

# 覆膜条件下冬小麦根系生理特性 及其空间分布变化

宋海星<sup>1,2</sup>, 李生秀<sup>1</sup>

(1. 西北农林科技大学资源环境学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 湖南农业大学资源环境学院, 湖南 长沙 410128)

**摘要:** 覆膜条件下测定了冬小麦的根系活力与吸收面积, 研究其空间分布情况。结果表明, 在水平方向上, TTC 还原量和 TTC 还原强度均随着离主茎距离的增加而减少; 在垂直方向上, TTC 还原量随着土层深度的加深而递减, TTC 还原强度, 返青期由上而下递减, 开花期则上下土层无差异。根系总吸收面积和活跃吸收面积, 在水平方向和垂直方向的变化与 TTC 还原量相同。覆膜处理并没有改变以上各指标的空间分布状态。但返青期水平方向的比吸收面积和比活跃吸收面积的变化趋势随覆盖地膜与否而不同, 不覆膜处理由近到远递减, 覆膜处理则无差异。返青期比吸收面积和比活跃吸收面积的垂直方向变化以及开花期二者的水平和垂直方向变化均无明显差异。根系活力与根系总吸收面积、活跃吸收面积呈极显著正相关。

**关键词:** 覆膜; 冬小麦; 根系活力; 根系吸收面积; 空间分布

**中图分类号:** S311 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2006)06-0001-06

作物产量的高低, 在很大程度上取决于根系的发育状况, 根系发达、活性强是作物高产的基础<sup>[1~2]</sup>。根系的作用不仅取决于根系生物量及其生理特性, 还取决于它们的空间分布。近年来, 人们对小麦根系的生长发育规律<sup>[3~4]</sup>、不同水肥条件下小麦根系活力与根系吸收面积的变化<sup>[5~6]</sup>以及这种变化对地上部生长的影响<sup>[7]</sup>等进行了大量研究。根系生物量及根系活力的空间分布<sup>[8~11]</sup>研究也有一些报道, 但是覆盖地膜条件下进行以上指标的空间分布研究报道很少。因此, 我们采用微区试验, 在覆盖地膜条件下研究了冬小麦根系生物量、根系活力与吸收面积以及它们的空间分布, 以期对小麦的高产栽培提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 田间试验

试验在西北农林科技大学农作一站进行, 供试土壤为红油土, 表层土壤有机质 7.9 g/kg, 全氮 1.10 g/kg, 硝态氮 47.5 mg/kg, 铵态氮 8.7 mg/kg, Olsen P 27.8 mg/kg。以冬小麦为供试作物, 于 2000 年 10 月 19 日播种, 次年 6 月 2 日收获。试验小区面积为 2.88 m<sup>2</sup>, 共 6 个小区, 播种方式为穴播, 行距 20 cm, 穴距 6.7 cm, 每穴定苗三株。试验设覆盖与不覆盖地膜 2 个处理, 播种时覆盖地膜, 除苗穴外地

膜上覆盖一层厚约 1 cm 的土, 使地膜保水而不增温, 出苗后在苗穴处钻一小洞使苗露出地膜外, 重复 3 次。试验在遮雨棚内进行, 全生育期未接纳雨水, 4 月 6 日灌水 30 mm, 试验地每公顷施 112.5 kg N (尿素)、150 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (三料过磷酸钙), 均作基肥一次施入。

### 1.2 测定项目及方法

根系活力和根系吸收面积的测定分别在反青期和开花期进行。采样时, 先把植株地上部分刈割下来, 从主茎开始沿水平方向, 顺次切取宽 10 cm、厚 2 cm、深 20 cm 的土壤样方, 一直采到离主茎 10 cm 处, 共采 5 个根土混合样, 采集完毕, 按同样的方法继续采取 20~40 cm 和 40~60 cm 土层样品, 但这两个土层样品同层混合, 共获得 7 个样品。立即挑出样品中的全部根系洗净、吸干水分后进行测定。根系活力用 TTC 还原法测定<sup>[12]</sup>, 以还原产生的三苯基甲腈(TTF)量表示其活力大小, 土样中的全部根系每小时所还原产生的 TTF 量称为 TTC 还原量; TTC 还原量与根系鲜重的比值称为 TTC 还原强度。根系吸收面积用亚甲基蓝吸附法<sup>[12]</sup>测定, 测定结果为土样中全部根系的总吸收面积和活跃吸收面积, 以上测得的吸收面积与根系鲜重的比值为比吸收面积和比活跃吸收面积。

