

超绿水稻品种(系)‘沈农19-6’根系的生长和生理特性初探

隋阳辉, 赵明辉*, 阚学飞, 徐海, 陈温福*

沈阳农业大学水稻研究所, 省部共建北方粳稻遗传育种重点实验室, 农业部作物生理生态遗传育种重点开放实验室, 沈阳110866

摘要: 采用盆栽方法, 研究不同生育时期超绿水稻品种(系)‘沈农19-6’根系的生长和生理特性。结果表明, 生育后期品种(系)‘沈农19-6’的最大根长、根体积、根干重和根冠比显著或极显著大于‘沈农07-015’和‘丰锦’; 根系氧化能力(α -萘胺氧化量)和根系还原能力均高于‘沈农07-015’和‘丰锦’。上述指标在整个生育期内的变化趋势与‘沈农07-015’和‘丰锦’基本上一致, 但在生育后期其根系衰老速度缓慢, 根系活力高。

关键词: 超绿水稻; 根系形态; 根系活力

Preliminary Study on Growth and Physiological Characteristics of Super-Green Rice Root

SUI Yang-Hui, ZHAO Ming-Hui*, KAN Xue-Fei, XU Hai, CHEN Wen-FU*

Key Laboratory of Crop Physiology, Ecology, Genetics and Breeding, Ministry of Agriculture, Key Laboratory of Northern Japonica Rice Genetics and Breeding Cooperated by Education Ministry and Liaoning Province, Rice Institute, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China

Abstract: Root morphology and physiology characters in different growth stages of super-green rice ‘Shennong 19-6’ were studied by using the method of potted planting. The results showed that root max-length, root volume, root dry weight and root/shoot ratio were significantly higher in super-green rice ‘Shennong 19-6’ than in ‘Shennong 07-015’ and ‘Fengjin’, especially at late growth stage. Both oxidative and reductive activity of root were higher in ‘Shennong 19-6’ than in ‘Shennong 07-015’ and ‘Fengjin’ at late growth stage. These root physiological parameters had similar trends in ‘Shennong 19-6’, ‘Shennong 07-015’ and ‘Fengjin’. However, the super-green rice ‘Shennong 19-6’ had slower root aging speed and higher root vigor than in ‘Shennong 07-015’ and ‘Fengjin’ at later period of growth.

Key words: super-green rice; root morphology; root vigor

北方杂交粳稻生育后期根系的衰退很可能是造成地上部早衰、结实率和充实度不佳的根本原因(陈温福和徐正进 2008)。挖掘和利用具有抗旱衰特性的水稻种质资源, 对于改良杂交粳稻生育后期抗旱衰特性是有意义的。超绿水稻品种‘沈农19-6’是我们实验室在超级稻选育实践中发现的一种新的种质资源, 其在整个生育期间的叶绿素含量较高, 叶色深绿, 特别是生育后期仍然有较深的绿色, 叶绿素含量下降缓慢。一般来说, 光合速率与叶片中叶绿素含量是有关系的, 所以这种水稻对提高水稻光合效率、延长光合时间、增强光合势、增加水稻抗衰老能力, 进而提高水稻产量可能有一定的意义。为此, 我们实验室围绕这一特殊水稻品系开展了一系列研究, 并观察到此种超绿水稻具有较高的光合速率(单提波等 2009), 但对其叶色深绿

的原因及其相关生理指标, 特别是根系的生理特性尚不清楚。根系作为吸收和转运养分和水分的主要器官, 其生长情况与活力大小将直接影响到地上部的生长发育(白书农和肖翊华 1986; 石庆华等 1995; 潘晓华等 1996; Yadav 等 1997; 吴伟明等 2001; 徐富贤等 2002; Price 等 2002; 孙静文等 2003; 蔡昆争等 2005; 代贵金等 2008; Zhang 等 2009), 为此, 本试验对此种超绿水稻的根系特性进行了研究。

收稿 2010-01-04 修定 2010-03-01

资助 公益性行业(农业)科研专项经费项目(nyhyzx07-001)、辽宁省科学技术计划重大项目(2008201002)和国家“十一五”科技支撑计划(2006BAD01A01-6)。

* 共同通讯作者(E-mail: wfchen5512@yahoo.com.cn, mhzhao@syau.edu.cn; Tel: 024-88487186, 024-88487184)。

