

水稻的水分生理与合理灌溉的研究

IV. 水分条件和氮素营养对水稻产量与有关生理过程的影响及其相互关系*

崔 激 倪 文 毛协亨 蒙盛华

(中国科学院植物研究所植物生理研究室)

提 要

本文证明水层灌溉及增施氮肥均有促进水稻生长及有关生理过程的作用,并能提高产量。缺氮时,水有补偿氮肥不足的效果,氮肥过多时,湿润灌溉则能控制生长和防止倒伏。

水稻在整个生育期内,基本上生长在有水层的田里,这是我国农民几千年来进行生产所获得的宝贵经验,远在前汉,《汜胜之书》中^[1]早已提到水层灌溉具有调节土温,促进水稻生长的作用。

Ерыгин^[8]对水稻水分生理进行过系统的研究,他指出,水层促进水稻生长发育并获得高产。作者^[4,5,6]过去对水稻水分生理的研究结果证明,不论水稻、陆稻或淀稻,在一定水层深度的范围内,生长与产量,均因水层的增加而提高;水层能改善水稻的土壤营养条件,并能缩小水稻田土壤的昼夜温差。

近年来有些丰产田,由于肥料和密度的增加,也有采用湿润灌溉获得高产的。水稻在施氮肥较高时,湿润灌溉比水层灌溉对获得丰产更有保证,因为它具有控制肥效,防止稻株徒长,贪青倒伏的效应。

水肥对水稻的影响及其相互作用问题,Петинов^[28]证明增施氮肥的水稻在淹水的情况下,具有较多的自由水量,并能增加叶子和根系的呼吸作用。高城成一^[18]在水稻灌水的适应性的营养生理方面的研究中指出水稻田有无水层与营养有关,缺乏水层,水稻容易发生缺绿病。

但是已有的研究工作从代谢过程研究水肥关系的尚少。因此,进一步研究水分条件和氮素营养对水稻体内的生理活动和代谢水平是十分必要的,这不仅是水分生理学领域中值得研究的一个问题,同时研究水稻合理灌溉和合理施肥还具有重要的实际意义。

* 大田栽培和田间管理工作是与天津市军粮城稻作试验站协作进行,工作中得到该站金茂澄、冯槌、李春甫等同志的帮助,特此志谢。

实验材料和方法

试验是1962年进行的,地点在天津军粮城稻作试验站,为老稻田土壤,中等肥力。品种是银坊,6月2至3日插秧,密度为6寸×6寸,每穴栽6—7苗,每亩基本苗数为10.8万株。氮素水平每亩分为ON,15N,30N三种,返青后分为水层(经常保持5—8厘米)和湿润(土壤含水量约为90%)二种灌溉处理,合计六个处理,每种处理的面积为0.2—1亩。水稻在分蘖,拔节期撈秧(中耕)二次,为防治虫害在分蘖期喷666粉一次。

为了系统地调查水稻生长和发育的性状,每个处理区设有固定点,每点五穴,每周量稻株高度和分蘖情况,并定期取样测算绿色叶面积指数和干重。水稻成熟后,每处理区分别进行收割考种和测定产量。

有关生理测定的项目和方法如下:

1. 根系活性:按 Сабинин 的伤流液重量法^[7]。
2. 渗透压:用 Harris & Gortner 冰点下降法^[81]。
3. 细胞汁浓度:用折射仪测定。
4. 自由水含量:按 Думанский 法测定^[20]。
5. 束缚水含量:总含水量减去自由水含量。
6. 蒸腾强度:按 Иванов 用扭力天秤称重法^[22]。
7. 过氧化氢酶活性:用 Sumner & Somer 的 $KMnO_4$ 滴定法^[36]。
8. 过氧化物酶活性:用 Починок 的愈创树脂比色法^[26]。
9. 全氮:用浓硫酸消化后,再用 Nessler 试剂比色^[32]。
10. 蛋白质氮:先用三氯醋酸沉淀,经过消化后再用 Nessler 试剂比色。
11. 非蛋白质氮:全氮中减去蛋白质氮量。
12. 还原糖:用80%热酒精提取后,用 Nelson 法比色^[35]。
13. 非还原糖:上述酒精提取液用15% HCl 水解后用 Nelson 法定量还原糖,相减后计算出非还原糖。
14. 淀粉:糖提取后的残渣按 Mecredy 法^[34]提取,然后用 Yemm 法^[39]测糖计算淀粉量。
15. 纤维素:上述淀粉提取后,所剩的残渣,再提出半纤维素后,加80% H_2SO_4 ,然后按 Yemm 法测糖计算纤维素。

实验结果

一 水分及氮素对产量的影响

从表1的结果可以看出,无论水层灌溉或增施氮肥,均能促进水稻生长和提高产量。与此相反,湿润灌溉或氮肥较少,则生长较差,有效分蘖少,穗型小,产量低,其产量降低的原因,与有效分蘖少和每穗粒数的下降有密切关系。这与国内外很多研究工作的结果,基本上相同^[8-6,12]。表1中还可以清楚地看到,当水稻处于高氮肥水平下(30N),即使采取常期湿润处理,对水稻产量影响亦不大。而在每亩施15斤氮肥的条件下,采用水层灌溉的产量(900斤)则接近每亩施氮肥30斤并用湿润灌溉的产量(992斤)。由此可见,水层

