

文章编号: 1003-8701(2001)06-0003-08

吉林省水稻超高产育种研究

Ⅲ. 不同穗型品种的光能生理与根系差异

张三元¹, 李 彻¹, 张俊国¹, 赵劲松, 金京德¹,
岩石真嗣², 原田健一², 徐会连², 梅弘村²

(1. 吉林省农业科学院水稻研究所, 吉林 公主岭 136100; 2. 日本自然农法国际研究开发中心)

摘 要: 对不同穗型品种齐穗期受光姿态、不同时期上部叶片叶绿素含量、齐穗期剑叶的光合速率以及根部进行了测定。结果表明: ①直穗型品种受光姿态优于弯穗型, 叶片开张角度普遍小于弯穗型品种 10 度左右, 但平均消光系数与弯穗型品种差异不明显; ②直穗型品种不同时期叶绿素含量高于弯穗类型品种, SPAD 值也表现高; ③在弱光条件下参试的直立穗型的品种中有部分光合速率高于弯穗型品种; ④生育中期所测的直穗类型品种根部导管数多于弯穗型品种 1~2 个, 中柱直径大于弯穗品种。

关键词: 水稻穗型; 消光系数; 叶绿素; 光合速率; 维管束

中图分类号: S5110.3

文献标识码: A

近几年, 东三省水稻直立穗型品种的育成和推广, 带动了超高产育种研究的深入, 使北方粳稻株型改良由形态改良转入生理、光合形态改良的阶段。上部 3 片叶上举、直立、叶宽和穗直立基本作为北方超高产育种理想株型的一种模式。然而, 不同穗型的高产机制研究, 特别是光合作用以及光能利用率与根部发育等的差异研究报道甚少。本文在第二报研究的基础上就不同穗型品种冠层的受光姿态、不同时期上 3 片叶的叶绿素含量、叶色的变化、出穗后剑叶的光合能力、根系生长状况进行测定分析, 旨在进一步探明吉林省水稻超高产品种的生理机制, 为超高产株型改良提供生理上的指标。

1 材料与方 法

试验分二部分: ①1999 年在日本自然农法国际研究开发中心农业试验场(海拔 690 m、黑粘土)进行, 品种采用辽宁省育成的直立穗辽粳 294、沈农 265、沈农 159、沈农 60 及日本优质米弯穗型品种越光。4 月 28 日催芽大棚盘育苗, 秧龄 35 d, 6 月 3 日插秧, 22.5 穴/m², 每穴插 1 株。小区面积 10 m², 4 次重复。本田施用有机肥纯氮量为 14.5 g/m², 人工除草 2 次。10 月上旬收获, 收获面积为 2 m²。②2000 年在吉林省农业科学院水稻研究所玻璃水槽、小区试验田进行。品种采用辽宁省育成的大面积推广的直穗型品种辽粳 294、辽粳 265、沈农 159、沈农 60、辽粳 454 直穗型品种, 吉林省育成的大面积推广种植的弯穗型品种长白九号、

收稿日期: 2001-05-08

作者简介: 张三元(1951-), 男, 上海市人, 吉林省吉农高新技术发展股份公司研究员, 主要从事水稻育种研究。

吉玉粳、通 35、九稻 19, 黑龙江品种五 93-8, 日本优质品种秋田小町等。4 月 10 日催芽, 大棚盘育苗, 秧龄 35 d, 5 月 21 日插秧。

盆栽试验: 秧龄 30 d, 在 5 月 24 日插秧, 每参试品种插于 5 cm^2 钵盆, 每盆插 2 苗, 2 次重复。施肥量与大田一致。

光合能力测定: 盆栽测定, 测试品种种植在 6.7 cm^2 , 每品种出齐穗后对剑叶进行测试, 测试时间为上午 9 时到下午 4 时, 采用美国产光合速率测定仪, 每盆重复 3 次。光能强度为 $0 \sim 2000 \text{ lx}$ 。