根重、根系活力及吸收面积的空间分布在水平

收稿日期: 2006-01-10

基金项目: 国家重点基础研究专项(G1999011707); 国家自然科学基金重点项目(30230230)和面上项目(30070429, 40201028)

作者简介: 宋海星(1964—), 女, 黑龙江省汤原县人, 博士, 副教授, 主要从事植物营养研究。E-mail: haixingsong@yahoo.com.cn

方向上以宽 10 cm、厚 2 cm、深 20 cm 的土壤样方,垂直方向上以宽 10 cm、厚 10 cm、深 20 cm 的土壤样方为单位进行比较。

## 2 试验结果

### 2.1 根系干重及其空间分布

测定结果表明,无论覆膜与否,耕层土壤根系干重在水平方向的变化趋势(表 1)是,随着离主茎距离的增加而减少,其中 56%~64%的根系分布在离主茎 0~4 cm 范围土壤中,30%的根系分布在离主茎 4~8 cm 范围土壤。从垂直方向来看(表 2),随

着土层深度的增加而急骤下降,根系最密集的表层土壤,2 个生育期均有 80%以上的根系分布在其中。比较不覆膜与覆膜两种处理,0~20 cm 土层根系所占的百分比后者大于前者,而 40~60 cm 土层根系所占的百分比则前者大于后者。说明,土壤水分状况影响根系的垂直分布,覆膜时土壤水分相对充足,有利于根系生长,不覆膜时水分胁迫加重,尤其是浅层土壤的水分胁迫,从而抑制了根系发育。在这种情况下,为减少水分胁迫造成的影响,作物促强了深层根系的生长,表现出根系的生态适应性。

表 1 根重的水平分布

Table 1 Distribution of root dry weight of wheat

测定时间 Time of detn.	土表处理 Soil surface Treatment	离主茎距离 Distance				
		0~2 cm	2~4 cm	4~6 cm	6~8 cm	8~10 cm
根干重 Root dry weight (mg)						
返青期 Reviving stage	对照 CK	61.6±6.9 <sub>a</sub>	63.0±6.2 <sub>a</sub>	39.6±2.2 <sub>b</sub>	30.4±3.1 <sub>c</sub>	27.2±4.1 <sub>c</sub>
	覆膜 Mulching	77.6±10.9 <sub>a</sub>	73.6±8.8 <sub>a</sub>	47.5±6.3 <sub>b</sub>	29.2±3.5 <sub>c</sub>	25.4±3.2 <sub>c</sub>
开花期 Flowering stage	对照 CK	83.0±11.0 <sub>a</sub>	56.9±7.1 <sub>b</sub>	39.6±5.1 <sub>c</sub>	34.6±3.2 <sub>c</sub>	19.3±3.4 <sub>d</sub>
	覆膜 Mulching	110.9±15.6 <sub>a</sub>	65.3±8.5 <sub>b</sub>	45.4±6.3 <sub>c</sub>	38.7±2.5 <sub>c</sub>	17.5±2.8 <sub>d</sub>
根重百分比 Percentage (%)						
返青期 Reviving stage	对照 CK	27.8	28.4	17.9	13.7	12.3
	覆膜 Mulching	30.6	29.1	18.8	11.5	10.0
开花期 Flowering stage	对照 CK	35.6	24.4	17.0	14.8	8.3
	覆膜 Mulching	39.9	23.5	16.3	13.9	6.3

注:在方差分析基础上,用 PLSD 法进行多重比较;以  $p < 0.05$  为标准,判断显著性。表中同一时间不同土壤空间(即同行内)字母相同者,表示不显著。表 3,表 5 同。

Notes: Under variance analysis protection, multiple comparison tests were conducted with least significant difference (PLSD). The same letter in each line indicates not significant at  $p < 0.05$  levels. The same indication is used for other tables.

