

半干旱地区地膜覆盖、底墒和氮肥对春小麦根系生长的集成效应*

吕丽红¹, 王 俊², 凌 莉¹, 李凤民², 李世清^{1, 2}

(1 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨陵 712100; 2 兰州大学 干旱农业生态国家重点实验室, 兰州 730000)

[摘 要] 在年降水量 415 mm 的黄土高原中部黄绵土上, 以春小麦(*Triticum aestivum*)为供试作物进行大田试验, 研究地膜覆盖(设不覆膜、播种后覆膜 30 d、覆膜 60 d 和全程覆膜)、底墒(设低、高 2 种底墒)和施氮(设不施氮和施氮 75 kg/hm²)对春小麦根系生长的影响。结果表明, 覆膜后作物根系生长加快, 中下层根系比例增加, 有利于吸收土壤深层水分。相对发达的根系保证了作物吸收器官(根)和失水器官(叶)间的平衡, 协调根冠间的干物质分配关系, 能在不影响根系吸收能力的前提下, 提高光合产物的繁殖分配比例。适时揭膜能够改善光合产物分配, 促进根系生长下扎, 维持生长后期活性。全程覆膜处理的表层和表层(30~60 cm)土壤中, 根系生物量显著低于其他处理, 原因在于后期覆膜使土壤温度急剧升高, 造成根系大量死亡和活性下降。因此及时揭膜, 有利于作物生长后期的根冠比保持在较高水平, 而全程覆膜对维持作物生长后期较高的根冠比不利。

[关键词] 春小麦; 地膜覆盖; 底墒; 施氮; 根系生长

[中图分类号] Q 948 112; S505

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2003)03-0102-05

覆膜不仅有利于促进根系早期生长, 增加根长、根数和根重, 改善根系在土壤中的分布, 而且还能增加根系活性和吸收能力^[1, 2]。据报道^[2], 地膜覆盖能显著增加冬小麦根系的伤流量、根系对氮素的吸收能力和根系的合成能力; 地膜覆盖番茄, 根系的伤流量比对照高 3~4 倍; 地膜覆盖棉花, 根系对硝态氮的吸收能力比对照提高 35.1%, 根系的呼吸强度比对照提高 19.1%, 单株干物质积累为对照的 2.3 倍^[3]。用春小麦进行的试验表明, 覆盖地膜后, 不仅有利于根系早扎、快生, 而且还有利于延长作物生长后期部分根系的吸收功能; 另一方面, 全程地膜覆盖还可以抑制作物生长后期光合产物向根系的转移, 使根冠比维持在较低水平, 有利于作物的后期生长^[1]。

合理的地膜覆盖能促进春小麦同化产物累积, 并影响干物质分配^[4~6], 表现为茎秆中营养物质向籽粒的移动量增加^[1, 4]; Nilu 等^[4]在研究了地膜覆盖对春小麦开花后产量形成的影响后指出, 地膜覆盖春小麦比露地春小麦干物质累积量增加 26%, 并且

在灌浆期会使更多的干物质向穗部转移, 最终产量增加 36%。郭志利和古世禄^[7]在谷子上的研究表明, 地膜覆盖能显著增加光合效率、净同化率、干物质累积和体内干物质向穗部的转移, 导致覆膜穗长增长速度比对照高 8%~21%, 同时, 穗占总干物质的比例也显著增加。合理的地膜覆盖能促进春小麦同化物生产并影响到干物质分配, 表现为茎叶中营养物质向籽粒中的移动量增加^[8]。另一方面, 不合理的地膜覆盖也可能影响到干物质和氮素在小麦各器官中的不合理分配, 其典型例证是不合理的地膜覆盖导致收获指数下降。在一定条件下, 覆膜对小麦增产也会起到负效应。已有研究表明^[8], 覆膜后小麦前期生长旺盛, 导致作物提前并大量利用底墒, 从而在生长中、后期形成土壤供水不足的局面, 加剧了“卡脖子旱”的严重性, 从而导致产量下降。地膜覆盖、底墒和施氮对春小麦根系生长有何影响和集成效应, 迄今鲜见报道。本研究将通过 2 年严格的大田试验对上述问题进行探索。