表 1 水分及氮素对水稻的生长与产量的影响

| 实验处理肥水 | | 基本苗数 (万/亩) | 栽秧后50天 稻株的高度 (厘米) | 成熟期 单株干重 (克) | 有效穗数 (万/亩) | 每穗粒数 (粒) | 稻谷产量 (市斤/亩) |
|--------|----|---------------|-------------------------|--------------------|---------------|-------------|----------------|
| 0 N | 湿润 | 10.8 | 52.8 | 3.50 | 12.00 | 70.6 | 476 |
| | 水层 | 10.8 | 54.6 | 4.44 | 15.06 | 82.5 | 559 |
| 15N | 湿润 | 10.8 | 55.2 | 4.14 | 17.66 | 76.5 | 702 |
| | 水层 | 10.8 | 64.6 | 4.70 | 19.03 | 85.9 | 900 |
| 30N | 湿润 | 10.8 | 71.3 | 4.80 | 23.70 | 85.7 | 992 |
| | 水层 | 10.8 | 76.4 | 5.56 | 27.56 | 87.7 | 1136 |

灌溉在一定程度上,可以补偿水稻生长期中氮肥不足的作用。不论采用何种灌溉方式,在一定范围内,产量均随氮肥的增加而提高。

二 水分及氮素对根系活性的影响

根系活性与水分状况和营养条件有密切关系。测定水稻开花期和灌浆期根系活性的结果证明,根系活性因水层和氮肥的增加而加强,水层有无对根系活性的影响,则更为明显。尤其在 0N 时,水层处理的稻株比湿润处理稻株的根系活性,可以提高 75—90%。太田、山田^[18]观察到水层灌溉的水稻,在还原状态下,新根的生理活性是比较高的。Петинов^[28]指出水稻用水层灌溉能提高根系的呼吸作用。

表 2 水肥条件对水稻根系活性的影响

(伤流液毫克/12 小时/每株)

| 实验处理肥水 | | 开花期 31/Ⅷ | 灌浆期 9/Ⅸ |
|--------|----|-------------|------------|
| 0 N | 湿润 | 315.7 | 411.1 |
| | 水层 | 590.0 | 721.0 |
| 15N | 湿润 | 337.6 | 467.0 |
| | 水层 | 646.7 | 743.0 |
| 30N | 湿润 | 594.0 | 575.0 |
| | 水层 | 850.0 | 795.0 |

三 水分及氮素对细胞水分状况的影响

(一)渗透压:细胞渗透压在植物水分生理上具有极重要的意义,植物渗透压的大小,与土壤营养条件及水分状况的关系非常密切。实验结果(图 1)证明,湿润灌溉和氮肥不足,渗透压显著增大;低氮(0N)比高氮(30 N)时,水层的作用更为显著。榎本^[9]、岸田^[10]等先后观察到,随稻田土壤的干旱,水稻的渗透压不断增大,他们认为是与稻株含水量降低,生长受到抑制,无机盐和光合产物在植物体内累积以及植物体干旱引起淀粉的酯化有关。Ursprung^[38]早已指出,植物的生长速度与渗透压呈反比,植物生长旺盛时,渗透压小。由此看来,湿润灌溉水稻生长不良,产量低,与植株渗透压高有一定的关系。

(二)细胞汁浓度:细胞汁浓度主要决定于电介质(无机盐类)和非电介质(主要是酯类)的含量。它的浓度与细胞渗透压的大小成正比。水肥对水稻细胞汁浓度的影响与对

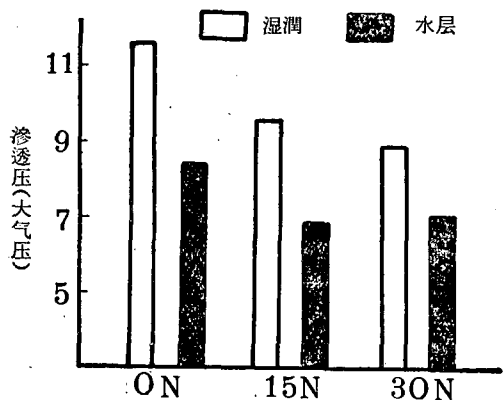


图 1 水分和氮素对水稻渗透压的影响

渗透压的变化基本上相同, 水层灌溉和氮肥增加, 细胞汁浓度变低。在低氮 (0N), (15N) 条件下, 水层有无对细胞汁浓度的作用尤为明显。

(三)自由水及束缚水含量: 有不少研究工作证明, 植物体自由水含量与生理活性有关, 并能影响最终产量^{[24], [27]}。从表 3 的实验结果可以看出: 水层灌溉和增加氮肥提高了植物自由水含量, 而降低了束缚水含量, 使得自由水/束缚水的比值大, 在孕穗期自由水/束缚水比值最大。若采取排水措施, 自由水含量降低, 若在这个时期

