

根带深度和养分供给对春小麦生育的影响

郑克宽 樊明寿

(内蒙古农牧学院农学系, 呼和浩特 010018)

摘要 试验于1989~1990年在日本北海道大学进行, 结果表明, 春小麦根系随根带深度加深而增加。浅根区无灌水根系发达是对土壤水分亏缺的适应性表现, 深根区根系更发达, 为春小麦丰产奠定了物质基础。灌水条件下氮磷在植株体内含量高, 无灌水条件下钾在茎内含量高, 春小麦的养分含量和全吸收量有随根带深度增加而增多的趋势, 吸收氮钾多, 磷次之。生育前期氮磷钾分配在茎叶多, 生育后期氮磷在子实、钾在茎内分配比率大。春小麦的产量有随根带深度加深而增加的趋势, 浅根区集中施肥, 喷灌后春小麦增产13.9%~16.0%, 深根区加深耕层增产57.8%~29.5%。在浅根区实施喷灌或加深土壤耕层, 集中施肥, 以氮钾肥为主, 促进根系发达, 增强吸肥能力, 是提高旱作区春小麦产量的主要途径。

关键词 春小麦 根带深度 养分供给 生育

春小麦生长发育及子实产量形成受各种环境因素影响。在旱作中, 土壤水分供给是主要限制因子, 养分供给也是不可忽视的重要因素, 且与根系的发达程度有关, 这是奠定小麦丰产的物质基础。据国内外资料报道, 免耕法破坏土壤肥力的程度极小, 与传统耕作法相比较, 实施免耕法栽培的春小麦产量高; 在盆栽春小麦根系的研究中, 确认了集中施肥能充分供给养分, 但仍受土壤水分供给状况的制约。本试验针对干旱地区降水量少、土壤养分释放能力低, 春小麦单产不高、总产不稳的问题, 明确在不同灌水和根带深度条件下, 养分供给的作用对春小麦生长发育和子实产量形成的影响。

1 材料和方法

1.1 试验地点 1989~1990年, 北海道大学农学系试验场。

1.2 供试品种 春丰小麦

1.3 试验方法 灌水和根带深度两因素试验。

灌水因素分灌水处理和无灌水处理, 灌水处理的小麦全生育期喷灌5次, 无灌水处理作对照。根带深度因素分10cm、20cm、30cm、60cm(表层施肥)和60cm(全层施肥)5个处理, 每个处理小区按 $90\text{kg}/\text{hm}^2$ 的复合肥施入。

施肥法: 把每个小区10、20、30cm深的土体挖出后, 坑底和四周坑壁铺防根穿透

布，把肥料和土混匀再依次填入坑内。另将 60cm 深的土体翻松后， q_0 在表层 2cm 处施入肥料混匀称表层施肥。60cm 深土体挖出后与肥料混匀再填入坑内，即全层施肥。但在两个 60cm 深的坑内未铺防根穿透布。

小区面积 50cm × 60cm，重复 4 次，随机排列，共 40 小区。试验用地 77m²，种子发芽率为 98%，千粒重 39.8g，播种量 120kg/hm²，5 月 1 日条播，行距 20cm。

1.4 生理测定 测干重用烘干法。测根系各性状用画像解析装置解析法。测 N 用凯氏蒸馏法，测 P₂O₅ 用钒钼酸比色法。测 K₂O 用荧光光度计法。

2 结果与分析

2.1 根系生育表现

不同灌水和根带深度条件下的养分供给对春小麦的根系发育有直接影响。在开花期测定了根系的各种性状，结果列于表 1。

表 1 根带深度和灌水处理对春小麦根系生育的影响(开花期)

灌水处理	根带深度(cm)	干物重 (g/m ²)	根长 (km/m ²)	根密度 (cm/cm ³)	面积 (m ² /m ²)	体积 (cm ³ /m ²)	平均直径 (mm)
无灌水	10	49.65	12.111	12.10	12.240	1000.0	0.322
	20	74.30	18.969	9.50	18.331	1433.1	0.308
	30	98.52	22.415	7.46	21.510	1701.0	0.305
	对照(表层施肥)	81.85	24.231	3.72	21.825	1596.6	0.287
	对照(全层施肥)	92.57	39.959	5.99	39.585	3160.8	0.323
灌水	10	34.75	10.588	10.60	8.327	524.0	0.250
	20	79.62	19.081	9.55	19.743	1665.9	0.329
	30	128.22	30.374	10.12	25.663	1747.9	0.269
	对照(表层施肥)	138.69	39.375	6.06	42.548	3700.2	0.340
	对照(全层施肥)	125.84	45.303	6.76	52.298	4835.9	0.362

