

# 水稻根系活力诊断与产量

浙江农业大学农业化学教研组

浙江省农科院作物所水稻育种室

杭州市农科所水稻育种组

水稻根系的发育与水稻地上部分的生长是相互联系的。水稻茎、叶、穗的生长所需要的水分和养料要靠根系来供应,而根系的发育所需要的养料要靠茎、叶制造来供给。它们是互相联系、互相贯通、互相渗透、互相依赖的。广大劳动人民在长期的生产实践中总结出“发苗先发根,壮苗先壮根,根壮苗早发”以及“养根保叶”等宝贵经验,就十分生动地说明地上部分与地下部分生长的辩证关系,特别是地上部分的生长对根系的依赖关系。可见,研究水稻根系的特性对地上部分的生长有着十分重要的意义。

水稻是在缺氧的土壤中生长。在这种环境条件下,尽管土壤中含有大量亚铁离子、硫化氢以及一些有机酸,它们对于水稻根的有氧呼吸和养料的吸收有着不同程度的抑制作用。然而水稻茎、叶中的氧可输入根部,所以水稻生长在缺氧的土壤中仍能进行有氧呼吸。同时,根中还有一条乙醇酸氧化途径<sup>[1]</sup>,可以产生过氧化氢,以后在过氧化氢酶的作用下生成氧,是根部产生氧化力的一条特殊的代谢途径。所以水稻根群周围自然就能形成一层氧化圈。在根群密布的地区,土壤氧化还原电位较高<sup>[2]</sup>,可以氧化土中有害的还原物质,从而保证了根的正常代谢。据过去试验报导<sup>[3]</sup>,当根的氧化力(指 $\alpha$ -萘胺氧化力)较大时,根的有氧呼吸多较旺盛,吸收氮(指铵态氮),磷等养料较多,根的力量和抗倒伏性常较强。还有试验指出<sup>[4]</sup>,水稻每丛根的 $\alpha$ -萘胺氧化力从幼穗形成期到抽穗期的变幅大小与产量有关。凡是变幅较小,亦即根系活力衰退缓慢的品种,每穗粒数和产量均较高;否则则较低。水稻上位根重和上位根的 $\alpha$ -萘胺氧化力又与水稻分蘖有关。凡是上位根较重,氧化力较强的品种,分蘖常较多。下位根无论根重和它的氧化力均与穗重以及每穗实粒数呈正相关,所以大穗型品种,下位根活力是起着主导作用的(注:上位根是指3节位以上根,下位根是指3节位以下的根)。由此可见,测定水稻根的 $\alpha$ -萘胺氧化力,可作为衡量根系活力的一个指标。

随着水稻的生长发育,根的代谢随着发生变化。到生长后期,根的生长逐渐衰退,根组织逐渐木化,亦即老化过程。在这个过程中,根中能调节氧化还原电位的主要物质如抗坏血酸、谷胱甘肽等在木化进展的组织中逐渐减少,同时根中蛋白质分解大于合成,分解产物氨基酸中苯丙氨酸、酪氨酸经脱氨酶的作用可生成肉桂酸和对-香豆酸。在碳水化合物的代谢中,糖可转变为莽草酸,再转变为对-羟基苯丙酮酸。以上这些化合物在过氧化物酶的作用下,通过氧化聚合作用,可合成为木质素<sup>[5,6]</sup>。所以根组织中过氧化物酶的活性可反映根组织的木化程度。因此该酶的活性可作为根组织老化的一个指标。如根系过早

“老化”，不仅影响养料的吸收，而且也要影响地上部分的生长，从而影响产量。严重时还会引起早衰。如果根组织老化缓慢，在抽穗以后仍能保持健壮，就能达到“养根保叶”的作用。由于延长了叶片的同化功能，故有利于提高产量。