* [收稿日期] 2002-11-14

[基金项目] 国家自然科学基金项目(30230230, 39970151 和 39970459); 2002 年度教育部全国优秀青年教师资助项目(20022096); 国家重点基础研究专项(G2000018603); 国家基础研究重大项目前期研究专项“半干旱黄土植被景观覆盖格局与生态系统功能调控”; 黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室基金项目(10501-104); 农业科技跨越计划项目“面条专用小麦品种生产技术与产业化”(农跨 2000-6)

[作者简介] 吕丽红(1978-), 女, 江苏盐城人, 在读硕士, 主要从事土壤-植物氮素营养研究。

[通讯作者] 李世清(1963-), 男, 甘肃秦安人, 教授, 博士生导师, 主要从事土壤-植物氮素营养和植物营养生理生态研究。

1 材料和方法

参见文献[8]。

2 结果与讨论

2.1 地膜覆盖进程、底墒和施氮对根系生长的集成效应

表 1 的研究结果表明, 根系生物量与生育进程的关系基本上呈现出先增加后下降的趋势。覆膜对根系的影响, 与覆膜进程有关。从表 1 可以看出, 从高底墒根系总生物量来看, 覆膜处理在播种 90 d 以前均显著高于对照, 表明覆膜有明显的促根作用。不覆膜和覆膜 30 d 处理在播种后 60 d 根干重达到最高, 而覆膜 60 d 处理在 90 d 后还有显著增加趋势。

2000 年的试验结果(表 2)表明, 施氮处理的根系干重总体上小于不施氮处理, 且施氮后覆膜处理的根系干重均大于不覆膜处理, 不施氮情况下, 各处理根系在播种后 88 d 出现生长高峰, 在此以后, 随

生育进程推进, 根系生物量显著下降; 在施氮条件下, 基本上也是在 88 d 出现根系生长高峰, 之后, 除覆膜 60 d 持续增加外, 其余处理均呈下降趋势, 但下降幅度远较不施氮的小。

2.2 地膜覆盖进程对作物根系分布的影响

从根系分布来看(表 1), 随土层深度增加, 根系重量逐渐减少, 基本呈“T”字型结构。由表 1 可以看出, 在播种后 30 d, 覆膜土壤的水温条件得到极大改善, 覆膜处理在各土层的根系重量均显著高于不覆膜处理。播种后 60 d, 覆膜处理表层根系(0~ 20 cm)与对照相差不大, 但中层和下层根系重量显著增加, 这有利于利用深层土壤水分。播种后 90 d, 覆膜 60 d 和全程覆膜处理的表层根系重量显著高于不覆膜和覆膜 30 d 处理。收获时, 全程覆膜处理的表层和中层(30~ 60 cm)根系重量显著低于其他处理, 原因在于作物生长后期, 覆膜土壤温度过高, 造成根系大量死亡、腐解, 导致根系生物量显著下降。

表 1 1999 年高底墒条件下不同处理春小麦根的干重及其分布

Table 1 Root dry-weight and its distribution under different treatments in high water storage in profile at sowing time in 1999 g/m²

覆膜处理 Treatment	土层深度/cm Depth	播种后天数 Days after sowing			
		30	60	90	125
H-M 0	30	9 221 b	115 16 a	58 549 c	40 604 b
	60	0 328 b	44 762 b	28 369 c	16 025 b
	90	-	10 106 c	23 207 c	13 996 b
	120	-	-	9 350 b	6 068 c
	Total	9 549 b	170 03 b	119 48 c	76 692 b
H-M 30	30	18 853 a	109 26 a	66 397 bc	59 444 a
	60	2 096 a	55 028 b	59 305 a	26 201 a
	90	-	50 641 a	63 224 a	16 940 b
	120	-	-	8 276 b	12 703 b
	Total	20 949 a	214 93 a	197 20 b	115 29 a
H-M 60	30	18 853 a	110 66 a	129 50 a	56 251 a
	60	2 096 a	85 118 a	46 533 b	26 151 a
	90	-	37 202 b	45 677 b	15 637 b
	120	-	-	30 846 a	4 257 c
	Total	20 949 a	232 98 a	252 56 a	102 30 ab
H-M w	30	18 853 a	78 410 a	98 149 ab	22 570 c
	60	2 096 a	54 978 b	47 697 b	15 140 b
	90	-	41 281 b	38 287 b	24 878 a
	120	-	-	26 141 a	15 925 a
	Total	20 949 a	174 67 b	210 27 b	78 513 b