追施氮肥, 能提高自由水含量, 对束缚水含量影响不大。这点与 Петин^[28] 最近的水稻水肥试验所得到的结果一致。以上表明: 水稻体内自由水的含量对提高水稻的生活力, 具有一定的作用。

表 3 水肥条件对水稻水分状况的影响

| 实验处理 | 肥水 | 分蘖期 | | | 拔节期 | | | 孕穗期 | | | 开花期 | | | 灌浆期 | | |
|------|----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | 自由水 (%) | 束缚水 (%) | 自由水/束缚水 | 自由水 (%) | 束缚水 (%) | 自由水/束缚水 | 自由水 (%) | 束缚水 (%) | 自由水/束缚水 | 自由水 (%) | 束缚水 (%) | 自由水/束缚水 | 自由水 (%) | 束缚水 (%) | 自由水/束缚水 |
| 0 N | 湿润 | 39.1 | 28.2 | 1.38 | 40.9 | 21.7 | 1.88 | 44.2 | 19.5 | 2.27 | 35.9 | 27.5 | 1.30 | 35.9 | 24.2 | 1.48 |
| | 水层 | 48.5 | 17.1 | 2.83 | 44.3 | 19.4 | 2.28 | 52.7 | 9.1 | 5.80 | 46.0 | 17.8 | 2.57 | 35.9 | 22.9 | 1.57 |
| 15N | 湿润 | 43.1 | 33.9 | 1.27 | 47.5 | 17.0 | 2.79 | 42.5 | 20.9 | 2.03 | 38.4 | 24.8 | 1.54 | 35.9 | 25.3 | 1.42 |
| | 水层 | 49.7 | 17.2 | 2.88 | 47.5 | 17.6 | 2.69 | 54.5 | 8.9 | 6.13 | 39.2 | 23.2 | 1.69 | 35.9 | 23.2 | 1.54 |
| 30N | 湿润 | 49.6 | 30.2 | 1.64 | 47.5 | 14.7 | 3.23 | 47.6 | 18.3 | 2.59 | 30.9 | 34.2 | 0.90 | 35.9 | 22.7 | 1.58 |
| | 水层 | 50.6 | 16.4 | 3.07 | 52.9 | 14.0 | 3.77 | 47.6 | 15.1 | 3.14 | 46.0 | 19.5 | 2.35 | 34.9 | 22.6 | 1.53 |

四 水分及氮素对蒸腾强度的影响

水稻在整个生育期内蒸腾强度有很大变化(表 4), 蒸腾强度由分蘖期开始增大, 开花

表 4 水肥条件对水稻各生育期蒸腾强度的影响

(毫克水/克鲜重/小时)

| 实验处理 | 肥水 | 分蘖期 | 拔节期 | 孕穗期 | 开花期 | 灌浆期 |
|------|----|-------|-------|-------|--------|-------|
| 0 N | 湿润 | 294.6 | 405.4 | 605.0 | 796.2 | 481.9 |
| | 水层 | 215.3 | 672.0 | 681.0 | 1028.7 | 672.2 |
| 15N | 湿润 | 296.2 | 635.0 | 726.0 | 849.3 | 635.8 |
| | 水层 | 326.4 | 696.0 | 849.0 | 1195.2 | 771.1 |
| 30N | 湿润 | 290.1 | 700.0 | 838.0 | 1200.3 | 721.6 |
| | 水层 | 357.0 | 780.0 | 908.0 | 1330.4 | 801.5 |

期达到最高,以后减少。水层处理者蒸腾强度较大,氮肥水平提高,蒸腾强度也有增加的趋势,但在高氮水平下(30 N),水层有无,对蒸腾强度的影响,差异甚小。此外,在生育期排水落干能降低蒸腾强度,而追施氮肥则明显地提高蒸腾强度。Ерыгин^[8]的研究也证明过蒸腾强度随土壤含水量的增加而提高。Алексеев 及 Гусев^[19]发现春小麦的蒸腾强度与植物体自由水量成正相关。Nagai 及 Suzuki^[8]等从形态解剖上观察到淹水土壤中生长的水稻叶子,表皮有 5%的“砂质气孔”,故能增大蒸腾强度。

五 水分及氮素对过氧化氢酶及过氧化物酶活性的影响

(一)过氧化氢酶活性

水稻生长在有水层或氮素营养充足的条件下,稻株各器官的过氧化氢酶活性均会随着水层和氮肥的增加而提高。水层有无对活性的影响尤为显著(图 2)。生长旺盛的植株,过氧化氢酶的活性较强,同一植株的幼嫩部分活性较衰老的部分强。生长旺盛的部分进行着较强烈的氧化—还原过程^[15-17]