材料与方法

试验于2009年在沈阳农业大学水稻研究所进行,以超绿叶色水稻(*Oryza sativa* L.)品种‘沈农19-6’为试材,以叶浅黄色的水稻品种(系)‘沈农07-015’和叶色正常的水稻品种(系)‘丰锦’作为对照。采用盆栽方法,塑料盆上口直径为30 cm,下口直径为20 cm,高为26 cm。每盆装土13.5 kg,取土时充分混合,过筛,晾干。土壤为砂壤土,土壤有机质含量为29.8 mg·g⁻¹(土),全氮含量为1.11~1.28 mg·g⁻¹(土),全磷含量为2.80 mg·g⁻¹(土),全钾含量为34.0 mg·g⁻¹(土),水解氮含量为30.0 μg·g⁻¹(土),速效磷含量为5.90 μg·g⁻¹(土)。4月13日播种,营养土(按照水稻苗期生长规律和营养特点配制的育苗专用土)保温早育苗(陈温福 2007),5月20日移栽。每盆3穴,每穴1株,重复3次。育苗、插秧及管理田间管理相同。

在分蘖盛期、拔节期、齐穗期、灌浆期和成熟期分别取样,采用流水冲洗方法获得完整根系。用排水法测定根体积(张宪政 1992),用直尺测

定最大根长,以α-萘胺法测定根系氧化能力,以TTC还原法测定根系还原能力(张宪政 1992)。采用95%乙醇(郝再彬等 2002)测定鲜样中的叶绿素含量。鲜根及地上部置于105℃中杀青30 min后再放80℃中烘干至恒重,称其干重,计算根冠比。

数据用Microsoft Excel 2003和DPS软件对数据进行统计和分析。

结果与讨论

1 不同品种(系)叶片的叶绿素含量

表1可见,在整个生育时期超绿水稻‘沈农19-6’的叶绿素含量均极显著高于其他2个水稻品种(系)。叶绿素含量的变化趋势均随着生育时期的推进而逐渐下降。从齐穗期到成熟期,‘沈农19-6’的叶绿素含量下降56%,叶色浅黄的‘沈农07-015’下降87%,叶色正常的‘丰锦’下降90%。这表明随着生育的进程后二者植株衰老早些,叶片褪绿变黄;而超绿水稻‘沈农19-6’即使到了生育后期仍然保持较高含量的叶绿素,持绿时间长(单提波等 2009)。

表1 不同生育期3种水稻叶片叶绿素含量变化

Table 1 Changes of chlorophyll content in rice leaves at different growth stages

品种(系)	叶绿素含量/mg·g ⁻¹ (FW)				
	分蘖期	拔节期	齐穗期	灌浆期	成熟期
‘沈农19-6’	4.46±0.06 ^{Aa}	4.68±0.15 ^{Aa}	4.57±0.23 ^{Aa}	3.60±0.06 ^{Aa}	2.03±0.07 ^{Aa}
‘沈农07-015’	2.89±0.23 ^{Bc}	2.48±0.03 ^{Cc}	2.41±0.21 ^{Bb}	1.87±0.19 ^{Bb}	0.32±0.05 ^{Bb}
‘丰锦’	3.51±0.16 ^{Bb}	3.13±0.08 ^{Bb}	2.88±0.32 ^{Bb}	2.46±0.27 ^{Bb}	0.30±0.04 ^{Bb}

同列数据后不同大、小写字母分别表示1%和5%水平差异显著。

2 根系的生长性状

表2分析了不同生育期超绿水稻根系的生长特性:

(1)整个生育期3种水稻的根体积变化趋势基本上一致,都是先增加后减小。根体积达到最大值的时期,‘沈农19-6’和‘丰锦’都为灌浆期,而‘沈农07-015’则在拔节期。超绿水稻‘沈农19-6’在各个生育期都有较高的根体积;特别是齐穗期以后的各生育期,根体积极显著高于其他2个水稻品种,即使是成熟期仍然具有较大的根体积。

