

# 利用 $P^{32}$ 研究冬小麦磷素营养规律初步探讨\*

河北省农业科学院土壤肥料研究所

赵哲权 孙祖琰 乐豫生

目前我省农业科学研究机关的高产麦田亩产已达到800斤左右。在这些高产栽培中，生产条件优越，水肥充分，影响小麦产量的因素主要是田间管理是否符合小麦营养生理的要求。因此，研究小麦的营养生理规律对指导生产实现高产有重要意义。为此目的，近两年来，我所运用 $P^{32}$ 研究了高产小麦的磷素营养特点，磷及含磷物质在小麦体内的运行与分配等问题，希望更确切的反映出小麦营养规律，加速研究的进程。

1961年在石家庄省小麦研究所进行了小麦叶片对磷素的吸收与分配及小麦穗部磷素分配特点的研究。供试品种为西北五四，亩产量663—703斤。

1962年在保定本院农场，研究了冬小麦根系发育和磷素吸收力，以及磷素向小麦各器官转移与分布的特点。供试品种为碧玛四号，亩产690斤。

本文根据两年来的研究结果，对小麦的磷素营养规律进行初步分析。此系阶段总结，仅供参考。

## 一、小麦根系对磷素的吸收与转移

利用 $P^{32}$ 研究小麦越冬期、返青期和成熟期在水平0—15厘米垂直0—40厘米范围土壤中根系吸收能力，测定结果如下：（见表1）

表1 冬小麦各部位根系的吸收能力  
(1962, 保定)

冬 前 (12月13日)								
0	5	10	15					
1297	22.69	197	3.45	111	1.94	1605	28.08	
5	1128	19.73	324	5.67	123	2.15	1575	27.55
10	763	13.35	385	6.73	187	3.27	1335	23.35
15	398	6.96	211	3.69	203	3.55	812	14.20
20	115	2.01	123	2.15	152	2.66	390	6.82
	3701	64.74	1240	21.69	776	13.57	5717	100.00

返 青 (4月10日)							
845	13.42	857	13.61	355	5.64	2057	32.67
560	8.90	1007	15.99	582	9.25	2149	34.14
330	5.24	457	7.26	442	7.02	1229	19.52
184	2.13	215	3.42	280	4.45	629	9.99
98	1.56	80	1.27	53	0.84	231	3.67
1967	31.25	2616	41.55	1712	27.20	6295	100.00

成 熟 (5月25日)							
346	8.34	320	7.72	183	4.41	849	20.47
353	8.51	228	5.50	181	4.36	762	18.37
425	10.25	464	11.19	202	4.87	1091	26.31
438	10.56	184	4.44	170	4.10	792	19.10
293	7.07	190	4.58	170	4.10	653	15.75
1855	44.73	1386	33.42	906	21.83	4147	100.00

说明：

1. 左上角数字代表脉冲数/分。
2. 右下角数字代表吸收力（各部位吸收量占总吸收量的百分数）。

\* 参加此项工作的：1961年有石家庄农业科学研究所崔绍平、石家庄科委张桂珍、刘维安；1962年有本所马素芬等同志。

由上表可以看出:

1. 冬小麦各部位根系的相对吸收能力, 随着它的生长发育而变化。在冬前, 以0—5厘米土层中的根系吸收力最强, 愈往深处其吸收能力愈弱。到返青末期, 以5—10厘米土层中根系吸收力最强, 到成熟期以10—15厘米处最强, 即根系的活跃部位逐渐向纵深方向移动。从左右土体中根系比较, 在冬前以距植株 0—5 厘米处最强, 离植株越远其根系的吸收力亦越弱。到返青末期则以距植株 5—10厘米处吸收力最强。到成熟期左右, 土体间差异类似冬前, 仍以 0—15 厘米处最强。

从各土层和各土体根系吸收力的差距来看, 冬前及返青末各土层的根系吸收力差距都比较大, 但到成熟期则各层间的差距显著缩小, 不同层次间的根系的吸收力接近平衡。土体间的差距以冬前差距最大, 返青末期以后差距即行缩小, 各土体间的根系吸收力已接近平衡。以冬前差距最大, 返青末期以后, 差距即行缩小, 各土体间的根系吸收力已接近平衡。

