

冬小麦生长发育与根系关系的 ^{32}P 示踪研究

王志芬 陈学留 余美炎 王同燕 王奎波

(山东省农业科学院原子能所 济南 250100)

任凤山 徐 兵

(山东省农业科学院中心实验室 济南 250100)

利用 ^{32}P 示踪技术,研究了冬小麦地上部生长发育与根系的相关性,结果表明:孕穗前,根、茎、叶干重的累积是同步的,孕穗后为异步。整个生育期中,茎、叶与根干重的累积显著相关。而孕穗后,穗干重的累积与根干重之间并不存在直接的相关性。在 ^{32}P 物质分配量上,茎、叶与根分别呈极显著相关,而穗与根的相关则不显著,与其生物量的累积是一致的。茎、叶、穗的代谢活性与根的代谢活性的变化分别呈极显著相关。

关键词:冬小麦 干重累积 ^{32}P 物质分配量 代谢活性 相关性

前 言

根系是组成和维系作物生长发育的重要功能器官,在一定生态和栽培条件下的作物,其地上部生长发育状况的好坏或经济产量的高低,在很大程度上是其对根系适应的反应,以获取最佳经济产量为目的的小麦栽培管理措施,大都是通过根系的作用来进行的^[10],因此,研究冬小麦地上部生长发育与根系的关系,对于进一步认识和科学地指导小麦生产具有重要意义。

小麦根系对地上部生长发育及产量形成的重要性虽然早已为人们所认识,但由于研究根系技术手段的限制,所获得的有关小麦根系的资料,主要集中在根系的形态建成和不同的栽培措施对根量的影响,及其特定时期的根量与地上部、特别是与产量之间的关系^[1~4]。这些研究成果对于我们认识和理解根系是非常重要的,但其主要存在以下两方面的不足:1. 小麦的生长发育及其产量的形成是一个连续不可逆的生物学过程,用一个或几个特定时期的根量来代表整个根系的生长发育特点及其与产量的关系是不全面的。2. 小麦生长发育过程是一个连续的生理学过程,系统内不同器官间的关系,尤其是内部生理功能之间的联系,目前研究得尚少。本文利用示踪技术研究冬小麦地上部的生长发育、物质分配、代谢活性与根系的关系。

材 料 与 方 法

试材与栽植方法 选择当前推广的抗逆性和丰产性好的小麦品种鲁麦 14 号,种植在内填黄河粉沙土的水泥池内,池内容积 1m^3 ,精选 7.5g 的种子,种 5 行,行距 20cm。基施尿素(N:

此文于 1996 年 3 月 20 日收到。
山东省自然科学基金资助项目。

表 2 冬小麦地上部各器官干重(g/ m²)与根干重(g/ m²)的相关性

Table 2 The relationship of dry weight between above ground organs and roots

器官 Organs	回归方程 Regression equations	相关系数 Correlation coefficients
茎 Stems	$y = 3.170x^{0.6208}$	0.9677 * *
叶 Leaves	$y = 9.899x^{0.008025}$	0.9576 * *
穗 Spikes	$y = 196.242 + 0.111x - 2.403 \cdot 10^{-4}$	- 0.8374

注:r 显著值: df = 11 ,r_{0.05} = 0.5530 , r_{0.01} = 0.6840.
Note: Critical value of r:df = 3 , r_{0.05} = 0.8780 , r_{0.01} = 0.9590.

