

施肥对黄土高原旱地冬小麦根系生长的影响

孙志强, 王宗胜, 鲍国军, 王玲洁
(甘肃省平凉市农业科学研究所, 平凉 744000)

摘 要: 田间试验表明, 旱地冬小麦根系集中分布在 0~20 cm 土层中, 约占 0~60 cm 土层总根重的 60.7%; 根系生育规律以根重变化表示在 0~20 cm 土层中, 呈逆变态, 表现为快、较慢、慢的生长过程, 20~40 cm 土层呈突变态、较慢、快、慢的生长过程, 40~60 cm 土层呈稳定状态, 表现为慢、快、慢的生长过程。不同肥料处理对冬小麦根系的影响是: 氮肥有增加表层根系的作用, 平均日增加 4.05 g/cm², 影响深度达 40 cm; 磷肥利于根系下扎, 可达 80 cm 土层以下; 氮磷有机肥并施显著增加根重和生长量, 有利于吸收深层水分和养分; 旱地冬小麦根系下扎深度为 220~240 cm, 吸收利用土壤水分能力范围在 180~210 cm。

关键词: 施肥; 黄土高原; 旱地; 冬小麦; 根系

中图分类号: S 512.11062 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409(2003) 01-0141-03

Effect of Fertilization on the Growth of Winter Wheat Roots
in Dryland in Loses Plateau

SUN Zhi-qiang, WANG Zong-sheng, BAO Guo-jun, WANG Ling-jie
(Pingliang Agricultural Sciences Institute of Gansu, Pingliang 730070, Gansu, China)

Abstract: Field experiment showed that winter wheat roots in dryland mainly distributed in 0~20 cm soil depth, which was about 60.7% of the total root weight in 0~60 cm soil depth. When the growth law were measured with root weight, adversely change would be observed in 0~20 cm soil depth, abrupt change in 20~40 cm, and stable change in 40~60 cm. Effect of different fertilizers on winter wheat roots were: Nitrogen fertilizer could increase root growth in top soil, in which root weight increasing rate was 4.05 g/(cm²·d) and in 40 cm soil depth, this effect still be observed. Phosphate fertilizer made root grown in the more deep soil depth, even at 80 cm. The combination of N, P, and manure could increase root weight and root biomass; as a result, the root uptake soil moisture and nutrient in deep soil more easily. In dryland, winter wheat root could distribute in 220~240 cm, and soil moisture in 180~210 cm be used.

Key words: fertilization; Loses plateau; dryland; winter wheat; roots

根系在作物养分和水分运输中起着重要的作用。本文旨在通过研究旱地冬小麦根系生育进程, 以及根系生长发育与氮肥、磷肥、土壤水分等根区环境因子的关系, 为旱地冬小麦生产节水高效栽培技术的实施提供依据。

1 研究内容及方法

试验设在甘肃平凉高平旱作农业试验场, 在已有 24 年肥料长期定位试验的基础上, 研究冬小麦根系生长于根区环境的关系。试验分设 6 个处理: ① 不施肥(CK); ④施氮肥(N6 kg), ④氮磷配合(N6 kg+ P₂O₅ 5 kg), ④施氮肥料和小麦秸秆(N6 kg+ 250 kg), ④施农家肥(M 5 000 kg), ④氮磷和农家肥结合(N6 kg+ P₂O₅ 5 kg+ M 5 000 kg), 每个处理 333

m²。根系测定方法: 采用大口径根钻, 钻头长 10 cm, 直径 8 cm, 在冬小麦关键生育期, 每处理取 2 个根系样点, 一点取在麦行上, 一点取麦行中间, 每 10 cm 深土壤为一层, 分层分点记录, 取至 100 cm, 采回的根系样品, 经过浸泡、搅拌、过筛、悬浮、漂洗、清除杂质、风干等程序, 用 1/10 000 电子天平称重, 并分次观测不同生育时期根系生长深度及生长量。

