

高产春小麦根系生长发育特征的初报*

韩发 贲桂英

(中国科学院西北高原生物研究所)

摘 要

在田间条件下研究了高产田春小麦根系生长、发育的特征。结果表明：高产田春小麦根多量大，扎根深，分布广，次生根条数明显多于一一般田；具有较强的根系活力，其变化曲线与叶面积指数的变化趋势基本一致；根系生长特点与土壤肥力直接有关，也受着小麦品种特性和环境因素的影响。

关键词：春小麦；根系活力；高产田；一般田

作物根系的多寡和根系活力的高低，以及根系吸收养分的能力直接影响着地上部的生育状况和产量的高低（王比德，1985；韩碧文，1984；Barraclough, 1986；Bronwer, 1981）。由于根系深入土壤，对其生长发育及生理功能的研究较地上器官为困难，所以在探讨作物高产机制的有关报道中，对根系的研究较少，对于高产春小麦根系的研究尤其薄弱。

青海柴达木盆地的春小麦，最高亩产一直处于全国之首，并涌现了大面积亩产750公斤以上，小面积亩产突破1000公斤的记录，这样的高产记录不仅为低海拔地区所不及，而且与同地区的一般田相差也颇大，但其根系的生育特点如何，尚未见专门报道。

“万物土中生，高产全靠根”，探讨高产春小麦根系生育规律和特征以及与地上部的关系。不仅对阐明高原春小麦的高产生理机制有着重要意义。同时，对制定合理的栽培措施，进一步提高高原春小麦的产量具有十分重要的作用。

一、试验地区生态气候条件

试验在柴达木盆地南部的香日德农场试验地进行，纬度 $36^{\circ}04'$ ，海拔2905米，年

* 工作中得到香日德农场农科所工作人员的大力协助，文中引用香日德农场调查的资料，特此致谢。

本文1987年7月16日收到。

平均气温 3.7°C, 最热的 7、8 月平均气温 15—17°C, 日较差大, 无霜期短, 年降水量 150—200 毫米, 大气干燥, 太阳的日辐射量最大可达 2.9—3.4 千焦耳/厘米², 具有太阳辐射强, 日照长等生态特点。土壤为棕钙土, 灰棕漠土, 自然肥力低, 但经长期培肥的高产田熟土层厚, 有效肥力高, 蓄气保墒能力强, 地力均匀。一般亩产 850—900 公斤的高产田, 每年秋后亩施粗质家肥 4 000—10 000 公斤左右, 深翻 30—35 厘米。春季播种前, 亩施农家肥 1 000 公斤, 羊粪 1 000 公斤左右, 尿素 7—10 公斤, 土壤中氮素贮量是一般田 (亩产 300 公斤左右) 的 2 倍左右, 速效磷, 钾的含量也高于一般田 (表 1), 有机质含量比一般田高 0.9% 左右。因此, 高产田与一般田相比, 不仅土壤肥力, 养分供应截然不同, 而且需水量, 田间管理等有一定差距。

二、材料与方 法

参试品种为高原 338, 高原 506 和阿勃。试验样品采自 4 块高产田和一般田, 观测有关生理指标时随机取样力求能代表不同水平下植株生育的实际状况。根据试验项目的要求, 叶面积、叶绿素含量、根系条数、根量和根系活力等生理指标的测定分别在各生育时期进行。

叶绿素含量按 Arnon (1949) 法测定, 叶面积用美国产 LI-3000 型叶面积测定仪测定, 根系活力按 α -萘胺氧化法测定。根量的测定, 先从试验地挖取植株 (尽量减少根系损失) 洗净。剪取根系, 置 105°C 烘箱中 15 分钟, 然后于 80°C 过夜, 烘至恒重, 称干重。

三、结果与分析

一) 发根能力及分布特点

随着栽培条件和品种特性的改变, 春小麦的发根能力及分布特点有较大的差异, 尤其次生根的生长受土壤肥力变化的影响较为突出。高产田土壤肥力高, 活土层厚, 一般田则相对低而薄 (表 1)。因此, 在不同肥力下的根系生长状况明显不同 (表 2)。高产田春小麦不仅发根早, 生长快、入土深, 而且次生根形成多, 其中高原 338 的单株次生根数增加 1—5 条, 高原 506 增加 1—3 条, 阿勃增加 1—4 条。根量明显增多, 平均比一般田高 37% 左右, 并有较强的发根能力和生长优势。据孕穗期的测定结果, 在高产