本试验是研究我国南方稻区主要早、晚稻品种根系活力，重点研究根的 $\alpha$ -萘胺氧化力和过氧化物酶的活性与早、晚稻产量的关系。

### 一、试验设计和试验方法

大田试验系于74、75年在杭州浙江省农科院试验农场青紫泥和杭州市农科所农场淡涂泥上分别进行晚稻和早稻试验。田间均采用随机区组排列，重复3次。晚稻品种选用了浙江、安徽、湖北、四川、湖南和上海市共12个品种。行株距 $5 \times 3$ ，每丛8本左右，小区面积为144尺<sup>2</sup>。基肥每亩施石灰氮50斤，机耕二耙一耖，耙面肥亩施氨水100斤。于7月31日插秧，8月9日(分蘖初期)每亩施尿素18斤，耘田除草二次，治虫四次，分蘖末期进行烤田，抑制无效分蘖。乳熟期排水，于11月20~21日收获。

早稻选用7个高产品种。于4月5日播种，5月6日插秧，行株距 $5 \times 4$ ，小区面积1/50亩。基肥每亩用红花草子1000斤，鸡粪3500斤。耙面肥用碳酸氢铵20斤/亩。耘田3次，第一次结合耘田追施硫酸15斤/亩、菜饼50斤/亩，最后收获。

根系活力的测定<sup>[7]</sup>，系采取生长具有代表性水稻各品种10丛，先洗去根上泥土，再用蒸馏水洗净，沿基部切下根系，混合后，称取鲜根样品1.00克，按 $\alpha$ -萘胺法测定根的氧化力。另取样品1.00克，按愈创木酚法测定根中过氧化物酶的活性。早稻于齐穗期测定根的 $\alpha$ -萘胺氧化力，晚稻则于苗期、分蘖盛期、幼穗分化期和抽穗期分四次测定，并于抽穗期测定过氧化物酶的活性。所有测定均重复一次。产量系3个小区的平均值。最后分别统计计算早、晚稻根的 $\alpha$ -萘胺氧化量和根的过氧化物酶的活性与产量的关系，并求出相关系数及其回归方程式。

表1 早稻根的 $\alpha$ -萘胺氧化力与产量的关系(1975)

早 稻 品 种	产 量 (斤)		每 克 鲜 根 的 $\alpha$ -萘胺氧化力 (微 克 / 小 时) (齐 穗 期)	每 丛 鲜 根 重 (克)	每 丛 鲜 根 $\alpha$ -萘 胺 氧 化 量 (微 克 / 小 时)
	小 区 产 量	折 合 亩 产			
科 梅 7 号	20.63	1031.6*	107.6	9.49	1021.12
矮 科 早	20.30	1015.0	158.4	6.26	991.58
青 马 早	19.97	998.3	124.8	7.26	906.05
蜀 丰 2 号	19.70	985.0	108.8	6.04	657.15
蜀 丰 1 号	19.03	951.6	96.4	6.62	638.17
竹 龙	18.90	945.0	88.0	7.27	639.76
广陆矮4号 (对 照)	19.17	958.3	90.0	6.62	595.80

注：稻根的 $\alpha$ -萘胺氧化力每丛鲜根一般用 $\alpha$ -萘胺氧化量表示，每克鲜根则用 $\alpha$ -萘胺氧化力表示。

\* 超过5%机率的显著水准。

## 二、试验结果

(一)水稻根的氧化力与产量的关系 表1、2是早、晚稻根的 $\alpha$ -萘胺氧化力与产量的关系。由于淡涂泥排水较好,基肥用量较多,肥底较足,所以早稻产量较高,而且根的氧化力也较强。晚稻栽培在青紫泥,排水较差,加之当年气温低,特别是幼穗分化期和抽穗开花前后遭到两次低温,而生育后期气温又偏高,湿度较大,稻瘟病较为普遍。所以根的氧化力多较弱,产量普遍较低。图1、2是早、晚稻产量与每丛鲜根 $\alpha$ -萘胺氧化量的统计资料。

表2 晚稻根的 $\alpha$ -萘胺氧化力与产量的关系(1974年)