叶冠层及消光系数测定: 齐穗期采用美国 CID 公司制造的 CI-110 数字植株冠层测定仪, 进行叶面积指数(LAI)、平均叶倾角(MFIA)及消光系数的测定。

叶绿素含量测定: 采用日本佐竹 spad-502 叶绿素含量测定仪, 孕穗拔节后每 5 d 进行上 3 片叶的测定, 每小区测定 10 株计算平均数。同时采用常规叶绿素含量测定方法, 由吉林省农业科学院生物技术中心测定。

根系活力测定: 采用常规方法, 由吉林省农业科学院生物技术中心测定。根系导管测定及中柱测定: 由吉林农业大学农学院植物教研室测定。

2 结果与分析

2.1 不同穗型田间透光率的差别

水稻不同穗型主要是通过影响群体光分布, 来对其它器官特别是下位叶片的光合作用有影响。我们采用植株冠层测定仪, 对不同穗型品种的出穗期间叶面积指数、上 3 片叶平均的开张角度及不同层次的消光系数进行测定(表 1)。从表 1 中可以看出, 不同穗型品种的叶面积指数在试验田中差别不太明显, 大部分叶面积指数在 4~5 左右。上 3 片叶平均开张角度不同品种由于株型不同而差别十分明显, 直穗型品种大多数叶片上举, 开张角度普遍小于弯曲穗型, 直穗型品种叶片开张角度在 $40 \sim 50$ 度, 弯曲穗型品种叶片开张角度大部分在 $50 \sim 70$ 度。从不同层次的消光系数来看, 弯曲穗型下部消光系数明显要比直穗型品种小, 消光系数是表示单位叶面积指数引起的群体相对照度的变化, 叶面积指数越大, 群体内水平光强度越弱, 相对照度越小, 消光系数也就越小。对不同穗型的叶面积指数及消光系数测定结果进行相关分析, 呈负相关($r = -0.425$), 直穗型品种叶面积指数与弯曲穗型差别不大, 同样直穗型与弯穗型间的消光系数平均值差别也不明显。在群体叶量较小时, 消光系数大

表 1 不同穗型品种叶片开张角度及消光系数的差异

品 种	叶面积指数 (LAI)	叶开张角 (度)	消光系数			
			1	2	3	平均
长白九号	4.84	72.40	0.38	0.53	0.82	0.69
通 35	5.12	73.90	0.36	0.53	0.82	0.68
辽粳 265	4.64	47.30	0.56	0.71	0.64	0.69
沈农 60	3.94	39.50	0.49	0.60	0.73	0.74
辽粳 294	4.98	45.60	0.45	0.76	0.61	0.70
沈农 159	4.94	46.30	0.47	0.72	0.74	0.72
吉粳 66	4.78	68.30	0.42	0.56	0.81	0.71
超产一号	5.00	79.20	0.31	0.50	0.82	0.66
九稻 19	4.65	54.10	0.59	0.66	0.83	0.78
秋田小町	4.32	76.50	0.34	0.52	0.82	0.68

注: 3 为从根基部至 30 cm, 2 为根基部至 50 cm, 1 为根基部至 70 cm。

的群体干物质速率较高,这主要是由于光强在株间垂直分布与作物的光能利用有密切关系,直穗型品种干物质生产量高与光能利用率高是分不开的。

2.2 不同生育时期叶绿素含量的变化

不同的品种叶绿素含量差别比较明显,从对叶绿素 a 及叶绿素 b 的含量测试结果表明(表 2),直穗型品种在不同时期叶绿素含量均较高,尤其在灌浆后期直穗型品种叶绿素的含量明显高于弯穗型品种。为进一步探明直穗型、弯穗型品种的叶绿素含量在不同生育期间的变化,我们采用日本制 SPAD 叶绿素测定仪,用 SPAD 值高低来判断叶绿素含量变化。从水稻拔节、孕穗、分蘖期起每周测定一次(表 3)。从表 3 中可以看出,直穗型品种在生育中期及后期的 SPAD 值变化幅度一般都小于弯穗型品种,而且 SPAD 值大于弯穗型品种,在中、后期生育中叶色一直表现出浓绿状态,从 SPAD 值与叶绿素相关性测试中得出,SPAD 值越

