

doi: 10.11838/sfsc.20150612

氮磷钾用量对宁南旱地马铃薯产量及水肥利用效率的影响

梁锦秀¹, 郭鑫年¹, 张国辉², 周涛^{1*}

(1. 宁夏农林科学院农业资源与环境研究所, 宁夏 银川 750002;

2. 宁夏农林科学院固原研究所, 宁夏 固原 756000)

摘要: 在宁南旱地上利用田间试验研究了氮、磷、钾各4个施肥水平对马铃薯(庄薯3号)产量及水肥利用效率的影响。结果表明, 增施氮、磷、钾肥马铃薯产量均呈抛物线型增长, 其中氮肥增产幅度最高, 其次为磷肥, 钾肥最低且与对照无显著差异。施用氮对马铃薯产量构成有显著影响, 钾肥有利于块茎膨大。马铃薯氮、磷、钾养分累积量随着施肥量的增加而增加, 当季氮、磷肥利用率都随着施肥量的增加先升高后降低, 钾肥利用率随施肥量增加而降低。氮、磷、钾肥偏生产力均随着施肥量增加而显著降低 ($P < 0.05$)。施用氮、磷、钾肥显著提高马铃薯水分利用效率, 当氮肥施用量大于 240 kg/hm^2 、钾肥施用量大于 135 kg/hm^2 时水分利用效率降低。不同氮、磷、钾肥水分利用效率增幅分别为 $19.6\% \sim 31.2\%$ 、 $11.2\% \sim 12.6\%$ 、 $1.3\% \sim 9.5\%$ 。本试验条件下, 从经济施肥与水分高效利用角度宁南旱地马铃薯氮、磷、钾肥推荐量分别为 $174.0 \sim 189.7$ 、 $92.2 \sim 94.6$ 、 $113.0 \sim 113.7 \text{ kg/hm}^2$ 。

关键词: 宁南旱地; 马铃薯; 产量; 水肥利用率

中图分类号: S143.5; S532

文献标识码: A

文章编号: 1673-6257(2015)06-0076-06

宁南旱地是典型黄土高原雨养农业用地, 该区域气候冷凉, 昼夜温差大, 多年平均降水量为 450 mm 左右^[1], 马铃薯是该区域优势特色作物, 近几年栽培面积稳定在 23 万 hm^2 左右^[2], 已成为当地农民增收和发展农村经济的特色优势产业^[3]。施肥是提高旱地马铃薯产量的主要技术措施, 施肥能扩大马铃薯根系的吸水空间, 增加对土壤水分消耗的同时提高马铃薯产量, 从而提高马铃薯水分利用效率^[4]。传统的施肥过程中氮、磷、钾施用量不合理限制了马铃薯产量的提高。氮、磷、钾是马铃薯高产、高效的关键营养元素。长期以来, 宁南旱地农户马铃薯施肥存在着盲目性^[5-6], 58% 的旱地马铃薯种植户氮肥总投入过量, 50% 以上的磷肥和钾肥用量不足导致产量变异系数达 40.3% ^[7]。李书田等^[8]研究认为, 无论现在还是将来西北地区马铃薯合理施用氮、磷或钾肥获得收益的概率将超过 75% 。合理施肥是提高马铃薯单产的最有效途径之

一^[9-11]。然而要做到合理施肥, 就必须掌握氮、磷、钾不同用量的马铃薯养分吸收累积量及水肥利用效率, 才能够推荐氮、磷、钾的合理用量。因此, 氮、磷、钾合理施用量的确定对保证马铃薯优质高产及提高马铃薯的水肥利用率显得尤为重要。前人对宁南旱地马铃薯氮、磷、钾肥料效应开展了相关研究^[12], 对氮、磷、钾的增产效应进行了大量的报道。而在宁南旱地降水条件下, 不同氮、磷、钾施用量对马铃薯产量、养分吸收量及水、肥(氮、磷、钾)利用效率的综合研究有待加强。本文通过田间试验, 研究了氮、磷、钾在单因素变化条件下的马铃薯产量、氮磷钾养分吸收量及水分、养分利用效率的变化规律, 通过产量及水分利用效率两个指标建立方程提出合理的马铃薯氮、磷、钾肥推荐施用量, 为宁南雨养农田马铃薯合理施肥提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2013 年在宁夏固原市头营镇徐河村固原科研试验基地进行, 宁夏南部山区(东经 $106^\circ 44'$, 北纬 $36^\circ 10'$), 海拔 1550 m , 属温带大陆性季风气候, 年均气温 3.2°C , 年均降水量 $280 \sim 420 \text{ mm}$

