

地膜覆盖导致春小麦产量下降的机理

李凤民, 鄢 珣, 王 俊, 李世清, 王同朝

(兰州大学干旱农业生态国家重点实验室, 兰州 730000)

摘要:通过对地膜覆盖导致减产进行分析表明,施P处理的产量和水分利用效率最高。覆膜处理显著增加了根系生长,开花和灌浆期根系主要向下分布,但吸水量并没有按比例增加,导致同化产物的浪费。地上部分干物质量在播种70d之后不再增加,且繁殖器官发育不良。在本试验条件下,播前土壤墒情较好,地膜覆盖由于改善了地表水温条件,前期大量利用土壤水分,且后期降水不足,中下部丰富的根系不能发挥作用,导致产量下降。对照、耕作层施磷、覆膜、耕作层施磷加地膜覆盖4个处理的产量分别为2516.5,2734.1,1269.4和1625.1 kg/ha。

关键词:地膜覆盖;产量;干旱胁迫;春小麦;半干旱地区

中图分类号:S512.120.4 **文献标识码:**A **文章编号:**0578-1752(2001)03-0330-04

The Mechanism of Yield Decrease of Spring Wheat Resulted from Plastic Film Mulching

LI Feng-min, YAN Xun, WANG Jun, LI Shi-qing, WANG Tong-chao

(State Key Laboratory of Arid Agroecology, Lanzhou University, Lanzhou 730000)

Abstract: Field experiments were carried out to study the mechanism of yield decrease of spring wheat resulted from plastic film mulching. Four treatments were employed: CK was a control; P was just applied phosphorous fertilizer in plough layer of field; M was mulched with plastic film during the period of 0~62 days after sowing; PM was P plus M. Both the film mulching treatments promoted significantly the growth of root system, and more root biomass was distributed in deep soil layer at anthesis and grain filling period. The water absorbed from soil profile, however, was not increased as the same proportion, which resulted in the waste of the root biomass in deep soil. Shoot biomass of the plants mulched with film did not increase after 70 days after sowing, and the reproductive organs did not also developed well. In the experiment, soil moisture before sowing was sufficient for shoot emergence. Film mulching promoted water use from soil profile in the early period of growth, and there was no sufficient rainfall after that period to support the growth of plants, which resulted in the soil drying. The yields of the CK, P, M, PM treatments were 2516.5, 2734.1, 1269.4 and 1625.1 kg/ha, respectively.

Key Words: Plastic film mulching; Yield; Drought stress; Spring wheat; Semiarid area

地膜覆盖的大范围推广主要是基于它的增产效应^[1]。但是,由于我国北方,特别是半干旱地区,年度降水变率很大^[2],土壤墒情变化莫测,在有些情况下地膜覆盖会导致严重减产。本文旨在通过对地膜覆盖导致减产的实例进行分析,探讨其中的机理和地膜覆盖的适用条件,以深入了解地膜覆盖对作物产

量的影响机理。

1 材料与方法

1.1 气象条件

试验在甘肃定西唐家堡试验站进行。该区海拔1970m,年均气温6.2℃,≥10℃积温2075.1℃,无

收稿日期:1999-08-24

基金项目:国家重点基础研究发展规划资助项目(G2000018603)

作者简介:李凤民(1962-),男,河北新乐人,博士,教授,主要从事作物生态学与农业生态系统生态学研究。Tel:0931-8912848;Fax:0931-8912848;E-mail:fmli@lzu.edu.cn

霜期 140 d,属中温带半干旱气候。作物一年一熟,无灌溉条件。年均降水总量 420mm。本年份严重干旱,春小麦生育期间降水 114.9mm,比平均少 139.12mm,而蒸发皿蒸发总量相差不大,作物生长的前期蒸发量高于平均值。

由于播种前底墒状况极差,几乎达到了凋萎系数(7.2%),所有处理均在播种前 5 d 浇水 30 mm。播种后 10 d 测定土壤水分状况良好,0~20 cm 土层含水量在 11%以上,20~40 cm 土层含水量在 13%以上,40~60 cm 土层含水量在 14%左右。

