

中图分类号: S532 文献标识码: B 文章编号: 1672-3635(2017)06-0326-05

马铃薯微型薯与商品薯生产的水氮利用效率比较

王迎男¹, 宋翠玲², 李 研², 秦永林¹, 樊明寿¹, 贾立国^{1*}

(1. 内蒙古农业大学农学院, 内蒙古 呼和浩特 010019; 2. 内蒙古坤元太和农业科技有限公司, 内蒙古 正蓝旗 027200)

摘 要: 在水肥精量控制的温室条件下, 进行脱毒微型薯的繁育, 并测算微型薯的水氮利用效率; 检索了2009~2016年大田灌溉模式下商品薯水氮利用的相关文献, 整理数据并分析了水氮利用效率。对2种生产模式下的水氮利用效率进行比较, 旨在阐明商品马铃薯生产水氮利用效率的提升潜力。结果表明, 灌溉模式下商品薯的水分利用效率为97.90~180.60 kg/hm²·mm、氮肥农学利用率为34.80~132.00 kg/kg, 而微型薯繁育的水分利用效率为194.62 kg/hm²·mm、氮肥农学利用率为176.91 kg/kg。商品薯生产较微型薯生产水分利用效率低7.20%~49.70%, 氮肥农学利用率低25.39%~80.33%。说明马铃薯商品薯水氮利用效率具有较大的提升空间。通过上述效率差的比较, 并进一步比较商品薯与微型薯生产的技术差, 为商品薯生产的技术改进提供启示。

关键词: 微型薯; 商品薯; 水分利用效率; 氮肥农学利用率

Comparison of Water and Nitrogen Use Efficiencies of Minituber and Marketable Tuber Production

WANG Yingnan¹, SONG Cuiling², LI Yan², QIN Yonglin¹, FAN Mingshou¹, JIA Ligu^{1*}

(1. College of Agronomy, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot, Inner Mongolia 010019, China;

2. Inner Mongolia Kunyuantaihe Agricultural Science and Technology Co., Ltd., Zhenglan Banner, Inner Mongolia 027200, China)

Abstract: Water and nitrogen use efficiencies of virus-free minituber propagation in which water and fertilizer were precisely controlled under greenhouse conditions, were calculated in this study. Moreover, the efficiencies of marketable tuber production with irrigation under field conditions were analyzed, based on the literatures published during the year 2009-2016. It was to understand the potentials of water and nitrogen use efficiency during marketable tuber production by comparing the gaps between two kinds of production systems. The results showed that the water use efficiency was 97.90-180.60 kg/ha·mm, and the agronomic use efficiency of nitrogen was 34.80-132.00 kg/kg in marketable tuber production under irrigation conditions. However, the water use efficiency was 194.62 kg/ha·mm, and the agronomic use efficiency of nitrogen was 176.91 kg/kg for minituber propagation. The water use efficiency of marketable tubers was 7.20%-49.70% lower than that of minituber productions, while the agronomic use efficiency of nitrogen was 25.39%-80.33% lower. There are still large potential for the promotion of water and nitrogen use efficiencies in marketable tuber productions. Based on the gap analysis on efficiencies, the technology gap between the two kinds of production systems was further analyzed, which might provide some suggestions on technology improvement for marketable tuber production.

Key Words: minituber; marketable tuber; water use efficiency; nitrogen agronomic use efficiency

收稿日期: 2016-10-13

基金项目: 国家自然科学基金(31460321); 内蒙古重大专项“马铃薯种薯繁育与商品薯生产中资源高效利用技术的创新”。

作者简介: 王迎男(1989-), 女, 硕士研究生, 主要从事马铃薯栽培生理方面研究。

*通信作者(Corresponding author): 贾立国, 讲师, 主要从事马铃薯水分与营养方向研究, E-mail: nndjialiguo@163.com。

马铃薯是内蒙古的特色优势作物,然而由于马铃薯根系较浅^[1],加之内蒙古马铃薯主产区土壤为沙性土壤,保水保肥能力弱,马铃薯商品薯生产的水氮利用效率一直很低^[2],水肥资源浪费严重,极大地制约了马铃薯产业的可持续性发展。