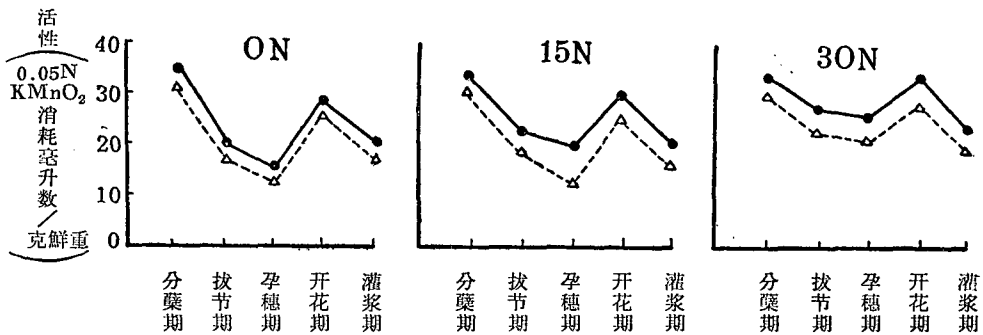


图 2 水分氮素对水稻各生育期过氧化氢酶活性的影响

●———● 水层 △-----△ 湿润

(二)过氧化物酶活性:

水稻整个生长期中,水层或湿润处理对过氧化物酶的影响与过氧化氢酶情况相反。在有水层的条件下酶活性降低,而湿润处理者活性有所增强(图 3)。

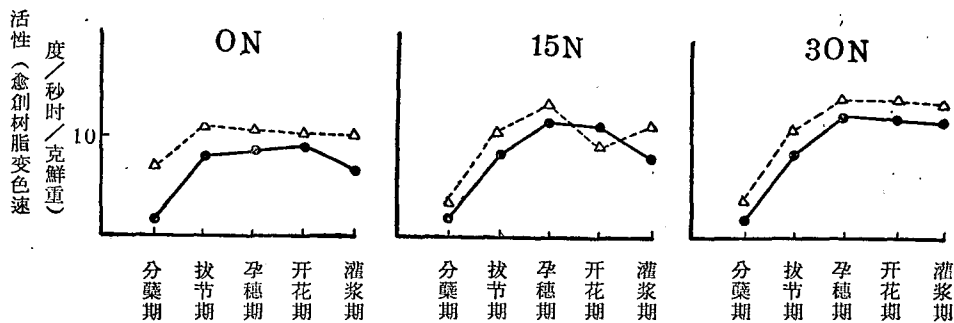


图 3 水分氮素对水稻各生育期过氧化物酶活性的影响

●———● 水层 △-----△ 湿润

六 水分及氮素对醌、氮代谢的影响

从以上的结果已经肯定,在水层灌溉和氮肥增高的情况下,水稻生长良好,产量高,组

織中的自由水含量高,蒸騰强度大,渗透压低。此外,在物质轉化方面,水稻体内的醣、氮代謝也发生了变化。

(一) 碳水化合物

水层和氮素营养对水稻碳水化合物有很大的影响(表5),水层处理者,叶片内的还原糖含量普遍低于湿润处理,而非还原糖和淀粉的含量则恰恰与还原糖相反,即水层处理者显著的大于湿润处理者。这些结果说明,水层有利于蔗糖及淀粉等碳水化合物的合成与积累,而还原糖的减少可能是由于水层促进了呼吸过程,很快的被分解或轉化为其他有机物质。水层对纤维素的影响也很明显,湿润处理的水稻叶片中纤维素的含量高于水层处理者,由此也可证明适当地进行烤田对防止水稻倒伏中的生理意义。以总碳水化合物来说,水层处理者均大于湿润处理,这种现象在低氮水平的条件下,尤为显著。

氮素水平对碳水化合物的影响,表示出一定的规律,即在相同的灌溉条件下,各种碳水化合物均有随氮素水平的提高而逐渐减少的趋势。这种关系在用水层处理的稻株叶片中比用湿润处理的差异更大。

表5 水分及氮素对水稻抽穗开花期(3/Ⅸ)各部分碳水化合物的影响

(干重%)