表 2 根重的垂直分布

Table 2 Distribution of root dry weight of wheat

土层深度 Depth(cm)	返青期 Reviving stage		开花期 Flowering stage	
	对照 CK	覆膜 Mulching	对照 CK	覆膜 Mulching
根干重 Root dry weight (mg)				
0~20	221.8±14.5 <sub>a</sub>	253.3±25.8 <sub>a</sub>	233.4±24.9 <sub>a</sub>	277.8±33.3 <sub>a</sub>
20~40	27.9±2.7 <sub>b</sub>	27.7±2.9 <sub>b</sub>	18.7±2.9 <sub>b</sub>	18.4±2.7 <sub>b</sub>
40~60	20.9±1.8 <sub>c</sub>	16.6±2.4 <sub>c</sub>	14.6±2.6 <sub>b</sub>	11.7±1.6 <sub>c</sub>
根重百分比 Percentage (%)				
0~20	82.0	85.1	87.5	90.2
20~40	10.3	9.3	7.0	6.0
40~60	7.7	5.6	5.5	3.8

注:在方差分析保护基础上,用 PLSD 法进行多重比较;以  $p < 0.05$  为标准,判断显著性。表中同一时间不同土层(即同列内)字母相同者,表示不显著。表 4,表 6 同。

Notes: Under variance analysis protection, multiple comparison tests were conducted with least significant difference (PLSD). The same letter in each line indicates not significant at  $p < 0.05$  levels. The same indication is used for other tables.

### 2.2 根系活力及其空间分布

根系活力的测定结果表明,在水平方向上(表

3),TTC 还原强度 TTC 还原量随着离主茎距离的增加基本上呈下降趋势,只是返青期测定的 TTC 还

原强度在 8~10 cm 处重新回升。在垂直方向上(表 4),随着土层深度的加深,TTC 还原量明显减少,而 TTC 还原强度,返青期与 TTC 还原量的变化趋势相同,开花期上下土层无显著差异。这是由于随生育期进程推进,上层土壤 TTC 还原强度下降,而下层土壤 TTC 还原强度升高的结果所导致。

比较不覆膜与覆膜处理,绝大部分情况下覆膜处理降低根系 TTC 还原强度,而对 TTC 还原量影响不大,甚至提高根系密集区(水平方向的 0~2 cm

和垂直方向的 0~20 cm 处)的 TTC 还原量。其原因在于,TTC 法测定根系活力,主要是测定根系的脱氢酶活性,因而直接受通气状况的影响,通气不足,脱氢酶活性降低,根系活力下降;反之则增加。覆膜影响土壤通气状况,不利于根系的呼吸作用,根系还原能力下降,TTC 还原强度减少;但覆膜改善了土壤的水分状况,有利于根系生物量增加,从而增加了根系密集区的 TTC 还原量。覆膜对 TTC 还原量和还原强度的空间分布没有影响。