(二)冬小麦地上部³²P 物质分配与根系之间的关系

越冬前,根的³²P 分配率由 19 %左右逐渐增加到 32.89 %,越冬后则相对稳定,保持在 9 %~ 15 %之间。茎的³²P 分配率越冬前逐渐降低,到越冬后逐渐增大,孕穗期最高达 50.66 %,到黄熟时逐渐降低到 18 %左右。叶的³²P 分配率从冬前分蘖盛期逐渐降低,但越冬后起身期最高达 17.42 %,嗣后逐渐降低,到成熟时降为 7.04 %。而穗的³²P 分配率由孕穗时的 8.16 %一直增加到成熟时的 60 %以上(表 3)。

表 3 ³²P 物质分配量(Bq/ m²)与分配率(%)在不同器官内的变化

Table 3 The change of ³²P distribution among various organs of winter wheat

取样	Sampling	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
根	Roots	Bq/ m ²	1368	1027	2030	1123	1850	38790	16784	23488	19943	8783	6498	7448	3769
		%	19.67	18.22	31.67	32.89	34.16	9.04	9.26	9.86	9.59	13.28	15.29	10.18	10.88
茎	Stems	Bq/ m ²	2044	1476	2045	678	1720	193507	75906	124045	66957	17887	11702	32575	6219
		%	29.38	26.19	19.88	19.86	31.76	19.54	46.22	44.61	50.66	44.59	31.13	18.33	17.96
叶	Leaves	Bq/ m ²	3544	3133	5100	1613	1845	186398	77473	77360	45374	14620	6860	17290	2439
		%	50.95	55.59	48.45	47.25	34.07	71.42	44.52	45.53	31.59	30.21	25.44	10.74	7.04
穗	Spikes	Bq/ m ²									17902	16170	38797	53059	22202
		%									8.16	11.92	28.14	60.76	64.11
		Bq/ m ²	6956	5636	7148	3414	5415	212606	418695	170163	244866	150176	57660	63857	34629
		%	100	100	100	100	99.99	100	100	100	100	100	100	100.01	100

从³²P 物质分配量来看,各器官以起身期为最高,此后皆呈波浪式降低,到成熟时以茎叶下降的幅度最大,穗的分配量以灌浆期为最高,到成熟时又下降。最优回归方程拟合结果表明,茎、叶的³²P 物质分配量与根的³²P 物质分配量之间遵循幂函数方程,其两者间的相关系数分别达极显著水平,但穗的³²P 物质分配量与根的³²P 物质分配量之间的相关性并不显著(表 4)。

讨 论

小麦植株本身就是一个完整的生物系统,其产量的形成是根系与地上部共同作用的结果。因此,根系与地上部的关系应该主要体现在形态学和生理学的范围内。在形态的发生上,Betty Klepper 等建立了叶片、分蘖和根及其分枝出现的时间、三相关系和发育顺序的模型,说明任一茎上的叶片数目和此茎上根条数的关系,即 $y = 1.98x$ ($r = 0.9$, x : 叶片数, y : 节根数)^[11]。Porter 等以积温为基础建立了根系与地上部同步发育的模型,用以模拟冬小麦地下部与地上部对应生长的状况,并可测算潮湿土壤中非胁迫条件下根系生长发育的最大速率^[12]。Belford 的研究指出,根系下扎深度、种子根、主茎次生根或分蘖根的总长度与其主茎或蘖上的叶片数分别成极显著相关^[13]。Andrew 的研究证实,根系密度的垂直分布与地上部的生长相关^[14]。在生物量累积上,本试验结果表明,孕穗前,茎叶与根的生长是同步的,后由于穗的生长而表现出了异步性,此与马瑞昆等的研究结果是一致的^[4]。整个生育期中,茎叶的干物质累积与根是密切相关的,而穗重的增加与根重的累积间的相关性并不显著,可能两者之间并不存在直接的相关关系。Barraclough 在播期及土壤类型对高产冬小麦根系生长的影响的研究中指出,总根干重随籽粒产量而增长,但相关系数较低($r = 0.53$),认为高的产量与大的根系有关,但不同量的根可以产生近似量的籽粒,并进而认为此种差异可能与根的活性有关^[15]。这与崔振会等在冬小麦根系与地上部性状的相关性的研究中所指出的根系干重与穗重、粒重呈极显著相关关系的结果^[3]是不同的。