从表 1 可知，单位面积干物重、根长、表面积和根体积随根带深度的加深而增加，根密度减少，根的平均直径在无灌水区变细，在灌水区有变粗的趋势。但 10cm 浅根区内无灌水区比灌水区根系发达，这是根系对土壤水分亏缺的一种适应性，是根系生育的反应。而在其他根带深度处理下，灌水比无灌水处理的根系发达，尤其全层施肥区的根系不受限制，扩大了从土壤中吸收养分的范围，增加吸肥数量，为春小麦丰产奠定良好的物质基础。

2.2 春小麦的养分含量、全吸收量及分配比率状况

2.2.1 养分含量 在开花期和收获期分别测定了不同灌水处理对春小麦养分含量的影响，结果列于表 2。

表2 不同灌水处理对春小麦养分含量的影响 (单位:%)

灌水处理	肥料种类	开 花 期				收 获 期		
		穗	叶	茎	根	子实	茎叶	根
无灌水	N	1.56	2.97	0.88	0.75	2.21	0.32	0.66
	P ₂ O ₅	0.29	0.36	0.24	0.13	0.38	0.08	0.16
	K ₂ O	1.13	2.98	1.81	0.37	0.44	1.00	0.25
灌 水	N	1.60	2.94	0.74	0.74	2.34	0.35	0.70
	P ₂ O ₅	0.30	0.35	0.25	0.15	0.34	0.09	0.11
	K ₂ O	1.11	2.97	1.74	0.41	0.42	0.98	0.16

由表 2 可知, 开花期在穗部、收获期在各器官中, 灌水比无灌水处理的氮素含量高; 全生育期内灌水和无灌水区的植物体的磷素含量相近。植株体各部位的氮磷含量, 在开花期是叶>穗>茎>根, 根吸收的氮磷运向叶部多, 其次是穗部; 在收获期是子实>根>茎叶, 茎叶内氮磷集中运向籽粒内积累。

在无灌水区, 春小麦各器官中钾的含量较高, 这与钾本身移动性弱有关。钾的含量在开花期是叶>茎>穗>根, 收获期是茎叶>子实>根, 钾素在茎内含量高, 增强了春小麦抗倒伏能力。

不同根带深度处理下, 对春小麦养分含量的影响, 如表 3 所示。

表3 不同根带深度对春小麦养分含量的影响 (单位:%)

肥料 种类	根带深度 (cm)	开 花 期				收 获 期		
		穗	叶	茎	根	子实	茎叶	根
N	10	1.62	3.29	0.99	0.94	2.48	0.44	0.96
	20	1.51	2.82	0.78	0.81	2.11	0.29	0.68
	30	1.55	2.80	0.72	0.65	2.18	0.29	0.57
	对照(表层施肥)	1.65	2.95	0.77	0.73	2.28	0.38	0.62
	对照(全层施肥)	1.60	2.92	0.79	0.63	2.32	0.27	0.56
P ₂ O ₅	10	0.28	0.35	0.26	0.16	0.36	0.08	0.16
	20	0.30	0.38	0.25	0.13	0.39	0.08	0.15
	30	0.30	0.37	0.25	0.14	0.36	0.10	0.13
	对照(表层施肥)	0.31	0.35	0.25	0.13	0.36	0.10	0.10
	对照(全层施肥)	0.30	0.32	0.24	0.15	0.35	0.08	0.10
K ₂ O	10	1.10	3.06	1.75	0.52	0.41	0.93	0.18
	20	1.06	3.11	1.81	0.32	0.45	0.90	0.22
	30	1.13	3.04	1.56	0.35	0.45	0.89	0.20
	对照(表层施肥)	1.15	2.79	1.80	0.40	0.43	1.15	0.22
	对照(全层施肥)	1.14	2.88	1.98	0.36	0.41	1.09	0.20

由表 3 可知, 春小麦各器官的养分含量随根带深度的加深而有增多的趋势。尤其 10cm 的耕层内, 根系发达, 集中施肥的植物体的养分含量高; 根带深度不受限制的表层施肥处理, 其植株体的养分含量较高, 说明集中施肥效果好。

