

中图分类号: S532 文献标识码: A 文章编号: 1672-3635 (2012) 06-0336-05

栽培生理

覆膜方式对旱作马铃薯若干生理指标的影响

王颖慧, 蒙美莲*, 张 静, 王朝霞

(内蒙古农业大学农学院, 内蒙古 呼和浩特 010019)

摘 要: 采用田间小区试验和室内分析相结合的方法, 研究了露地平播、平作行上覆膜、双垄全膜覆盖、起垄行上覆膜及起垄覆膜膜侧播种五种不同覆膜方式对旱作马铃薯若干生理指标的影响, 旨在探讨适合内蒙古武川县旱作马铃薯栽培的覆膜方式。结果表明, 四种覆膜方式均能不同程度提高旱作马铃薯叶片相对含水量、可溶性蛋白含量, 并使叶片超氧化物歧化酶活性、丙二醛含量、游离脯氨酸含量处于较低水平, 以维持植株正常的生长代谢, 其中以起垄覆膜膜侧播种和双垄全膜覆盖两种覆膜方式的效果最好。

关键词: 马铃薯; 旱作; 覆膜方式; 生理指标

Effects of Different Film-covering Modes on Physiological Indexes of Potato on Dryland Tillage

WANG Yinghui, MENG Meilian*, ZHANG Jing, WANG Zhaoxia

(Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot, Inner Mongolia 010019, China)

Abstract: The experiment, combining field experiment with laboratory analysis, was conducted to study the changes in physiological indexes under different film-covering modes (the traditional planting, harrowed bedding planting with film mulching, double ridges mulched completely by film, ridge mulched by film, and ridge culture mulched by film and ridge side planting), and to identify the best film-covering mode under the dryland tillage potato of Wuchuan county, Inner Mongolia. The results indicated that film-covering modes could improve the leaf relative water content and soluble protein content to some extent, and keep the leaf superoxide dismutase (SOD) activity, malondialdehyde (MDA) content, and free proline content at relatively low level to maintain the normal metabolism of plants. The double ridges mulched completely by film, and ridge culture mulched by film and ridge side planting had the best effect.

Key Words: potato; dry farming; film-covering mode; physiological index

内蒙古自治区属干旱半干旱地区, 马铃薯生育期内水分亏缺严重影响着马铃薯的生产^[1], 成为单产提高的重要限制因素。如何应用有效的抗旱保墒和集雨技术, 最大限度地提高降水利用率, 挖掘现有降水的生产潜力, 是发展旱作农业生产的重要途径之一。近年来, 农田覆盖成为降低农田水分无效蒸发, 提高水分利用的有效农业措施之一^[2-4]。其中, 地膜覆盖被公认为对作物增产贡献最大的技术要素之一。秦舒浩等^[5]研究表明, 全膜双垄沟播和全膜双

垄垄播是适合陇中半干旱区马铃薯生产的增产效率高的抗旱高产种植模式, 同时也肯定了半膜膜侧种植方式在增产和省膜方面存在一定的优势, 可作为一个备选方案。本试验在武川县气候土壤条件下, 选择平作行上覆膜、双垄全膜覆盖、起垄行上覆膜及起垄覆膜膜侧播种 4 种覆膜方式, 并配施保水剂和抗蒸腾剂, 研究其对旱作马铃薯产量及若干生理指标的影响, 以期对内蒙古自治区中西部旱作马铃薯覆膜栽培技术的应用提供理论依据。

收稿日期: 2012-06-07

基金项目: 现代农业产业技术体系建设专项资金项目 (CARS-10-P1)。

作者简介: 王颖慧 (1987), 女, 硕士, 主要从事马铃薯栽培生理研究。

* 通信作者 (Corresponding author): 蒙美莲, 教授, 主要从事马铃薯栽培生理研究, E-mail: mmeilian@126.com。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验于 2011 年 5~9 月在内蒙古武川县大豆铺村进行。试验区土壤为壤土, 0~20 cm 耕层土壤有机质含量 0.8%, 碱解氮含量 26.5 mg/kg, 有效磷含量 28 mg/kg, 速效钾含量 149.27 mg/kg, pH 值 6。试验区年日照时数 2 959.5 h, 年均气温 2.4℃, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 1 955.2℃, 年均降水量 352.1 mm 左右, 年蒸发量 2 068.0 mm, 无霜期 105 d 左右。