表 2 不同穗型品种在不同生育期间的叶绿素含量变化

mg/L

品 种	7 月 9 日		7 月 20 日		8 月 4 日		9 月 18 日	
	叶绿素 a	叶绿素 b	叶绿素 a	叶绿素 b	叶绿素 a	叶绿素 b	叶绿素 a	叶绿素 b
吉粳 66	4.26	1.89	3.48	2.00	2.23	1.48	0.21	0.30
超产一号	2.91	1.29	3.18	1.65	3.03	1.86	0.30	0.13
通 35	3.49	1.82	3.58	1.74	1.34	0.80	0.06	0.07
吉玉粳	1.95	1.41	4.29	2.77	2.25	1.62	0.15	0.04
九稻 19	4.30	1.74	3.45	1.56	2.12	1.32	0.43	0.30
长白九号	2.45	1.12	3.27	2.18	2.05	1.13	0.06	0.02
秋田小町	2.81	1.37	3.96	2.17	1.83	1.06	0.01	0.02
五 93-8	2.40	0.98	3.46	1.94	1.79	1.14	0.04	0.05
辽粳 294	3.44	1.73	3.37	2.91	2.19	1.30	0.81	0.53
沈农 159	1.88	1.23	2.82	1.72	2.64	1.52	0.62	0.16
沈农 60	2.36	1.41	2.93	1.61	1.89	1.08	0.54	0.13
辽粳 454	3.48	2.11	4.22	2.36	1.55	0.85	0.51	0.18
辽粳 326	2.99	1.46	4.13	1.40	2.05	1.09	0.55	0.03
辽粳 265	2.51	1.57	4.37	3.04	2.22	1.15	0.66	0.22

表 3 不同穗型品种在不同生育期间的 SPAD 值变化

品 种	调查日期(月/日)													
	7/19	7/22	7/24	7/26	7/28	8/1	8/4	8/8	8/12	8/16	8/20	8/24	8/28	9/1
吉 89-45	44.0	45.9	41.8	43.9	45.6	41.0	46.1	44.2	46.1	45.2	44.4	42.1	41.9	35.9
吉玉粳	42.4	42.2	42.4	42.8	43.5	44.3	42.3	41.7	41.8	39.4	34.0	34.0	30.3	26.4
通 35	43.8	44.8	43.9	43.3	42.0	40.9	42.1	41.8	42.6	40.9	37.7	33.9	31.1	28.5
九稻 19	42.7	44.5	42.3	42.0	42.8	45.5	43.3	39.0	43.7	37.7	40.2	35.3	34.0	35.4
五 93-8	41.9	43.7	42.3	41.9	39.0	42.7	42.5	42.6	45.7	42.7	44.8	37.7	37.3	39.8
吉粳 66	32.5	41.5	39.6	40.7	40.9	40.4	40.1	41.5	42.1	40.9	39.1	33.4	30.5	30.3
超产一号	38.5	43.5	41.9	41.2	43.1	41.1	39.4	41.7	42.9	42.1	42.2	33.3	34.6	34.3
秋田小町	41.5	43.0	39.2	42.6	39.1	39.8	32.1	39.0	40.5	37.2	41.6	34.4	35.6	33.7
秋光	43.0	42.6	41.3	40.6	41.9	43.9	43.4	43.5	44.9	36.2	43.1	42.6	35.4	39.8
辽粳 294	42.2	44.4	42.5	44.3	44.6	41.3	48.5	42.2	43.8	44.3	46.3	43.1	43.0	42.9
沈农 159	43.4	45.9	44.9	44.4	43.5	41.0	46.2	37.9	42.6	44.5	44.4	41.2	43.1	43.7
沈农 60	44.8	45.0	45.3	48.3	45.1	44.3	43.8	44.0	45.5	45.7	44.7	36.5	39.5	40.7
辽粳 454	45.5	43.5	44.9	44.5	45.9	42.1	47.1	41.6	44.3	44.2	44.3	37.1	40.9	40.5
辽粳 326	42.7	43.3	42.9	42.0	31.3	38.8	40.0	40.1	41.6	42.3	38.5	35.4	35.9	39.4
辽粳 265	43.8	44.1	46.1	44.9	45.0	45.8	46.4	43.5	46.5	43.4	41.6	36.2	37.1	42.0

