

中图分类号: S532 文献标识码: A 文章编号: 1672-3635(2016)03-0144-05

栽培生理

阴山地区微垄覆膜侧播模式下马铃薯适宜群体的确立

绿春媚¹, 秦永林^{1*}, 樊明寿¹, 贾立国¹, 陈 杨², 张子义³

(1. 内蒙古农业大学农学院, 内蒙古 呼和浩特 010019; 2. 内蒙古农业大学生态资源环境学院, 内蒙古 呼和浩特 010019;
3. 内蒙古农业大学生命科学学院, 内蒙古 呼和浩特 010019)

摘 要: 微垄覆膜侧播是一项旱作马铃薯集雨栽培技术, 为了确定该栽培模式在内蒙古阴山地区的适宜种植密度, 充分挖掘其集雨增产潜力, 以马铃薯(*Solanum tuberosum* L.) ‘克新1号’为材料, 通过设置不同种植密度, 比较了微垄覆膜侧播种植模式下不同群体对马铃薯叶面积指数(LAI)、干物质积累和产量构成因子的影响。结果表明, 在52 500株/hm²的群体条件下, 从块茎形成期到淀粉积累期群体LAI最大, 植株干物质积累与块茎产量最高, 水分利用效率达114 kg/mm²·hm²。进一步根据密度与产量的回归方程推算, 在内蒙古阴山丘陵区, 微垄覆膜侧播种植模式下马铃薯最适群体密度为55 476株/hm²。

关键词: 微垄覆膜侧播; 马铃薯; 适宜群体

Determination of Potato Planting Density Under Micro Ridge with Plastic Cover and Side Planting Mode in Yinshan Area of Inner Mongolia

XIAN Chunmei¹, QIN Yonglin^{1*}, FAN Mingshou¹, JIA Ligu¹, CHEN Yang², ZHANG Ziyi³

(1. College of Agronomy, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot, Inner Mongolia 010019, China;
2. College of Ecology and Environment, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot, Inner Mongolia 010019, China;
3. College of Life Sciences, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot, Inner Mongolia 010019, China)

Abstract: Micro ridge with plastic cover and side planting is a cultivation technique for dry land potato. In order to determine the suitable planting density for Yinshan area of Inner Mongolia, and fully mine its yield potential and rainfall use, the effects of different planting densities on Leaf Area Index (LAI), biomass accumulation, and yield components under micro ridge with plastic cover and side planting mode were studied using potato (*Solanum tuberosum* L.) 'Kexin 1' as material. The results showed that at the density of 52 500 plants/ha, potato population LAI from tuber formation to starch accumulation stage, plant dry matter accumulation and tuber yield were the highest. At this density, the water use efficiency was up to 114 kg/mm²·ha. Furthermore, based on yield-density regression equation, 55 476 plants/ha was calculated as the optimal population density under micro ridge with plastic cover and side planting mode in Yinshan area of Inner Mongolia.

Key Words: micro ridge with plastic cover and side planting; potato; optimal population

收稿日期: 2015-03-08

基金项目: 公益性行业科研专项“黄土高原雨养农田水分高效利用技术与示范(201303104)”；内蒙古自治区自然科学基金“微垄覆膜侧播对旱作马铃薯产量和水肥利用效率的影响及机理研究(2014MS0322)”；“旱作微垄覆膜沟播马铃薯水肥耦合机理的研究(2013MS0302)”。

作者简介: 绿春媚(1989-), 女, 硕士研究生, 主要从事旱作农业研究。

***通信作者(Corresponding author):** 秦永林, 实验师, 主要从事植物水分与养分利用研究, E-mail: qyl3339@163.com。

内蒙古自治区是中国马铃薯的主产区之一, 但单产水平低于全国平均水平^[1,2], 主要由于当地多半以上马铃薯是旱作栽培^[3]。马铃薯是需水较多的作物^[4], 生育期土壤水分亏缺成为限制马铃薯生长的主要因素^[5]。内蒙古旱作马铃薯区不仅降水较少, 而且土壤水分蒸发强烈^[6,7], 因此, 将天然降水尽可能多的用于马铃薯生长, 提高水分利用效率, 是提高旱作马铃薯产量的重要措施^[8]。