注: L, H 分别表示低底墒和高底墒处理; M 0, M 30, M 60 和 M w 分别表示不覆膜、覆膜 30 d、覆膜 60 d 和全程覆膜; 同一列具有相同字母者表示未达到 5% 显著水平, 下表同。

Note: L and H represents the low and high water storage before sowing, respectively; M 0, M 30, M 60 and M w represents the no mulching, mulching for 30 d, mulching for 60 d, mulching for the whole growth period after sowing, respectively. These are same for other tables in the paper. Mean values followed by the same letter in the same column are not statically different at $\alpha=0.05$, the followings are the same

2.3 地膜覆盖进程对作物后期根系生长的影响

两年的试验结果(表 1, 2)表明, 适当的地膜覆

盖对根系生长的促进作用在揭膜后仍能持续较长时间。90 d 至收获, 全程覆膜根系总量出现大幅度下

降,显著低于提前揭膜处理,说明后期覆膜对稳定作物根系的后期生长发育和活性不利,土层中、下部丰富的根系不能发挥作用,导致作物同化产物的浪费。1999 年,全程覆膜处理在收获时根系重量为 $78\ 513\ \text{g/m}^2$,与不覆膜的对照处理相当,而覆膜 30 和 60 d 处理在收获时根系重量分别为 $115\ 29$ 和 $102\ 30\ \text{g/m}^2$,比全程覆膜增加 $36\ 77$ 和 $23\ 787\ \text{g/m}^2$ 。在 2000 年,从两个施氮水平平均看,低底墒时全程覆膜处理在收获时的根系重量为 $128\ 445\ \text{g/m}^2$,与不覆膜的对照处理相当,而覆膜 30 和 60 d 处理在收获时的根系重量分别为 $123\ 77$ 和 $140\ 685\ \text{g/m}^2$,比全程覆膜分别增加 $4\ 675$ 和 $12\ 24\ \text{g/m}^2$;高底

墒时全程覆膜处理在收获时根系重量为 $218\ 075\ \text{g/m}^2$,而覆膜 30 和 60 d 处理在收获时根系重量分别为 $208\ 9$ 和 $260\ 65\ \text{g/m}^2$,比全程覆膜分别增加 $9\ 177$ 和 $42\ 57\ \text{g/m}^2$ 。由此可以看出,在低底墒时,不同覆膜处理时根系重量的差异显著小于高底墒。1999 年,覆膜 30 和 60 d 处理的根系重量显著高于全程覆膜处理,而在 2000 年,覆膜 60 d 处理的根系重量显著高于全程覆膜处理,但覆膜 30 d 处理的根重低于全程覆膜处理,这可能与 2000 年的严重干旱有关。从总体上看,适时揭膜对维持春小麦后期根系生长具有重要作用。