高其叶绿素含量越高,呈正相关。因此,直穗型品种在生育期间具有较高的叶绿素含量,以确保光合作用的进行。

2.3 不同穗型品种光合速率的变化差异

吴光南与崔继林(1987年)在分析中国水稻高产品种的生理特性时指出:高产品种除应有较高的最适叶面积指数外,也应该具有较高的单位叶面积光合速率,并且他们认为较高的单位叶面积、叶绿素含量和含氮量以及对弱光的适应性是获得较高的单位叶面积光合速率基础。Gabrielsan(1948)发现,在弱光、叶绿素含量不同的情况下,叶子的光合速率随叶绿素含量的增加而升高。1999年我们对不同直穗型品种及弯穗型品种越光在齐穗期对剑叶进

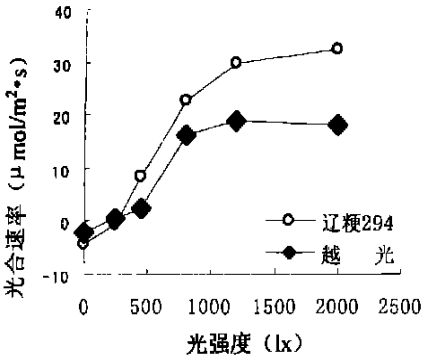


图1 辽粳294与越光的光合能力对比

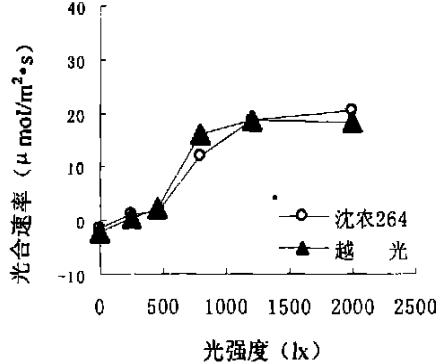


图2 沈农264与越光的光合能力对比

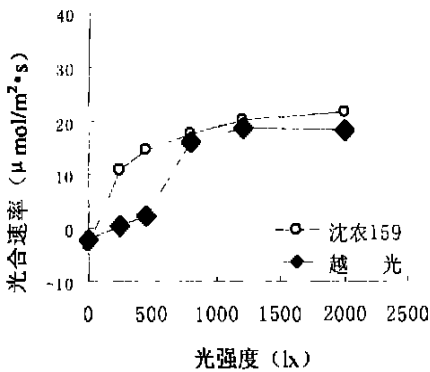


图3 沈农159与越光的光合能力对比

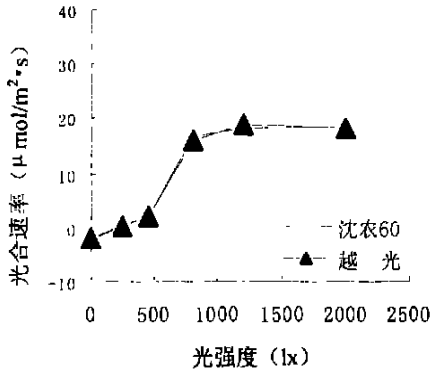


图4 沈农60与越光的光合能力对比

