

不同氮素水平与水分胁迫对水稻秧苗素质的影响

陈新红¹, 王志琴², 杨建昌²

(1. 淮阴工学院农学系, 江苏 淮安 223001; 2. 扬州大学农学院, 江苏 扬州 225009)

摘要: 通过温室水培试验, 研究了秧苗期水分胁迫(PEG 模拟)对水稻苗期生长生理特性的影响。结果表明: 短期(5d)轻度水分胁迫, 水稻秧苗的根冠比、叶片硝酸还原酶活性、根系活力和根系电导率提高; 且根冠比随氮素水平的上升而降低, 而叶片硝酸还原酶活性和根系活力则相反; 随水分胁迫时期的延长, 根冠比增加趋势减弱, 硝酸还原酶活性和根系活力降低。轻度水分胁迫对叶片叶绿素、丙二醛、各器官可溶性糖和氮含量的影响不大。

关键词: 水稻; 秧苗素质; 氮素; 水分胁迫

中图分类号: S511 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2007)01-0078-04

灌溉是农业生产的主要措施之一, 亚洲国家大约 60% 的作物总产量是在灌溉条件下生产的^[1]。灌溉稻存在水资源严重浪费的现象, 我国目前灌溉水利用率为 30%~40%^[2]。许多专家在有关土壤水分对水稻产量的影响和水稻早育秧方面已作了大量的研究工作^[3~6], 但水稻在苗期进行水分胁迫会发生怎样的变化, 尚缺乏研究。PEG(聚乙二醇)是一种亲水性很强的大分子有机物, 溶于水后能产生强大的渗透压, 常将此作为植物耐旱性选择剂或水分胁迫剂。本文通过设置在不同氮素水平下利用 PEG 进行模拟水分胁迫, 研究其对水稻秧苗素质的影响, 旨在进一步探讨水稻苗期控水对其生长的影响, 为水稻苗期的水分管理提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料与预培养

供试材料: 武育梗 3 号。

水稻催芽后播于装砾石(直径约 0.5 cm)的育秧盘内(45 cm×35 cm×10 cm), 四叶一心期移栽到塑料桶内(20 cm×25 cm), 塑料桶外用不透光的铝箔纸包住, 完全营养液(Hogland 营养液), 每桶共 15 个苗, 每 7 天换一次营养液, 每天清晨和傍晚为塑料桶添水, 保证塑料桶内营养液的体积一致, 水培塑料桶放置在温室约 1 m 高的木架上, 室内温度约 27℃ 左右。

1.2 试验处理

移栽后第 5 天进行氮素((NH₄)₂SO₄)的三种用量水平, 分别为 1/4 的正常水培氮量(LN)、正常水培氮量(MN)、2 倍的正常氮量(HN); 各氮肥处理的

基础上进行两种水分水平处理, 分别为: 清水(对照, WW), 20%PEG(聚乙二醇-6000)(WS)(此浓度设置相当于土壤水势约-30 kPa, 轻度水分胁迫), 共 6 个处理, 每处理 12 盆, 水分处理后于第 5 天和第 10 天取样进行测定。

1.3 测定项目

叶片相对含水量的测定参照邹琦方法^[7], 略作修改:

① 剪取叶片, 迅速放入已知重量的铝盒中, 称出鲜重(FW); 后将样品浸入蒸馏水中 6~8 h, 取出, 用吸水纸擦干样品表面水分, 称重; 再将样品浸入蒸馏水 1 h, 取出, 擦干, 称重, 直至样品重量近似, 即得样品饱和和鲜重(SW); ② 放入 105℃ 的烘箱杀青 15 min, 然后于 80℃ 下烘至恒重, 称出干重(DW)。

叶片含水量(占干重%) = $(FW - DW) / DW \times 100\%$

叶片相对含水量(RWC) = $(FW - DW) / (SW - DW) \times 100\%$

单株干重和根冠比的测定: 取样清洗, 分各器官放入 105℃ 的烘箱杀青 15 min, 然后于 80℃ 下烘至恒重, 并计算根冠比; 叶片叶绿素含量的测定: 采用热乙醇法^[8]; 叶片硝酸还原酶活性的测定: 采用活体法^[7]; 丙二醛含量的测定: 参照张宪政的硫代巴比妥酸(TBA)比色法^[9]; 各器官非结构性碳水化合物含量的测定: 用 80% 乙醇提取一蒽酮法测定^[10]; 根系活力: 采用 α-萘胺法测定^[11]; 根系电导率的测定: 采用外渗电导法^[12]。

电解质渗出率(%) = $\frac{\text{浸泡液中电导率值}}{\text{煮沸后电导率值}} \times 100$

收稿日期: 2005-07-27

基金项目: 国家自然科学基金(30270778, 30370828); 江苏省自然科学基金(BK2003041)

作者简介: 陈新红(1969—), 女, 新疆伊犁人, 讲师, 博士, 主要从事作物栽培生理的教学与研究。E-mail: cxh_xj@163.com.