表 1 高产田和一般田的不同土层内氮、磷、钾含量的变化

Table 1 Contents of N P K in different soil layers of the high-yield field and general field

土壤深度 (厘米) Soil depth (cm)	高 产 田 (850—900 公斤/亩) High-yield field (850-900 kg/mu)			一 般 田 (250—300 公斤/亩) General field (250—300 kg/mu)		
	氮 N	磷 P	钾 K	氮 N	磷 P	钾 K
0—10	145	20	95	95	18	67
10—30	127	19	90	19	0	25
30—50	63	7	40	40	0	25

表2 高产田与一般田乳熟期春小麦根系生长的比较

Table 2 Comparison of the roots growth between high-yield field and general field during milky-ripe

产量水平 Yield level	品种 Variety	单株初生根(条) Primary roots (No. of root)	单株次生根(条) Secondary roots (No. of root)	根重(公斤/亩) Roots weight (kg/mu)
高产田 (500—950公斤/亩) High-yield field (500—950 kg/mu)	高原 338 Plateau 338	5.5	8.8	155.2
	高原 506 Plateau 506	4.8	8.2	138.5
	阿勃 Abbondanza	5.1	7.5	127.2
一般田 (250—300公斤/亩) General field (250—300 kg/mu)	高原 338 Plateau 338	5.3	6.0	118.8
	高原 506 Plateau 506	4.7	5.5	98.9
	阿勃 Abbondanza	4.9	6.5	101.5

田, 单株根的条数高原 338 最多的可超过 40 条, 高原 506 和阿勃最多的也达 30 多条, 而一般田的根系远不如高产田。可见, 根系的生长在很大程度上取决于土壤肥力、营养条件和栽培措施等因素。据山东省莱阳农校 (1978) 对一般田 (150 公斤/亩) 与高产田 (504 公斤/亩) 小麦根系发育的比较亦表明, 亩产千斤的高产田, 小麦的次生根数量和地下部干物重始终比一般田多 1/4—1/3 以上, 且前期的根系生长比地上部快, 占全株干物重百分比较大, 这就为后期的茎、叶生长和幼穗发育奠定了良好的基础。

此外, 从根的发展动态看出 (表 3), 高产田小麦的根系生长特点, 不仅前期总是快于地上部的生长, 而且随着分蘖的发生, 次生根逐渐增多, 到孕穗期, 次生根的生长和

表3 高产田与一般田高原 338 的根系发展动态

Table 3 The dynamic state of the roots growth of Plateau 338 in high-yield field and general field

产量水平 Yield level	生育期 Growth phase	样本株数 No. of sample	5 厘米以上根数(平均) No. of roots of over 5 cm length(mean)	新生根数(平均) No. of new roots (mean)
高产田 (500—950 公斤/亩) High-yield field (500—950 kg/mu)	分蘖 Tillering	10	4.5	0.8
	拔节 Elongation	10	11.3	2.9
	孕穗 Booting stage	10	13.8	3.6
	灌浆 Grain-filling	10	15.1	0.4
一般田 (250—300 公斤/亩) General field (250—300 kg/mu)	分蘖 Tillering	10	3.9	0
	拔节 Elongation	10	9.9	1.9
	孕穗 Booting stage	10	11.7	2.1
	灌浆 Grain-filling	10	13.0	0

表4 高产田与一般田不同土层内根系的分布情况 (收割期)

Table 4 Situation of the roots distribution in different soil layers of high-yield field and general field (harvest)

产量水平 Yield level	土层深度(厘米) Soil depth (cm)	根重(公斤/亩) Roots weight (kg/mu)	与总根重(%) As percentage to total roots weight
高产田 (1000公斤/亩) High-yield field (1000 kg/mu)	0—30	84.36	54.64
	31—60	35.13	22.75
	61—90	22.75	14.76
	91—120	9.32	6.03
	121—150	2.92	1.82
一般田 (300公斤/亩) General field (300 kg/mu)	0—30	101.32	89.82
	31—60	9.85	8.73
	61—90	1.64	1.45