表 3 根系活力的水平分布变化

Table 3 The horizontal differences of root fresh weight and root activities

测定时间 Time of detn.	土表处理 Soil surface Treatment	离主茎距离 Distance				
		0~2 cm	2~4 cm	4~6 cm	6~8 cm	8~10 cm
TTC 还原量 Reductive amount of TTC by root ( $\mu\text{g TTF/h}$ )						
返青期 Reviving stage	对照 CK	14.9±2.3 <sub>a</sub>	17.7±2.2 <sub>a</sub>	3.2±0.4 <sub>b</sub>	2.6±0.4 <sub>b</sub>	3.7±1.0 <sub>b</sub>
	覆膜 Mulching	18.9±2.5 <sub>a</sub>	18.6±2.3 <sub>a</sub>	3.0±0.6 <sub>b</sub>	1.7±0.4 <sub>b</sub>	2.3±0.3 <sub>b</sub>
开花期 Flowering stage	对照 CK	15.7±2.2 <sub>a</sub>	9.1±1.5 <sub>b</sub>	5.1±0.9 <sub>c</sub>	3.2±0.8 <sub>c</sub>	1.9±0.6 <sub>d</sub>
	覆膜 Mulching	21.0±3.1 <sub>a</sub>	9.0±1.7 <sub>b</sub>	4.7±1.0 <sub>c</sub>	2.8±0.8 <sub>c</sub>	1.5±0.2 <sub>d</sub>
TTC 还原强度 Reductive intensity of TTC by root [ $\mu\text{g TTF}/(\text{h}\cdot\text{g DW})$ ]						
返青期 Reviving stage	对照 CK	242±35 <sub>a</sub>	282±39 <sub>a</sub>	80±5 <sub>c</sub>	86±15 <sub>c</sub>	137±16 <sub>b</sub>
	覆膜 Mulching	244±12 <sub>a</sub>	253±11 <sub>a</sub>	62±7 <sub>c</sub>	58±10 <sub>c</sub>	92±19 <sub>b</sub>
开花期 Flowering stage	对照 CK	190±13 <sub>a</sub>	160±27 <sub>a</sub>	129±16 <sub>b</sub>	93±14 <sub>c</sub>	100±14 <sub>bc</sub>
	覆膜 Mulching	189±5 <sub>a</sub>	138±10 <sub>b</sub>	103±8 <sub>c</sub>	74±17 <sub>d</sub>	87±13 <sub>cd</sub>

表 4 根系活力的垂直分布

Table 4 Distribution of root dry weight of wheat

土层深度 Depth (cm)	返青期 Reviving stage		开花期 Flowering stage	
	对照 CK	覆膜 Mulching	对照 CK	覆膜 Mulching
TTC 还原量 Reductive amount of TTC by root ( $\mu\text{g TTF/h}$ )				
0~20	42.1±5.5 <sub>a</sub>	44.5±6.0 <sub>a</sub>	35.1±5.8 <sub>a</sub>	39.0±6.7 <sub>a</sub>
20~40	3.2±0.2 <sub>b</sub>	2.2±0.6 <sub>b</sub>	3.1±0.6 <sub>b</sub>	2.7±0.6 <sub>b</sub>
40~60	1.7±0.3 <sub>b</sub>	1.1±0.4 <sub>b</sub>	2.5±0.5 <sub>b</sub>	1.6±0.4 <sub>b</sub>
TTC 还原强度 Reductive intensity of TTC by root [ $\mu\text{g TTF}/(\text{gDW}\cdot\text{h})$ ]				
0~20	190±13 <sub>a</sub>	176±8 <sub>a</sub>	150±9 <sub>a</sub>	141±8 <sub>a</sub>
20~40	116±14 <sub>b</sub>	79±23 <sub>b</sub>	168±22 <sub>a</sub>	149±2 <sub>a</sub>
40~60	83±18 <sub>b</sub>	68±14 <sub>b</sub>	168±2 <sub>a</sub>	136±21 <sub>a</sub>

### 2.3 根系吸收面积及其空间分布

根系吸收面积的测定结果表明,在水平方向上(表 5)和垂直方向(表 6)上,总吸收面积与活跃吸收面积,均随着离主茎距离和土层深度的增加而减少,覆膜处理并不影响它们的空间分布。而比吸收面积与比活跃吸收面积的水平分布随生育期及覆膜与否而不同:返青期不覆膜处理的比吸收面积与比活跃吸收面积由近到远递减,覆膜处理则无差异;而开花期无论覆膜与否均无差异。比吸收面积与比活跃吸收面积的垂直分布变化无论覆膜与否两个生育期均

无明显差异。除个别情况外,覆膜增加了根系总吸收面积、活跃吸收面积、比吸收面积和比活跃吸收面积。

### 2.4 根系活力及与根系吸收面积的关系

为探明根系活力与吸收面积之间的关系,我们用水平方向的 5 个测定值与垂直方向的 20~40 cm、40~60 cm 测定值为依据,计算根系活力与吸收面积之间相关系数(表 7)。由表 7 可以看出,TTC 还原量与根系总吸收面积、活跃吸收面积之间呈极显著正相关,TTC 还原强度与根系总吸收面积、活