表 2 2000 年不同处理春小麦的根干重

Table 2 Root dry weight under different treatments in 2000

 g/m^2

处理 Treatment	播种后天数 Days after sowing					
	29	46	60	75	88	113
L-M ON 0	3 276 ab	4 194 a	8 423 a	11 874 a	24 670 a	16 560 bcd
L-M ON 75	2 306 b	2 490 a	9 053 a	11 615 a	13 452 a	10 987 d
L-M 30N 0	-	4 646 a	12 259 a	10 255 a	19 172 a	11 593 d
L-M 30N 75	-	4 433 a	9 216 a	11 542 a	15 388 a	13 161 d
L-M 60N 0	-	-	-	11 872 a	20 271 a	13 206 d
L-M 60N 75	-	-	-	10 566 a	13 866 a	14 937 cd
L-M wN 0	4 172 a	4 301 a	14 559 a	11 756 a	20 342 a	14 461 cd
L-M wN 75	3 010 ab	3 140 a	11 347 a	11 339 a	15 251 a	11 228 d
H-M ON 0	-	-	-	-	-	18 516 bcd
H-M ON 75	-	-	-	-	-	15 000 cd
H-M 30N 0	-	-	-	-	-	19 055 bcd
H-M 30N 75	-	-	-	-	-	22 790 abc
H-M 60N 0	-	-	-	-	-	29 605 a
H-M 60N 75	-	-	-	-	-	22 525 abc
H-M wN 0	-	-	-	-	-	19 612 bcd
H-M wN 75	-	-	-	-	-	24 003 ab

注: N 0 和 N 75 分别表示不施氮和每公顷施氮 $75\ \text{kg}$ 。

Note: N 0 and N 75 represents application of no nitrogen fertilizer and application of $75\ \text{kg/hm}^2$, respectively.

3 讨 论

改善作物根系布局,扩展根系对土壤贮水的利用,是提高黄土高原地区降水利用效率的另一重要途径^[10,11]。Chaudhary 等^[12]认为,对供水有限的地区来说,根系分布广且深的植株对环境的适应能力更强。在旱地农田中,麦类作物根系的理想分配型,应当减少表土层中的根系分布而适当增加深层土壤中的根量。本试验研究结果表明,地膜覆盖后,作物根系生长加快,中下层分布比例增加,相对发达的根系保证了作物吸收器官(根)和失水器官(叶)间的平衡^[10]。李凤民等^[13]认为,协调根冠干物质分配比例,能在不影响根系吸收能力的前提下,提高光合产物的繁殖和积累,优化作物产量形成过程,是提高作物

抗旱适应能力和水分利用效率的一条重要途径。地膜覆盖后,前期作物地上部分生长旺盛,根冠比却很低;适时揭膜,对作物生长后期根冠比维持在较高水平有利,而全程覆膜不利于维持作物生长后期较高水平的根冠比,表明全程覆膜在作物生长后期抑制了较多的光合产物流向根部。适时的地膜覆盖为旱地作物提供了一条重要的干旱适应途径,其最直接的表现就是作物生长前期瞬时水分利用效率的显著提高。根系生物量与生育进程的关系基本上是先增加后下降的趋势,这与马元喜^[14]的研究结果一致。

从根系分布来看,随土层深度增加,根量逐渐减少,基本呈“T”字型结构,这与苗果园^[9]的研究结果一致。但在收获时,全程覆膜处理的表层(0~30 cm)和中层(30~60 cm)的根系分布显著低于其他

处理, 原因在于后期覆膜使土壤温度急剧升高, 造成了根系的大量死亡和根系活性下降。适时揭膜, 不仅有利于作物根系生长, 而且也能够增加根系活性。笔者在春玉米上进行的试验结果表明, 覆膜能够显著增加伤流量, 从 5 个施氮水平平均看, 覆膜后伤流量 (平均 $1.83 \text{ g}/(\text{株} \cdot \text{d})$) 比不覆膜 (平均 $1.22 \text{ g}/(\text{株} \cdot \text{d})$) 增加 $0.61 \text{ g}/(\text{株} \cdot \text{d})$ (100%)。覆膜的效果与施肥有关, 不覆膜时, 氮肥对伤流量的影响不明显, 覆膜后, 随施氮量增加, 伤流量增加, 伤流量和施氮量有密切的线性关系 ($r = 0.957, P < 0.01$)。覆膜之所以能够提高作物的伤流量, 从而提高作物吸收水分和养分的能力, 除与地膜覆盖后作物生长势强、根系有较大的吸收面积有关外, 还在于促进了根系的

