

注:采用稳定性同位素方法计算。

水稻旱种与淹水种稻的氮素利用率分别为21.24%和19.54%。氮素在土壤中残留分别为50.36%和52.90%。氮素的亏缺损失分别为28.4%和27.56%。水稻旱种与淹水种稻的氮素利用率、土壤残留及亏缺损失都相差不大。但是在氮素营养的来源方面差异较大。水稻旱种的氮素营养来自肥料占83.7%,来自土壤只占16.3%。而淹水种植的氮素营养来自肥料占68.2%,来自土壤占31.80%。淹水种植来自土壤的氮素比水稻旱种的高近一倍。因此,淹水种植应增施有机肥料,培肥地力,水稻旱种则可以适当增施一些无机氮肥,以弥补土壤中氮素的不足。

### 五、水稻旱种与淹水种植体内养分运转率的区别

水稻旱种与淹水种植稻体内三要素的浓度差异不大, 但形成一定的经济产量稻株所需吸收的三要素数量有些不同。水稻吸收的三要素数量, 常按收获物中的含量来计算。

表 4 水稻旱种与淹水种植体内养分运转率 (1984—1985)

处 理	样 本	生产50公斤稻谷稻株三要素含量 (公斤/亩) ( $\bar{X} \pm S \cdot D$ )			收获期养分运转率(%) ( $\bar{X} \pm S \cdot D$ )		
		N	P	K	N	P	K
灌溉300—400方/亩	7	2.06 $\pm$ 0.225	0.18 $\pm$ 0.033	2.03 $\pm$ 0.644	39.7 $\pm$ 3.311	54.2 $\pm$ 9.330	4.2 $\pm$ 0.982
淹 水	3	1.71 $\pm$ 0.256	0.19 $\pm$ 0.062	2.23 $\pm$ 1.029	44.4 $\pm$ 10.418	63.3 $\pm$ 12.036	4.0 $\pm$ 0.306

水稻旱种生产50公斤稻谷, 稻株氮素含量为2.06公斤, 磷为0.18公斤, 钾为2.03公斤。淹水种植氮素含量为1.71公斤, 磷为0.19公斤, 钾为2.23公斤。水稻旱种生产50公斤稻谷比淹水种植稻株氮素含量高0.35公斤, 钾素含量低0.2公斤, 磷含量基本相同。

如果把收获物中的养分量作100%, 计算谷粒中养分占的比例, 并称作养分运转率。见表4。水稻旱种收获物的氮、磷、钾运转率分别为39.7%、54.2%和4.2%。淹水种植的分别为44.4%、63.3%和4.0%。淹水种植比水稻旱种氮、磷运转率分别高4.7%和9.1%, 钾的运转率几乎相同。看来, 水稻生长后期, 土壤水分状况对氮、磷养分向谷粒运转有些影响, 对钾的运转影响很小。

### 六、小结

水稻旱种, 改善了土壤的通透性, 土壤处于氧化状态, 对土壤养分的释放有一定促进作用。施肥水平较高的情况下, 水稻吸肥高峰期表现得更为明显。

水稻旱种与淹水种植不同生育期体内三要素的浓度差异不大。形成一定的经济产量稻株所吸收的氮、钾数量有些不同。水稻各生育期的养分吸收量占总吸收量的百分率也略有差异。

水稻旱种与淹水种植的氮素利用率、土壤残留及亏缺损失都相差不大。在氮素营养的来源方面差异较大。淹水种植来自土壤的氮素比水稻旱种的高近一倍。因此, 淹水种植应增施有机肥料, 培肥土壤, 而水稻旱种则应适当增施一些矿物氮肥。

水稻收获期, 淹水种植比水稻旱种氮、磷运转率高, 钾的运转率几乎相同。

### 参 考 文 献

- [1] 王芝棠: 水稻旱种湿管是北方发展水稻的途径, 《天津农业科学》, 1984(1), 9—11
- [2] 王芝棠: 天津水稻旱种现状及发展前景, 《天津农业科学》, 1986(1)
- [3] 孙毓主编: 《土壤养分、植物营养与合理施肥》, 农业出版社, 1983, 311—326
- [4] 《国外农学—水稻》编辑部: 《土壤与水稻》, 浙江科学技术出版社, 1981, 89—149, 266—282, 368—390
- [5] 中国科学院农业丰产研究丛书编辑委员会: 《水稻丰产的土壤环境》, 科学出版社, 1964, 163—182, 240—330 391—411
- [6] 刘志光、刘芷宇译: 《渍水土壤的化学与水稻生长关系》, 科学出版社, 1959
- [7] 浙江农业大学主编: 《农业化学》, 上海科学技术出版社, 1980, 46—48

# THE PROBLEMS OF NUTRITIONS IN SOIL DURING UNWATERLOGGED CULTIVATION OF RICE

Zhang Jinsheng    Ren Shunrong

Zhou Yimin        Zhao Zhenda

(Soils and Fertilizers Institute of Tianjin

Municipal Academy of Agricultural Sciences, Tianjin)

## ABSTRACT

The problems of some nutritions in soil were studied by microplots methods with labelled nitrogen during cultivation of unwaterlogged rice. This paper illustrates mainly following aspects: The general differences of some nutritions in soils between waterlogged and unwaterlogged cultivation of rice, the transformations of nitrogen, phosphorous and potash turned in rice, the efficiency of transformation of nutritions and the utilization of nitrogen. Results showed that it seems a lot of differences in utilized nitrogen sources between waterlogged and unwaterlogged rice. It is suggested that more manure should be applied in waterlogged soil, whereas more fertilizer should be applied in unwaterlogged soil.

**Key words:** Unwaterlogged cultivation of rice; Nutritions of soil