跃吸收面积之间,返青期的测定值呈显著或极显著正相关,开花期的测定值虽有正相关趋势,但未达到显著水平。两种根系生理指标之间的相关性在不同处理(如覆膜与不覆膜)条件下表现一致(有重现

性),说明有一定的可靠性。由于比吸收面积和比活跃吸收面积无空间分布变化,没有计算其与其他指标之间的相关性。

表 5 根系吸收面积的水平分布变化

Table 5 The horizontal differences of root absorbing area in soil column

测定时间 Time of detn.	土表处理 Soil surface Treatment	离主茎距离 Distance				
		0~2 cm	2~4 cm	4~6 cm	6~8 cm	8~10 cm
总吸收面积 Total absorbing area (dm <sup>2</sup> )						
返青期 Reviving stage	对照 CK	35.8±3.1 <sub>a</sub>	33.3±5.6 <sub>a</sub>	20.1±4.3 <sub>b</sub>	12.2±2.1 <sub>c</sub>	10.1±2.1 <sub>c</sub>
	覆膜 Mulching	42.7±5.8 <sub>a</sub>	40.4±6.7 <sub>a</sub>	25.7±5.8 <sub>b</sub>	15.3±2.7 <sub>c</sub>	13.2±1.2 <sub>c</sub>
开花期 Flowering stage	对照 CK	55.4±8.5 <sub>a</sub>	35.3±1.8 <sub>b</sub>	24.4±5.4 <sub>c</sub>	21.1±3.8 <sub>c</sub>	12.3±3.6 <sub>d</sub>
	覆膜 Mulching	76.0±14.8 <sub>a</sub>	48.1±9.2 <sub>b</sub>	32.3±6.9 <sub>c</sub>	28.6±5.7 <sub>c</sub>	13.0±2.0 <sub>d</sub>
活跃吸收面积 Actively absorbing area (dm <sup>2</sup> )						
返青期 Reviving stage	对照 CK	13.8±2.7 <sub>ab</sub>	17.0±2.6 <sub>a</sub>	10.6±2.4 <sub>b</sub>	5.4±1.2 <sub>c</sub>	4.2±0.9 <sub>c</sub>
	覆膜 Mulching	20.8±2.9 <sub>a</sub>	17.1±4 <sub>a</sub>	10.6±2.7 <sub>b</sub>	7.0±1.5 <sub>bc</sub>	6.2±1.2 <sub>c</sub>
开花期 Flowering stage	对照 CK	17.8±2.5 <sub>a</sub>	13.1±1.7 <sub>b</sub>	9.8±2.4 <sub>c</sub>	7.6±1.1 <sub>c</sub>	4.6±1.2 <sub>d</sub>
	覆膜 Mulching	37.2±6.6 <sub>a</sub>	21.2±2.1 <sub>b</sub>	13.7±1.9 <sub>c</sub>	12.0±1.6 <sub>c</sub>	5.4±1.1 <sub>d</sub>
比吸收面积 Ratio of absorbing area to root dry weight (dm <sup>2</sup> /g)						
返青期 Reviving stage	对照 CK	581±44 <sub>a</sub>	529±38 <sub>a</sub>	508±48 <sub>a</sub>	402±55 <sub>b</sub>	372±35 <sub>b</sub>
	覆膜 Mulching	550±47 <sub>a</sub>	549±38 <sub>a</sub>	541±48 <sub>a</sub>	524±47 <sub>a</sub>	518±41 <sub>a</sub>
开花期 Flowering stage	对照 CK	667±77 <sub>a</sub>	620±72 <sub>a</sub>	616±54 <sub>a</sub>	611±63 <sub>a</sub>	639±73 <sub>a</sub>
	覆膜 Mulching	686±86 <sub>a</sub>	736±90 <sub>a</sub>	712±66 <sub>a</sub>	739±96 <sub>a</sub>	742±79 <sub>a</sub>
比活跃吸收面积 Ratio of Actively absorbing area to root dry weight (dm <sup>2</sup> /g)						
返青期 Reviving stage	对照 CK	225±41 <sub>ab</sub>	270±33 <sub>a</sub>	267±33 <sub>a</sub>	178±19 <sub>bc</sub>	154±10 <sub>c</sub>
	覆膜 Mulching	268±35 <sub>a</sub>	232±30 <sub>a</sub>	223±25 <sub>a</sub>	239±32 <sub>a</sub>	244±29 <sub>a</sub>
开花期 Flowering stage	对照 CK	214±9 <sub>a</sub>	231±25 <sub>a</sub>	249±38 <sub>a</sub>	219±13 <sub>a</sub>	236±75 <sub>a</sub>
	覆膜 Mulching	336±45 <sub>a</sub>	325±28 <sub>a</sub>	301±15 <sub>a</sub>	309±27 <sub>a</sub>	307±50 <sub>a</sub>