| 实验处理 | 水 | | 还原糖 | 非还原糖 | 可溶性糖 | 淀粉 | 纤维素 | 总碳水化合物 |
|------|----|----|-----|------|------|------|------|--------|
| 0N | 湿润 | 叶片 | 2.6 | 5.0 | 7.6 | 4.6 | 10.5 | 22.7 |
| | | 叶梢 | 3.0 | 1.7 | 4.7 | 10.3 | 33.0 | 48.0 |
| | | 茎秆 | 2.2 | 4.2 | 6.4 | 29.8 | 30.4 | 66.6 |
| | | 穗 | 3.1 | 1.1 | 4.2 | 17.1 | 21.2 | 42.5 |
| | 水层 | 叶片 | 1.5 | 7.9 | 9.4 | 9.0 | 7.8 | 26.2 |
| | | 叶梢 | 1.4 | 2.3 | 3.7 | 8.3 | 29.7 | 41.7 |
| | | 茎秆 | 1.4 | 2.3 | 3.7 | 31.6 | 43.2 | 78.5 |
| | | 穗 | 2.3 | 1.2 | 3.5 | 21.2 | 17.6 | 42.3 |
| 15N | 湿润 | 叶片 | 2.4 | 4.1 | 6.5 | 4.6 | 9.6 | 20.7 |
| | | 叶梢 | 2.6 | 1.4 | 4.0 | 9.5 | 34.0 | 47.5 |
| | | 茎秆 | 2.1 | 4.0 | 6.1 | 27.0 | 33.8 | 66.9 |
| | | 穗 | 2.9 | 1.7 | 4.6 | 20.3 | 19.4 | 44.3 |
| | 水层 | 叶片 | 2.1 | 5.4 | 7.5 | 8.8 | 6.0 | 22.3 |
| | | 叶梢 | 3.0 | 2.3 | 5.3 | 5.4 | 24.3 | 35.0 |
| | | 茎秆 | 2.4 | 3.2 | 5.6 | 22.5 | 50.0 | 78.1 |
| | | 穗 | 4.0 | 1.1 | 5.1 | 29.3 | 16.2 | 50.6 |
| 30N | 湿润 | 叶片 | 2.8 | 2.9 | 5.7 | 4.0 | 7.4 | 17.1 |
| | | 叶梢 | 2.6 | 3.2 | 5.8 | 6.8 | 25.2 | 37.8 |
| | | 茎秆 | 1.5 | 3.7 | 5.2 | 27.0 | 35.1 | 67.3 |
| | | 穗 | 1.9 | 2.5 | 4.4 | 21.6 | 18.5 | 44.5 |
| | 水层 | 叶片 | 2.2 | 2.5 | 4.7 | 8.1 | 5.9 | 18.7 |
| | | 叶梢 | 2.0 | 2.3 | 4.3 | 3.6 | 24.3 | 32.2 |
| | | 茎秆 | 3.5 | 4.0 | 7.5 | 22.5 | 49.5 | 79.5 |
| | | 穗 | 3.0 | 0.3 | 3.3 | 32.4 | 14.6 | 50.3 |

叶片、叶鞘系指上位叶片叶鞘

水层对叶鞘中可溶性糖含量的影响不大,对纤维素的含量与在叶片中的情况相似,湿润处理者纤维素的含量一般也大于水层处理者。但是,水层对淀粉和总碳水化合物含量的影响,则与在叶片中相反,即水层处理者明显的小于湿润处理者,这种现象与糖的运转有关,在湿润的处理条件下,有利于叶片中的糖转运到叶鞘里,而水层处理却延缓了这一过程的进行。氮素水平对叶鞘中碳水化合物的影响,与在叶片中相似,即各种碳水化合物的含量皆有随氮素的增加而减少的趋势。

茎秆和穗中的可溶性糖含量,一般而论,湿润处理者多于水层处理者,而其中的总碳水化合物则用水层处理者多于湿润处理。这一结果可能与水层灌溉能促进稻株生长和发育有关。

(二)氮化合物

不同的氮素营养水平下,在抽穗开花期,水层处理者,水稻叶片的全氮含量略有提高,主要是提高了蛋白质氮的含量,非蛋白质氮略有减少的趋势。而在叶鞘中,全氮含量显著增加,主要是提高了非蛋白质氮。茎秆中的全氮含量,当氮素的供应为0 N及15 N时,湿润

表 6 水分及氮素对水稻抽穗开花期(3/Ⅹ)各部分氮化合物的影响

(干重%)

| 实验处理肥水 | | | 全 氮 | 蛋 白 质 氮 | 非 蛋 白 质 氮 |
|--------|--------|-----|------|---------|-----------|
| 0 N | 湿 润 | 叶 片 | 2.78 | 1.32 | 1.46 |
| | | 叶 鞘 | 0.39 | 0.20 | 0.19 |
| | | 茎 秆 | 0.29 | 0.19 | 0.10 |
| | 水 层 | 穗 | 1.11 | 0.84 | 0.27 |
| | | 叶 片 | 2.67 | 1.50 | 1.17 |
| | | 叶 鞘 | 0.83 | 0.26 | 0.57 |
| 15 N | 湿 润 | 茎 秆 | 0.24 | 0.16 | 0.08 |
| | | 穗 | 1.02 | 0.48 | 0.54 |
| | | 叶 片 | 2.83 | 1.38 | 1.45 |
| | 水 层 | 叶 鞘 | 0.49 | 0.25 | 0.24 |
| | | 茎 秆 | 0.34 | 0.16 | 0.18 |
| | | 穗 | 0.98 | 0.85 | 0.13 |
| 30 N | 湿 润 | 叶 片 | 2.93 | 1.71 | 1.22 |
| | | 叶 鞘 | 0.98 | 0.38 | 0.60 |
| | | 茎 秆 | 0.24 | 0.22 | 0.02 |
| | 水 层 | 穗 | 1.16 | 0.45 | 0.71 |
| | | 叶 片 | 3.22 | 1.86 | 1.36 |
| | | 叶 鞘 | 0.73 | 0.20 | 0.53 |
| 30 N | 湿 润 | 茎 秆 | 0.29 | 0.19 | 0.10 |
| | | 穗 | 1.03 | 0.88 | 0.15 |
| | | 叶 片 | 3.61 | 2.05 | 1.56 |
| | 水 层 | 叶 鞘 | 1.18 | 0.49 | 0.69 |
| | | 茎 秆 | 0.39 | 0.26 | 0.13 |
| | | 穗 | 1.26 | 0.59 | 0.67 |