2 结果分析与讨论

2.1 旱地冬小麦根系的分布及发育规律

将各处理冬小麦根系的测定值通过加权法求得平均日增重, 表 1 为四个不同生育时期观测整理结果。

* 收稿日期: 2002-12-05
基金项目: 国家科技攻关项目(2001BA508B18)。
作者简介: 孙志强(1962-), 男, 甘肃省平凉人, 农艺师, 主要从事旱作技术研究。

表 1 冬小麦根系加权平均日增重变动 g/d				
土层深度/cm	拔节	抽穗	开花	日平均 增 重
	— 抽穗	— 开花	— 成熟	
0~10	512.5	274.2	35.3	265.9
10~20	339.6	236.5	19.8	182.6
20~30	50.3	713.2	- 88.4	84.4
30~40	71.2	587.7	- 90.4	73.9
40~50	36.2	340.0	10.7	68.7
50~60	3.8	281.3	47.3	63.2

结果表明,从水平分布来看,冬小麦根系主要集中在 0~20 cm 的耕层土壤中,呈现逆变状态,即随着土层深度增加日增重由高变低,变幅较大,根系生长过程表现为快、较慢、慢。这是由于随着大气温度的逐渐增加,土壤温湿度提高,微生物活动加剧,肥料效应得以发挥。到孕穗时,0~10、10~20 cm 土层冬小麦表层根系日增重达到 512.5 g 和 339.6 g,这种趋势较稳定地持续到扬花后期,随着营养生长转向生殖生长,后期日增重平均值下降到 35.3 g、19.8 g,但整个过程加权平均日增重仍然高达 265.9 g、182.6 g。在 20~40 cm 土层中,冬小麦根系分布呈突变状态,即加权平均日增重由低变高再变低,根系生长过程表现为较慢、快、慢。这是由于随着上层根系生长对土壤养分的利用,根系对土壤

养分的吸收渐次转移到深层土壤,只是由于土壤物理性状的影响,尤其是犁底层的较高土壤容重,导致耕层根系在孕穗到扬花期内猛增,日增重高达 650.5 g,进而在扬花到成熟期呈负增长,日增重为- 89.4 g,其加权平均日增重(79.2 g)仅为上层的 35.3%,为根系生长的突变状态。在 40~60 cm 土层中,冬小麦根系水平分布呈稳定状态,生长发育过程为慢、快、慢。该层加权平均日增重为 65.9 g,与上层比较没有负增长,变幅小,说明根系在较深层次中,生长缓慢,生长量少而稳定。

起身到成熟冬小麦根系总生长量在土壤中的垂直生长表明(图 1),0~60 cm 土层中根系生长总量为 66 488.4 g,其中 0~20 cm 土层为 40 370.4 g,占 60.7%,20~60 cm 根量为 26 118.0 g,占 39.3%。显然大多数根系集中分布在 0~20 cm 土层中,少数分布在 20 cm 以下土层中,并且根系在 0~60 cm 土层中随深度增加根量显著减少,垂直分布呈较明显的倒塔型。所以旱地耕层性状的优良与否,直接影响着冬小麦根系的生长发育,是决定根系是否强大的关键,但也不能忽视深层根系的作用,它们是抗旱的保障。同时也证明了根系不仅在生长量,而且在数量上也多集中在耕层土壤中。