1.2 土壤肥力条件

试验土壤为黄绵土,有机质 11.7 $\mu\text{g/g}$,速效氮 67.4 $\mu\text{g/g}$,全磷 0.61 $\mu\text{g/g}$,速效磷 3.44 $\mu\text{g/g}$ 。前作扁豆收获到播种小麦前休闲期为 242 d。播前普施纯氮 90kg/ha,磷肥按 52.4kg/ha 分处理施入。

1.3 材料和处理方法

试验材料为春小麦(*Triticum aestivum* L.)陇春 8139-2。于 1997 年 3 月 21 日播种,穴播,行距 15cm,穴距 11cm,播量 262.5kg/ha。试验设 4 个处理:对照(CK);耕作层施磷(P);覆膜(M);施磷加地膜覆盖(PM)。每处理 3 次重复,每小区面积为(5m

$\times 4.5\text{m}$)22.5m²,随机区组排列。小麦播种后 62 d (5 月 22 日,拔节期)揭膜。因作物生长前期降雨偏少,土壤极其干旱,为保证试验正常进行,在作物的抽穗开花期所有小区均浇水 15mm。

1.4 测定方法

每隔 15~20 d 用烘干法(0~40 cm)及中子仪法(40cm 以下)测定土壤含水量。出苗后每隔 20 d 在每个小区的采样区随机采样 15~20 株,烘干称重。在拔节期、开花期和灌浆期分别用直径 8cm 土钻取根系土样,清水冲洗,分层测定根系生物量。地膜覆盖处理于 7 月 8 日收获,两个非地膜覆盖处理于 7 月 15 日收获,收获后进行测产及考种。

2 结果与分析

2.1 土壤供水和作物耗水量

地膜覆盖显著增加了对土壤水分的消耗,特别是地膜覆盖期间尤为明显(表 1)。施用磷肥对消耗土壤水分没有明显影响。总体来看,在作物耗水量中,土壤供水量不足总耗水量的 1/3,降水仍占耗水量的主体。后期土壤供水的降低与前期供水过度且没有得到有效补充有关。

表 1 不同处理在不同时期的水分利用 (mm)

Table 1 The amount of water supplied by soil in different stage

处理 Treatments	播后天数 DAS ¹⁾	0~50	51~70	71~90	91~117	总计 Total
CK	土壤供水量 SWS ²⁾	7.66	28.22	32.51	0.31	68.70
	耗水量 Water use	53.26	47.82	56.91	40.61	198.60
P	土壤供水量 SWS	3.37	31.29	23.61	0.80	59.07
	耗水量 Water use	48.97	50.89	48.01	41.10	188.97
M	土壤供水量 SWS	15.04	41.34	14.26	3.64	74.28
	耗水量 Water use	60.64	60.94	38.66	43.94	204.18
PM	土壤供水量 SWS	19.18	34.18	21.83	-9.84	65.35
	耗水量 Water use	64.78	53.78	46.23	30.46	195.25
	同期降水量 Rainfall at the same period	45.6	19.6	24.4	40.3	129.9

¹⁾ DAS 播种后天数 Days after sowing; ²⁾ 土壤供水量 含 15 mm 人工浇水 Soil water supply, including 15 mm irrigation

2.2 根系生长及其垂直分布

P 处理根系总生物量显著高于 CK,而 PM 处理与 M 处理却非常接近,表明磷肥有明显的促根作用,而地膜覆盖下磷肥的促根作用不明显(表 2)。在开花期,各处理根重均显著增加,对照(CK)处理根重在此期间达到峰值。灌浆期对照根系干重有所下降,M 处理增加不明显,P 和 PM 处理仍有不同程度的增加,表明磷肥对根生长的促进作用持续时间较长。