1.2 试验材料

供试马铃薯品种为‘克新 1 号’, 供试保水剂为 MP-3005KB, 供试抗蒸腾剂为旱露植宝抗蒸腾剂。

1.3 试验设计

试验设覆膜方式、抗旱剂两因素。覆膜方式设露地平播、平作行上覆膜、双垄全膜覆盖、起垄行上覆膜及起垄覆膜膜侧播种 5 种方式, 分别用代号 CK、PZHS、QFM、QLHS、QLMC 表示; 抗旱剂为抗旱保水剂 + 抗蒸腾剂相结合的方式, 以未施抗旱剂的处理为对照, 分别用代号 B 和 A 表示, 共 10 个处理, 3 次重复, 共 30 个小区。每小区面积 $5.5\text{ m} \times 8\text{ m} = 44\text{ m}^2$, 重复之间留走道 60 cm, 采用随机区组设计。密度 52 500 株/hm²。播种时基施氮磷钾复合肥 (16-16-20) 750 kg/hm²。播前将保水剂与水按 1:150 制成水凝胶, 均匀撒施于穴内, 每公顷用量 37.5 kg。苗期、块茎膨大期每公顷分别喷施 7.5 L 抗蒸腾剂 + 375 L 水 + 1.5 L 多功能调节剂, 对照喷施等量清水。

1.4 试验方法

露地平播: 宽行 70 cm, 窄行 40 cm。

平作行上覆膜: 宽行 70 cm, 窄行 40 cm, 膜上播种两行。

双垄全膜覆盖: 大小垄种植, 垄和沟均覆膜, 大垄高 10 cm, 垄宽 70 cm, 小垄高 15 cm, 垄宽 40 cm, 大小垄中间的垄沟为播种沟。

起垄行上覆膜: 垄底宽 70 cm, 顶宽 50 cm, 垄高 15 cm, 沟宽 40 cm, 垄上播种两行, 行距 40 cm。

起垄覆膜膜侧播种: 垄底宽 50 cm, 垄顶宽 30 cm, 种薯播种在自垄顶向垄侧 2/3 处, 行距 40 cm。

不同覆膜方式均采用宽窄行种植, 宽行行距 70 cm, 窄行行距 40 cm, 株距 34.6 cm, 先覆膜后播种, 按“品”字形打孔种植。

1.5 测定指标

相对含水量: 饱和称重法^[6]。

超氧化物歧化酶 (SOD) 活性: 氮蓝四唑光化还原法^[6]。

丙二醛 (MDA) 含量: 硫代巴比妥酸 (TAB) 比色法^[6]。

游离脯氨酸含量: 茚三酮法^[6]。

可溶性蛋白含量: 考马斯亮蓝 G-250 法^[6]。

采用 Excel 2003 进行数据整理, 采用 DPS V7.05 版分析软件进行统计分析, LSD 法进行差异显著性多重比较 ($p < 0.05$)。

2 结果与分析

2.1 不同覆膜方式对旱作马铃薯产量及产量构成因素的影响

由表 1 可知, 覆膜和施用抗旱剂均有利于提高旱作马铃薯的产量、单株结薯数、单薯重和单株产量。无论是未施抗旱剂还是施用抗旱剂条件下, 4 种覆膜方式马铃薯产量均高于 CK, 其增产幅度大小表现为 QLMC > QFM > QLHS > PZHS。未施抗旱剂条件下, QLMC、QFM、QLHS 3 种覆膜方式与 CK 的产量差异均达显著水平, 但这 3 种覆膜方式之间的产量差异未达显著水平; 施用抗旱剂条件下, QLMC、QFM 两种覆膜方式与 CK 的产量差异达显著水平, 但这两种覆膜方式之间的产量差异未达显著水平。同种覆膜方式下, 施用抗旱剂的产量虽高于未施抗旱剂的产量, 但均未达显著水平。