关于提高旱作马铃薯水分利用效率, 已经有一些研究报道。如覆膜、种植方式与马铃薯产量及降水利用效率的关系^[9], 垄上覆盖、播种深度, 延长揭膜时间等农艺措施对土壤贮水量, 土壤温度, 马铃薯产量和水分利用效率的影响^[10,11]等。本课题组曾针对阴山北麓地区自然气候特点提出了马铃薯微垄覆膜侧播技术, 被证明可显著提高马铃薯的产量

和水分利用效率^[1], 为了进一步挖掘该技术的增产潜力, 确立适宜的马铃薯群体以实现高效集水和高效率用水的充分结合, 研究了微垄覆膜侧播模式下群体结构对马铃薯产量形成的影响。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验设在内蒙古呼和浩特市武川县厂汉木台乡, 东经 111°20'92", 北纬 41°15'46.95", 海拔 1 602 m。年平均降水量 300 mm 左右, >0℃年积温为 2 553℃, 全年日照时数为 2 963 h, 无霜期 100 d 左右, 属典型的半干旱雨养农业区。该地区日照充足, 昼夜温差和冬夏温差都较大, 冬长夏短。试验地土壤类型为栗钙土, 土壤 0~20 cm 的理化性质见表 1。

表 1 试验地 0~20 cm 土壤理化性质概况

Table 1 Situation of soil physical and chemical properties in upper layer (0~20 cm) of test area

pH	有机质(g/kg) Organic matter	全氮(g/kg) Total nitrogen	速效磷(mg/kg) Available phosphorus	速效钾(mg/kg) Available potassium	土壤容重(g/cm ³) Soil bulk density
8.3	17.43	1.21	11.53	143.5	1.30

1.2 试验设计

供试品种为‘克新 1 号’。试验设置 5 个密度处理。A: 37 500 株/hm², B: 45 000 株/hm², C: 52 500 株/hm², D: 60 000 株/hm², E: 67 500 株/hm²。种植行距均为 50 cm, 各密度对应下的株距分别为: 53.36, 44.46, 38.11, 33.35 和 29.64 cm。

试验采用随机区组设计, 3 次重复, 每个小区面积 100 m², 共 15 个小区。所有处理均采用微垄覆膜侧播技术, 垄高 10 cm, 各小区之间设置 1 m 过道。施用的氮肥为尿素(N 46%), 磷肥为过磷酸钙(P₂O₅ 16%), 钾肥为硫酸钾(K₂O 50%), 各处理折合施肥量均为 N 150 kg/hm², P₂O₅ 60 kg/hm² 和 K₂O 150 kg/hm², 肥料全部基施。播种于 2014 年 5 月 17 日进行, 9 月 13 日收获。

1.3 取样与测定

在出苗后 15 d(苗期)、30 d(块茎形成期)、45 d(块茎膨大前期)、60 d(块茎膨大后期)和 75 d(淀粉积累期)取植株样, 每个小区取 3 株, 每个处理取 9

株。测定内容和方法如下:

生物量: 采用烘干前后称重法测定。分根、茎、叶、块茎分别测定, 其中, 叶片先进行叶面积测定。

叶面积: 采用打孔法, 根据打孔叶片面积的鲜重与叶片总鲜重折算整株植株叶面积。

叶面积指数(LAI) = 绿叶叶片总面积/土地面积
播种前取 0~20, 20~40 和 40~60 cm 土层土壤进行土壤水分、养分、pH 值的测定, 收获时每个小区取 0~20, 20~40 和 40~60 cm 土层土壤测定土壤水分。土壤水分的测定采用称重法。

商品薯率: 大于 150 g 的块茎产量占总块茎产量的百分比。

1.4 数据统计与计算

试验数据采用 SPSS 18.0 和 Excel 2003 软件统计分析, 降雨量数据来源于武川县气象信息服务平台。

马铃薯水分利用效率(WUE) = Yd/(P + ΔSWS)

Yd: 旱作条件下马铃薯产量(kg/hm²)

P: 马铃薯生长季节的降雨量(mm)

△SWS: 播种时土壤贮水量与收获时土壤贮水量之差(mm), 试验采用0~60 cm土层土壤贮水量。其中, 0~20, 20~40和40~60 cm土层土壤容重分别为1.30, 1.42和1.53 g/cm³。