2.2.2 养分全吸收量 在不同灌水和根带深度处理下, 测定植株体内各部位养分全吸收量, 结果列于表 4。

表4 不同处理对春小麦的养分全吸收量的影响 (单位: g/m²)

灌水及根带深度处理(cm)	开 花 期			收 获 期		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
无灌水	7.01	1.41	9.48	9.07	1.71	5.72
灌 水	6.81	1.52	9.83	9.71	1.77	5.29
10	6.05	1.13	7.54	7.24	1.45	3.15
20	6.74	1.47	9.69	8.16	1.63	4.84
30	6.94	1.64	9.94	9.44	1.91	5.48
对照(表层施肥)	7.36	1.55	10.32	11.16	1.94	6.99

由表 4 可知，开花期植株体的磷、钾和收获期氮、磷在灌水比无灌水处理的全吸收量多；植株体内氮、磷、钾的全吸收量均随根带深度的加深有增加趋势，这是由于根系扩大了吸收范围，根系与土壤溶液接触面大，吸收能力增强而产生的。在不同灌水和根带深度处理下，春小麦植株体内氮、磷、钾的吸收比率有一定规律（表 5）。

表 5 不同处理对春小麦养分吸收比率的影响

灌水及根带深度处理(cm)	开 花 期			收 获 期		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
无灌水	4.97：	1：	6.72	5.30：	1：	3.35
灌水	4.48：	1：	6.47	5.49：	1：	2.99
10	5.35：	1：	6.67	4.99：	1：	2.17
20	4.58：	1：	6.59	5.01：	1：	2.97
30	4.23：	1：	6.06	4.94：	1：	2.87
对照(表层施肥)	4.75：	1：	6.67	5.75：	1：	3.60
对照(表层施肥)	4.88：	1：	7.24	5.86：	1：	3.79

由表 5 可知，开花期氮、磷、钾吸收比率为 5：1：7，收获期吸收比率是 5：1：3。在一定栽培条件下，春小麦吸肥量需要氮、钾肥较多，磷肥次之。

2.2.3 养分分配比率 春小麦植株体内的养分全吸收量的分配比率有一定规律性（表 6）。

表6 不同灌水处理对春小麦养分的分配比率的影响 (单位：%)

灌水处理	肥料种类	开 花 期				收 获 期			
		穗	叶	茎	根	子实	稃皮	茎叶	根
无灌水	N	16.3	36.1	39.0	8.7	76.5	4.98	12.3	6.3
	P ₂ O ₅	15.5	22.3	54.7	7.5	69.4	5.54	16.9	8.2
	K ₂ O	8.8	27.1	60.7	3.4	25.4	4.80	66.0	3.8
灌水	N	16.7	38.2	35.7	8.3	78.1	4.6	12.6	4.7
	P ₂ O ₅	14.3	20.5	56.4	8.9	73.3	5.2	18.6	2.9
	K ₂ O	8.3	27.1	60.9	3.7	26.1	5.2	67.0	2.0

由表 6 可知，灌水比无灌水处理，在开花期氮素在穗和叶、磷、钾在茎和根及收获期氮、磷、钾在子实、茎叶中分配比率高。生育前期，氮、磷、钾在植株体内的分配比率是茎 > 叶 > 穗 > 根，生育后期氮、磷的分配比率是子实 > 茎叶 > 根 > 稃皮，钾的分配比率是茎叶 > 子实 > 稃皮 > 根，钾素在整个春小麦生育期内茎中分配比率高。

2.3 不同处理条件对春小麦产量形成的影响。由表 7 可知，单位面积穗数、粒数、穗粒数及每公顷产量随根带深度的加深而增多，千粒重的变幅小，约 33g。在 10~20cm 浅根带深度内生长的春小麦，灌水比无灌水条件下的穗数增加 0~43 个 / m²，穗粒数分别增加 1.3 和 0.6 粒，单位面积内粒数分别增加 245 和 1194 粒 / m²，千粒重分别增加 3.2 和 4.8g，每公顷产量分别增加 291 和 439 kg，即分别增产 13.9% 和 16%。在无灌水条件下，根带深度浅（10cm）的根系发达，但在土壤水分过分亏缺的情况下，从土壤中释放的无机态氮、磷量相对减少，根系与土壤溶液的接触面减小，吸收少而引起产量降低，只有在浅根区内实施喷