2. 对冬小麦营养起重要作用的根系, 冬前和返青末期, 主要分布在 0—20 厘米土层中, 其吸收量分别占根系总吸收量的78.98%和 86.33%。到生育后期, 在 0—40 厘米土层中的根系, 其吸收力比较均衡。从土体看, 主要根系分布在 0—10 厘米土体中, 其吸收量在冬前占根系总吸收量的 86.43%; 返青末占72.80%; 成熟期占78.15%。

3. 小麦根系中特别活跃的部份, 其伸展和分布的范围, 是横向 0—10 厘米, 垂直 0—20厘米。冬前分布在: 水平 0—5, 垂直 0—5 厘米土层中。返青末在: 水平 5—10 垂直 5—10厘米土层中。成熟期向下延伸分布在水平0—5 垂直10—20厘米土层中。根系最活跃的部份, 在苗期其表现特别突出, 当时这部分根系所分布的范围只占全部根系总吸收范围的十五分之一, 而其吸收 $P^{32}$ 的量却占总吸收量的 22.69%。直到返青末期这一

特点仍甚明显。

关于小麦对磷素的吸收利用, 根据我们的研究, 小麦根系吸收磷素, 最活跃时期是从出苗到越冬时期。到返青以后生殖生长期对磷素的吸收量又高于营养生长期。因此, 在冬前小麦苗期磷素营养最重要, 在播种前以过磷酸钙当基肥施用, 利用率最大, 产量最高。(见表 2)

表 2 小麦对磷肥的吸收利用 (1962, 保定)

处 理		播种前亩 施过磷酸 钙30斤	拔节初期追施过磷 酸钙, 每亩30斤	不施磷肥
生 育 阶 段		三叶— 冬 越	拔节— 抽穗前	抽穗前— 成熟
磷肥利	总 额	7.64	1.50	2.91
	用 率 %	0.1123	0.0625	0.0909
产量 (市斤/亩)		690	622	672

根系所吸收磷素的转移与分布情况根据我们的测定结果如表 3

表 3 不同生育期  $P^{32}$  在小麦体内的分布 (%) (1962, 保定)

生 育 期	部 位	主茎	第一蘖	第二蘖
返 青 期	叶 片	26.96	23.83	11.99
	叶 鞘	9.45	6.83	6.81
	分 蘖 节		14.13	
拔 节 期	叶 片	32.93	14.77	6.73
	叶 鞘	10.22	7.60	1.40
	茎		26.35	
灌 浆 期	叶 片	3.74	4.76	
	叶 鞘	4.50	5.07	
	茎	13.68	8.53	
	穗	35.66	16.69	

注: 灌浆期第二分蘖近于死亡, 数据未列入表内。

由上表可以看出: 返青和拔节期间磷素多分布到小麦叶片和分蘖节或茎中, 到生育后期(拔节——灌浆)开始逐步转移到穗中, 而且主茎吸收  $P^{32}$  的强度大于第一和第二分蘖, 但到灌浆期由于主茎穗部强烈吸收磷素, 因而叶片和叶鞘中  $P^{32}$  的含量比分蘖减少。

从表 4 还可看出：各生育期，皆以主茎含 P<sup>32</sup> 最多。第一分蘖次之，第二分蘖又次之。在返青期，差距较小，拔节以后，差距增大，灌浆期差距更大。这可能就是后期弱蘖营养不足，影响成穗的原因。在返青期（3 月 13 日）施用氮肥，可以显著缩小返青和拔节期主茎与分蘖含磷量的差距。但抽穗前（4 月 23 日）追施氮肥对于改变灌浆期主茎与分蘖间含磷比值的作用较小。

表 4 小麦主茎与分蘖含 P<sup>32</sup> 百分比  
(1962, 保定)

处 理	部 位	不同生育期 P <sup>32</sup> %		
		返 青	拔 节	灌 浆
P	主 茎	47.87	52.87	57.57
	第 一 蘖	27.53	35.26	35.04
	第 二 蘖	24.60	11.87	7.39
NP	主 茎	28.58	36.47	57.95
	第 一 蘖	33.83	39.18	37.01
	第 二 蘖	32.59	24.35	5.04