就生理学的范围而言,Loomis 等指出,根的生长比茎的生长对同化物状况(茎的供应机能)的依赖性更强,茎的生长受水分和营养状况(根的供应机能)的影响更大。Upreti 等的放射性同位素试验表明,主茎对种子根和不定根起着光合产物的主要来源的作用^[9]。本试验表明,茎叶等营养器官的³²P 物质分配量与根是密切相关的,但穗的³²P 物质分配量与根之间的相关性并不显著,此与其生物量累积的相关性是一致的。而整个生育期中,茎叶穗的代谢活性与根系始终密切相关。马新明的研究也表明,小麦的根系活力与籽粒的灌浆强度之间存在着密切关系,灌浆强度随根系活力的增加而加强^[8],这与本试验的结果是一致的。

大量的试验研究表明,小麦地上部的生长发育与根系是密切相关的,而其相关性的内容是多方面的、复杂的,这种地上部与地下部的密切联系应该成为小麦栽培管理的基础和依据。正如马元喜在不同土壤对小麦根系生长动态的研究中所指出:小麦地上部的健壮生长都是以根的健壮生长为基础的,管麦必须先管根^[1]。因此,如何创造一个良好的根系生长发育环境,并通过肥水等栽培措施来进一步协调根系与地上部的关系,以获得最佳的经济产量仍需进一步研究。

参 考 文 献

- 1 马元喜. 不同土壤对小麦根系生长动态的研究. 作物学报, 1987, 13(1): 37 ~ 44
- 2 苗果园. 黄土高原旱地冬小麦根系生长规律的研究. 作物学报, 1989, 15(2): 104 ~ 116
- 3 崔振会等. 冬小麦根系发育与地上部分性状的相关性. 北京农业科学, 1985, (3): 10 ~ 13
- 4 马瑞昆等. 供水深度与冬小麦根系发育的关系. 干旱地区农业研究, 1991, (3): 1 ~ 8
- 5 徐永福. 应用放射性同位素研究活性根的分布. 土壤, 1982, 14(2): 65 ~ 67

- 6 伯姆 W 著, 薛德榕等译. 根系研究法. 北京: 科学出版社, 1985, 65 ~ 67
- 7 胡秉民. 微电脑在农业科学中的应用. 北京: 科学出版社, 1987, 70 ~ 72
- 8 马新明. 冬小麦根系活力与籽粒灌浆关系的研究. 河北农业大学学报, 1990, 24(2): 269 ~ 275
- 9 Upreti DC 等, 王三根译. 小麦主茎和分蘖对根系生长的不同贡献. 国外农学—麦类作物, 1986, (1): 35 ~ 38
- 10 Gajri P R et al. Effects of nitrogen and early irrigation on root development and water use by wheat on two soils. Field Crops Research, 1989, 21(2): 103 ~ 114
- 11 Betty Klepper et al. Root and shoot development in winter wheat. Agronomy Journal, 1984, 76: 117 ~ 122
- 12 Porter J K. A model which synchronous root growth and development with shoot development for winter wheat. Plant and Soil, 1986, 92(1): 133 ~ 145
- 13 Belford R K. Studies of intact shoot-root systems of field-grown winter wheat. Agronomy Journal, 1987, 79(2): 310 ~ 319
- 14 Andrew S P S. A mathematical model of root exploration and of grain fill with particular reference to winter wheat. Fertilizer Research, 1987, 11(3): 267 ~ 281
- 15 Barraclough P B. The growth and activity of winter wheat roots in the field: the effect of sowing date and type on root growth of high-yielding crops. The Journal of Agricultural Science, 1984, 103(1): 59 ~ 71

THE RELATIONSHIP BETWEEN GROWTH AND DEVELOPMENT OF ABOVE GROUND ORGANS WITH ROOTS OF WINTER WHEAT USING ^{32}P TRACER

Wang Zhifen Chen Xueliu Yu Meiyan Wang Tongyan Wang Kuibo

(Institute for Application of Atomic Energy, Shandong Academy
of Agricultural Science, Jinan 250100)