2.2 不同覆膜方式对旱作马铃薯叶片相对含水量的影响

8 月份是马铃薯块茎增长期, 此期旱作马铃薯叶片相对含水量随生育的推进呈逐渐降低的变化趋势。对 3 次测定值进行平均后分析得出, 无论是未施抗旱剂还是施用抗旱剂条件下, 四种覆膜方式的叶片相对含水量均大于 CK, 其中 QLMC 最高, QFM 其次, 且这两种覆膜方式与 CK 之间差异均达到显著水平。未施抗旱剂条件下, 4 种覆膜方式之间比较, QLMC 与 QLHS、PZHS 之间差异达显著水平。施用抗旱剂条件下, QLMC、与其它 3 种方式之间的差异均达显著水平。同种覆膜方式下, 未施抗旱剂与施用抗旱剂的叶片相对含水量差异不显著 (表 2)。

2.3 不同覆膜方式对旱作马铃薯叶片 SOD 活性的影响

如表 3 所示, 随生育的推进, 旱作马铃薯叶片

表 1 不同覆膜方式下旱作马铃薯产量及其构成因素
Table 1 Yield and yield components of potato under different film-covering modes

处理	单株结薯数 (个/株)	单薯重 (g)	单株产量 (kg/株)	大中薯重率 (%)	大中薯数率 (%)	产量 (kg/hm ²)	较 CK 增产 (%)
Treatment	Tuber number (No./plant)	Per tuber weight (g)	Tuber yield per plant (kg/plant)	Large and middle tuber weight percentage (%)	Large and middle tuber number percentage (%)	Yield (kg/ha)	Yield increase compared with control (%)
CKA	3.1 c	89 ab	0.28 b	79.19 a	57.14 a	13552 e	—
PZHSA	3.8 abc	70 b	0.27 b	57.64 c	35.59 b	14462 de	6.71
QFMA	4.6 a	88 ab	0.41 ab	72.56 abc	50.89 ab	21617 bcd	59.51
QLHSA	4.0 abc	92 ab	0.37 ab	77.73 a	53.78 a	20010 bcd	47.65
QLMCA	4.5 a	93 ab	0.42 ab	74.31 abc	52.94 ab	23012 ab	69.80
CKB	3.6 bc	81 b	0.29 b	72.93 ab	48.03 ab	15038 cde	—
PZHSA	4.0 ab	90 ab	0.39 ab	60.13 bc	38.62 b	19828 bcd	31.85
QFMB	4.3 ab	113 a	0.48 a	81.91 a	62.86 a	25710 ab	70.97
QLHSA	4.4 ab	86 ab	0.39 ab	68.22 abc	41.83 ab	20859 bc	38.71
QLMCB	4.6 a	113 a	0.52 a	80.65 a	56.86 a	27605 a	83.57

注：同列不同小写字母表示处理间差异显著 ($p < 0.05$)，下同。
Note: Different small letters in the same column meant significant difference among treatments at 0.05 level. The same below.

表 2 不同覆膜方式下旱作马铃薯叶片相对含水量变化 (%)
Table 2 Change in leaf relative water content under different film-covering modes (%)

处理 Treatment	测定日期 (日/月) Test date (Day/Month)			平均值 Average
	02/08	14/08	26/08	
CKA	84.62	78.20	72.19	78.33 de
PZHSA	85.86	78.52	73.73	79.37 cd
QFMA	87.90	81.09	77.66	82.22 abc
QLHSA	86.50	78.42	73.62	79.51 cd
QLMCA	88.74	83.36	78.21	83.44 ab
CKB	84.09	72.14	71.21	75.81 e
PZHSA	86.12	77.53	72.81	78.82 de
QFMB	88.39	80.24	74.74	81.12 bcd
QLHSA	87.32	75.67	73.09	78.69 de
QLMCB	89.33	84.12	82.32	85.26 a

表 3 不同覆膜方式下旱作马铃薯叶片 SOD 活性的变化 (u/g)
Table 3 Change in leaf superoxide dismutase (SOD) activities under different film-covering modes (u/g)