2 结果与分析

2.1 不同种植密度下马铃薯个体干物质积累的变化

由表2可知, 随种植密度的增大, 块茎与全株的干重均呈先增大后减小的趋势, 其中, 除苗期外, 在其他各个生育阶段, 处理B和C的块茎与全株干重(除全株出苗后30 d)显著高于处理A、D和E, 如在块茎形成期, 处理C块茎与全株的干重分别是处理A、D和E块茎干重的1.68, 2.38和3.41倍, 全株干重的1.14, 1.32和1.85倍。此外, 在整个生育期内, 低密度处理A块茎与全株的干重显著大于高密度处理D、E, 密度最大的处理E, 块茎与全株的干重整个生育期内均最小。

2.2 马铃薯群体LAI随种植密度的变化

由图1可知, 处理A、B、C、D、E的LAI随着出苗天数的增加逐渐增加, 在出苗后45 d达最大值, 之后开始减小。在同一生育时期, 群体LAI并非随种植密度的增大呈增大趋势。出苗后15~30 d,

处理D的LAI最大; 出苗后30~75 d处理C的LAI最大。处理A、B、C群体的LAI随生育进程而减小的速率小于处理D、E。出苗后45~75 d, 处理A、B、C的LAI分别减少了19.17%、22.67%和32.06%, 而处理D、E的LAI分别减少了49.03%、48.17%。出苗后75 d, 处理A、B、C群体的LAI较处理D、E的高22.39%~40.91%。

2.3 不同群体结构对马铃薯产量及水分利用效率的影响

统计分析表明, 微垄覆膜侧播模式下, 马铃薯产量与种植密度存在显著回归关系(图2), 回归方程如下:

$$Y = -4E-05x^2 + 4.4381x - 91247 \quad R^2 = 0.9298^{**}$$

式中: Y 为产量(kg/hm²); x 为种植密度(株/hm²)。当 $dY/dx = 0$ 时, Y 有极大值存在, 即 $Y_{\max} = 31857.57$ kg/hm², 此时对应的密度为 $X_{\text{opt}} = 55476.25$ 株/hm²。即在小于55476.25株/hm²的密度范围内, 随着密度的增加, 产量逐渐增加, 当密度达到55476.25株/hm²时, 产量则开始随密度的增加而降低。

由表3可看出, 马铃薯单株薯重、商品薯率均与群体密度有关, 处理B、C的单株薯重较其他处理

表2 不同种植密度对马铃薯干物质积累的影响(g/株)

Table 2 Influence of plant densities on potato biomass accumulation (g/plant)

器官 Stage	处理 Treatment	出苗后天数(d) Days after emergence				
		15	30	45	60	75
块茎 Tuber	A		7.84 c	35.87 b	81.07 b	98.97 b
	B		11.58 b	45.21 a	90.82 a	111.01 a
	C		13.17 a	48.34 a	95.21 a	115.34 a
	D		5.53 d	28.42 c	64.98 c	72.89 c
	E		3.86 e	27.34 c	52.90 d	55.76 d
全株 Whole plant	A	7.67 a	29.86 b	64.98 b	107.41 b	121.84 b
	B	7.38 a	33.03 ab	73.03 a	115.73 a	132.04 a
	C	6.96 b	34.26 a	75.16 a	119.04 a	134.60 a
	D	6.03 c	25.95 c	49.59 c	81.82 c	84.45 c
	E	4.56 d	18.47 d	45.08 c	67.62 d	66.20 d

注: 表中同一列标有不同小写字母的数据表示差异达0.05显著水平, Duncan法测验。下同。

Note: Means in the same columns followed by different small letters are significantly different at 0.05 level of probability as tested by using Duncan's method. The same below.

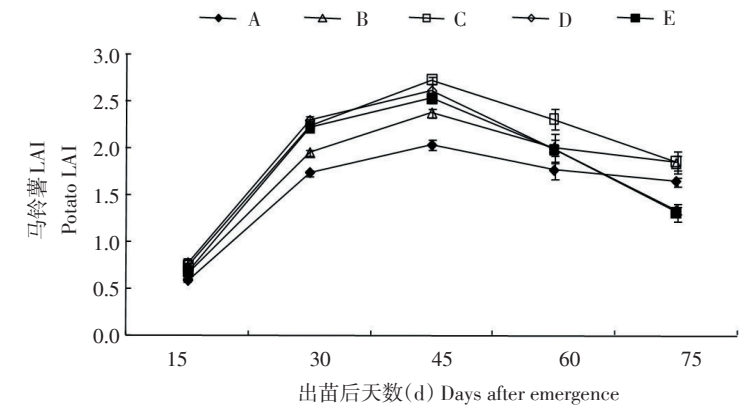


图 1 不同群体密度下马铃薯 LAI 随生育时期的变化

Figure 1 Change in LAI as days after emergence increase under different planting densities