表 6 根系吸收面积的垂直变化

Table 6 The vertical distribution of root absorbing area in soil column

项目 Item	土层深度 Depth (cm)	返青期 Reviving stage		开花期 Flowering stage	
		对照 CK	覆膜 Mulching	对照 CK	覆膜 Mulching
总吸收面积(dm <sup>2</sup> ) Root absorbing area	0~20	111.5±10.2 <sub>a</sub>	137.3±17.8 <sub>a</sub>	146.1±19.4 <sub>a</sub>	198.0±31.8 <sub>a</sub>
	20~40	13.4±1.1 <sub>b</sub>	13.5±1.9 <sub>b</sub>	12.9±3.1 <sub>b</sub>	12.1±2.0 <sub>b</sub>
	40~60	10.3±1.4 <sub>b</sub>	8.3±1.6 <sub>b</sub>	10.3±3.8 <sub>b</sub>	8.4±2.1 <sub>b</sub>
活跃吸收面积(dm <sup>2</sup> ) Actively absorbing area	0~20	51.0±9.4 <sub>a</sub>	61.6±9.1 <sub>a</sub>	52.9±4.2 <sub>a</sub>	89.4±9.2 <sub>a</sub>
	20~40	5.9±1.2 <sub>b</sub>	6.3±0.9 <sub>b</sub>	4.5±0.7 <sub>b</sub>	6.0±0.9 <sub>b</sub>
	40~60	4.9±0.6 <sub>b</sub>	4.2±0.9 <sub>b</sub>	3.7±0.2 <sub>b</sub>	3.5±0.4 <sub>b</sub>
比吸收面积(dm <sup>2</sup> /g) Ratio of absorbing area to root dry weight	0~20	503±28 <sub>a</sub>	542±16 <sub>a</sub>	635±17 <sub>a</sub>	713±30 <sub>a</sub>
	20~40	479±36 <sub>a</sub>	489±65 <sub>a</sub>	641±76 <sub>a</sub>	695±82 <sub>a</sub>
	40~60	491±51 <sub>a</sub>	498±34 <sub>a</sub>	655±137 <sub>a</sub>	721±83 <sub>a</sub>
比活跃吸收面积(dm <sup>2</sup> /g) Ratio of Actively absorbing area to root dry weight	0~20	230±26 <sub>a</sub>	243±14 <sub>a</sub>	226±7 <sub>a</sub>	322±30 <sub>a</sub>
	20~40	212±31 <sub>a</sub>	228±47 <sub>a</sub>	242±20 <sub>a</sub>	327±54 <sub>a</sub>
	40~60	233±49 <sub>a</sub>	253±19 <sub>a</sub>	252±31 <sub>a</sub>	302±11 <sub>a</sub>

表 7 根系活力与根系吸收面积之间的相关性

Table 7 Correlation between root activities and root absorbing area

项目 Item	处理 Treatment	返青期 Reviving stage		开花期 Flowering stage	
		总吸收面积 Absorbing area	活跃吸收面积 Actively absorbing area	总吸收面积 Absorbing area	活跃吸收面积 Actively absorbing area
TTC 还原量 Reductive amount of TTC by root	对照 CK	0.939**	0.911**	0.983**	0.961**
	覆膜 Mulching	0.946**	0.956**	0.955**	0.976**
TTC 还原强度 Reductive intensity of TTC by root	对照 CK	0.867*	0.827*	0.468	0.419
	覆膜 Mulching	0.897**	0.910**	0.550	0.603