叶片、叶鞘系指上位叶片叶鞘

处理大于水层处理,但在 30 N 的供应水平下,结果与 0 N 及 15 N 相反;至于茎秆中的蛋白质氮,供氮水平为 15 N 及 30 N 时,水层处理高于湿润处理。稻穗中的全氮含量,水层与湿润处理间相差不大,但是蛋白质氮则湿润处理者明显的高于水层处理者,而两种处理中的非蛋白质氮的情况,又与蛋白质氮相反(表 6)。

根据上述事实,可以说明水层处理的好处主要是有利于叶中蛋白质的形成,能加速叶中非蛋白质氮化合物向叶鞘运转,至于对水稻自外界吸收氮素的影响,仅略有促进作用。水层与湿润两种处理,对茎秆中各种氮化合物的影响,看不出明显的规律来。根据不同处理的穗中的全氮的变化不大,而水层处理的穗中有较少的蛋白质氮和较多的非蛋白质氮的结果,可以认为水层处理对穗中蛋白质的合成有延缓的作用。

此外还必须特别注意水层灌溉与土壤及密度的关系,在渗透性强、含盐量高和土质瘠薄的土壤,例如在天津沿海各地及北京大兴县(华北及东北多数稻田亦如此),可基本上采用水层灌溉,必要时适当落干烤田即可;但是在排水不良、常年积水和土壤肥沃的老稻田例如长江流域多数稻田,特别是在密度较大的情况下,则应当强调水层灌溉与落干烤田相结合的干干湿湿的灌溉方式,以免发生倒伏,造成减产。

讨 论

从上面的实验结果,可以看出水分条件和氮素营养对有关生理过程的影响及其相互关系是一个比较复杂的问题。首先应该指出,水稻在水层处理与增加氮肥的条件下,可以获得高产。构成高产的因素主要是由于有效穗数和每穗粒数的增加。水稻生长发育的好坏,产量的高低,决定于各种生理活动,结果证明,水层处理或增高氮肥能提高根系活性,自由水含量,自由水/束缚水的比值和蒸腾强度等;而降低了束缚水含量以及细胞汁浓度和渗透压。这些生理变化均有利于水稻的生长和发育。Петинов, Прусакова 及 Синицына^[27]指出栽培在最适水分条件的植物的细胞水分饱和度较大,蒸腾强度高,自由水与束缚水比值增大,这些现象与产量之间呈正相关。Петинов 及 Харанян^[28]还证明稻株的细胞汁浓度和渗透压高,生殖体生长和生产能力最低。奥么^[11]同样观察到氮肥可以影响水稻的含水量,增施氮肥,原生质粘度和电导度小,产量也比较高。

过氧化氢酶和过氧化物酶活性与植物生长有关。本实验的结果:湿润处理和缺乏氮素过氧化氢酶的活性显著地降低。过氧化物酶的活性与过氧化氢酶相反,湿润处理者的活性大于水层处理者。Galston 和 Bonner 等人^[30]曾证明过氧化物酶活性较高对吲哚乙酸(生长素)起氧化作用。Senewiratne 及 Mikkelson^[37]认为不淹水层的水稻具有较高的过氧化物酶活性,促进了植物体内生长素的破坏,因而水稻生长不良,产量较低。Liverman^[33]也报导过水稻生长在水里含有较多的生长素。

关于水稻的糖、氮代谢的研究工作很多^[8,14]。我们研究了水层有无及氮素营养水平对体内糖氮化合物的影响,结果证明水层处理的稻株叶片中积累了大量的蔗糖和淀粉,但是还原糖却少于湿润处理者,这说明水层一方面有利于碳水化合物的合成,另一方面有助于碳水化合物的利用和转化。Жолкевич^[21]曾经指出在干旱的条件下,植物可溶性碳水化合物化合物的积累可能是由于破坏了有机物的转化,糖未能得到有效的利用。湿润处理者纤维索含量大于水层处理者,这可以认为是在生产上采用烤田防止倒伏的主要理论依据。

氮素营养与碳水化合物的关系,表现出增加氮素供应,有使碳水化合物减少的趋势。中国农业科学院江苏分院在对陈永康“三黄三黑”技术经验的初步分析中^[2]证明不现一黄的稻株含糖量减少,叶鞘中淀粉的含量也较低。

水层或湿润处理对氮化合物的影响,主要是水层提高了叶片中蛋白质的合成,促进叶片中非蛋白质氮化合物向叶鞘及其他部分的运转,而对穗中蛋白质的合成有延缓的作用。

根据以上的研究结果,在理论上可以很清楚地看出水分(水)与氮素(肥)在对水稻生长发育和高产中的作用,是通过促进与控制碳水化合物与氮化合物的代谢及其他生理过程而实现的。在生产上也可以看出,水、肥之间有相互联系和相互制约的关系,肥少时,水可以更有效地发挥肥的作用,多肥时又可以用落干的措施来防止徒长。