处理 Treatment	测定日期 (日/月) Test date (Day/Month)			平均值 Average
	02/08	14/08	26/08	
CKA	489.03	275.69	269.84	344.85 a
PZHSA	434.73	212.80	242.41	296.65 bc
QFMA	378.98	216.45	253.87	283.10 bcd
QLHSA	424.50	212.07	270.08	302.21 b
QLMCA	411.09	178.18	250.46	279.91 cd
CKB	428.15	201.83	267.64	299.21 bc
PZHSA	423.89	173.55	254.84	284.10 bcd
QFMB	360.51	153.56	216.82	243.63 e
QLHSA	411.58	163.80	236.56	270.65 d
QLMCB	310.42	147.71	208.78	222.30 e

SOD活性呈先降低后增加的变化趋势。对 3 次测定值进行平均后分析得出，未施抗旱剂条件下，4 种覆膜方式的 SOD 活性均显著低于 CK，且 QLMC 最低。4 种覆膜方式之间比较，仅 QLMC 与 QLHS 差异显著。施用抗旱剂条件下，除 PZHS 外，其他 3 种覆膜方式的 SOD 活性均显著低于 CK。且 QFM 和 QLMC 分别与 PZHS 和 QLHS 差异显著。同种覆膜方式下，除 PZHS 外，施用抗旱剂的 SOD 活性均显

著低于未施抗旱剂的 SOD 活性。
2.4 不同覆膜方式对旱作马铃薯叶片 MDA 含量的影响
由表 4 可知，随生育的推进，旱作马铃薯叶片 MDA 含量呈逐渐增加的变化趋势。对 3 次测定值进行平均后分析得出，无论是未施抗旱剂还是施用抗旱剂条件下，4 种覆膜方式的 MDA 含量均显著低于 CK，QLMC 最低，QFM 其次，且 QLMC 与其它 3

种覆膜方式的 MDA 含量差异均达显著水平。同种覆膜方式下, 施用抗旱剂的 MDA 含量均显著低于未施抗旱剂的 MDA 含量。

表 4 不同覆膜方式下旱作马铃薯叶片 MDA 含量的变化 (nmol/g)

Table 4 Change in leaf malondialdehyde (MDA) content under different film-covering modes (nmol/g)

处理 Treatment	测定日期 (日/月) Test date (Day/Month)			平均值 Average
	02/08	14/08	26/08	
CKA	25.42	36.90	54.26	38.86 a
PZHSA	22.45	34.71	52.82	36.66 b
QFMA	21.81	33.55	51.14	35.50 cd
QLHSA	23.48	32.26	52.26	36.00 bc
QLMCA	20.13	29.68	50.71	33.51 e
CKB	22.90	33.55	53.16	36.54 b
PZHSB	21.55	30.45	50.26	34.09 e
QFMB	21.42	29.68	49.94	33.68 e
QLHSB	22.32	32.00	50.32	34.88 d
QLMCB	20.00	29.42	48.45	32.62 f

2.5 不同覆膜方式对旱作马铃薯叶片可溶性蛋白含量的影响

如表 5 所示, 随生育的推进, 旱作马铃薯叶片可溶性蛋白含量呈先降低后增加的变化趋势。对 3

表 5 不同覆膜方式下旱作马铃薯叶片可溶性蛋白含量的变化 (μg/g)

Table 5 Change in leaf soluble protein content under different film-covering modes (μg/g)

处理 Treatment	测定日期 (日/月) Test date (Day/Month)			平均值 Average
	02/08	14/08	26/08	
CKA	17.58	16.36	19.81	17.91 e
PZHSA	18.13	17.77	22.13	19.35 cd
QFMA	19.44	18.77	23.00	20.40 b
QLHSA	17.94	17.46	22.18	19.19 d
QLMCA	18.37	17.81	23.33	19.83 bed
CKB	17.94	17.46	19.96	18.46 e
PZHSB	18.65	18.31	22.29	19.75 bed
QFMB	19.30	18.67	23.08	20.35 b
QLHSB	18.75	18.67	22.31	19.91 bc
QLMCB	19.81	19.94	25.53	21.76 a