灌,并结合集中施肥,才能提高春小麦各器官的经济性状和子实产量。

表7 不同处理对春小麦产量的影响

处 理	根带深度 (cm)	穗数 (个/m ²)	穗粒数	粒数 (个/m ²)	千粒重 (g)	产量 (kg/hm ²)	增产 (%)
无灌水	10	330	19.7	6490	32.2	2090	0
	20	382	21.6	8241	33.2	2741	0
	30	414	24.1	9964	34.5	3440	
	对照(表层施肥)	543	20.6	11193	33.3	3731	
	对照(表层施肥)	517	23.4	12113	32.1	3890	57.8
灌水	10	322	21.0	6735	35.4	2381	13.9
	20	425	22.2	9435	33.7	3180	16.0
	30	382	24.6	9387	35.1	3300	
	对照(表层施肥)	437	25.0	10920	32.1	3500	
	对照(全层施肥)	450	23.9	10769	34.3	3701	29.5

不受根带深度限制的春小麦生长在加深了的土壤耕层条件下,其根系更加发达,这是因为扩大了吸收水分和养分范围的缘故。表5表明,尤其在灌水区的春小麦吸收的氮、磷量多,提高了产量。在灌水与无灌水区,均以深根区(表层施肥和全层施肥)的平均每公顷产量比浅根区(10和20cm)的分别增产57.8%和29.5%。

3 结论与讨论

春小麦根系随着根带深度的加深而发达。浅根区内无灌水条件下的根系发达,这是对土壤水分亏缺的一种适应性。深根区的根系更发达,扩大吸收水分和养分的范围和数量,为春小麦丰产奠定了物质基础。

在灌水条件下植株体内氮磷含量高,尤其茎叶的养分向穗部运输和积累的多,在无灌水条件下,植株体内钾的含量高,增强了春小麦抗倒伏的能力。春小麦各器官的养分含量随根带深度的加深而增多,尤其10cm耕层内集中施肥,植株体内的养分含量高。

植株体内氮、磷、钾的全吸收量随根带深度的加深而增多。在灌水条件下养分吸收量多,吸收比率为5:1:3,说明春小麦吸收氮钾肥多,磷肥次之。

在灌水条件下,春小麦生育前期,氮、磷、钾分配在茎叶中多,在生育后期,氮、磷分配在籽实中多,钾分配在茎中多;无灌水条件下,钾在根内分配比率较高。

春小麦单位面积穗数、粒数、每穗粒数及每公顷产量有随根带深度加深有增多的趋势,尤其在10cm浅根区内实施喷灌,每公顷增产13.9%和16.0%;根带深度深(即加深土壤耕层)的春小麦根系,因扩大水分和养分的吸收范围及数量,根系更发达,提高了产量,每公顷分别增产57.8%和29.5%。

总之,在浅根区实施喷灌或加深土壤耕层,并施以氮、钾肥为主,根体主区内集中施肥,促进根系发达,增强根系吸肥能力,经济有效地利用土壤肥力,是提高旱作区春小麦产量的重要途径。

鸣谢 本试验在日本北海道大学农学系但野利秋教授和山口淳一副教授指导下完成，深表谢忱。

参 考 文 献

- 1 村山登. 作物营养. 肥科学. 文永堂出版社, 1984, 41~70
- 2 三井进午. 土壤肥料新事典. 博友出版社, 1985, 198~199

Influence of Rhizosphere and Nutrition Supply on Growing and Development of Spring Wheat

Zheng Kekuan Fan Mingshou

(Agronomy Department, Inner Mongolia Institute of Agriculture and
Animal Husbandry, Huhhot 010018)

Abstract This research shows that the development of spring wheat roots depends on rhizosphere, the roots at shallow layer are strong which suits the condition of water lack and the roots at deep layer are stronger as the material foundation of high yield. After irrigation the N and P contents in plant are higher, however the K content in stems is higher without irrigation with the rhizosphere becoming deeper, the nutrition assimilation increased. N and K was high and P was low. At early growth stage, N and P content in stems and leaves were higher, but at late growth stage, N and P contents in seed were higher and K content in stems and leaves was higher. The yield increases with the rhizosphere becoming deeper. When fertilizing shallow layer, yield increased 13.9%, after irrigation yield increased 16%, fertilizing deep layer, yield increased 57.8%, and after irrigating the yield increased 29.5%. Spray-irrigating at shallow layer or deepening plough layer and fertilizing are important methods for high yield in dry land.

Key words: Spring wheat ; Rhizosphere; Nutrition supply ; Growing period