注:  $R_{0.05}=0.754$ ;  $R_{0.01}=0.874$

### 3 讨论

覆膜是种植旱地作物常用的保水措施之一,本试验结果表明,覆膜促进根系生长,增加根系总生物量、TTC 还原量、根系吸收面积、活跃吸收面积、比吸收面积及比活跃吸收面积,也提高浅层根系生物量所占的比例,但对上述指标空间分布的影响相对较小。

由于根系采集,尤其是按其空间分布的采集难度较大,使根系生物量及其生理特性的空间分布研究进展较慢,研究结果也往往局限在其垂直分布上<sup>[13~16]</sup>。本试验结果表明,根系活力及吸收面积,不仅在垂直方向上,而且在水平方向上均有较明显的变化规律;即随着离主茎距离的增加,TTC 还原量、总吸收面积及总活跃吸收面积明显减少;返青期不覆膜处理的比吸收面积与比活跃吸收面积的水平分布,也表现出由近到远逐渐降低的变化趋势。与王志芬等<sup>[8~9]</sup>用同位素示踪法测定的小麦根系活力(水平方向上每隔 10 cm、垂直方向上每隔 20 cm)的变化规律一致。

测定根系活力时,可测定根系中某些酶的活性;也可用同位素示踪法测定根系吸收某些元素的多少。相比之下,后者更加准确、可靠,但没有把根系活力与吸收面积的作用区分开。因此,我们采用 TTC 还原法测定根系活力,来研究根系活力与吸收面积之间的关系及其空间分布上的差异。结果表明,TTC 还原量与根系总吸收面积、活跃吸收面积之间有正相关关系,而 TTC 还原强度与根系总吸收面积、活跃吸收面积之间的相关性,依生育期不同而不同,返青期呈正相关,开花期却未呈正相关。这主要与不同生育期不同土层 TTC 还原强度的变化趋势不同有关。随着生育期的进程的推进土壤水分逐渐减少,尤其是上层土壤水分,上层根系开始衰老,0~20 cm 土层的 TTC 还原强度随之下落,在这种

情况下植物本身的适应性调节,使 20~60 cm 土层的 TTC 还原强度有所增加。

赵秉强<sup>[14]</sup>等以夏玉米为试验材料,研究 TTC 还原量和 TTC 还原强度的垂直分布,结果表明前者的变化趋势与其生物量相同,而后者的变化趋势则与生物量不同。本试验中,TTC 还原量、根系总吸收面积与活跃吸收面积的空间分布与生物量有相同的变化规律;而 TTC 还原强度、比吸收面积与比活跃吸收面积的空间分布,却没有一致的变化规律。这是因为,前述 3 项指标是以所测定土壤空间的全部根系为基础的,其大小随根系生物量的变化而改变,也正是这一原因,使 TTC 还原量和根系总吸收面积、活跃吸收面积之间的相关性较好;而 TTC 还原强度、比吸收面积与比活跃吸收面积是单位根重与上述生理指标的相应比值,其大小只取决于根系本身的生理特性,与根系生物量无关。总之,TTC 还原强度、比吸收面积与比活跃吸收面积能更好地反映根系生理特性在不同空间的变化情况。从本试验结果来看,由于比吸收面积与比活跃吸收面积在空间分布上没有差异,小麦根系生理活性的空间分布变化主要取决于 TTC 还原强度。

### 参考文献:

- [1] André Chassot, Peter Stamp, Walter Richner. Root distribution and morphology of maize seedlings as affected by tillage and fertilizer placement [J]. *Plant and soil*, 2001, 231: 123-135.
- [2] Arslan A., Kurdali F. Rainfed vetch-barley mixed cropping in the Syrian semi-arid conditions [J]. *Plant and Soil (Netherlands)*, 1996, 183(1): 149-160.
- [3] 马元喜. 不同土壤小麦根系生长动态的研究 [J]. *作物学报*, 1987, 13(1): 37-44.
- [4] 苗果园, 张云亭, 尹钧, 等. 黄土高原旱地冬小麦根系生长发育规律的研究 [J]. *作物学报*, 1989, 15(2): 104-115.
- [5] 史奕, 邹邦基, 陈利军. 从施肥促进小麦根系活力看以肥调水的效果. 汪德水主编. 旱地农田肥水关系原理与调控技术 [M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1995. 111-115.