二、小麦叶片对磷素的吸收

小麦叶片也有吸收利用磷素的能力，是早已肯定的事实。根据我们的研究，发现不同叶片对磷素的吸收运转能力存有差异。

1961 年在石家庄省小麦研究所的早播，适期播和晚播的三类麦田里，分别应用 P<sup>32</sup> 测定抽穗至成熟期旗、二、三、四、五叶（按自上而下次序）的营养功能。三种不同播期的麦田，所测的结果基本一致，现以适期播种的麦田为例，说明如下：（测定结果见表 5 及表 6）

1. 叶片对磷素的吸收与运转：

由表 5 可以看出：叶片吸收的磷素，一部份残留在本叶片上，造成局部磷素浓度特高现象；一部份运转到植株的穗、茎鞘和其他叶片中去。由抽穗至成熟，残留部份愈来愈多，输出越来越少，表明叶片的功能逐渐减弱。由于各叶片的发育早晚和位置不同，其残留与输出情况也有所差异。旗叶由抽穗至灌浆输出量增多，残留部份相应减少，灌

表 5 小麦叶片吸收 P<sup>32</sup> 及分配状况  
(1961, 石家庄)

处理 叶片	部 位	测定期及含量百分比			
		抽 穗	灌 浆	乳 熟	成 熟
旗 叶	旗 叶 残 留	43.01	33.43	70.04	70.96
	输 送 给 { 其余叶片 茎 鞘 穗	5.82	1.52	0.61	0.41
		33.42	45.10	4.87	21.40
		17.76	19.96	24.62	7.24
	输出 总 量	56.99	66.57	29.96	29.04
二 叶	二 叶 残 留	51.35	56.77	78.68	85.55
	输 送 给 { 其余叶片 茎 鞘 穗	9.88	5.08	0.70	0.36
		26.78	28.02	7.94	4.22
		12.01	9.04	12.85	9.67
	输出 总 量	48.65	43.23	21.32	14.45
三 叶	三 叶 残 留	36.87	55.76	77.42	—
	输 送 给 { 其余叶片 茎 鞘 穗	7.93	5.08	1.75	—
		40.70	31.84	8.95	—
		10.32	8.00	11.88	—
	输出 总 量	63.13	44.24	22.58	—
四 叶	四 叶 残 留	31.58	65.57	69.66	—
	输 送 给 { 其余叶片 茎 鞘 穗	15.13	4.19	1.52	—
		43.16	22.09	12.75	—
		9.54	8.93	16.07	—
	输出 总 量	68.42	34.43	30.34	—
五 叶	五 叶 残 留	25.63	65.35	—	—
	输 送 给 { 其余叶片 茎 鞘 穗	9.83	5.54	—	—
		60.01	16.98	—	—
		4.52	12.12	—	—
	输出 总 量	74.37	34.65	—	—

浆至乳熟直到成熟，输出量成倍降低。而二、三、四、五叶从抽穗开始，输出量一直逐渐减少，残留部份逐渐增多。从上述变化中，可以看出：抽穗期下部叶片输出能力最强，向上依次减弱，旗叶最弱。灌浆期以后则恰相反，旗叶输出能力最大，二、三叶次之，四五叶最小。

叶片在输出 P<sup>32</sup> 的同时，还接受其他叶片运转来的 P<sup>32</sup>，进行着积累。以最下部叶片的积累量为 1，进行比较（见表 7），可以看出，旗叶积累的最多，以下各叶片，依次减少，各期皆然，甚少例外。

2. 旗叶具有最强的积累能力，因此它也具有最大的营养功能，所以在穗部的物质累

表 6 叶片对 P<sup>32</sup> 的累积 (%)  
(1961, 石家庄)