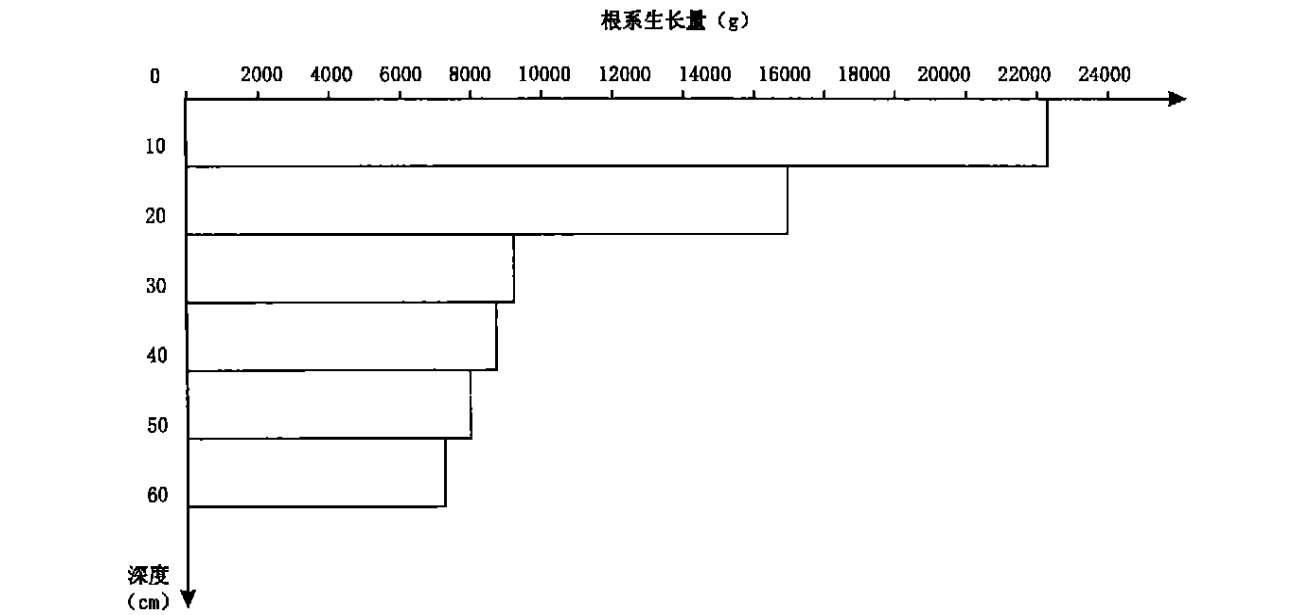


图 1 起身到成熟冬小麦根系生长量垂直分布图

2.2 不同肥料处理对冬小麦根系生长的影响

不同处理的根系测定结果(表 2)表明,¹ 所有施肥区均比不施肥区根系重量增加,同期平均增加量最小为 1.41 g/m²,同期平均增加量最大为 34.92 g/m²,且 4 次测定结果一致。从肥料对根系的影响深度上看,冬小麦生长后季,40 cm 土层以下施肥区根系重量仍明显增加,而不施肥区则明显减少。④施氮肥区和施氮肥加秸秆区根系增重幅度相似,4 个测定时期平均增加量依次为 0.72, 10.57, 4.75, 4.56 g/m²,但施氮肥加秸秆处理区根系下扎深度比纯施氮区深 10 cm。④施氮加磷肥处理区比施氮肥区根系重量增加差异显著,4 期测定 80 cm 土层的重量前者比后者对应处理分别多 1.34, 2.14, 4.30, 11.43 g/m²,浅层根重增量就更明显,说明不同

肥料处理对根系生长深度有不同的影响,氮肥处理区根系下扎深度浅,氮磷肥处理区深,即磷肥能促使根系向深层下扎,增加深层根系的数量和重量,增强根系对深层土壤水分的利用能力。¼ 氮磷有机肥并施区与其它各区相比,除与氮磷肥处理区相似外,均较其它各区根重有显著增加趋势。冬小麦起身到扬花前,氮磷肥区对 layers 根重量的影响小于氮磷有机肥并施区,前者较后者平均值减少 1.59 g/m²;扬花后到成熟,氮磷肥区对根重量的影响大于氮磷有机肥并施区,平均值增加 10.29 g/m²,这可能与长期定位试验及土壤微生物活动和激素有关,有待进一步研究;其它 4 区无论在根系重量增加和影响根系下扎深度都小于氮磷有机肥并施区。从根系平均增重量看,氮磷有机肥并施分别比不施肥、施氮肥、施氮