通讯作者: 杨建昌, 教授, 博士生导师。

数据分析采用 ANOVA 法,用 SAS 软件进行分析,使用 PLSD_{0.05} 进行处理间差异显著性检验,采用 Sigmaplot 软件制图。

2 结果与分析

2.1 叶片含水量和根冠比

不同氮素水平下水分胁迫对叶片含水量的影响(图 1A)表现为,水分胁迫处理后 5 d 和 10 d。叶片含水量下降的幅度随氮素水平的提高而增大,表明氮肥水平过高,秧苗对水分胁迫更加敏感。水分胁迫减弱了根干重的增加(图 1B),而氮素因子则弥补了这点。在相同的水分水平下,根干重随氮素水平的提高而增加。在 LN 水平下,水分胁迫显著降低

了根干重的增加,在 MN 和 HN 水平下,水分胁迫对根干重的影响有所削弱。

根冠比是反映根系与地上部生长协调的重要指标。不同水分水平下氮素营养对秧苗根冠比的影响表现为:在相同水分水平下,根冠比随氮肥水平的提高而降低,表明氮肥对地上部分的促进作用大于根系;水分胁迫的影响则相反(图 1C)。水分胁迫处理使根冠比增大,表明根系生长不如地上部生长对干旱敏感。根冠比以水分胁迫和 LN 时最大,随施氮量增加以及供水条件的改善,根冠比有减少的趋势,并以供水充足和 HN 水平时最小,再次证明了高氮营养水平对地上部生长的促进作用大于对根系的促进作用^[13]。