生育期	累积部位	处 理 叶 片					累积量 (%)
		旗叶	二叶	三叶	四叶	五叶	
抽穗期	旗叶	43.01	7.40	6.24	5.12	1.48	20.24
	二叶	4.90	51.35	0.48	7.35	5.40	18.13
	三叶	0.55	1.81	36.87	1.69	1.64	7.19
	四叶	0.25	0.48	0.44	37.58	1.31	2.48
	五叶	0.12	0.19	0.17	0.97	25.63	1.45
灌浆期	旗叶	33.43	3.43	1.96	1.20	0.99	7.58
	二叶	1.09	56.77	1.72	1.22	1.27	5.30
	三叶	0.21	0.96	55.76	1.48	1.14	3.79
	四叶	0.15	1.25	0.94	65.57	2.14	4.48
	五叶	0.07	0.44	0.46	0.29	65.35	1.26
乳熟期	旗叶	70.04	0.45	0.79	0.72	—	1.96
	二叶	0.13	78.68	0.58	0.66	—	1.37
	三叶	0.19	0.22	77.42	0.14	—	0.55
	四叶	0.29	0.03	0.38	69.66	—	0.70
	五叶					—	

表中黑体为标记叶片的数据，在累积量 (%) 栏未统计在内。

表 7 各叶片对 P<sup>32</sup> 的累积量比较

生育期	各叶片吸收来自其余叶片的 P <sup>32</sup> 比值				
	旗	二	三	四	五
抽穗	12.5	12.1	3.8	1.7	1.0
灌浆	5.8	4.1	2.8	3.5	1.0
乳熟	2.9	2.0	0.9	1.0	1
成熟	0.9	1.0	1	1	1

积过程中，旗叶起最重要的作用。一方面它输送给穗部的养分最多，另一方面它持续供应的时间也最长。如抽穗期，旗叶以其吸收量的17.8%运入穗部，而二、三、四、五叶依次为12.0%、10.3%、9.5%、4.5%，平均为9.1%。灌浆期旗叶为20.0%，二、三、四、五叶依次为9.0%、8.0%、9.0%、12.1%，平均为9.0%。乳熟期第五叶死亡，旗叶为24.6%，二、三、四叶分别为12.9%、11.9%、16.1%，平均13.6%。成熟期四、三叶也相继死亡。旗叶稍低于二叶，分别为7.2%和9.7%。

3. 叶片向穗部转移 P<sup>32</sup> 有两种类型。旗叶和第五叶输送给穗部 P<sup>32</sup> 的数量由抽穗开始

基本上是直线上升的，乳熟期达最高峰，到成熟期旗叶的输送量又下降。第二、三、四各叶对穗部输送量的变化，有两次起伏，以抽穗期和乳熟期输送较多，灌浆期、成熟期较少。从同株五个叶片的综合作用来看，其变化与旗叶相类似，即乳熟期转移到穗部的 P<sup>32</sup> 量最多。

此外，在我们的试验中，曾在抽穗前连续两次以过磷酸钙加赤霉素及过磷酸钙加硼酸喷施，所有叶片，并以只喷过磷酸钙的为对照，进行比较。发现加入赤霉素或硼酸的，可以加速灌浆期穗部含磷物质的积累（见表8），可能有利于麦粒的形成。

表 8 喷射赤霉素、硼酸对小麦穗部 P<sup>32</sup> 积累的影响  
(脉冲/克分) (1961, 石家庄)

处 理	过磷酸钙(对照)	过磷酸钙加赤霉素	过磷酸钙加硼酸
抽穗期	8,844	16,274	14,508
灌浆期	32,852	83,732	80,746
增加率比较	100.0	140.6	167.9

三、结 语

1. 小麦根系吸收磷素的能力，以冬前最强，生殖生长期又高于营养生长期。对植株营养起重要作用的根系分布在水平0—10厘米垂直0—20厘米的土层中。冬前和返青期各部分根系吸收磷素的能力、差异较大。到成熟期各部分根系的吸收能力接近平衡。

2. 根系所吸收的磷素在植株上的分布，是：主茎多于一蘖，一蘖多于二蘖，返青期差距较小，拔节后差距愈来愈大。返青期追氮肥可以缩小差距有利侧蘖生长。磷素在各器官上的分布，返青期以叶片和分蘖节中含量最多，拔节期茎、叶最多，灌浆期穗部积累最多。

3. 叶片所吸收的磷素，平均约有二分之一左右残留在本叶片里，二分之一左右输送到其他各部份。其总输出量及分配给穗部的比例均以旗叶最大，如果加入赤霉素或硼酸等药物，可以提高穗部含磷物质的积累量。