加秸秆、施有机肥区分别多 16. 65, 12. 44, 7. 69, 15. 00 g/m²。因此, 氮磷有机肥并施, 是培肥地力和增加根系深度、尽而提高土壤水分和肥料利用率的有效方式。

表 2 不同培肥状态冬小麦根系生长量剖面分布

处理内容	深 度 /cm	每层根系干重/(g·m ⁻²)			
		4 月 5 日	5 月 11 日	5 月 23 日	7 月 1 日
CK (不施肥)	0~10	10. 65	23. 23	40. 94	17. 83
	10~20	3. 03	18. 79	19. 39	12. 57
	20~30	2. 00	19. 72	16. 04	10. 49
	30~40	1. 42	3. 65	10. 84	7. 91
	40~50	1. 32	2. 31	7. 84	5. 19
	50~60	1. 16	1. 70	6. 43	2. 62
	60~70		1. 64	6. 16	1. 93
	70~80			5. 82	1. 94
N6kg	0~10	28. 56	47. 46	56. 12	36. 97
	10~20	9. 54	11. 28	32. 35	20. 17
	20~30	4. 26	4. 54	24. 69	17. 34
	30~40	3. 36	4. 16	19. 18	12. 43
	40~50	2. 03	2. 15	7. 94	10. 19
	50~60	2. 32	1. 59	3. 19	8. 02
	60~70		0. 81	2. 76	6. 99
	70~80			0. 89	2. 53
N6kg+ P ₂ O ₅ 5kg	0~10	33. 48	43. 14	117. 86	97. 92
	10~20	9. 78	36. 93	17. 93	94. 34
	20~30	8. 47	19. 42	23. 28	54. 98
	30~40	5. 79	13. 50	26. 62	23. 41
	40~50	3. 73	9. 75	16. 27	19. 90
	50~60	3. 66	5. 17	16. 25	17. 25
	60~70		2. 95	13. 92	18. 08
	70~80			5. 19	13. 96
N6kg+ 秸 秆 250kg	0~10	33. 18	71. 17	73. 20	62. 26
	10~20	6. 21	42. 16	30. 31	17. 32
	20~30	6. 48	11. 78	19. 44	16. 17
	30~40	3. 81	10. 92	18. 82	14. 71
	40~50	2. 93	6. 83	14. 30	13. 33
	50~60	1. 82	2. 96	12. 33	13. 18
	60~70		0. 84	9. 55	7. 93
	70~80			7. 17	6. 20
M 5000kg	0~10	50. 05	53. 39	54. 58	34. 56
	10~20	18. 40	31. 29	19. 83	24. 23
	20~30	3. 50	20. 65	15. 76	20. 42
	30~40	2. 13	10. 67	11. 13	16. 45
	40~50	2. 06	7. 74	8. 53	14. 75
	50~60	1. 87	4. 63	6. 54	13. 92
	60~70		3. 58	4. 86	12. 13
	70~80			3. 48	6. 11
M 6kg+ P ₂ O ₅ 5kg+ M 5000kg	0~10	33. 69	85. 17	111. 75	68. 89
	10~20	23. 89	38. 16	44. 44	46. 28
	20~30	11. 64	18. 85	29. 29	40. 10
	30~40	11. 52	10. 73	21. 15	36. 73
	40~50	6. 67	10. 48	14. 35	22. 12
	50~60	2. 20	9. 96	11. 43	17. 69
	60~70		3. 35	9. 25	14. 45
	70~80			4. 95	12. 85

2.3 不同处理对冬小麦根系生长深度的影响

采用大口径土钻法测定的冬小麦根系的生长量及下扎深度表明(表 3): 冬小麦根系从 4 月 5 日到 7 月 1 日 90 d 的生长过程中, 仍遵循前述根系剖面的垂直分布和水平分布以及根系的基本生长规律。根系生长量在 90 cm 以上土层中达 91. 647 kg, 其中 60. 7% 集中分布在 0~20 cm 土层中。为了更进一步说明根系生长量的情况, 以调查知基本苗为 355. 4 万/hm², 折算了该生育过程中单株根系生长量, 不难看出, 参考文献:

[1] W 伯姆. 根系研究法[M]. 北京: 科学出版社, 1985. 51– 61.
[2] 孙志强. 旱地水肥产量效应研究[J]. 干旱地区农业研究, 1992, 10(4): 58– 61.
[3] 冯广龙, 罗远培, 石元春. 根、冠的功能平衡及其与环境因素的关系[J]. 中国农业文摘—土壤肥料, 1993, 9(4): 1– 3.

着土层深度的加深, 单株根系生长量是下降的, 但在 80~90 cm 土层中仍有 0. 011 g/d 根系干重的增加量, 说明冬小麦根系生长量虽然受到土壤物理性状的影响最大, 但根系的生命力在良好的培肥用水条件下足以达到深层土壤之中。根系的生长量以 0~20 cm 土层中占大多数, 下层渐少。一株小麦从起身到成熟根系生长量增加 0. 387 g(0~90 cm 土层)。

表 3 起身到成熟冬小麦根系生长量 g/ d

深度/ cm	日平均增重	每层增重	总 重	每层单株增重
0~10	373. 4	33606		0. 142
10~20	238. 9	21501		0. 091
20~30	105. 4	9486		0. 040
30~40	62. 4	5616		0. 024
40~50	65. 0	5850	91647	0. 025
50~60	53. 6	4824		0. 021
60~70	51. 1	4599		0. 019
70~80	38. 7	3483		0. 015
80~90	29. 8	2682		0. 011

栽培条件下冬小麦根系的下扎深度可达 3~4 m 深, 吸收水分深度在 150~180 cm 深土层中^[1]; 华北平原冬小麦根系研究中认为根系在磷肥导引下可达 160~180cm, 吸收水分深度在 90~160 cm 土层^[4]。本文分别在越冬前、起身期、孕穗期、扬花期和成熟期进行取样观察, 根系下扎深度分别为 70, 180, 210, 220, 240 cm, 根系吸收水分深度在 200 cm 以下^[3]。因此, 随着小麦对土壤水分利用的逐步增加, 根系渐次向深层下伸, 吸收深层水分和养分, 这就是根的趋水和趋肥性, 根据研究初步认为黄土高原旱地冬小麦根系下扎深度为 220~240 cm, 吸收利用土壤水分能力范围在 180~210 cm。

3 结论与讨论

两年试验结果表明: 旱地冬小麦根系的水平分布在 0~20 cm 土层中, 呈逆变状态; 在 20~40 cm 土层中呈突变状态; 在 40~60 cm 土层中呈稳变状态。冬小麦根系的垂直分布呈倒塔型, 大多数根系集中分布在 0~20 cm 土层中, 约占 0~60 cm 土层总根量的 60. 7%。旱地冬小麦根系的基本生长规律为, 在 0~20 cm 土层中表现为 “快、较慢、慢”; 在 20~40 cm 土层中表现为 “较慢、快、慢”; 在 40~60 cm 土层中表现为 “慢、快、慢”。加权平均日增重三层次分别为: 224. 3, 79. 2, 65. 9 g。说明根系以耕层土壤中的生长速度快、数量多、生长量大, 深层土壤中则相反。氮肥有增加表层根系的作用, 平均增加 4. 05 g/cm², 影响深度 40 cm; 磷肥利于根系下扎土壤深层达 80 cm 以下; 氮磷有机肥并施是旱地培肥地力, 增加表层根系生长量, 增加深层根重, 利于根系下扎的有效方式, 增重范围在 7~17 g/cm²。旱地冬小麦根系下扎深度为 220~240 cm, 吸收利用土壤水分能力范围在 180~210 cm。