摘 要

本实验在天津军粮城进行,结果证明,在相同的施肥水平,有水层者产量高于湿润,在少肥的情况下,水层的效果尤为明显。在相同的灌溉措施下,产量均随氮肥的增加而提高。例如每亩施氮素15斤,湿润处理者亩产702斤,而水层处理者则为900斤;一律采用湿润处理者,不施氮素的亩产仅476斤,每亩施15斤氮素者亩产702斤,每亩施30斤氮素者亩产992斤。

水层灌溉及增加氮素水平,均能提高根系活性,每亩施15斤氮素者,湿润处理的每株在开花期12小时内的伤流量为337毫克,而有水层者为646毫克。同系湿润处理,在灌浆期不施氮素的伤流量(毫克水/12小时/株)为411,每亩施15斤氮素的为467,每亩施30斤氮素的为575。此外还能提高自由水含量和蒸腾强度。与以上的情况相反,保持水层和增加氮素,降低了渗透压和束缚水的含量,每亩施15斤氮素时,湿润处理者的渗透压大于9(大气压),而保持水层者只有7;束缚水含量在孕穗期湿润处理者为20.9%,保持水层者为8.9%。

在代谢方面,水层灌溉能提高叶片中的淀粉和蛋白质氮的含量。每亩施15斤氮素的在开花期淀粉含量为:湿润处理者4.6%(干重),保持水层者为8.8%;蛋白质氮的含量为:湿润处理者1.3%,保持水层者为1.7%。增施氮素者能降低叶片中碳水化合物含量和提高氮化合物含量。

参 考 文 献

- [1] 中国农业科学院农业遗传室编, 1959 中国农学史(上册), 科学出版社。
- [2] 中国农科院江苏分院, 1959, 晚稻亩产一千斤左右水肥技术研究(初稿)——陈永康同志“三黄三黑”技术经验的初步分析。
- [3] 余叔文等, 1958, 水稻老来青和陆稻南通旱水分关系及抗旱性的比较。植物学报, 7(4)。
- [4] 崔激等, 1956, 水稻的水分生理及合理灌溉的研究 I 水层对水稻生长发育和产量的影响, 农业学报 7(4)。
- [5] 崔激等, 1956, Ⅱ分蘖期以前采用不同灌溉方法对水稻生长、代谢过程及产量的影响, 植物生理学通讯(5)。
- [6] 倪文等, 1964, Ⅲ水层对水稻、陆稻淀粉生长发育以及产量的影响, 植物生理学通讯, (2)。
- [7] 金成忠, 许德威, 1959, 作为根系活力指标的伤流液简易收集法, 植物生理学通讯(4)。
- [8] 耶雷琴(崔激等译), 1956, 水稻灌溉的生理基础, 科学出版社。
- [9] 榎本中卫, 1924, 稻に於ける叶汁浓度に就て, 日本作物学会紀事 1(1)。
- [10] 岸田紀实, 1935, 稻根渗透压の适应に关する研究, 札幌农林学报 26号。
- [11] 奥么公利, 1956, 空室施肥が水稻に於ける日长效果に及ぼす影响轉に $\frac{C}{N}$ 率, 組織压榨汁渗透压, 比电气传导度, 比粘度について, 日本作物学会紀事, 24(3)。