拔节期 P、M 和 PM 处理表层(0~20 cm)根系

同 CK 相比显著增加,而 20~40cm 根系分布 4 处理却非常接近(表 2)。开花期 4 处理表层根系分布很接近,而中层(20~60 cm)和下层(60~120 cm)根系 P、M、PM 处理显著高于 CK,有利于这 3 个处理利用深层土壤水分。灌浆期 CK 与其它 3 个处理在中层和下层根系分布的差异性明显缩小,特别是 M 处理的下层根系还显著低于 CK。灌浆期 P、M 和 PM 处理的上层根系显著高于 CK,这与迅速萌发的分蘖根数量有关。这 3 个处理在生长初期都有增加分蘖的优越条件,即较高的表土温度、水分和磷肥

表 2 不同处理对根垂直分布的影响(g/cm²)

Table 2 The influence of various treatments on root spatial distribution

	土层 Soil depth	CK	P	M	PM
拔节期 Joint	0~20cm	22.873a ¹⁾	28.659b	29.817b	28.193b
	20~40cm	7.684a	8.179a	7.258a	9.310a
	合计 Total	30.557a	36.838b	37.075b	37.403b
开花期 Anthesis	0~20cm	25.112a	26.922a	27.717a	25.755a
	20~60cm	9.241a	18.514b	18.559b	19.401b
	60~120cm	3.198a	9.799b	10.666b	11.351b
	合计 Total	37.551a	55.235b	56.932b	56.507b
灌浆期 Grain filling	0~20cm	18.106a	35.864b	37.829b	37.958b
	20~60cm	9.027a	17.596b	15.164b	14.673b
	60~120cm	7.358b	8.808b	4.138a	7.650b
	合计 Total	34.491a	62.268b	57.131b	60.281b

¹⁾同一行字母不同表示差异显著(P=0.05),下同

Means within rows followed by different letters are significantly different at P=0.05. The same as below

效果。因此,在后期遇到较好的土壤水分条件时,可以迅速萌发新的分蘖根,增加上层土壤中的根系生物量。

2.3 干物质积累和分配

M 和 MP 处理地上生物量在早期出现短暂的快速增长(略高于 CK 和 P 处理)后进入平稳阶段,这与其过早地消耗了土壤水分有关。CK 和 P 处理一直处于生长量增长状态,且 P 处理生物量一直高于 CK(图)。

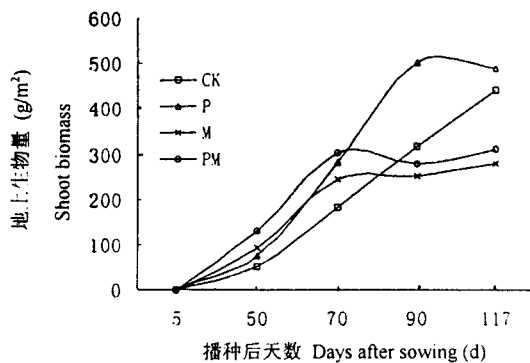


图 生长期各处理地上生物量积累

Fig. The shoot biomass accumulation

2.4 产量构成与水分利用效率

CK 和 P 处理产量最高,分别比 M 和 PM 提高

98.2%和 68.2%(表 3),地膜覆盖显著减产。产量 P 高于 CK,但差异不显著,PM 显著高于 M,表明在覆膜条件下施磷在一定程度上弥补了覆膜的减产作用。

从产量构成来看,P 处理在各项指标中均获得最高值,并与对应处理差异显著。施磷对产量形成有良好的促进作用。PM 和 M 比较,除有效小穗数显著较高外,其它指标基本没有差异。两个覆膜处理各项指标普遍较低,且收获指数极显著下降,说明覆膜导致了源库关系失调,影响籽粒和小穗的发育,降低结实能力。

水分利用效率同地上部分生物量变化模式基本一致(表略)。5月10日以前 PM 处理 WUE 最高,M 处理次之,P 处理居第三,CK 最低,说明覆膜和施磷在此期间可提高作物水分利用效率。后 3 次测定中 P 处理的水分利用效率一直最高,P 对产量始终为正效应,而地膜在 5 月 30 日后产生明显的负效应,使得覆膜的 WUE 显著低于不覆膜的处理。整个生育期 P 处理水分利用效率最高,M 和 PM 处理在整个生育期内具有较低的水分利用效率。以籽粒产量计算的 CK、P、M 和 PM 处理的水分利用效率分别为 1.267、1.447、0.622 和 0.832g·mm⁻¹·m⁻²。