(2)整个生育期3个品种(系)水稻的最大根长

变化趋势一致,均在拔节期达到最大;随着生育时期的推进,最大根长逐渐变短,这与前人的研究结果(何芳禄和王明全 1980;王彦荣等 2001)不一致。表明3个品种(系)水稻都不断的发生根系的新陈代谢。从拔节期到成熟期3个品种(系)水稻的最大根长变化幅度分别为17.78%、22.33%和32.99%,其中以‘沈农19-6’的变化幅度最小。各生育时期,超绿水稻‘沈农19-6’的最大根长都极显著高于其他2个品种(系)水稻,表明超绿水稻不仅有较大的根体积,其根系下扎也较深。

(3)三个品种(系)水稻的根干重都呈先增加后

表2 不同生育期超绿水稻的根系生长特性变化

Table 2 Changes of characteristics of root growth in super-green rice at different growth stages

生育时期	品种(系)	根体积/cm ³	最大根长/cm	根干重/g·株 ⁻¹	根冠比
分蘖期	‘沈农 19-6’	45±3.33 ^{ABa}	42.1±0.74 ^{Aa}	3.98±0.08 ^{Aa}	0.4695±0.0018 ^{Aa}
	‘沈农 07-015’	51±2.73 ^{Aa}	37.7±0.81 ^{Bb}	3.78±0.42 ^{Aa}	0.4729±0.0016 ^{Aa}
	‘丰锦’	35±1.73 ^{Bb}	32.6±1.06 ^{Cc}	2.80±0.14 ^{Ab}	0.4663±0.0054 ^{Aa}
拔节期	‘沈农 19-6’	70±0.67 ^{Aa}	61.3±2.53 ^{Aa}	9.69±0.51 ^{Bb}	0.4473±0.0373 ^{Aa}
	‘沈农 07-015’	68±3.06 ^{ABa}	49.7±0.49 ^{Bb}	12.52±0.52 ^{Aa}	0.4634±0.0191 ^{Aa}
	‘丰锦’	58±1.73 ^{Bb}	48.2±0.25 ^{Bb}	12.56±0.36 ^{Aa}	0.4389±0.0083 ^{Aa}
齐穗期	‘沈农 19-6’	85±1.73 ^{Aa}	58.4±0.64 ^{Aa}	18.63±0.79 ^{Aa}	0.4018±0.0189 ^{Aa}
	‘沈农 07-015’	65±1.33 ^{Bb}	49.5±0.55 ^{Bb}	18.52±0.68 ^{Aa}	0.3377±0.0042 ^{Bb}
	‘丰锦’	55±2.52 ^{Cc}	43.8±0.69 ^{Cc}	16.78±0.31 ^{Aa}	0.2960±0.0079 ^{Bb}
灌浆期	‘沈农 19-6’	88±2.03 ^{Aa}	57.1±0.37 ^{Aa}	12.86±0.15 ^{Aa}	0.2606±0.0102 ^{Aa}
	‘沈农 07-015’	64±2.65 ^{Bb}	39.4±0.26 ^{Bc}	10.87±0.19 ^{Ab}	0.1891±0.0034 ^{Bb}
	‘丰锦’	62±3.18 ^{Bb}	41.0±0.52 ^{Bb}	11.78±0.67 ^{ABa}	0.2455±0.0170 ^{ABa}
成熟期	‘沈农 19-6’	80±2.08 ^{Aa}	50.4±0.66 ^{Aa}	12.58±0.30 ^{Aa}	0.2475±0.0093 ^{Aa}
	‘沈农 07-015’	61±0.58 ^{Bb}	38.6±0.12 ^{Bb}	10.45±0.33 ^{Bb}	0.1748±0.0127 ^{Bb}
	‘丰锦’	58±1.00 ^{Bb}	32.3±0.58 ^{Cc}	9.88±0.24 ^{Bb}	0.1954±0.0114 ^{ABb}

同列中同一生育时期数据后不同大、小字母分别表示 1% 和 5% 水平差异显著。

减小的趋势,且都在齐穗期达到最大值,但超绿水稻‘沈农 19-6’从分蘖期-拔节期-齐穗期的根干重都有较大幅度的增加,而其他 2 个品种(系)水稻在分蘖期-拔节期的根干重增加幅度较大,拔节期-齐穗期增加的幅度较缓慢。随着生育时期的进程,根系衰老死亡,根干重逐渐变小。三者的下降幅度分别为 32.47%、43.57% 和 41.12%。方差分析表明,‘沈农 19-6’的根干重在拔节期和成熟期与其他 2 个品种(系)的差异极显著,拔节期极显著低于其他 2 个品种(系),而成熟期极显著高于其他 2 个品种(系),其他时期的差异不明显(表 2)。表明‘沈农 19-6’比其他 2 个品种(系)的根系衰老速度慢,成熟期仍然有较大的根干重。