生理活性 (后者可以由伤流液中的氨基酸含量随地膜覆盖显著增加的事实得到证明)^[2]。已有的研究结果还表明, 不仅覆盖地膜后伤流液中的铵态氮和硝态氮显著增加, 而且氨基酸含量也明显增加。从不同施肥水平平均看, 覆膜后伤流液中的铵态氮增加了 $0.97 \mu\text{g}/(\text{株} \cdot \text{d})$ (47.8%), 硝态氮增加 $0.82 \mu\text{g}/(\text{株} \cdot \text{d})$ (82.2%), 氨基酸态氮增加 $0.65 \mu\text{g}/(\text{株} \cdot \text{d})$ (44.8%)。铵态氮和硝态氮的增加说明, 覆膜后根系对养分的吸收能力增加; 氨基酸态氮的增加说明, 覆膜后根系活性 (即合成能力) 增加^[15, 16]。由于供试土壤严重缺氮^[17], 因此覆膜和施氮对伤流量和伤流液组分的影响具有明显的正交互作用。

[参考文献]

- [1] 李凤民, 王 俊, 王同朝. 地膜覆盖导致减产的机理[J]. 中国农业科学, 2001, 33(2): 330- 333
- [2] 李生秀, 李世清, 高亚军, 等. 施用氮肥对提高旱地作物利用土壤水分的作用机理和效果[J]. 干旱地区农业研究, 1994, 12(1): 39- 46
- [3] 孙本普, 李秀云, 张宝民. 地膜覆盖晚播小麦分化的特点及其与露地小麦异同点的分析[J]. 中国农业科学, 1991, 24(1): 47- 54
- [4] 中国地膜覆盖栽培研究会. 地膜覆盖栽培技术大全[M]. 北京: 中国农业出版社, 1988: 25- 27.
- [5] Li Feng-min, Guo An-Hong, Wei Hong. Effects of clear plastic film mulch on yield of spring wheat[J]. Field Crops Res, 1999, 63: 79- 86
- [6] Niu J Y, Zhang Y T, Yang Q F. Postanthesis dry matter accumulation and redistribution in spring wheat mulched with plastic film[J]. Crop Sci, 1998, 38: 1562- 1568
- [7] 郭志利, 古世禄. 覆膜栽培方式对谷子产量及效益的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2000, 18(2): 33- 39
- [8] 沈新磊, 黄思光, 凌 莉, 等. 半干旱农田生态系统地膜覆盖模式和施氮水平对小麦产量和氮效率的效应[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2003, 31(1): 1- 14
- [9] 苗果园. 黄土高原旱地冬小麦根系生长规律的研究[J]. 作物学报, 1989, 15(2): 104- 115
- [10] 山 仑, 陈国良. 黄土高原旱地农业的理论与实践[M]. 北京: 科学出版社, 1993: 1- 5
- [11] 杨建设, 许育彬. 论小麦抗旱丰产的根区调控问题[J]. 干旱地区农业研究, 1997, 15(1): 50- 57.
- [12] Chaudhary T N, Bhatnagar V K. Wheat root distribution, water extraction pattern and grain yield as influenced by time and rate of irrigation[J]. Agric Water Manage, 1980, 3: 115- 124
- [13] 李凤民, 赵松岭. 黄土高原半干旱地区作物水分利用研究新途径[J]. 应用生态学报, 1997, 8(1): 103- 107.
- [14] 马元喜. 小麦的根[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999
- [15] 李世清, 王喜庆, 高亚军, 等. 施肥对提高作物蒸腾, 减少蒸发的影响[A]. 汪德水. 旱地农田水肥关系原理与调控技术[C]. 北京: 中国农业科技出版社, 1995: 187- 190
- [16] Mengel K, Kirkby E A. Principles of plant nutrition[M]. Switzerland, Bern: International Potash Institute, 1987: 113- 192
- [17] Marschner H. Mineral nutrition of higher plants[M]. London: Academic Press Inc, 1986: 411- 542