稻 晚 品 种	产 量 (斤)		每 穗 实 粒 数	每克鲜根 $\alpha$ -萘胺氧化力 (微克/小时)				每丛鲜根 $\alpha$ -萘胺氧化量 (微克/小时)		
	小 区 产 量	折 合 亩 产		苗 期	分 蘖	幼 穗	抽 穗 期	分 蘖	幼 穗	抽 穗 期
				(7/28)	盛 期 (8/29)	分 化 期 (9/6)	(9/25)	盛 期 (8/29)	分 化 期 (9/6)	(9/25)
猴 利 3 号	13.28	553.33**	49.61	176	142	162.4	141.6	769.4	946.8	776.0
农 虎 6 号	12.52	521.67**	36.47	175	163	150.0	107.2	870.4	608.0	458.8
当 选 晚	12.43	517.92**	34.32	159	134	162.0	128.0	572.2	742.0	389.1
前 哨 1 号	12.26	510.83**	37.21	152	136	134.4	126.3	560.3	575.2	454.7
矮 杆 糯	12.22	509.17**	37.21	157	149	139.2	101.2	542.4	572.1	340.0
鄂 晚 3 号	12.17	507.08**	30.50	152	143	131.6	126.8	606.3	754.1	512.3
加 农 15	12.11	504.58**	31.21	158	115	147.6	124.0	395.6	423.6	384.4
加 湖 4 号	11.97	498.75*	36.75	209	128	124.8	110.4	518.4	651.5	429.0
岗 稻 02	11.04	460.00	31.75	152	143	144.4	126.8	677.8	417.3	355.0
沪 晚 23	10.71	446.25	32.08	173	146	164.4	95.2	700.8	754.6	329.4
东 风 5 号	10.67	444.58	34.84	—	124	134.0	118.4	600.2	607.0	390.7
农垦58(对照)	10.43	438.58	34.00	148	120	147.6	98.4	554.4	637.6	414.3