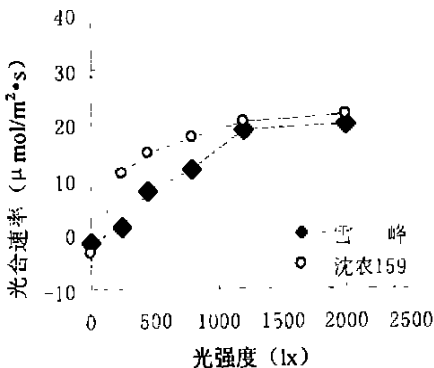


图5 沈农159与雪峰的光合能力对比

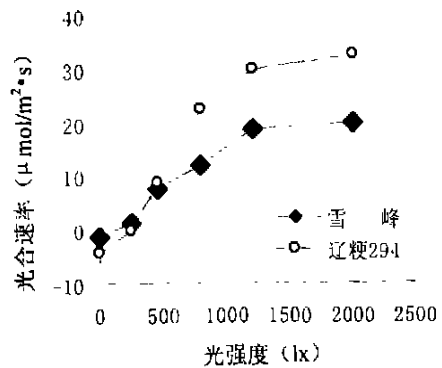


图6 辽粳294与雪峰的光合能力对比

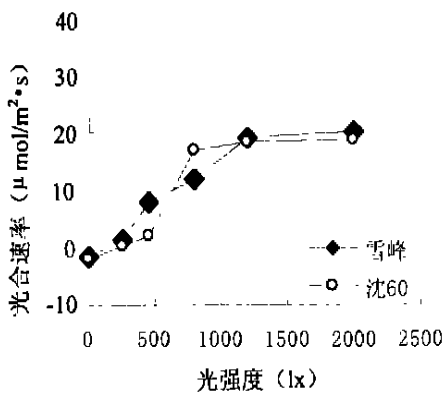


图7 沈农60与雪峰的光合能力对比

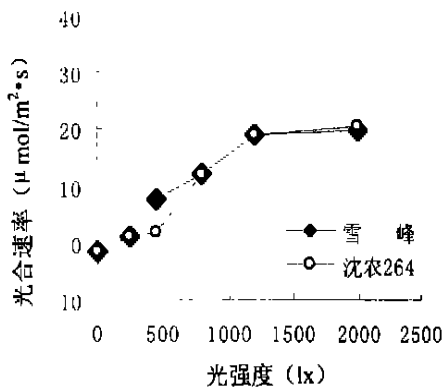


图8 沈农264与雪峰的光合能力对比

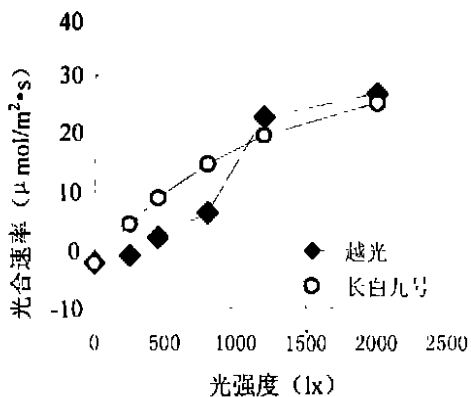


图9 长白九号与越光的光合能力对比

行光合速率的测定(图1~9),结果表明,多数直穗型品种光合速率普遍较弯穗型高,特别在弱光、1000 μmol/m²·s以下条件下,辽梗294、沈农159剑叶的光合速率比越光和雪峰高,早熟品种长白九号在弱光条件下齐穗后剑叶的光合作用速率也明显较越高。

2.4 直穗型品种与弯穗型品种间的根维管束差别

水稻根系不仅是固定植株、吸收水分和矿物质的重要器官,而且也是合成生物活性物质(激素、氨基酸等)的重要场所。生育后期根系早衰会直接影响到功能叶的寿命和子粒的充实度,根系活力,尤其是灌浆期间的根系活力是水稻高产的保证。