The integrated effect of plastic film mulching, soil water storage amount before sowing and nitrogen fertilizer on spring wheat root growth

LULI-hong¹, WANG Jun², LING Li¹, LI Feng-min², LI Shi-qing^{1, 2}

(1 College of Resources and Environment, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 State Key Laboratory of Arid Agroecology, Lanzhou University, Lanzhou, Gansu 730000, China)

Abstract: A field experiment was carried out on cultivated loessial soil in semiarid area with 415 mm precipitation and spring wheat (*Triticum aestivum*) was used as an indicating crop to study the effects of

plastic film mulching period (including no mulching, mulching for 30 days, mulching for 60 days, after sowing and mulching for whole growing period), soil water storage amount in profile before sowing (including low and high treatments) and nitrogen fertilizer application (including no nitrogen application and nitrogen application 75 kg/hm^2) on the spring wheat growth. After being covered with plastic film, the root of crop grew quickly, and the ratio of the root that distributed in middle and low soil layer increased, it was useful to absorb the water in deep soil. The flourishing root assured the balance between the absorb organ and the dehydrate organ of crop, coordinated the relation of dry matter distribution between the root and the shoot, and with the premise of not affecting the absorption ability of root, it could also enhance the ratio of the breed distribution of the photosynthate. The results showed that uncovering the plastic film at right moment could improve the distribution of photosynthate, stimulate the root to plunge into the deep soil and keep the activation during later growth period. The root biomass of the top layer and the middle layer (30- 60 cm) in the treatment of the plastic film mulching for the whole growth period was lower than other treatments apparently, the reason was that plastic film mulching during later growth period made soil temperature rise rapidly and led to large numbers of root mortality, and root activity decreased. As a result, uncovering plastic film in time could ensure that the ratio between the root and the shoot keeps at high level during later growth period, and plastic film mulching for the whole growth period was unfavorable to keep the ratio between the root and the shoot at high level during later growth period.

Key words: spring wheat; plastic film mulching; water storage before sowing; application of nitrogen fertilizer; root growth

· 书 讯 ·

第一部系统论述我国特有植物杜仲次生代谢物的专著

《中国杜仲次生代谢物》正式出版

由西北农林科技大学张康健、王蓝、马柏林教授等著的第一部系统论述我国特有植物杜仲次生代谢物的专著——《中国杜仲次生代谢物》，近日已由科学出版社正式出版。全书共 26 万字，分总论和各论两篇。总论篇主要论述杜仲次生代谢物的研究方法、杜仲次生代谢物与生源学、杜仲次生代谢物与生态学、杜仲次生代谢物的合成积累、部位分布及其与生长发育特性的关系，杜仲含胶细胞形态特征、指标及杜仲叶胶丝网络结构，杜仲营养成分与矿质元素、杜仲次生代谢物的开发利用及其与树木生长的关系，从而系统地总结了提高杜仲次生代谢物产量的生物学途径。各论篇主要阐述了杜仲中含量多的、经济价值高的、亟待开发利用的绿原酸、木脂素类、黄酮类、环烯醚萜类、 α -亚麻酸、杜仲酸性多糖、杜仲胶等次生代谢物的结构、生物活性、提取分离技术和含量测定方法。

本书是作者 10 余年科学研究工作的系统总结，有很高的学术水平和应用价值，对提高我国杜仲乃至药用植物次生代谢物和产业化高效开发利用有极其重要的作用。本书的主要特点是，既有最新发现的次生代谢物合成积累规律和基础理论，又有创新技术，内容广泛、新颖、系统性强。本书既可作为生物工程、生物技术、植物化学、应用化学、生物制药、药用植物资源开发利用、中药学、植物学、林产化工、野生植物保护与利用等学科的高等院校师生、科研单位人员的教学、研究参考用书，又是相关企业技术人员开发新产品的工具书。

通讯地址：陕西杨陵邠城路 3 号·西北农林科技大学林学院 邮编：712100

联系人：董娟娥 书价：20 元

(窦春蕊 供稿)