Ren Fengshan Xu Bing

(Centre Laboratory, Shandong Academy of Agricultural Science, Jinan 250100)

ABSTRACT

The relationship of growth and development between above ground organs and roots of winter wheat, Lumar 14, was studied using ^{32}P tracer. The results showed that before the spike formation, dry matter accumulation in roots, stems and leaves were synchronous, and after that they were asynchronous. The dry matter accumulation in stems and leaves were significantly related to that of roots throughout the whole growing period of winter wheat. After the spike formation, the dry matter accumulation in spikes was not related to that of roots. The ^{32}P distribution in stems and leaves were related to that of roots significantly, however, the relationship between spikes and roots was not obviously related, which was consistent with the dry matter accumulations in various organs. The metabolic activities of stems, leaves and spike were significantly related to that of roots respectively.

Key words: Winter wheat, dry matter accumulation, ^{32}P , distribution, metabolic activity

45 %) 98.1 g、过磷酸钙 (P_2O_5 : 14 %) 107.7 g、硫酸钾 (K_2O : 50 %) 30.1 g、小麦专用肥 75 g 和有机肥 7.5 kg。10 月 6 日播种, 于本所盆栽场内保护栽培。

^{32}P 示踪标记与取样方法 利用 ^{32}P 有载体示踪剂(中国原子能研究院提供), 采用加大载体量法^[5]土壤注射, 载体量为 9 mg P_2O_5 / ml 标记液。于行间开深 10~15 cm 的窄沟, 每行均匀标记 60 μCi , 分 13 期, 4 次重复。各期均于标记后隔等时间取样, 按水洗法^[6]冲根, 依根、茎、叶、穗分样, 于 75 °C 的烘箱中烘干称重。

制样测定和数据处理 将烘干称重的样品粉碎后过直径 1 mm 的筛子, 分别称取 50 mg, 按塑闪法在 FJ-2101 液体闪烁计数器上测量计数。将各样品的计数皆校正到标记时的活度。将所得数据微机拟合最优回归方程和相关系数的计算^[7]。

^{32}P 物质分配量 用在一定时间内运输分配到器官内的 ^{32}P 总量来表示, 单位为 Bq/ m^2 (土地面积)。

^{32}P 物质分配率 用分配到器官内的 ^{32}P 分配量占植株总量的百分数来表示。

代谢活性 用器官的 ^{32}P 比活度即单位器官干重所含有的 ^{32}P 核素量来表示, 单位为 Bq/ 100 mg。

结 果

(一) 冬小麦地上部器官干重累积变化与根系的相关性

从小麦的整个生育期来看, 起身前, 由于气温较低, 根、茎、叶干重的累积是缓慢增加的, 但叶片干重的累积则高于茎和根, 越冬前, 根干重的累积高于茎。起身后, 根茎叶干重的累积迅速增加, 于孕穗期叶片干重达最大值 (402.6 g/ m^2), 根系于抽穗前后达最大值 (271.2 g/ m^2)。茎干重于开花末达最大值 (683.8 g/ m^2), 各器官干重达最大值后逐渐下降。可见, 孕穗前是根茎叶干重同步累积增长的阶段, 孕穗后这种同步性被打破, 而进入异步累积阶段, 在穗干重的累积迅速增加的同时, 叶根茎干重依次降低(表 1)。

表 1 冬小麦各器官干重的累积变化

Table 1 The dry weight of various organs of winter wheat (g/ m^2)

取样 及日期 Sampling and date	13	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	6/3	11/6	11/30		12/23		3/27		4/19		5/10		
生育期 Growth stage	分蘖 Tillering		越冬 Overwintering		拔节 Elongation		孕穗 Spike formation		开花 Anthesis		灌浆 Filling		黄熟 Yellow ripe
根 Roots	4.8	9.9	16.9	18.3	19.3	25.4	64.3	129.8	165.0	271.2	184.8	119.5	81.0
茎 Stems	3.3	6.4	9.6	13.4	26.0	27.3	93.1	244.0	482.7	563.5	683.8	626.9	543.6
叶 Leaves	8.5	14.8	21.5	40.4	79.9	136.1	157.3	330.2	402.6	382.9	326.7	322.9	285.4
穗 Spikes									37.0	199.0	403.9	751.1	1000.3