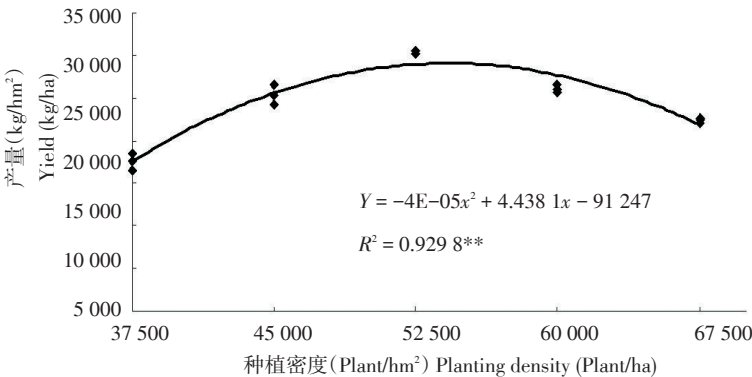


图 2 马铃薯种植密度与产量相关关系

Figure 2 Relationship between planting density and potato yield

表 3 不同群体结构对产量构成因素及水分利用效率的影响

Table 3 Dry potato yield components in different population densities and water use efficiency

处理 Treatment	产量(kg/hm²) Yield (kg/ha)	商品薯率(%) Marketable tuber percentage	单株薯重(g/株) Tuber weight per plant (g/plant)	单株结薯数(No.) Tuber number per plant	降雨量 (mm) Rainfall	土壤贮水量 (mm) △SWS	水分利用效率(kg/mm·hm²) WUE (kg/mm·ha)
A	17 521 d	60.28 ab	467.22 b	4.78 ab	226.20	32.29 b	66.58 d
B	25 329 b	70.78 a	562.86 a	3.50 c	226.20	33.15 b	95.98 b
C	30 290 a	62.98 ab	576.94 a	3.67 bc	226.20	35.28 ab	113.84 a
D	26 125 b	56.43 b	435.42 b	4.61 abc	226.20	37.88 a	97.25 b
E	22 378 c	52.27 b	331.53 c	4.86 a	226.20	37.60 a	83.38 c

高 20.47%~74.02%；各处理马铃薯商品薯率大小顺序为：处理 B > C > A > D、E；从单株结薯数上来看，处理 A、D、E 较大。从水分利用效率方面看，处理 C 的 WUE 最大，较其他处理高 17.08%~70.93%。随着密度的增大，播前土壤与收获土壤贮水量之差呈增大趋势。即对土壤水分的消耗增加。

3 讨 论

诸多学者在玉米^[12]、小麦^[13]和烟草^[14]等作物上的研究表明，适宜的群体密度可以改善作物冠层分布、水分盈亏、养分吸收，从而达到增产增效的目标。马铃薯产量由单株块茎重量和群体密度 2 部分

构成, 二者的充分协调是获得高产的前提^[15]。由于最适群体密度受多种因素的影响, 因此, 非常有必要确立不同地区、不同品种、不同种植模式等条件下的最适群体密度。翁定河^[16]认为闽东北高山区秋种马铃薯的高产理想密度为 60 000~67 500 株/hm²; 崔学开等^[17]在云南东部研究的马铃薯单垄双行高墒种植模式的适宜密度为 48 555~56 730 株/hm²。本研究表明, 采用微垄覆膜侧播种植模式, 种植密度与产量呈抛物线关系(图2), 根据回归方程计算得知, 在内蒙古阴山地区适宜密度为 55 476 株/hm²。本试验处理C设置的密度为 52 500 株/hm²与之接近。

进一步从作物群体生长的状况分析, 有研究表明, 适当降低群体密度可延长叶片衰老速率缓慢的时间^[18], 而高的群体密度反而加速了中下部器官的衰老^[19], 不利于同化物质的累积和运输^[20]。LAI 是反映作物群体生长状态的指标^[21], 是产量形成的基础。本研究表明, 群体 LAI 从出苗后 30~75 d 处理 C 的 LAI 最大, 且处理 A、B、C 群体的 LAI 减小速率小于处理 D、E(图1), 即处理 C 生育后期仍维持较高的群体叶面积指数, 这从光合性能角度揭示了其高产的原因。不仅如此, 本研究还发现, 块茎所占植株干重的比例随密度的增大呈先增大后减小的趋势。处理 C 的块茎干物质积累比例最高(表2)。意味着马铃薯的群体结构不仅与群体光合性能高度相关, 而且与同化物的分配密切相关。