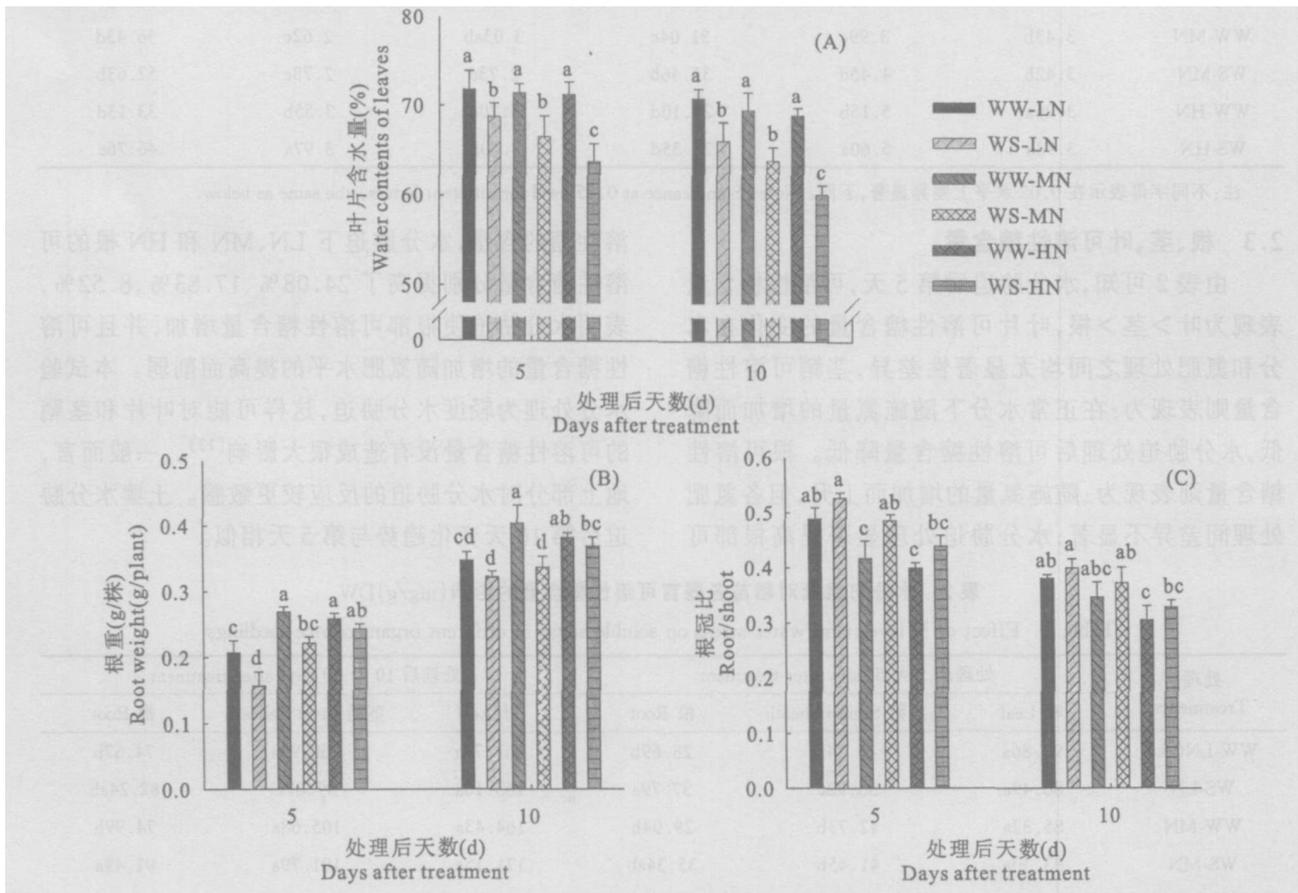


图 1 氮素与水分对水稻苗期叶片含水量、根重和根冠比的影响

Fig. 1 Effect of N levels and water stress on water content of leaves, root weight and root/shoot in rice seedlings

2.2 叶片叶绿素含量、硝酸还原酶和丙二醛含量

由表 1 可知,水分胁迫后第 5 天,叶绿素含量是随施氮量的增加而提高, LN 处理下,水分胁迫显著增加了叶绿素含量,这可能与水分胁迫后,根冠比增大,提高了根系对养分吸收能力有关。在 MN 和 HN 水平下,水分胁迫与非水分胁迫间无显著性差异,处理后第 10 天,无论何种氮肥水平,水分胁迫使叶绿素含量均显著降低,表明水分胁迫对水稻秧苗

的影响与水稻本身的氮素水平的高低有密切关系,在水分胁迫下适当提高氮肥水平,可以延缓叶绿素含量下降的速度。

硝酸还原酶活性对水分胁迫和氮素水平的反应比叶片叶绿素含量敏感。处理后第 5 天,水分胁迫显著提高叶片硝酸还原酶活性,并随氮肥水平的提高而上升。处理后第 10 天,在 LN 和 MN 水平下,硝酸还原酶在非胁迫和胁迫处理间无显著性差异,

但在 HN 水平下,水分胁迫处理的硝酸还原酶活性提高,可能与水分胁迫处理提高了根系活力,从而促进根系对 $\text{NO}_3\text{-N}$ 吸收有一定关系。

MDA 是膜脂过氧化物,细胞膜透性是反映细胞膜结构和功能的常用指标,从表 1 可以看出,水分胁迫处理后第 5 天,MDA 含量在 LN 和 MN 水平下

均较对照(WW-LN)高,但 HN 水平下无显著差异。水分胁迫后第 10 天 MDA 的含量均显著高于对照,且表现为 $\text{LN} > \text{MN} > \text{HN}$ 。表明氮素水平的高低影响膜质氧化的程度,HN 水平下,使膜质氧化的程度减轻。

表 1 水分与氮素对稻苗叶片叶绿素、硝酸还原酶和丙二醛含量的影响

Table 1 Effect of N levels and water stress on Chl, NR and MDA of leaves in rice seedlings

处理 Treatments	处理后 5 天 5 days after treatment			处理后 10 天 10 days after treatment		
	叶绿素含量 Chl (mg/g)FW	硝酸还原酶 活性 NR [$\mu\text{g}/(\text{g}\cdot\text{h})$]FW	丙二醛含量 MDA ($\mu\text{mol}/\text{g}$)FW	叶绿素含量 Chl (mg/g)FW	硝酸还原酶 活性 NR [$\mu\text{g}/(\text{g}\cdot\text{H})$]FW	丙二醛含量 MDA ($\mu\text{mol}/\text{g}$)FW
WW-LN(ck)	2.79 _d	2.50 _f	31.23 _e	2.73 _c	2.27 _d	37.56 _d
WS-LN	3.10 _c	3.02 _e	39.14 _a	2.21 _d	2.31 _d	64.63 _a
WW-MN	3.43 _b	3.99 _c	31.04 _c	3.03 _{ab}	2.62 _c	36.43 _d
WS-MN	3.42 _b	4.45 _d	35.46 _b	2.73 _c	2.78 _c	52.63 _b
WW-HN	3.96 _a	5.15 _b	27.10 _d	3.20 _a	3.55 _b	33.13 _d
WS-HN	3.93 _a	5.60 _a	28.35 _d	3.00 _b	3.97 _a	46.76 _c

注:不同字母表示在 0.05 水平上差异显著,下同。Note: Significance at 0.05 level for different letters, the same as below.