- [6] 王晨阳, 马元喜. 不同土壤水分条件下小麦根系生态生理效应的研究[J]. 华北农学报, 1992, 7(4): 1-8.
- [7] 刘殿英, 石立岩, 董类裕. 不同时期追施肥水对冬小麦根系、根系活性和植株性状的影响作物学报, 1993, 19(2): 149-155.
- [8] 王志芬, 陈学留, 余美炎, 等. 大田冬小麦根系吸收活力的空间分布及其变化动态的研究[J]. 作物学报, 1998, 24(3): 354-360.
- [9] 王志芬, 陈学留, 余美炎, 等. 两个不同穗型的冬小麦品种根系吸收活力空间分布变化的差异[J]. 华北农学报, 1997, 12(4): 57-61.
- [10] André Chassot, Peter Stamp, Walter Richner. Root distribution and morphology of maize seedlings as affected by tillage and fertilizer placement[J]. Plant and soil, 2001, 231: 123-135.
- [11] Ito O., Matsunaga R., Tobita S., et al. Spatial distribution of root activity and nitrogen fixation in sorghum/pigeonpea intercropping on an Indian alfisol[J]. Plant and Soil (Netherlands), 1993, (155/156): 341-344.
- [12] 邹琦. 植物生理生化实验指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995. 30-31.
- [13] 杨青华, 高尔明, 马新明. 不同土壤类型对玉米根系干重变化及其分布的影响[J]. 土壤通报, 2001, 32(5): 238-240.
- [14] 赵秉强, 张福锁, 李增嘉, 等. 套作夏玉米根系数量与活性的空间分布及变化规律[J]. 植物营养与肥料学报, 2003, 9(1): 81-86.
- [15] 蔡昆争, 骆世明, 段舜山. 水稻根系的分布及其与产量的关系[J]. 华南农业大学学报, 2003, 24(3): 1-4.
- [16] 漆智平, I M Rao, J Ricaurte. 象草和壮丽草根空间分布及养分吸收研究[J]. 草地学报, 1999, 7(1): 22-27.

## The physiological characteristics of winter wheat roots and its spatial distribution under mulching plastic film condition

SONG Hai-xing<sup>1,2</sup>, LI Sheng-xiu<sup>1</sup>

(1. College of Resource and Environment, Northwest A & F. University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. college of Resource and Environment, Hunan Agriculture University, Changsha 410128, China)

**Abstract:** The spatial distribution of the winter wheat roots was studied by determining its root activities and absorbing areas under mulching plastic film condition. The results indicate that the root TTC reductive amounts and intensities were gradually decreased with the increase of distance from the plant stem in a horizontal range of 0~10 cm. From soil surface to 60 cm deep layer, TTC reductive amounts were gradually decreased and so were the root TTC reductive intensities at wheat reviving stages while there was no difference between different soil depths at flowering stage. Changes of total root absorbing area and actively absorbing area had the same trend as those of TTC reductive amounts either in the horizontal or the vertical range. Although plastic mulching did not change the spatial distribution of TTC reductive amounts and intensities, the specific absorbing area and specific actively absorbing area were different with mulching and without mulching at wheat reviving stage. Without mulching, the difference gradually decreased from a distant point of the plants to that close to the plants; with mulching, however, no difference was found in different points of the soil. The specific absorbing area and specific actively absorbing area had no significant difference at different depth from 0 to 60 cm at reviving stage while at flowering stage no difference was also found either in horizontal direction. The root activity was significantly correlated with both total roots absorbing area and actively absorbing area.

**Keywords:** mulching plastic film; winter wheat; root activity; root absorbing area; spatial distribution