作物养分效率的提高是农学、土肥领域的研究热点,其中,养分供应与作物需求的时空匹配是提高作物养分利用率的根本^[3]。马铃薯微型薯生产系统能对养分和水分进行相对精确的控制和定量化,水肥供应与马铃薯的需求匹配性较好,然而关于马铃薯微型薯生产的水氮利用效率却鲜有报道,因此,有必要对马铃薯微型薯生产过程的水氮利用效率进行评估,并进一步与马铃薯商品薯生产水氮利用效率进行比较,其比较结果可为挖掘大田生产马铃薯的水氮利用效率潜力提供参考。在比较2种生产模式水氮效率差的基础上,进一步比较技术差,可为改进商品薯生产中的水肥管理技术提供启示。

1 材料与方法

1.1 微型薯繁育

2015年4~10月在内蒙古锡林郭勒盟正蓝旗坤元太和农业科技有限公司进行了2批次微型薯繁

育,第1批在4~7月进行,第2批在8~10月进行。马铃薯品种均为‘费乌瑞它’,栽培基质为蛭石。组培苗移栽密度为250株/m²,每个苗床为8.3 m²,共38个苗床。在苗床基质第1层(厚度5~6 cm)铺好后,施用复合肥(N:P₂O₅:K₂O = 12:19:16)80 g/m²和农用硫酸钾(K₂O 50%)20 g/m²,之后覆第2层蛭石(厚度6~7 cm)。每个苗床用水400 L将其浇透。第1批组培苗于4月9日移栽、第2批于8月5日移栽,移栽后用100 L清水“掩苗”。组培苗移栽到苗床缓苗6~7 d,每隔7 d将杀菌剂与杀虫剂充分混合溶于18 L水中,喷施于植株叶面。生育期内将肥料溶解于水,按表1设计的施肥时间、数量进行叶面喷施。肥料养分含量分别为:磷酸二铵(N 18%, P₂O₅ 46%),磷酸二氢钾(N 52%, P₂O₅ 34%)。果彩(N ≥ 11%, CaO ≥ 17%, MgO ≥ 7%)。叶面喷施肥料溶液后5~7 d,喷水1次,每次用量1 375 L,每个生产季度喷水6次。第1批微型薯于7月2日收获、第2批于10月25日收获(表1)。

1.2 商品薯生产的水氮利用效率文献检索

在CNKI数据库中,分别按照关键词=“马铃薯”+“水分利用效率”和关键词=“马铃薯”+“氮肥农学利用率”检索了2009~2016年中文文献,摘

表1 微型薯繁育过程中施肥时间及数量(38个苗床总用量)
Table 1 Fertilization amount and time during minituber production (total amount for 38 seedbeds)

批次 Batch	日期(D/M) Date	商品肥 Fertilizer	用量 Amount	用水量(L) Water consumption
第1批 First batch	15/04	磷酸二铵	1.58 kg	1 375
	23/04	磷酸二铵	1.58 kg	1 375
	04/05	磷酸二氢钾	1.50 kg	1 375
	20/05	果彩	1.300 L	1 375
	02/06	磷酸二铵	1.58 kg	1 375
	10/06	磷酸二氢钾	1.50 kg	1 375
第2批 Second batch	05/08	磷酸二铵	1.58 kg	1 375
	12/08	磷酸二氢钾	0.75 kg	1 375
	19/08	果彩	1.300 L	1 375
	25/08	果彩	0.667 L	1 375
	04/09	磷酸二铵	1.58 kg	1 375
	16/09	磷酸二氢钾	1.50 kg	1 375

录其中马铃薯产量、水分利用效率、氮肥农学利用率的数据, 进行整理统计分析。

1.3 统计及计算方法

作物水分利用效率(WUE) = Y/ET 。其中Y为产量, ET为作物生育期内耗水量。

氮肥农学利用率(ANUE) = (施肥区产量 - 空白区产量)/施肥量。蛭石中不含任何养分, 在不施肥的条件下经济产量为零, 故微型薯繁育体系氮肥农学利用率的计算简化为:

氮肥农学利用率(ANUE) = 施肥区产量/施肥量。

数据处理及统计分析全部采用 Microsoft Office

Excel 2003 进行。

2 结果与分析

2.1 马铃薯微型薯与商品薯生产的水分利用效率比较

将微型薯分为4个级别全部称重并折算出单位面积产量如表2所示, 2批微型薯生产中全生育时期耗水量相同, 均为113 mm, 由此计算其水分利用效率分别为203.07和186.17 kg/hm² · mm, 2批马铃薯微型薯繁育平均水分利用效率为194.62 kg/hm² · mm。

表2 马铃薯微型薯生产水分利用效率

Table 2 Water use efficiency (WUE) in minituber production

批次 Batch	全生育时期耗水量(mm) Water consumption	产量(kg/hm ²) Yield (kg/ha)	水分利用效率(kg/hm ² ·mm) WUE (kg/ha·mm)
第1批 First batch	113	22 947	203.07
第2批 Second batch	113	21 037	186.17

通过文献检索与整理, 统计并计算得出马铃薯商品薯的水分利用效率(WUE)变化范围为97.90~180.60 kg/hm² · mm(表3)。相比较而言, 大田灌溉模式下商品薯生产较温室微型薯繁育水分利用效率

低7.20%~49.70%。也就是说, 生产1 000 kg微型薯消耗水分约为51 m³, 若商品薯生产能够达到微型薯繁育的水分利用效率, 生产1 000 kg商品薯节水为4~51 m³, 意味着大田商品薯生产的水分利用

表3 灌溉模式下大田商品薯生产的水分利用效率

Table 3 Water use efficiency (WUE) of marketable tuber production under irrigation conditions

年 Year	研究者 Researcher	文献 Reference	品种 Variety	产量(kg/hm ²) Yield (kg/ha)	水分利用效率(kg/hm ² ·mm) WUE (kg/ha·mm)
2009	李平等 ^[4]	农业工程学报	郑薯5号	11 001	135.59
2009	秦舒浩等 ^[5]	灌溉排水学报	同薯23号	51 320	153.49
2010	黄仲冬等 ^[6]	应用生态学报	郑薯5号	20 370	107.40
2013	王丽霞等 ^[7]	作物学报	荷兰15	14 300	112.90
2013	秦永林等 ^[8]	中国生态农业学报	克新1号	46 673	180.60
2013	秦永林等 ^[8]	中国生态农业学报	克新1号	40 002	176.80
2013	宋娜等 ^[9]	农业工程学报	陇薯3号	54 187	128.60
2014	买自珍等 ^[10]	干旱地区农业研究	冀张薯8号	35 008	116.35
2014	买自珍等 ^[10]	干旱地区农业研究	冀张薯8号	33 824	105.70
2015	李彬等 ^[11]	水资源与水工程学报	夏波蒂	36 174	97.90
2015	李彬等 ^[11]	水资源与水工程学报	夏波蒂	35 045	103.30

注: 统计数据由[4]~[11]参考文献整理所得, 其中部分引用了2年试验数据。

Note: Statistical data are obtained from [4]~[11] references, some of which were cited for two years.

效率具有很大的提升空间。

2.2 马铃薯微型薯与商品薯生产的氮肥农学利用率比较

2批微型薯生产中基肥含有的纯氮量相同, 喷施的营养液中第1批含N量高于第2批, 2批微型薯生产中氮肥农学利用率分别为179.90和173.92 kg/kg, 平均氮肥农学利用率为176.91 kg/kg(表4)。

商品薯生产的氮肥农学利用率统计于表5。可以看出, 灌溉模式下大田商品薯生产氮肥农学利用

率变化范围为34.80~132.00 kg/kg。相比较而言, 大田灌溉模式下商品薯生产较温室微型薯繁育氮肥农学利用率低25.39%~80.33%。生产1 000 kg微型薯需氮(N)约为5.7 kg, 与商品薯生产的氮肥需求量基本一致^[12], 因此完全可以将微型薯繁育的氮肥农学利用率设置为商品薯生产的氮肥农学利用率潜力目标。如果实现了潜力目标, 即消除了25.39%~80.33%的效率差, 商品薯生产可节约氮肥(N)投入1.9~23.1 kg/t。