- [12] 长谷川新一, 中山兼徳, 1958, 水田・畑田两条件下に于ける水稻及び陆稻の生育收量の比較, 日本作物学会紀事, 27(2)。
- [13] 高城成一, 1959, 稻の湛水适应性に関する栄養生理的研究, 日本东北大学研究所汇报, 11(2)。
- [14] 村山登, 塚原貞雄, 1959, 水稻の登熟过程における物質の動態に関する研究(第3報) 节位別各部位における窒素及び碳水化合物の動態, 日本土壤肥科学杂志 30(6)。
- [15] 吉田武彦, 高桥治助, 1960 水稻根の各部位における呼吸作用および酵素活性の分布の特徴について, 日本土壤肥科学杂志, 31(10)。
- [16] 三井进午, 矢崎仁也, 1960, 作物中のCatalase(鉄酶)とAscorbic acid Oxidase(銅酶)の存在意义。日本土壤肥科学杂志, 31(8)。
- [17] 三井进午, 矢崎仁也, 1960, 水稻の呼吸酵素系の銅鉄栄養環境と生育时期すよび器官別变动とよきの意义に就て, 日本土壤肥科学杂志, 31(9)。
- [18] 太田保夫, 山田登, 1961, 水稻根の活力診断のにあの根の节位別分級法, 农业及园艺, 36(9)。
- [19] Алексеев А. М. и Гусев Н. А., 1950, Влияние состояния воды в листьях на процесс транспирации, ДАН СССР. 71 № 4.
- [20] Думанский А. В., 1948, Учение о коллоидах, Госхимиздат.
- [21] Жолкевич В. Н., 1955, К вопросу о причинах гибели растений при низких положительных температурах, «Тр. ин-та физиологии растений им. К. А. Тимирязева, АН СССР» Т. 9.
- [22] Иванов Л. А., Силина Л. А., Цельникер Ю. Л., 1950, О методе быстрого взвешивания для определения транспирации в естественных условиях, Ботан. Журн. Т. 35, № 2.
- [23] Курсанов А. Л., 1940, Обратимое действие ферментов в живой растительной клетке, М.-Л.
- [24] Петин Н. С., 1951, Вопросы биологического обоснования поливного режима, Журн. Общей Биологии. Т. XII. № 1.
- [25] Петин Н. С., 1954, О занении физиологических показателей в поливном растении водстве, Физиол. Раст. 1, В. 1.
- [26] Починок Х. Н., 1955, К определению активности пероксидазы в растениях тьяяколовым методом, Физиол. Опита. Раст. Изд. АН УИР Киев.
- [27] Петин Н. С. Прусакова А. Д. и Сяницына, 1957, Водный режим и продуктивность растений, Физиол. Раст. 4(6)。
- [28] Петин Н. С. и Хараян Н. Н., 1960, Влияние минерального питания на вадный режим и урожай риса, Изв АН СССР. Биол. № 3.
- [29] Сисакян Н. М. и Кобякова А. М., 1940, О сутонномходе некоторых биохимических показателей в растениях, Биохимия, Т. 5, Вып. 3.
- [30] Galston A. W., Bonner J. and Baker R. S., 1953, Flavoprotein and poroxidase as components of the indole acetic acid oxidase system of peas, *Arch. Biochem. Biophys.* 42.
- [31] Harris J. A. and Gortner R. A., 1914, *Amer. Jour. Bot.* 1: 75.
- [32] Koch F. C. and McMeekin I. J., 1924, A new direct Nesslerization micro-Kjeldahl method and a modification of the Nessler-Folin reagent for ammonia, *J. Amer. Chem. Soc.* 46: 2066.
- [33] Liverman J. L., 1952, The physiology and biochemistry of flowering. Ph. D Thesis Calif. Inst. of Technology, Pasadena, Calif.
- [34] McCredy R. M. etc, 1950, Determination of starch and amylase in vegetables application to peas, *Analy. Chem.* 22: 1156.
- [35] Nelson, N., 1944, A photometric adaptation of the Somogy method for the determination of glucose, *J. Biol. Chem.* 153: 375—380.
- [36] Sumner J. B. and Somers G. F., 1953, Chemistry and methods of enzymes, 3rd ed. pp. 1—462, Academic Press, New York.
- [37] Senewiratne S. T. and Mikkelson D. S., 1961, Physiological factors limiting growth and yield of *Oryza sativa* under unflooded conditions, *Plant and Soil*, 14(2): 127—145.
- [38] Ursprung A. und G. Blum, 1916, *Ber. Deutsch. Bot. Ges.* 34: 123.
- [39] Yemm and Willis A. J., 1954, The estimate of carbohydrates in plant extract by anthrone, *Biochem. J.* 57: 508—514.

THE WATER PHYSIOLOGY AND REASONABLE IRRIGATION OF RICE PLANTS

IV. THE EFFECT OF WATER RELATION AND NITROGEN NUTRITION ON THE YIELD AND RELATED PHYSIOLOGICAL PROCESS OF RICE PLANTS

C. Tsui, W. Ni, S. H. Mao and S. H. Man

(Laboratory of Plant Physiology, Institute of Botany, Academia Sinica)

Summary

The experimental work was carried out in 1962 at the Institute of Rice Research, Chun Liang Cheng, Tientsin.

The rice plants (*Oryza sativa* L. var. Ying-fang) were grown in the fields with two different water conditions: (1) the field was submerged with water about 8 cm. deep, (2) the water content of soil was almost saturated. The nitrogen nutrition of each water condition was supplied by the following three different quantities: (1) without nitrogen fertilizer, (2) 7.5 kg. of nitrogen per mou, (3) 15 kg. of nitrogen per mou.

The experimental results obtained are as follows:

The yield of the rice plants which grown in the field of submerged with water was much higher than those which were without water layer at any level of nitrogen supplies. When the water conditions are the same, the yield increases with the increase of the amount of nitrogen. For example, the amount of nitrogen supplied with 7.5 kg. per mou, the yield of the rice plants grown in the field without water layer was 371 kg., but the yield increased to 450 kg. when the plants were submerged with water.

The activity of the root system of the plants submerged with water was higher than those which grown in the field drained off the water and with low nitrogen supply. The amount of bleeding of the plants grown without water layer and supplied with 7.5 kg. of nitrogen was 337 mg. of water per plant within 12 hours, however, it was 646 mg. when the plants were submerged with water.

The free water content of the plant and the rate of transpiration were also accelerated by the increase of water layer and nitrogen supply. While on the contrary, the osmotic pressure and bound water content were decreased.

The starch and protein contents of the plants grown in submerging condition are higher than those which were grown without water layer. The activity of catalase is increased in due proportion with the increase of nitrogen supply and the depth of water, but the activity of peroxidase is decreased with the addition of nitrogen and the depth of water.