本年度生育期内降雨量 226.2 mm, 属于常年降雨(200~300 mm), 因此通过该试验所得的最佳密度可以推广。根据本研究结果, 在常年降雨量下, 采用微垄覆膜侧播技术, 马铃薯的水分利用效率可达 114 kg/mm · hm²。

[参 考 文 献]

- [1] 陈扬. 微垄覆膜侧播对旱作马铃薯产量和资源利用效率的影响 [D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2013.
- [2] 中华人民共和国农业部. 中国农业统计资料(2012) [M]. 北京: 中国农业出版社, 2013.
- [3] 王颖慧, 蒙美莲, 张静, 等. 覆膜方式对旱作马铃薯若干生理指标的影响 [J]. 中国马铃薯, 2012, 26(6): 336-340.
- [4] 郑海春, 樊明寿, 王桂平, 等. 内蒙古主要农作物测土配方施肥及综合配套栽培技术 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2012.
- [5] 王颖慧, 蒙美莲, 陈有君, 等. 覆膜方式对旱作马铃薯产量和土壤水分的影响 [J]. 中国农学通报, 2013, 29(3): 147-152.
- [6] Rockstrom J, Barron J, Fox P. Rain water management for increased productivity among small-holder farmer drought prone environments [J]. Physics and Chemistry of the Earth, 2002, 27: 949-959.
- [7] 任杨俊, 李建牢, 赵俊侠. 国内外雨水资源利用研究综述 [J]. 水土保持学报, 2000, 14(1): 88-92.
- [8] 王颖慧. 覆膜方式对旱作马铃薯集雨保墒及产量的影响 [D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2012.
- [9] 赵天武, 黄高宝, 轩春香, 等. 黄土高原旱地不同保护性耕作措施对马铃薯田土壤水温效应及产量的影响 [J]. 干旱地区农业研究, 2009, 27(1): 101-118.
- [10] 侯晓燕, 王凤新, 唐绍忠, 等. 西北旱区民勤绿洲滴灌马铃薯揭膜效应研究 [J]. 干旱地区农业研究, 2008, 26(4): 88-93.
- [11] 张子义. 旱作微垄覆膜沟播马铃薯生长发育及营养规律 [D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2011.
- [12] 吕丽华, 陶洪斌, 王璞, 等. 种植密度对夏玉米碳氮代谢和氮利用率的影响 [J]. 作物学报, 2008, 34(4): 718-723.
- [13] 屈会娟, 李金才, 沈学善, 等. 种植密度和播期对冬小麦品种兰考矮早八干物质和氮素积累与转运的影响 [J]. 作物学报, 2009, 35(1): 124-131.
- [14] 顾学文, 王军, 谢玉华, 等. 种植密度与移栽期对烤烟生长发育和品质的影响 [J]. 中国农学通报, 2012, 28(22): 258-264.
- [15] 贾立国, 石晓华, 秦永林, 等. 内蒙古阴山北麓地区马铃薯产量潜力的估算 [J]. 作物杂志, 2015(1): 109-113.
- [16] 翁定河. 闽东北高山区秋种马铃薯适宜播种期与密度筛选试验 [J]. 中国马铃薯, 2005, 19(5): 276-278.
- [17] 崔学开, 陈建林, 王明义, 等. 不同施肥和密度对马铃薯产量的影响 [J]. 中国马铃薯, 2010, 24(6): 360-363.
- [18] 于振文, 岳寿松, 沈成国, 等. 不同密度对冬小麦开花后叶片衰老和粒重的影响 [J]. 作物学报, 1995, 21(4): 412-418.
- [19] Wang Z L, Fu J M, He M R, et al. Planting density effects on assimilation and partitioning of photosynthates during grain filling in the late-sown wheat [J]. Photosynthetica, 1997, 33(2): 199-204.
- [20] 张永丽, 肖凯, 李雁鸣. 种植密度对杂种小麦 C6-38/Py85-1 旗叶光合特性和产量的调控效应及其生理机制 [J]. 作物学报, 2005, 31(4): 498-505.
- [21] 曹宏鑫, 董玉红, 王旭青, 等. 不同产量水平小麦最适叶面积指数动态模拟模型研究 [J]. 麦类作物学报, 2006, 26(3): 128-131.