发育最旺盛, 5厘米以上的根数和新发根数高于一般田。孕穗期以后新发根开始停止, 植株根数定型。根系的分布程度和地下生物量都大于一般田, 这与香日德农场1978年秋收后对高产田(亩产1000公斤左右)的调查结果(表4)相符。在高原栽培条件下, 高原338具有非常发达的根系, 在0—60厘米的土层中形成了根系的密集层, 其根量达到了每亩119.49公斤, 占总根量的77.39%, 在60—150厘米的土层中仍有根系均匀分布, 即使在200厘米深处还有稀疏的根系。根系的分布范围达70厘米以上, 土壤下层根系明显增多, 占根群总量的百分比加大, 促进根系向深层发展; 而一般田春小麦扎根浅, 根量少, 根系在各土层中的比例也随之发生变化, 90%左右的根系集中在0—30厘米的耕作层内, 在30厘米以下的土层中根系分布较少, 且不发达, 地上部分叶色黄绿, 分蘖少因而在基本苗相同的情况下, 高产地块每亩成穗50万左右, 平均每穗结实30粒以上, 而一般田每亩成穗40万左右, 平均每穗结实约30粒。可见, 高产田具有根数多, 扎根深, 分布广, 根粗的特点。

(二) 根系活力及变化规律

高产田根系生长发育的特点也充分反映在根系活力上。高产田春小麦在整个生长过程中, 根系氧化活力逐渐上升, 在孕穗期达到高峰, 抽穗期开始缓慢下降, 表现出前期活力上升快, 后期下降缓慢的特点, 在整个生育过程中呈一单峰曲线(图1), 叶面积指数的变化趋势与根系活力的变化规律相似。但高产田与一般田之间的差异较明显, 高产田其根系活力的高峰期出现在孕穗期, 直至灌浆期降势仍属缓慢, 持续时间长。因此, 迄乳熟期仍保持着较大的绿叶面积。在一般田, 由于麦苗发育慢, 根系生长差, 根系活力和叶面积指数一般均低于高产田。

试验结果亦表明, 高产田春小麦的根系活力在不同的品种之间存在着一定差异(表5), 从拔节至乳熟期, 3个品种的根系活力不尽相同。在孕穗期, 高原338的根系活力最高, 高原506居中, 阿勃较低, 灌浆—乳熟期则阿勃的根系活力最高, 这与品种的发育, 生长程度颇为一致, 因高原338属于早发型品种, 前期生育快, 生长旺盛, 而阿勃