(4)三个品种(系)水稻的根冠比在全生育期内的变化趋势完全相同,都是随着生育进程的推进根冠比逐渐减小,这与前人的结果(王彦荣等 2001)一致。在水稻的营养生长阶段,根、茎、叶同时生长,地上部的生长大于根系,根冠比减小,其中以‘沈农 19-6’的幅度最小,‘丰锦’变化最大。在生殖生长阶段,‘沈农 19-6’和‘沈农 07-015’地上部的增长速度基本上一致,但由于‘沈农 19-6’根系的衰老速度比较慢,所以其根冠比减小幅度要比‘沈农 07-015’小;而‘丰锦’在此阶段的地上部与根系同时衰老,所以根冠比变化幅度最小。方差分析表

明,在分蘖期和拔节期,‘沈农 19-6’与其他 2 个品种(系)水稻的根冠比差异不明显,而在齐穗期和成熟期,‘沈农 19-6’的根冠比都极显著或显著大于其他 2 个品种(系)。在灌浆期,‘沈农 19-6’和‘沈农 07-015’的根冠比差异达到极显著水平,而与‘丰锦’的差异不明显(表 2)。这些结果表明在生育后期,超绿水稻‘沈农 19-6’有较发达的根系,而且根系后期衰老缓慢,故能保证吸收足够的养分供给地上部分的需要,这也可能是超绿水稻生育后期仍然能保持较高叶绿素含量的原因之一。

3 根系的氧化和还原能力

图 1 显示:

(1)三个品种(系)水稻的氧化能力(α -萘胺氧化量)均随着生育进程推进不断下降,这与凌启鸿等(1989)的结果相同。除了齐穗期以外,超绿水稻‘沈农 19-6’的 α -萘胺氧化量都是最大的,特别是在拔节期极显著高于其他 2 个品种。表明超绿水稻的根系活力,特别是生育后期的根系活力较高(图 1-a)。

(2)各生育时期超绿水稻‘沈农 19-6’的根系还原能力都最高。在分蘖期,‘沈农 19-6’的根系还原能力显著高于‘沈农 07-015’,但与‘丰锦’的差异不显著。在以后各个时期,‘沈农 19-6’的根系还原能力都显著或极显著高于其他 2 个品种。这

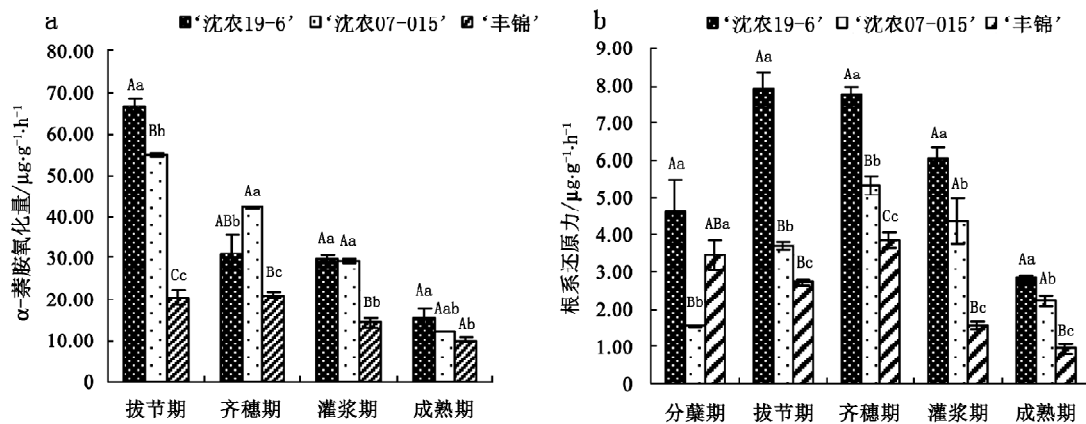


图1 不同生育期超绿水稻根系的氧化能力和还原能力的变化

Fig.1 Changes of root oxidative and reductive activity in super-green rice at different growth stages