2.3 根、茎、叶可溶性糖含量

由表 2 可知,水分胁迫后第 5 天,可溶性糖含量表现为叶>茎>根,叶片可溶性糖含量的变化在水分和氮肥处理之间均无显著性差异,茎鞘可溶性糖含量则表现为:在正常水分下随施氮量的增加而降低,水分胁迫处理后可溶性糖含量降低。根可溶性糖含量则表现为:随施氮量的增加而上升,但各氮肥处理间差异不显著;水分胁迫处理显著提高根部可

溶性糖的含量,水分胁迫下 LN、MN 和 HN 根的可溶性糖含量分别提高了 24.08%、17.83%、8.52%,表明水分胁迫使根部可溶性糖含量增加,并且可溶性糖含量的增加随氮肥水平的提高而削弱。本试验水分处理为轻度水分胁迫,这样可能对叶片和茎鞘的可溶性糖含量没有造成很大影响^[13]。一般而言,地上部分对水分胁迫的反应较更敏感。土壤水分胁迫后第 10 天变化趋势与第 5 天相似。

表 2 水分与氮素对稻苗各器官可溶性糖含量的影响(mg/g)DW

Table 2 Effect of N levels and water stress on soluble sugar in different organs of rice seedlings

处理 Treatments	处理后 5 天 5 days after treatment			处理后 10 天 10 days after treatment		
	叶 Leaf	茎鞘 Stem + sheath	根 Root	叶 Leaf	茎鞘 Stem + sheath	根 Root
WW-LN(ck)	90.86 _a	45.84 _a	28.69 _b	164.74 _a	100.95 _a	74.67 _b
WS-LN	86.49 _a	35.92 _c	37.79 _a	163.16 _a	99.67 _a	82.24 _{ab}
WW-MN	85.32 _a	42.73 _b	29.04 _b	164.43 _a	105.68 _a	74.99 _b
WS-MN	83.30 _a	41.45 _b	35.34 _{ab}	171.15 _a	101.79 _a	91.49 _a
WW-HN	74.71 _b	43.21 _{ab}	31.55 _{ab}	174.94 _a	101.79 _a	73.93 _b
WS-HN	87.04 _a	36.60 _c	34.49 _{ab}	171.47 _a	107.04 _a	86.97 _a

2.4 根、茎、叶氮含量

不同氮素水平下水分胁迫对各器官氮含量的影响见表 3,各器官氮含量以叶片最高,茎和根相似,各器官的氮素含量与氮肥水平呈正相关。水分胁迫后第 5 天,叶、茎的氮含量降低,但与对照(WW-LN)差异不显著。在水分胁迫后第 10 天,根氮含量在 LN 和 MN 水平下显著降低,HN 之间无显著性差异。这可能是由于胁迫初期,根系活力增加,使其

吸收能力也增强,随着胁迫持续,根系活力下降,导致 LN 和 MN 的水分胁迫根器官氮含量下降。

2.5 根系活力和根系电导率

水分胁迫对根系活力影响见图 2,水分胁迫第 5 天,在三种氮肥水平(LN、MN、HN)下,根系活力均显著提高。表明苗期短期的轻度水分胁迫,有利于根系的生长和对养分的吸收;水分胁迫第 10 天。根系活力均较对照下降,但 HN 水平下,水分胁迫与对

照间无显著性差异,表明随水分胁迫的持续,根系活力会下降,而其下降的程度则与氮素水平的高低有关。

根系电导率的变化表现为,水分胁迫使根系的电导率增加,并随处理的持续而上升,但 MN 水平下,根系电导率上升的幅度低于 LN 和 HN。

表 3 水分与氮素对稻苗各器官氮含量的影响(g/kg)DW

Table 3 Effect of N levels and water stress on N content of different organs in rice seedling