表 3 不同处理对春小麦产量及其构成的影响

Table 3 Effects of various combinations of treatments on yield and its components

处理 Treatments	产量 Yield (kg/ha)	千粒重 Thousand-grain weight (g)	穗长 Length of spike (cm)	有效小穗数 Fertile spikelet number	穗粒数 Number of grain	收获指数 Harvest index	穗数/m ² Spikes per m ²
CK	2516.5a	36.750b	5.32b	7.22b	12.09a	0.488a	566.4b
P	2734.1a	39.433a	6.01a	7.91a	12.18a	0.481a	569.3b
M	1269.4b	33.700c	4.82cd	5.82d	7.31b	0.415b	515.3a
PM	1625.1c	35.283bc	4.94c	6.40c	8.42b	0.415b	547.0ab

3 讨论

3.1 施用磷肥的效果

本试验结果表明,作物产量与水分利用效率在施磷处理中实现了同步增长,P处理的产量和水分利用效率最高,磷肥增加了根系生长,但早期不会表现出生长过旺和土壤水分的过度利用。因此,水分利用效率和产量都有所增加。

3.2 地膜覆盖导致产量下降的直接原因

协调根冠间干物质分配关系,在不影响根系吸收能力前提下,提高光合产物的繁殖分配比例,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重要途径之一^[2],在本试验中,覆膜处理显著增加了根系生长,开花和灌浆期根系主要向下分布,但吸水量并没有按比例增加,表明植物是在积极寻找水源,但降水少和深层水源均不足,导致了作物同化产物的浪费。地上部分干物质质量在后期基本没有增加,产量形成主要依靠营养体内的物质再分配,同化产物的有效供给不足,且繁殖器官发育不良是产量下降的直接原因。

3.3 地膜覆盖导致产量下降的间接原因

程宪国等研究表明,播前有效水的多少直接影响小麦的出苗与生长状况^[3],并决定小麦产量的高低,因此播种前的底墒高低非常重要。在本试验条件下,由于播前补充水分,土壤底墒较好,地膜覆盖改

善了地表温度条件^[4],前期生长较好,大量利用土壤水分,导致作物生长耗水峰期提前出现在播种至出苗阶段,且后期降水不足,中下部丰富的根系不能发挥作用,是导致减产的间接原因。

因此,地膜覆盖增产是有条件的,它不仅取决于播前土壤水分,后期降水不足同样可以严重影响产量形成,导致减产和水分利用效率下降。因此,为抑制小麦苗期生长过旺,导致过快耗尽土壤水分,缓解生长后期严重的水分亏缺,在降水不足的情况下提早揭膜是必要的。

References:

- [1] Niu J Y, Gan J W, Zhang J W, et al. Post anthesis dry matter accumulation and redistribution in spring wheat mulched with plastic film[J]. *Crop Science*, 1998, 38:1562-1568.
- [2] Li F M, Gou A H, Luo M, et al. Effect of water supply from deep soil on dry matter production of winter wheat[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1997, 8(6):575-579. (in Chinese)
李凤民, 郭安红, 雒梅, 等. 土壤深层供水对冬小麦干物质生产的影响[J]. *应用生态学报*, 1997, 8(6):575-579.
- [3] Cheng X G, Wang D S, Zhang M R, et al. Effects of different soil moisture conditions on winter wheat growth and nutrient uptake[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 1996, 29(4):67-74. (in Chinese)
程宪国, 汪德水, 张美荣, 等. 不同土壤水分条件对冬小麦生长及养分吸收的影响[J]. *中国农业科学*, 1996, 29(4):67-74.
- [4] Li F M, Guo A H, Wei H. Effects of plastic film mulch on the yield of spring wheat[J]. *Field Crops Research*, 1999, 63(1):79-86.