\* 超过5%机率的显著水准。

\*\* 超过1%机率的显著水准。

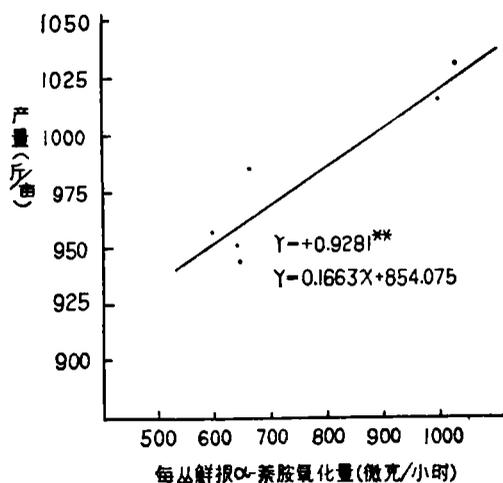


图1 早稻产量与根的 $\alpha$ -萘胺氧化量(齐穗期)的关系

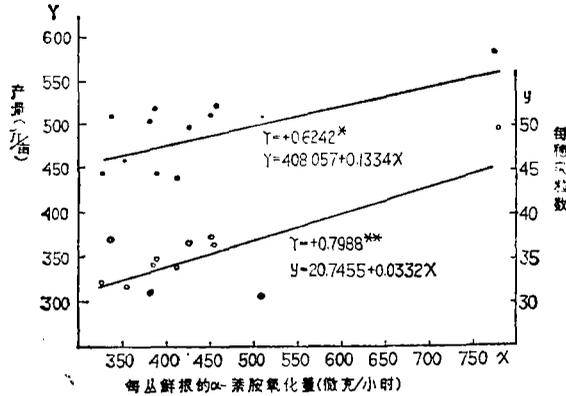


图2 晚稻产量和每穗实粒数与根的 $\alpha$ -萘胺氧化量(抽穗期)的关系

表2指出,水稻根的 $\alpha$ -萘胺氧化力在苗期最高,幼穗分化期次之,分蘖期又次之,而以抽穗期为最低。苗期新根多,所以氧化力大。在本田则以幼穗分化期为高,原因有二:(1)水稻从分蘖期到幼穗分化期,根系还在不断地生长;(2)于分蘖末期曾烤田一次,由于增加了土壤的通透性,从而提高了根的氧化力。到了抽穗期,根已逐渐衰老,根的 $\alpha$ -萘胺氧化力也逐渐减弱。如果在抽穗期根的氧化力仍能保持一定的水平,表示根生长健壮,从而可促使地上部分的生长正常。试验结果指出,无论早、晚稻,于抽穗期或齐穗期,凡是每丛根 $\alpha$ -萘胺氧化量较大的品种,产量都较高,两者呈正相关,相关系数早稻为+0.9281,晚稻为+0.6242,分别超过1%和5%机率的显著水准。在晚稻试验中,还统计了每穗实粒数与抽穗期每丛鲜根 $\alpha$ -萘胺氧化量的相关性,也超过1%机率的显著水平。至于其他生育期(苗期、分蘖盛期、幼穗分化期)根的 $\alpha$ -萘胺氧化力,经统计,与产量均未达到显著水平。

在一般情况下,谷粒中的干物质约有1/3是在出穗前贮存在叶鞘和茎的基部,以后转化输入穗部再合成为淀粉的;其余2/3是在出穗后由于叶片进行碳的同化作用,制成糖分运入穗部再合成的。在抽穗到齐穗期,当根的 $\alpha$ -萘胺氧化力较大时,可多吸收养分和水分,故能促进地上部分的生长,延长叶片的功能和碳的同化作用,所以产量较高。尤其是早稻,当年气候正常,病虫害少,产量和根的 $\alpha$ -萘胺氧化力相关性更为明显。群众的经验指出,在这个时期“养根保叶”可以防止早衰。在试验的早、晚稻品种中,凡是在抽穗期或齐穗期根的活力较强的品种,如早稻中科梅7号,晚稻品种中矮利3号、农虎6号、前哨1号、鄂晚3号,产量都较对照高,达到显著或非常显著的水平。所以在这个时期测定根的 $\alpha$ -萘胺氧化力,可作为诊断水稻产量的一个相对指标。

(二)水稻根的过氧化物酶的活性与产量的关系 过氧化物酶一般在老化组织中活性较强,在幼嫩组织中,只有在根冠和表皮系统组织中才有此酶的活性,而在老化组织中则直到皮层和中柱都表现有活性。正是由于该酶的活性可反映组织的木化程度,故可作为根组织老化的诊断指标。如果根组织“老化”缓慢,仍能保持健壮,就能达到“养根保叶”的目的,有利于产量的提高。反之,如果根过早的“老化”不仅影响养料的吸收,而且也要影响地上部分的生长,从而影响产量。严重时还会引起早衰。表3是试验的12个晚稻品种根的过氧化物酶活性的分析资料。

表 3

晚稻抽穗期根的过氧化物酶活性与产量的关系

晚稻品种	过氧化物酶的活性 (G.U/克鲜根)	晚稻品种	过氧化物酶的活性 (G.U/克鲜根)
矮利 3 号	25.5	加农 15	30.5
农虎 6 号	22.2	加湖 4 号	32.05
当选晚	35.8	岗稻 02	34.3
前哨 1 号	29.75	沪晚 23	36.0
矮杆糯	35.6	东风 5 号	32.5
鄂晚 3 号	29.4	农垦 58	34.3

注：晚稻各品种的产量参见表 2。G.U 是愈创木酚单位的缩写。

晚稻各品种根的过氧化物酶的活性与产量的关系，经统计分析指出两者呈负相关， $\gamma = -0.5958$ ，超过 5% 机率的显著水准(图 3)。早稻在抽穗期未测，而在乳熟期测定，经统计计算，未达到显著水准。所以根的活力诊断(指过氧化物酶活性测定)须在抽穗期测定。

在试验的晚稻品种中，农虎 6 号、矮利 3 号、前哨 1 号、鄂晚 3 号根的过氧化物酶活性均较小( $<30\text{G.U/克鲜根}$ )，而每丛鲜根的  $\alpha$ -萘胺氧化量都较大( $>450$ 微克/小时)。在早稻试验中，科梅 7 号、矮科早、青马早每丛鲜根  $\alpha$ -萘胺氧化量均较大( $>900$ 微克/小时)。这些早、晚稻品种产量都较对照显著高。所以水稻根系活力诊断可于抽穗期或齐穗期分别测定根的  $\alpha$ -萘胺氧化力和过氧化物酶的活性，从正反两方面进行诊断。尤其是测定根的  $\alpha$ -萘胺氧化力作为根的活力指标更为适当。