处理 Treatments	处理后 5 天 5 days after treatment			处理后 10 天 10 days after treatment		
	叶 Leaf	茎鞘 Stem + sheath	根 Root	叶 Leaf	茎鞘 Stem + sheath	根 Root
WW-LN(ck)	2.91b	0.76c	0.85b	2.27bc	0.67c	0.93a
WS-LN	2.75b	0.85c	0.90ab	2.16c	0.72c	0.70b
WW-MN	3.40ab	1.03abc	0.96ab	2.53ab	0.81bc	1.03a
WS-MN	3.34ab	0.98bc	1.04ab	2.63ab	0.83bc	0.74b
WW-HN	3.86a	1.40a	1.07ab	2.72a	0.94ab	0.99a
WS-HN	3.53ab	1.28ab	1.12a	2.81a	1.05a	1.00a

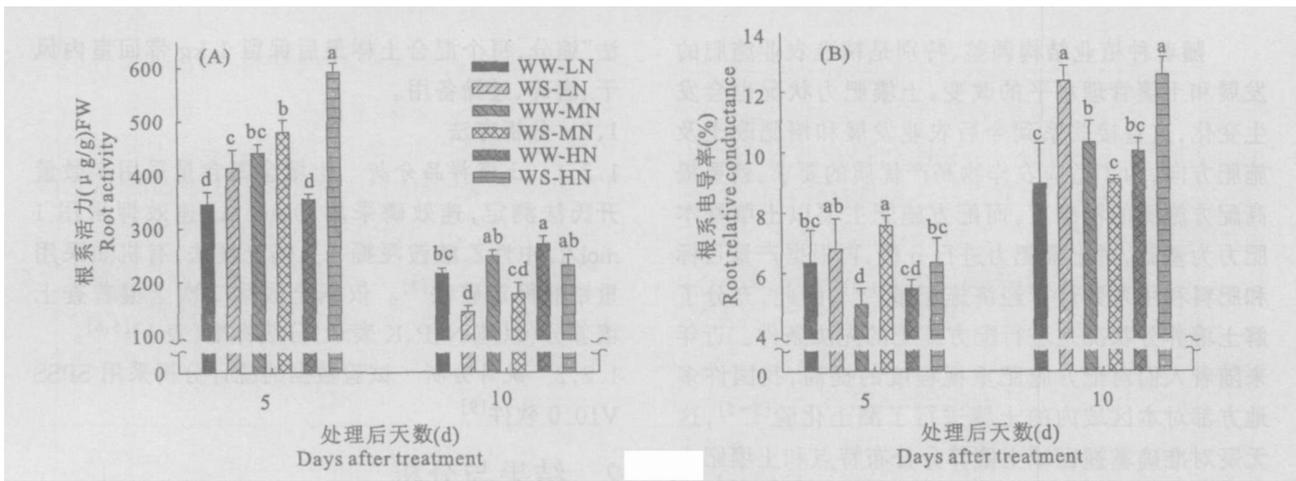


图 2 水分胁迫与氮素对稻苗根系活力和根系电导率的影响

Fig. 2 Effect of N levels and water stress on root activity and root relative conductance in rice seedlings

3 结 论

由试验可知,叶片含水量下降的幅度随氮素水平的提高而增大。水分胁迫减弱了根干重的增加,氮素因子则弥补了这点^[14]。秧苗根冠比以水分胁迫和 LN 时最大,随施氮量增加以及供水条件的改善,根冠比有减少的趋势,并以供水充足和 HN 水平时最小,再次证明了高氮营养水平对地上部生长的促进作用大于对根系的促进作用^[15];硝酸还原酶活性对水分胁迫和氮素水平的反应比较敏感,水分胁迫显著提高叶片硝酸还原酶活性,并随氮肥水平的提高而上升;水分胁迫处理显著提高根部可溶性糖的含量,水分胁迫下 LN、MN 和 HN 根的可溶性糖含量提高了 24.08%、17.83%、8.52%,并且可溶性糖含量的增加随氮肥水平的提高而削弱。由以上可以说明,在一定的氮肥条件下,短期的轻度水分胁迫可以提高根系的活力和叶片硝酸还原酶的活性,增大根冠比,根部含糖量的增加,从而增加了细胞质的

浓度。因此,水稻苗期在一定的氮肥水平下进行短期的水分胁迫,可以提高水稻的苗期素质,但是苗期良好的灌溉条件下,氮肥不宜过多。随水分胁迫的持续,会造成根系活力的下降以及叶片丙二醛含量的上升,会对秧苗产生不利的影响。