曲线拟合与相关分析表明, 茎干重、叶干重的变化与根干重之间的关系遵循指数回归方程, 它们之间的相关关系分别达极显著水平。而孕穗后, 穗干重的增加与根干重按一元二次回归方程呈负相关, 但其相关关系并未达显著水平(表 2)。

表 4 冬小麦地上部各器官³²P 物质分配量(Bq/m²)与根系的相关性Table 4 The relationship of ³²P distribution amount between above ground organs and roots of winter wheat (Bq/m²)

器官 Organs	回归方程 Regression equations	相关系数 Correlation coefficients
茎 Stems	$y = 14.275x^{0.6213}$	0.9779 **
叶 Leaves	$y = 5.989x^{0.7183}$	0.9576 **
穗 Spikes	$y = x / - 0.5707 + 0.00015x$	0.7793

注:r 显著值: df = 11, $r_{0.05} = 0.5530$, $r_{0.01} = 0.6840$.

Note: Critical value of r: df = 3, $r_{0.05} = 0.8780$, $r_{0.01} = 0.9590$.

(三) 冬小麦地上部各器官代谢活性的变化与根系的关系

冬前,随着温度的降低,根茎叶的代谢活性或³²P 比活度逐渐降低,但以分蘖为最强。越冬后,叶的代谢活性以起身期最高,为 134.2Bq/100mg。根与茎或分蘖节的代谢活性到拔节期最大,依次为 60.6Bq/100mg 和 198Bq/100mg。拔节后急剧下降。至孕穗期,根、茎、叶依次降到 22Bq/100mg、26.1Bq/100mg 和 19.4Bq/100mg。到成熟时分别逐渐降到 6.2Bq/100mg、1.2Bq/100mg 和 0.76Bq/100mg。穗的代谢活性,孕穗期最高为 51Bq/100mg,此后迅速降低,成熟时降为 2.3Bq/100mg(表 5)。

表 5 冬小麦各器官的代谢活性(Bq/100mg)的变化

Table 5 The metabolic activities(Bq/100mg) in various organs of winter wheat

取样 Sampling	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
根 Roots	44	16	20	6.1	9.0	55.2	60.6	15.0	22.0	9.6	9.2	7.2	6.2
茎 Stems	80	44	30	6.4	3.7	162.8	198.0	38.0	26.2	11.6	2.7	4.0	1.2
叶 Leaves	62	36	30	6.8	2.6	134.2	131.6	25.6	19.4	11.2	4.8	4.1	0.8
穗 Spikes									52.0	8.7	4.2	7.0	2.3

回归方程拟合结果表明,茎、叶、穗的代谢活性与根的代谢活性间的关系服从一元二次回归方程,两者之间的相关关系也分别达极显著水平(表 6),即茎、叶、穗的代谢活动与根的代谢活动是密切相连的。

表 6 冬小麦地上部的代谢活性与根的相关性

Table 6 The relationship of metabolic activities (Bq/100mg) between above ground organs and roots of winter wheat

器官 Organs	回归方程 Regression equations	相关系数 Correlated coefficients
茎 Stems	$y = 2.682 + 0.465x - 1.890 \times 10^{-3}x^2$	0.9640 **
叶 Leaves	$y = 2.384 + 0.604x - 3.044 \times 10^{-3}x^2$	0.9667 **
穗 Spikes	$y = 3.083 + 0.336x - 1.228 \times 10^{-3}x^2$	0.9850 **

注:r 显著值: df = 11, $r_{0.05} = 0.5530$, $r_{0.01} = 0.6840$.

Note: Critical value of r: df = 3, $r_{0.05} = 0.8780$, $r_{0.01} = 0.9590$.