2000年我们在7月

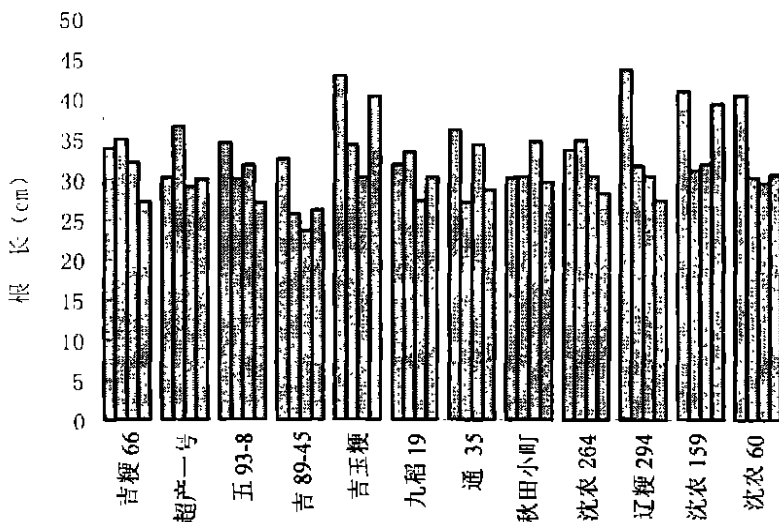


图10 不同穗型品种在不同时期(7月21日、7月13日、8月19日和9月19日)的根长

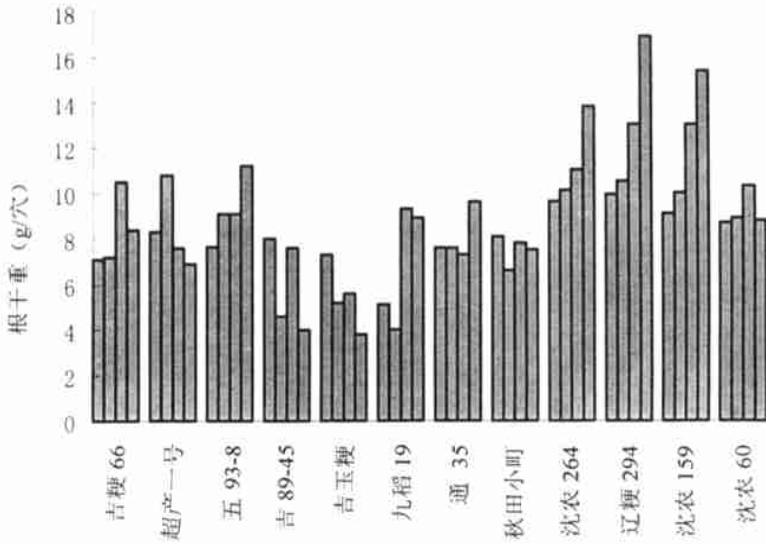


图 11 不同穗型品种在不同时期 (7月21日、7月13日、8月19日和9月19日) 的根干重

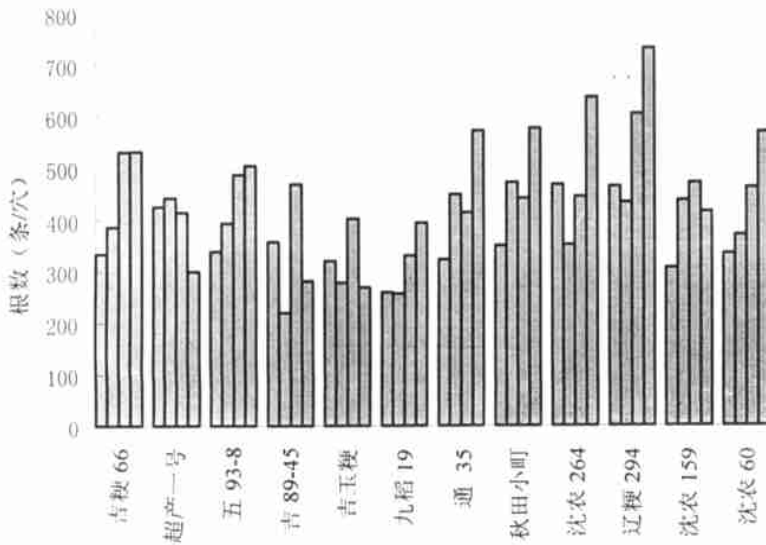


图 12 不同穗型品种在不同时期 (7月21日、7月13日、8月19日和9月19日) 的根数

21日、7月31日、8月19日和9月19日对不同穗型品种根的数量、长度、干重、活力变化以及在分蘖初期进行根尖维管束的测定(图 10~14)。从调查不同品种根系数量与根系的干重结果得出,直穗型品种在每穴根系的数量上与弯穗型相似,但从每穴根系干重测定结果看,直穗型根系要明显粗于弯穗型。从根系活力测定结果看,直穗型品种前期根系的活力与弯穗品种大致相当,但后期直立穗型品种的根系活力明显要比弯穗品种高。从根系维管束拍摄的图 15 中进一步看出,直穗型高产品种不仅维管束的数量多于一般品种,而且维管束直径也大于弯穗型品种。