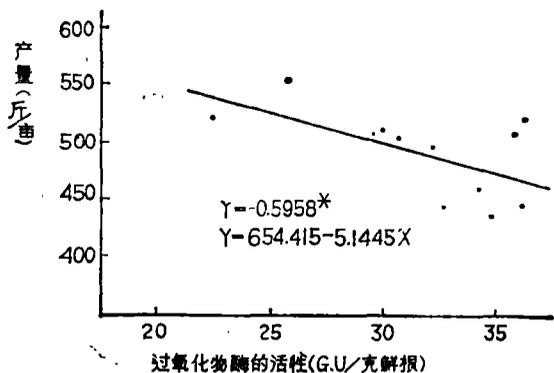


图 3 晚稻品种根中过氧化物酶的活性(抽穗期)与产量的关系

### 三、小 结

根据二年的大田试验，早稻选用 7 个品种和晚稻 12 个品种进行根系活力诊断，初步得出如下几点结果：

1. 晚稻根的  $\alpha$ -萘胺氧化力随着水稻生育期而不同。苗期最高，幼穗分化期次之，分蘖期又次之，而以抽穗期为最低。但水稻谷粒中的干物质主要在出穗后叶片进行碳的同

化,制成糖分运入穗部再合成的。所以在抽穗期或齐穗期测定根的 $\alpha$ -萘胺氧化力可反映地上部分的生长情况。据试验资料表明,早稻在齐穗期,晚稻在抽穗期。凡是每丛鲜根 $\alpha$ -萘胺氧化量较大的品种,产量多较高,两者呈正相关,相关系数早稻为+0.9281,晚稻为+0.6242,分别超过1%和5%的显著水准。它们的回归方程式为:

$$\text{早稻: } Y = 0.1663X + 854.075$$

$$\text{晚稻: } Y = 0.1934X + 408.057$$

$$Y = \text{产量(斤/亩)}$$

$$X = \text{每丛鲜根 } \alpha\text{-萘胺氧化量(微克/小时)}$$

所以在抽穗期或齐穗期诊断根系活力,可作为衡量早、晚稻产量一个相对指标。

2. 晚稻品种根的过氧化物酶的活性可反映根组织的“老化”程度。凡是在抽穗期每克鲜根过氧化物酶的活性较强的品种,产量多较低,反之亦然。两者呈负相关, $Y = -0.5958$ ,超过5%机率的显著水准。其回归方程式为:

$$Y = 654.415 - 5.1445X.$$

$$Y = \text{产量(斤/亩)}$$

$$X = \text{根的过氧化物酶的活性(G.U/克鲜根)}$$

3. 于抽穗期或齐穗期分别测定水稻根的 $\alpha$ -萘胺氧化力和过氧化物酶的活性,可从正反两方面进行根系活力诊断。在这两种方法中,前者又较后者显著。在抽穗期或齐穗期,凡是根 $\alpha$ -萘胺氧化力较大的品种,可作为初选对象,较小的品种及早予以淘汰,这样可加速育种的进程。

### 参 考 文 献

- [1] Mitsui, S. et al., Soil Sci. and Plant Nutrition, 8, 25—30, 1962.
- [2] 于天仁、李松华,土壤学报, 5, 166—174, 1957.
- [3] 太田保夫、李钟熙,日本作物学纪事, 39, 487—495, 1970.
- [4] Lee, J. H., 日本作物学纪事, 41, 1—14, 1972.
- [5] Helen, A. Stafford, Ann. Rev. Plant Physiol., 24, 459—486, 1974.
- [6] Freuderberg, K., Science, 148, 595, 1965.
- [7] 浙江农业大学农业化学教研组, 分析化学, 4, 252—257, 1976.