参 考 文 献:

- [1] Yudelman M. Water and food in developing countries in the next century [A]. Water low J.C. Feeding a World Population of More Than Eight Billion People, a challenge to Science [C]. New York: Oxford, 1998. 57-98.
- [2] 邓楠. 制定《农业科技发展纲要》,推动农业科技革命[J]. 中国农业科技导报, 1999, (2): 3-8.
- [3] 朱庆森, 邱泽森, 羌长鉴, 等. 水稻各生育期不同土壤水势对产量的影响[J]. 中国农业科学, 1994, 27(6): 15-22.
- [4] 杨建昌, 王志琴, 朱庆森. 不同土壤水分状况下氮素营养对水稻产量的影响及其生理机制的研究[J]. 中国农业科学, 1996, 29(4): 58-66.

特征的研究(I)——土壤水分的垂直变化和季节变化特征[J].西北林学院学报,2003,18(4):13-16.

[20] 贺菊美,王一鸣.不同覆盖材料对春玉米土壤环境及产量效应研究[J].中国农业气象,1996,17(3):33-36.

Comparison of soil moisture characteristics of terraced field and dammed land in Nianzhuanggou watershed of Yan'an

WANG Ji-xia, SUN Hu, WANG Zu-zheng

(College of Tourism and Environment, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China)

Abstract: Taking the Nianzhuanggou watershed as a research field, the soil moisture characteristics of terraced field and dammed land were analyzed. The fact showed that the vertical distribution of the soil moisture in terraced field and dammed land has the similar characteristics. The vertical moisture variation of terraced field and dammed land could be divided into 4 layers: soil moisture drastic change layer, soil moisture activity layer, soil moisture low activity layer and soil moisture relatively stable layer. The soil moisture of dammed land was higher than that of terraced field, also the different crop types could causes soil moisture change and the change is extremely remarkable between different crop types.

Keywords: Nianzhuanggou watershed soil; terraced land and dammed land; moisture; vertical variation

(上接第 81 页)

[5] 邱泽森,朱庆森,刘建国,等.水稻在不同土壤水势下的生理反应[J].江苏农学院学报,1993,14(2):7-11.

[6] 张玉屏,李金株,黄义德.水分胁迫对水稻根系生长和部分生理特征的影响[J].安徽农业科学,2001,29(1):58-59.

[7] 邹琦.植物生理学实验指导[M].北京:中国农业出版社,2000.

[8] 冯瑞英.热乙醇快速提取叶绿素的方法[J].江苏农学院学报,1985,6(3):53-54.

[9] 张宪政.作物生理研究法[M].北京:农业出版社,1992.

[10] 蔡武城,袁厚积.生物物质常用化学分析法[M].北京:科技出版社,1982.15-16.

[11] 山东农学院,西北农学院.植物生理实验指导[M].济南:山东科技出版社,1980.183-186.

[12] 张宪政,谭桂茹,黄元极,等.植物生理学实验技术[M].沈阳:辽宁科学技术出版社,1989.

[13] 卢从明,张其德,匡延云,等.土壤水分胁迫下氮素营养对水稻光合作用及水分利用效率的影响[J].中国科学院研究生学报,1993,10(2):197-202.

[14] 杨惠敏,王根轩.干旱和 CO₂ 浓度升高对干旱区春小麦气孔密度及分布的影响[J].植物学报,2001,25(3):312-316.

[15] 张殿忠,汪洪洪,赵会贤.测定小麦叶片游离脯氨酸含量的方法[J].植物生理学通讯,1990,17(4):262-265.

Effect of different nitrogen levels and water stress on qualities of rice seedling

CHEN Xin-hong^{1,2}, WANG Zhi-qin², YANG Jian-chang²

(1. Department of Agricultural, Huaiyin Institute of Technology, Huaiyin 223001, China;

2. Agronomy Department, college of Agriculture, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China)

Abstract: In order to study the effect of nitrogen and water stress on qualities of rice seedling the water planting and PEG imitated with water stress were carried out in greenhouse. The result showed: root/shoot, NR, root activity and root relative conductance were increased during short period and light water stress; with nitrogen enhancing, root/shoot was reduced. But NR and root activity were opposite; with extending of water stress, root/shoot trended to increase, NR and root activity were decreased. The effects of light water stress on content of chlorophyll, MDA of leaf, soluble sugar and N content of root, stem and leaf were not obvious.

Keywords: rice; qualities of seedling; nitrogen; water stress