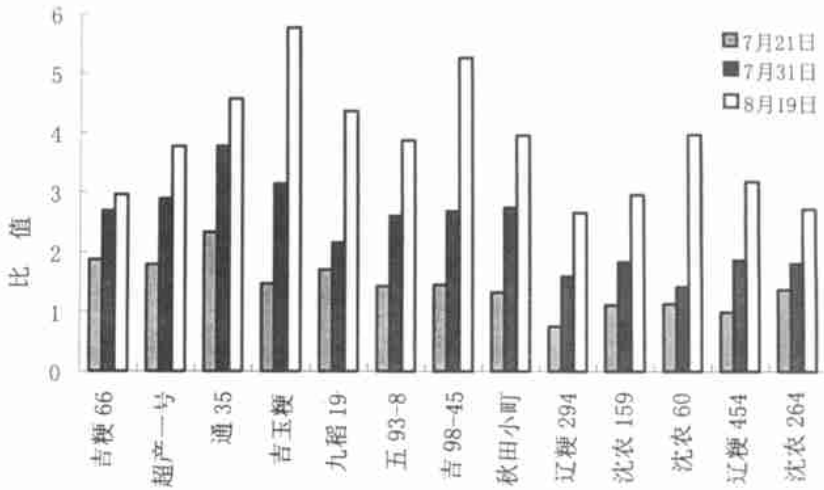


图 13 不同穗型品种在不同时期的地上部与地下部干物质比值

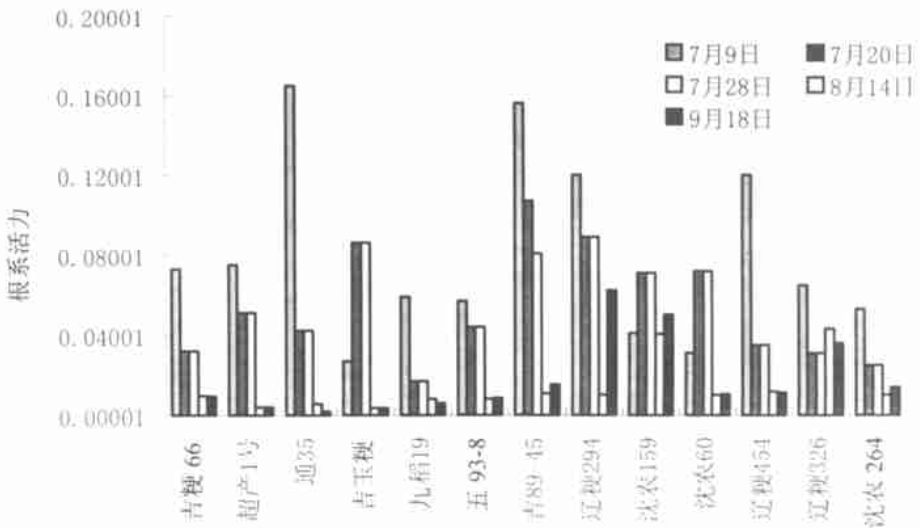


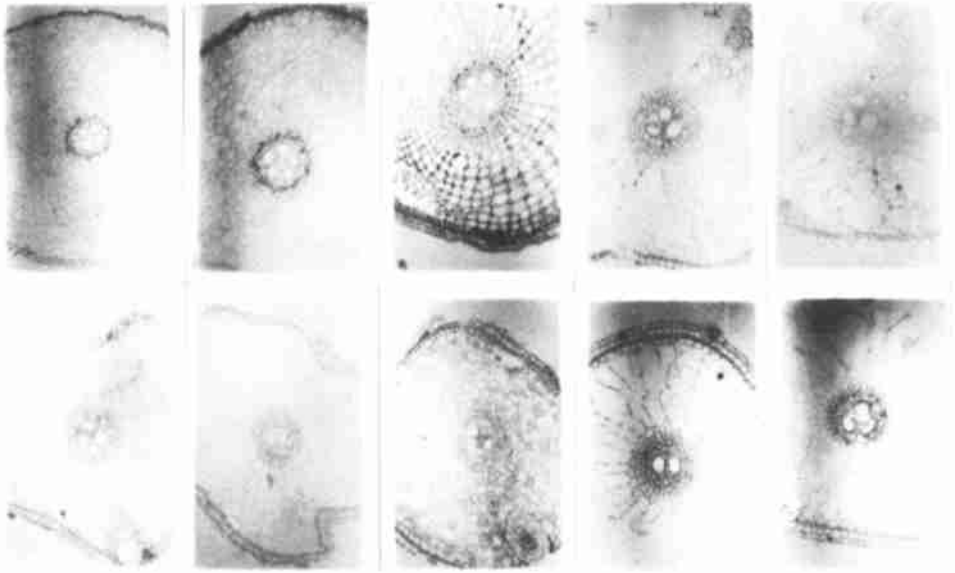
图 14 不同穗型品种在不同时期的根系活力

3 讨论

本文研究表明,直立穗型与弯穗型品种不仅在受光姿态上有着明显的差别,而且在光合速率方面也存在着较大的区别。直立穗型品种血缘主要来源于籼粳交后代,杂交优势明显要比品种间杂交强,根系的导管数量、直径大小也强于弯穗型。在北方粳稻高产栽培区,群体叶面积指数达到 7 以上是很难做到的,在群体叶面积指数低的前提下,改变消光系数,提高光合能力,确保生物产量的提高是超高产育种值得引起注意的生理指标。

吉林省育成的超高产品种产量潜力一般为 750 kg 左右,其生物学产量水平普遍较低,干物质生产能力差。从辽宁省育成的直穗型品种与吉林省育成的弯穗型品种的生理机制测定结果充分表明,弯穗型品种无论从叶绿素含量、光合速率、根系导管数及直径都较直立穗

品种差和弱。所以,改良吉林省水稻超高产品种株型,提高光合能力,促进根系发育是吉林省水稻超高产育种的一个主要攻关方向。