a: 根系的氧化能力; b: 根系的还原能力。同一生育期柱形图上不同大、小写字母表示1%和5%水平差异显著。

表明,超绿水稻‘沈农19-6’在整个生育期都有较高的根系活力,这也可能是其在全生育期内叶绿素含量一直较高的原因之一。从变化趋势来看,‘沈农19-6’和‘沈农07-015’的根系还原能力的变化趋势大体相同,呈单峰曲线变化。‘沈农19-6’的根系还原能力在拔节期达到最高值,从拔节期到齐穗期的下降幅度较小,齐穗期后则大幅度下降。而‘沈农07-015’和‘丰锦’两者的根系还原能力在齐穗期达到最高值,从齐穗期开始就大幅度下降(图1-b)。

总之,在整个超绿水稻生育期间,其叶色深绿程度与根系的根长是平行增长的,说明最大根长可能是影响水稻叶色的主要因素。从拔节期到成熟期,根体积和根系还原能力与叶的绿色加深呈平行关系。在成熟期,叶色加深与根系的各种生理指标的增大呈正相关,说明在成熟期,植株衰老,叶色褪绿,根的形态和生理指标都影响叶色的变化。关于叶色与根系各种特性的关系应进一步研究。此外,利用超绿水稻根系活力强的特点来解决根系早衰的杂交粳稻的根系特性,从而进一步提高杂交粳稻的产量也值得探讨。

参考文献

白书农,肖翊华(1986).近年来水稻根系生理研究的几个特点.植物生理学通讯,(4):18~22
 蔡昆争,骆世明,段舜山(2005).水稻群体根系特征与地上部生长发育和产量的关系.华南农业大学学报,26(2):1~4
 陈温福,徐正进(2008).水稻超高产育种理论与方法.北京:科学出版社,121~123
 陈温福(2007).北方水稻生产技术问答(第二版).北京:中国农业出版社,78~80

代贵金,华泽田,陈温福,徐正进,王彦荣(2008).杂交粳稻、常规粳稻、早稻及籼稻根系特征比较.沈阳农业大学学报,39(5):515~519
 何芳禄,王明全(1980).水稻根系的生长生理.植物生理学通讯,(3):21~26
 郝再彬,苍晶,徐仲(2002).植物生理实验技术.哈尔滨:哈尔滨出版社,46~49
 凌启鸿,陆卫平,蔡建中,曹显祖(1989).水稻根系分布与叶角关系的研究初报.作物学报,15(2):123~131
 潘晓华,王永锐,傅家瑞(1996).水稻根系生长生理的研究进展.植物学通报,13(2):13~20
 单提波,赵明辉,陈温福(2009).超绿水稻色素含量及其光合特性研究.安徽农业科学,37(19):8944~8946,8952
 石庆华,李木英,徐益群,张佩莲(1995).水稻根系特征与地上部关系的研究初报.江西农业大学学报,17(2):110~114
 孙静文,陈温福,曾雅琴,马英杰(2003).氮素水平对粳稻根系形态及其活力的影响.沈阳农业大学学报,34(5):344~346
 吴伟明,宋祥甫,孙宗修,于永红,邹国燕(2001).不同类型水稻的根系分布特征比较.中国水稻科学,15(4):276~280
 王彦荣,华泽田,代贵金,张忠旭,陈温福(2001).北方粳型杂交稻根系生长特性研究.沈阳农业大学学报,32(6):407~410
 徐富贤,郑家奎,蒋开锋,朱永川,张乃周,林青松,王贵雄,李永东(2002).杂交中稻发根力及根系活力与地上部性状的关系.西南农业学报,15(2):34~37
 张宪政(1992).作物生理研究法.北京:农业出版社,140~143
 Price AH, Steele KA, Moore BJ, Jones RGW (2002). Upland rice grown in soil-filled chambers and exposed to contrasting water-deficit regimes II. Mapping quantitative trait loci for root morphology and distribution. Field Crops Res, 76(1):25~43
 Yadav R, Courtois B, Huang N, McLaren G (1997). Mapping genes controlling root morphology and root distribution in a doubled-haploid population of rice. Theor Appl Genet, 94(5):619~632
 Zhang J, Liu X, Li C, Xiao K, Dong Y (2009). Genetic analysis and molecular mapping of light-sensitive red-root mutant in rice. Rice Sci, 16(1):27~32