表4 马铃薯微型薯生产中的氮肥农学利用率

Table 4 Agronomic nitrogen use efficiency (ANUE) in minituber production

批次 Batch	基肥含N量(kg) Nitrogen amount of base fertilizer	营养液含N量(kg) Nitrogen content of nutrition solution	全生育时期用N量(kg) Nitrogen consumption	氮肥农学利用率(kg/kg) ANUE
第1批 First batch	3.03	0.993	4.023	179.90
第2批 Second batch	3.03	0.785	3.815	173.92

表5 灌溉模式下商品薯生产的氮肥农学利用率

Table 5 Agronomic nitrogen use efficiency (ANUE) of marketable tuber production under irrigation conditions

年 Year	研究者 Researcher	文献 Reference	品种 Variety	产量(kg/hm ²) Yield (kg/ha)	氮肥农学利用率(kg/kg) ANUE
2009	修凤英等 ^[13]	中国土壤与肥料	春薯4号	26 400	67.21
2009	李平等 ^[4]	农业工程学报	郑薯5号	11 001	58.28
2012	李利 ^[14]	山西农业科学	克新1号	—	47.20
2012	井涛等 ^[15]	植物营养与肥料学报	夏波蒂	44 416	68.06
2012	陈洪等 ^[16]	热带作物学报	费乌瑞它	55 924	78.99
2013	梁潇等 ^[17]	中国马铃薯	紫花白	43 137	48.15
2013	孙磊等 ^[18]	中国马铃薯	克新13号	38 040	95.00
2015	韦剑锋等 ^[19]	作物杂志	费乌瑞它	—	67.30
2015	李彬等 ^[11]	水资源与水工程学报	夏波蒂	36 174	34.80
2015	李彬等 ^[11]	水资源与水工程学报	夏波蒂	35 045	38.10
2016	祁驰恒等 ^[20]	中国马铃薯	东农09-33069	44 070	132.00

注: 统计数据由[4]、[11]、[13]~[20]参考文献整理所得, 其中部分引用了2年试验数据。
Note: Statistical data are obtained from [4], [11], and [13]~[20] references, some of which were cited for two years.

3 讨 论

虽然微型薯繁育与商品薯生产条件不同, 二者的水分效率难以等同, 但个别地点商品薯生产

的水分利用效率与微型薯仅相差7%^[8], 不仅说明将微型薯繁育水分利用效率设置为商品薯生产的水分利用潜力是合理的, 而且目前商品薯生产水分利用效率的进一步提升是可以实现的。就氮肥

农学利用率而言, Badr等^[21]有关研究报道显示, 大田马铃薯氮肥农学利用率可达176 kg/kg, 这已达到了微型薯繁育的氮肥农学利用率(表4), 这进一步将微型薯繁育的氮肥农学利用率设定为中国马铃薯商品薯生产的努力目标是可行的。

虽然内蒙古及中国北方许多地区光热资源及土壤质地非常适宜马铃薯生产, 但其主产区水资源短缺, 土壤为沙性土壤, 保水保肥能力弱。而且, 马铃薯根系较浅^[1], 加之马铃薯生产中氮肥投入过量现象普遍存在^[22], 因此马铃薯商品薯生产的水氮利用效率一直很低^[2], 这就造成了巨大的资源浪费和环境风险, 所以进行马铃薯水氮效率提升的研究具有重大战略意义。本文的测算与比较充分表明, 大田生产马铃薯的水氮利用效率还有很大的提升空间, 值得深入探索其提升的技术途径。今后进一步比较商品薯生产与微型薯生产的效率差与技术差, 可能为商品薯生产的技术改进提出建议。

微型薯繁育与灌溉模式下商品薯生产水氮利用效率存在较大差异, 商品薯生产较微型薯繁育的水分利用效率低近50%, 氮肥农学利用率可低80%, 意味着大田商品薯生产水氮利用效率具有较大提升空间, 有待进一步的挖掘与提高。

[参 考 文 献]