上排从左至右为辽粳 294、沈农 159、沈农 264、沈农 60、长白九号
下排从左至右为通 35、超产一号、吉粳 66、吉玉粳、九稻 19

图 15 不同穗型品种维管束的数量及直径比较

参考文献:

- [1] 陈温福,等.水稻超高产育种生理基础[M].沈阳:辽宁科学技术出版社,1995.106—124.
- [2] 郑景生,等.水稻根系形态发育研究进展[J].福建稻麦科技,1998,(3):48—53.
- [3] 周开达,等.亚种间重穗型杂交稻研究[M].成都:四川科学技术出版社,1997.48—53.
- [4] 费槐林,等.水稻良种高产高效栽培[M].北京:金盾出版社,2000.4—7.
- [5] 张三元,等.吉林省水稻超高产育种研究[J].吉林农业科学,1999,(6):1—7.
- [6] 张龙步,等.水稻田间试验方法与测定技术[M].沈阳:辽宁科学技术出版社,1993.62—73.
- [7] 陈温福,等.水稻新株型创造与超高产育种研究进展 21 世纪水稻遗传育种展望[M].北京:中国农业科技出版社,1999.57—61.
- [8] 森田茂纪,等.イネの根系形態の解析[J].日作纪,1995,64(1):58—65.
- [9] 小柳敦史.深その定量による作物根系の新しいとらえかた[J].日作纪,1998,67(1):3—10.