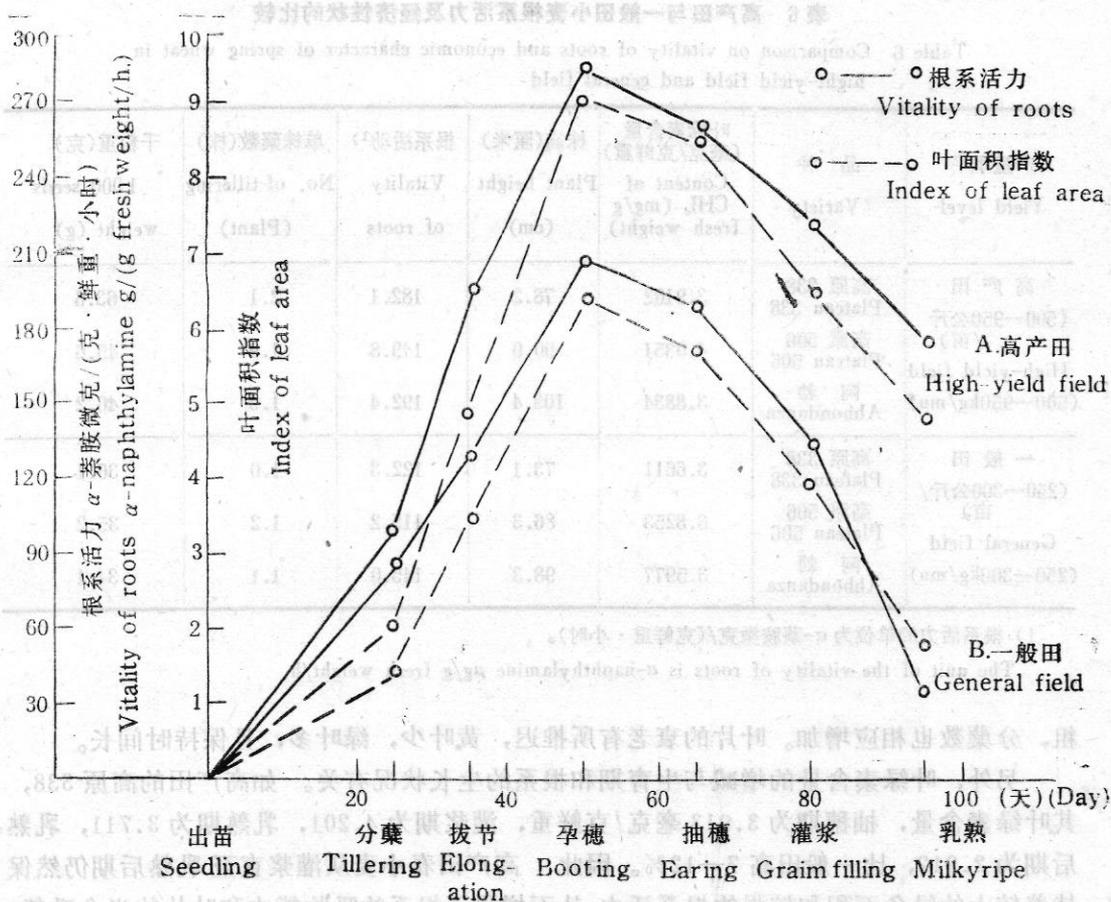


图1 高产田和一般田高原338小麦根系活力与叶面积指数的变化曲线
 Fig. 1 Change of the vitality of roots and index of leaf area of the spring wheat Plateau 338 in high-yield field and general field

表5 高产田不同品种根系活力的变化

Table 5 Change of vitality of roots for different species of spring wheat in high-yield field

品种 Variety	拔节期 Elongation	孕穗期 Booting stage	抽穗期 Earing	灌浆期 Grain filling	乳熟期 Milkyripe
高原338 Plateau 338	122.4	299.0	180.0	150.4	102.4
阿勃 Abbondanza	113.2	266.4	188.0	222.4	174.3
高原506 Plateau 506	80.8	292.0	256.0	200.8	143.2

注：单位同表6。 Note: Unit the same as in Table 6.

则相反，前期发育迟缓，后期生长旺盛。

(三) 根系生长与地上部的关系

由表6指出，随着土壤肥力的提高，有力的促进了根系的旺盛生长，以及根系活力的增强。同时，明显地反映在地上部的生长优势上，即高产田的植株生长健旺，茎秆变

表6 高产田与一般田小麦根系活力及经济性状的比较

Table 6 Comparison on vitality of roots and economic character of spring wheat in high-yield field and general field

产量水平 Yield level	品种 Variety	叶绿素含量 (毫克/克鲜重) Content of CHL (mg/g fresh weight)	株高(厘米) Plant height (cm)	根系活动 ¹⁾ Vitality of roots	单株蘖数(株) No. of tillering (Plant)	千粒重(克) 1 000 seeds weight (g)
高产田 (500—950公斤/亩) High-yield field (500—950kg/mu)	高原 338 Plateau 338	3.9102	78.2	182.1	2.1	63.6
	高原 506 Plateau 506	4.0351	90.0	149.8	1.9	45.6
	阿勃 Abbondanza	3.8834	103.4	192.4	1.5	46.2
一般田 (250—300公斤/亩) General field (250—300kg/mu)	高原 338 Plateau 338	3.6611	73.1	122.3	1.0	36.1
	高原 506 Plateau 506	3.8253	86.3	115.2	1.2	35.2
	阿勃 Abbondanza	3.5977	98.3	145.0	1.1	34.1

1) 根系活力的单位为 α -萘胺微克/(克鲜重·小时)。The unit of the vitality of roots is α -naphthylamine $\mu\text{g/g}$ fresh weight/h.

粗，分蘖数也相应增加。叶片的衰老有所推迟，黄叶少，绿叶多，且保持时间长。

另外，叶绿素含量的增减与生育期和根系的生长状况有关。如高产田的高原 338，其叶绿素含量，抽穗期为 3.913 毫克/克鲜重，灌浆期为 4.201，乳熟期为 3.711，乳熟后期为 2.912，比一般田高 7—12%。因此，高产田春小麦从灌浆直至乳熟后期仍然保持着较大的绿色面积和较强的根系活力，从而增强了根系的吸收能力和叶片的光合功能，防止了茎、叶和根的早衰，延长了后期的光合作用和灌浆时间。而一般田由于肥力不足，活土层薄，养分欠缺，根系不发达，分蘖减少，叶色黄绿，往往出现早衰。因此，促进或控制根系的生长，将有利于调节地上部分植株的生长，有利于高产结构的形成。