- [1] Li L, Qin Y L, Liu Y C, *et al.* Leaf positions of potato suitable for determination of nitrogen content with a SPAD meter [J]. *Plant Production Science*, 2012, 15(4): 317-322.
- [2] 樊明寿, 聂向荣, 李秀华, 等. 基于叶绿素仪诊断的马铃薯氮肥管理[J]. *中国马铃薯*, 2014, 28(6): 348-353.
- [3] 张福锁, 马文奇. 肥料投入水平与养分资源高效利用的关系[J]. *土壤与环境*, 2000, 9(2): 154-157.
- [4] 李平, 齐学斌, 樊向阳, 等. 分根区交替灌溉对马铃薯水氮利用效率的影响[J]. *农业工程学报*, 2009, 25(6): 92-95.
- [5] 秦舒浩, 张俊莲, 王蒂, 等. 集雨限灌对旱作马铃薯产量及水分利用效率的影响[J]. *灌溉排水学报*, 2009, 28(4): 93-95.
- [6] 黄仲冬, 齐学斌, 樊向阳, 等. 根区交替地下滴灌对马铃薯产量及水分利用效率的影响[J]. *应用生态学报*, 2010, 21(1): 79-83.
- [7] 王丽霞, 陈源泉, 李超, 等. 不同滴灌制度对棉花/马铃薯模式中马铃薯产量和WUE的影响[J]. *作物学报*, 2013, 39(10): 1864-1870.
- [8] 秦永林, 井涛, 康文钦, 等. 阴山北麓马铃薯在不同灌溉模式下的水肥效率[J]. *中国生态农业学报*, 2013, 21(4): 426-431.
- [9] 宋娜, 王凤新, 杨晨飞, 等. 水氮耦合对膜下滴灌马铃薯产量、品质及水分利用的影响[J]. *农业工程学报*, 2013, 29(13): 98-105.
- [10] 买自珍, 余萍, 买娟, 等. 半干旱区不同覆膜时期、方式与膜色对土壤水分及马铃薯水分利用效率的影响[J]. *干旱地区农业研究*, 2014(1): 1-10.
- [11] 李彬, 妥德宝, 程满金, 等. 水肥一体化条件下内蒙古优势作物水肥利用效率及产量分析[J]. *水资源与水工程学报*, 2015, 26(4): 216-222.
- [12] 高媛, 韦艳萍, 樊明寿. 马铃薯的养分需求[J]. *中国马铃薯*, 2011, 25(3): 182-187.
- [13] 修凤英, 朱丽丽, 李井会. 不同施氮量对马铃薯氮素利用特性的影响[J]. *中国土壤与肥料*, 2009(3): 36-38, 43.
- [14] 李利. 不同施氮量对马铃薯氮素吸收、积累及利用的影响[J]. *山西农业科学*, 2012, 40(12): 1292-1295.
- [15] 井涛, 樊明寿, 周登博, 等. 滴灌施氮对高垄覆膜马铃薯产量、氮素吸收及土壤硝态氮累积的影响[J]. *植物营养与肥料学报*, 2012, 18(3): 654-661.
- [16] 陈洪, 张新明, 全锋, 等. 适于冬作马铃薯的氮钾基追肥分配模式研究[J]. *热带作物学报*, 2012, 33(8): 1384-1388.
- [17] 梁潇, 张胜, 蒙美莲, 等. 追氮对膜下滴灌马铃薯氮素吸收积累规律及利用效率的影响[J]. *中国马铃薯*, 2013, 27(1): 42-47.
- [18] 孙磊, 王弘, 李明月, 等. 马铃薯生产的氮肥管理策略[J]. *中国马铃薯*, 2013, 27(5): 314-318.
- [19] 韦剑锋, 宋书会, 韦巧云, 等. 施氮量对冬马铃薯氮素利用和土壤氮含量的影响[J]. *作物杂志*, 2015(3): 93-97.
- [20] 祁驰恒, 魏峭嵘, 田洵, 等. 施氮量对马铃薯氮素积累分配及利用率的影响[J]. *中国马铃薯*, 2016, 30(3): 158-163.
- [21] Badr M A, El-Tohamy W A, Zaghoul A M. Yield and water use efficiency of potato grown under different irrigation and nitrogen levels in an arid region [J]. *Agricultural Water Management*, 2012, 110: 9-15.
- [22] 陈杨, 樊明寿, 康文钦, 等. 内蒙古阴山丘陵地区马铃薯施肥现状与评价[J]. *中国土壤与肥料*, 2012(2): 104-108.