收稿日期: 2015-01-30; 最后修订日期: 2015-04-13

基金项目: 国家公益性行业科研专项(201303104)。

作者简介: 梁锦秀(1962-), 女, 宁夏银川人, 副研究员, 硕士, 主要从事植物营养与施肥研究。E-mail: zhoutao6084609@163.com。

通讯作者: 周涛, E-mail: zhoutao6084609@163.com。

左右,年蒸发量 1 800 mm 左右,无霜期 145 d 左右。试验地土壤类型为黄绵土,前茬谷子,地势平坦,土层深厚,基础地力均匀,0~20 cm 耕层土壤有机质含量为 13.65 g/kg,全氮 0.82 g/kg,碱解氮 42.33 mg/kg,有效磷 (P) 11.34 mg/kg,速效钾 (K) 151.6 mg/kg,pH 值为 8.48。试验年份降水量与蒸发量见图 1,降水主要集中在 6、7、8 月,降水达到了 376.7 mm,马铃薯生育期内降水量达到了 502.7 mm,占全年的 94.5%。全年蒸发量为 1 158.4 mm,主要集中在马铃薯现蕾期前。

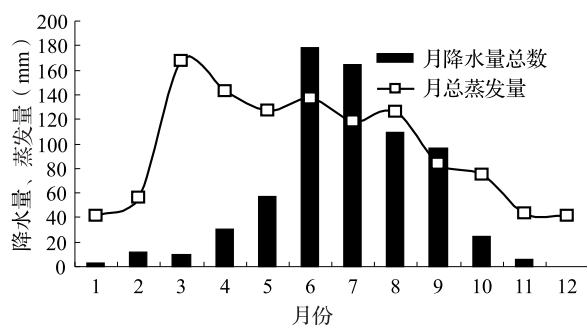


图 1 2013 年降水量与蒸发量

1.2 试验材料与设计

供试品种为庄薯 3 号;试验氮、磷、钾用量分别设置 4 个水平,各处理的施用量见表 1。施氮量处理的 P₂O₅、K₂O 用量分别为 90、135 kg/hm²,施磷量处理的 N、K₂O 用量分别为 180、135 kg/hm²,施钾量处理的 N、P₂O₅ 用量分别为 180、90 kg/hm²。随机区组设计,3 次重复。2013 年 4 月 21 日人工穴播方式种 2 行,6 行区种植,小区面积 3 m × 10 m = 30 m²,密度 60 000 株/hm²。供试肥料为尿素 (N 46%),过磷酸钙 (P₂O₅ 12%),硫酸钾 (K₂O 50%)。肥料作为底肥一次性均匀施入相对应小区。田间管理按常规进行。

表 1 氮、磷、钾施肥水平 (kg/hm²)

处理	施氮量 (N)	处理	施磷量 (P ₂ O ₅)	处理	施钾量 (K ₂ O)
N0	0	P0	0	K0	0
N120	120	P60	60	K90	90
N180	180	P90	90	K135	135
N240	240	P120	120	K225	225

1.3 测定项目与方法

1.3.1 土壤含水量测定

采用烘干法测定土壤含水量,以 20 cm 为一层,分别在播种前和收获后采集 0~200 cm 层土

壤,用小铝盒密封后带回实验室,置烘箱 105℃ 烘至恒重,计算土壤含水量。

1.3.2 产量及养分测定

在成熟期按小区分别取 20 株马铃薯测定块茎个数、产量,其中 <50 g 为小薯、200~150 g 为中薯、>200 g 为大薯,计算单产。收获期测定马铃薯地上部生物量,然后取样测定块茎及地上部茎秆的全 N、P、K 含量。样品烘干粉碎后,用浓 H₂SO₄-H₂O₂ 消解,全自动凯氏定氮仪测全 N,钼锑抗比色法测全 P,火焰光度计法测全 K。

1.3.3 相关计算^[13]

土壤贮水量 (mm) = 土层厚度 (cm) × 土壤含水量 (%) × 土壤容重 (g/cm³) × 10;

马铃薯生育期耗水量 (mm) = 播前土壤 2 m 土体贮水量 (mm) + 生育期降水量 (mm) - 成熟期 2 m 土体贮水量;