次测定值进行平均后分析得出, 无论是未施抗旱剂还是施用抗旱剂条件下, 4 种覆膜方式的可溶性蛋白含量均显著高于 CK。施用抗旱剂条件下, QLMC 的可溶性蛋白含量最高, 且显著高于其它三种覆膜方式的可溶性蛋白含量。同种覆膜方式下, 施用抗旱剂的可溶性蛋白含量均高于未施抗旱剂的可溶性蛋白含量, 但是, 仅 QLMC、QLHS 两种覆膜方式差异达显著水平。

2.6 不同覆膜方式对旱作马铃薯叶片游离脯氨酸含量的影响

如表 6 所示, 随生育的推进, 旱作马铃薯叶片游离脯氨酸含量呈先增加后降低的变化趋势。对 3 次测定值进行平均后分析得出, 未施抗旱剂条件下, 4 种覆膜方式的游离脯氨酸含量均低于 CK, 其中 QLMC 的游离脯氨酸含量最低。除 PZHS 外, 与对照的差异均达显著水平。4 种覆膜方式间, QFM、QLMC 与 PZHS 的差异均显著, 但这二者间的差异不显著。施用抗旱剂条件下, 4 种覆膜方式的游离脯氨酸含量也均低于 CK, 其中 QFM 的游离脯氨酸含量最低。且 QLMC、QFM 与 CK 的游离脯氨酸含量差异达显著水平, 4 种覆膜方式间比较, 只有 QFM 与 PZHS 之间差异达显著水平。同种覆膜方式下, 施用抗旱剂的游离脯氨酸含量均显著低于未施抗旱剂的游离脯氨酸含量。

表 6 不同覆膜方式下旱作马铃薯叶片游离脯氨酸含量的变化 (μg/g)

Table 6 Change in leaf proline content under different film-covering modes (μg/g)

处理 Treatment	测定日期 (月/日) Test date (Day/Month)			平均值 Average
	02/08	14/08	26/08	
CKA	362.39	687.68	653.73	567.93 a
PZHSA	311.06	675.21	613.10	533.12 ab
QFMA	304.20	618.49	495.03	472.57 cd
QLHSA	323.18	622.78	557.42	501.13 bc
QLMCA	264.85	658.54	474.09	465.83 cd
CKB	327.92	581.23	493.42	467.52 cd
PZHSB	291.18	562.46	434.73	429.46 de
QFMB	229.97	542.86	325.49	366.11 f
QLHSB	279.37	549.49	428.01	418.95 def
QLMCB	215.27	535.15	394.63	381.68 ef

3 讨 论

叶片相对含水量是反应植株水分状况的敏感性指标。李茂松等^[7]研究表明, 抗蒸腾剂利于叶片相对含水量的提高, 从而减轻植物受干旱胁迫的程度。本试验结果与其一致, 即在本试验条件下, 覆膜和施用抗旱剂均有利于增加旱作马铃薯叶片相对含水量, 其中 QLMC 最高, 且随生育的推进降低幅度较小。表明覆膜和施用抗旱剂均能在一定程度上起到保水的作用, 尤以 QLMC 的集雨保墒效果最好。

SOD 是植物体内清除活性氧的关键酶, 可以清除植物体内超氧阴离子自由基, 以减轻自由基对细胞膜系统的破坏。涂美艳等^[8]研究表明, 油桃受到轻度干旱胁迫后叶片中 SOD 活性有所上升, 而经过抗旱处理的油桃植株叶片 SOD 活性接近正常水平。本试验结果与其相似, 即覆膜方式和施用抗旱剂的 SOD 活性均低于 CK, 尤以 QLMC 最低。

丙二醛作为膜脂过氧化最重要的产物之一, 其含量的多少, 直接反应细胞膜的破坏程度。李倩等^[9]研究表明, 在旱作农业区, 采取秸秆覆盖及加施保水剂, 行间覆膜加施保水剂处理增产效益相当显著, 丙二醛含量也相对降低。本试验结果与其相似, 覆膜方式和施用抗旱剂均能使旱作马铃薯叶片 MDA 含量显著低于 CK, 其中 QLMC 最低, QFM 其次。说明覆膜方式特别是覆膜加施抗旱剂能减轻土壤水分不足对细胞膜的破坏程度, 以 QLMC 效果最好。