四、讨 论

高产麦田根系的生长特点，不仅反映了柴达木盆地春小麦连续多年大面积高产的一个重要生物学基础，同时也证实了高产栽培技术和生态环境对春小麦根系发育的重要作用。因此，小麦根系的壮弱及活性的高低可以作为权衡高原春小麦生长状况及产量高低的一项生理指标。

Ермилов (1953) 和倪文 (1983) 等的研究结果指出，强光或短波光能提高作物根系的生理活性，促进根系的生长，提高植株的生长素质，以及光合产物的积累。同样，温度、水分和土壤等对根系生长具有重要影响 (马元喜 1987; 青海省春小麦丰产规律研究协作组, 1981; Karmanov, 1979)。由此可以推测，高产麦田的根系生长特点之所以明显不同于一般田或低产田，主要原因有二：其一，由于高产田采用了培肥土壤，增施化肥，深耕细作，科学管理和选用良种等一系列的措施，这就为促进根系发育，壮根养苗创造了有利条件。其二，由于高产田春小麦根系具有较强的吸收能力和生理活性，

防止了根的早衰，加上适宜的光、温和水等的效应，根量明显增加，从而保证了地上部分的旺盛生长和高产形成。

总之，完善的高产栽培技术，较高的土壤肥力，优良的高产品种，科学的田间管理和特殊的生态环境是高产小麦根系形成以上特征的关键所在。

参 考 文 献

- 山东省莱阳农业学校, 1978, 小麦, 科学出版社, 23—24。
马元喜, 1987, 不同土壤对小麦根系生长动态的研究, 作物学报, 13(1): 37—44。
王比德, 1985, 几种多年生禾本科栽培牧草根系发育的研究, 内蒙古农学院学报, (1): 115—122。
何之常, 1983, 水稻根系的呼吸代谢, 生物学通报, (3): 39—53。
何芳绿、王明全, 1980, 水稻根系的生长生理, 植物生理学通讯, (3): 21—26。
青海省春小麦丰产规律研究协作组, 1981, 春小麦丰产规律研究论文集, 青海人民出版社, 1—44。
金善宝, 1961, 中国小麦栽培学, 123—131, 农业出版社。
倪文, 1983, 光对稻苗根系生长及其生理活性的影响, 作物学报, 9(3): 198—204。
韩碧文, 1984, 根系的合成作用及其与地上部分的相关, 植物学通报, 2(2—3): 23—25。
Ермипов, 1953 (清河译, 1961), 植物与光。中华书局, 81。
Arnon, D. I., 1949, Copper enzymes in isolated chlorophyll, polypheral oxidase in beta vulgaris, Plant Physiol., 24: 1—15。
Barracough, P. B., 1986, The growth and activity of winter wheat root in the field: nutrient uptakes of highyielding crops, J. Agric. Sci., 106: 45—52。
Bronwer, 1981, Structure and function of plant roots, martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publisher., 381—387。
Karmanov, V. G., 1979, Effect of irrigation and illumination on respiration intensity in plant root systems, Fiziol Biolhim Kult Rast., 11(3): 245—250。

A PRELIMINARY REPORT ON THE CHARACTERISTICS OF ROOTS GROWTH OF SPRING WHEAT IN HIGH-YIELD FIELD

Han Fa and Ben Guiying

(Northwest Plateau Institute of Biology, The Chinese Academy of Sciences, Xining)

The characteristics of roots growth of spring wheat in high-yield field were studied under field condition. The results are as follows:

1. Roots of spring wheat in high-yield field grow fast and deeply. They are distributed widely and increased in their weight, and the number of secondary root is obviously larger than that in general field.

2. Spring wheat of high-yield field has developed the roots with strong vitality. It increases quickly at early stage and goes down slowly at late one. Curve of vitality of roots is the same as that in index of leaf area. Assimilated nutriment of roots is different from that in general field. The aboveground and underground organs are growing luxuriantly, and roots have strong absorbing power.

3. The characteristics of the roots growth in high-yield field are concerned with specific property of the variety and soil fertility.

Key words: Spring wheat; Vitality of roots; High-yield field; General field