可溶性蛋白质广泛参与植株内部各种生理代谢过程, 以维持植物正常的生长代谢。刘玲玲等^[10]研究得出, 马铃薯细胞内可溶性蛋白含量的增加, 对其适应干旱环境条件具有积极作用。本试验结果表明, 覆膜特别是覆膜加施抗旱剂均可显著增加旱作马铃薯叶片可溶性蛋白含量, 以维持马铃薯的正常生长代谢。尤以 QLMC、QFM 的可溶性蛋白含量相对较高。

脯氨酸是植物体内的一种渗透调节物质, 当植物体处于干旱胁迫下, 其渗透调节作用主要表现为使植株体内渗透调节物质增加, 渗透势下降, 从而可以从外界继续吸水, 保持细胞膨压, 使体内各种代谢过程正常进行。赵玉坤等^[11]研究表明, 与对照相比, 施用 60 kg/hm² 保水剂处理的, 玉米苗期叶片

脯氨酸含量最低, 此时玉米所处环境胁迫程度较小。本试验也得出了相似的结果, 即覆膜特别是覆膜加施抗旱剂均能使旱作马铃薯叶片游离脯氨酸含量处于较低水平, 尤以 QLMC、QFM 最低。表明覆膜和抗旱剂改善了土壤水分状况, 使马铃薯植株的生长较对照更趋于正常水平。

李建武等^[12]研究表明, 叶片相对含水量, SOD 活性、可溶性蛋白含量和游离脯氨酸含量与产量的关联最大。本试验从旱作马铃薯的产量与几个生理指标关系的综合分析得出, 不同覆膜方式下马铃薯产量的高低顺序与叶片相对含水量和可溶性蛋白质含量的高低顺序基本一致, 但与叶片 SOD 活性、MDA 含量、游离脯氨酸含量的高低顺序相反, 即覆膜和施用抗旱剂均有利于旱作马铃薯的生长和产量的提高, 其中起垄覆膜膜侧播种优于其它种植方式, 可作为武川地区旱作马铃薯首选的覆膜种植模式。

[参 考 文 献]

- [1] 范敏, 金黎平, 刘庆昌, 等. 马铃薯抗旱机理及其相关研究进展[J]. 中国马铃薯, 2006, 20(2): 101-106.
- [2] 任春霞, 商彦蕊, 徐东瑞. 国外节水农业研究与实践[J]. 河北农业科学, 2004, 8(1): 70-74.
- [3] 马友华, 孟召鹏, 赵彬, 等. 保水剂在节水抗旱农业中的应用[J]. 安徽农学通报, 2002, 8(4): 5-7.
- [4] 郭小军, 王晓燕, 白光哲, 等. 内蒙古地区马铃薯种植业发展现状及前景[J]. 中国马铃薯, 2011, 25(2): 122-124.
- [5] 秦舒浩, 张俊莲, 王蒂, 等. 覆膜与沟垄种植模式对旱作马铃薯产量形成及水分运移的影响[J]. 应用生态学报, 2011, 22(2): 389-394.
- [6] 高俊凤. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [7] 李茂松, 李森, 张述义, 等. 一种新型 FA 抗蒸腾剂对春玉米生理调节作用的研究[J]. 中国农业科学, 2003, 36(11): 1266-1271.
- [8] 涂美艳, 江国良, 杜晋城, 等. 不同抗旱措施对油桃采果期叶片生理活性的影响[J]. 西南农业学报, 2010, 23(3): 674-678.
- [9] 李倩, 刘景辉, 张磊, 等. 覆盖和保水剂对马铃薯的形态特征和质膜透性的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2010, 28(6): 177-182.
- [10] 刘玲玲, 李军, 李长辉, 等. 马铃薯可溶性蛋白-叶绿素及 ATP 含量变化与品种抗旱性关系的研究[J]. 中国马铃薯, 2004, 18(4): 201-204.
- [11] 赵玉坤, 武继承. 不同用量保水剂对玉米苗期生理生态特性的影响[J]. 河南农业科技, 2010(6): 31-34.
- [12] 李建武, 王蒂. 灰色关联度分析在马铃薯抗旱生理鉴定中的应用[J]. 种子, 2008, 27(2): 21-23.