WUE = Y/ET。式中,WUE 为水分利用效率 [kg/(hm² · mm)],Y 为马铃薯块茎产量 (kg/hm²),ET 为马铃薯生育期耗水量 (mm);

某养分元素的增产率 (%) = (全肥区产量 - 缺该养分区产量) / 缺该养分区产量 × 100;

商品薯率 (%) = ≥250 g 单薯个数 / 马铃薯收获个数 × 100;

肥料偏生产力 (kg/kg) = 马铃薯产量 / 施氮量;

肥料利用效率 (%) = (施肥处理养分吸收总量 - 不施肥对照养分吸收总量) / 养分投入量 × 100。

1.4 数据分析

数据采用 Excel 2003 和 DPS 7.05 软件进行数据处理和统计分析,采用 LSD 法进行显著性检验。

2 结果与分析

2.1 不同氮、磷、钾施用量对马铃薯产量及其构成的影响

从表 2 可以看出,与对照相比,施用氮、磷、钾肥对宁南旱地马铃薯均有增产效果,其中氮肥效果优于磷、钾肥。与对照相比,增施氮肥马铃薯增产范围为 24.6%~37.2%,施氮量 180 kg/hm² 处理的马铃薯块茎产量最高,为 27 418.0 kg/hm²,相对于 N120 和 CK 增产均达到 5% 显著水平,与 N240 处理无显著差异,过量施氮将造成马铃薯减产,说明过量增施氮肥对马铃薯增产起不到效果,与张宝林等^[14]、Long C M 等^[15] 研究结果一致。与对照相比,

施用磷肥提高了马铃薯块茎产量, 增产率为 7.2% ~ 10.2%, 其中 90 kg/hm² 处理产量最高。虽然磷肥处理间马铃薯产量无显著差异, 但从土壤磷平衡角度及增产效果角度考虑, 磷肥施用量应控制在 90 kg/hm², 既能提高马铃薯产量, 同时补充土壤磷素养分。与对照相比施钾肥提高马铃薯产量, 增产范围 5.5% ~ 6.6%, 由于供试土壤钾素含量较高, 施钾增产率低于氮、磷肥。与对照相比, 增施氮、磷、钾肥各处理单株结薯个数均有增加, 氮肥处理差异显著 ($P < 0.05$), 磷、钾肥无显著差异。单株产量随着氮、磷、钾肥的增加而提高, 与对照相比, 施氮 240 kg/hm² 时, 马铃薯单薯重量增加显著; 磷肥各处理单薯重为 78.8 ~ 93.3 g, 随着施磷量增加, 单薯重呈降低趋势, 增施磷肥不利于马铃薯块茎膨大; K225 处理马铃薯单薯重较其他施钾处理增加显著, 增加钾肥有利于马铃薯的块茎膨大, 从而提高单株产量。增施氮、磷、钾肥能有效提高马铃薯商品率, 不同氮肥用量与对照相比差异显著, 磷、钾肥处理则无显著差异。因此, 合理控制施氮量是提高其单薯重和单株产量的关键。氮、磷、钾肥对马铃薯的增产效应可表示为 $N > P > K$ 。

表 2 不同氮、磷、钾施用量对马铃薯产量及产量构成的影响

处理	块茎产量 (kg/hm ²)	增产率 (%)	单株结薯数 (个)	单薯重 (g)	商品薯率 (%)
N0	19 981.7c	—	3.8b	78.3b	47.9b
N120	24 894.0b	24.6	5.3a	95.5a	63.2a
N180	27 418.0a	37.2	5.7a	89.6ab	65.3a
N240	26 208.4ab	31.2	5.9a	102.9a	68.4a
P0	23 296.0b	—	4.7a	92.1a	63.2a
P60	24 984.0a	7.2	5.7a	93.3a	65.1a
P90	25 671.3a	10.2	6.3a	78.8a	62.4a
P120	25 541.3a	9.6	5.4a	89.6a	65.3a
K0	23 918.3a	—	5.4a	75.5b	63.5a
K90	25 398.0a	6.2	5.7a	75.1b	62.9a
K135	25 508.7a	6.6	6.3a	82.5b	62.4a
K225	25 241.3a	5.5	5.9a	95.0a	66.0a

注: 同一列不同小写字母表示同一肥料处理间差异显著性达 5% 水平, 下同。

2.2 不同氮、磷、钾施用量对马铃薯养分累积及肥料利用率的影响

马铃薯养分累积量及氮、磷、钾肥利用效率如表 3 所示, 增施氮、磷、钾促进马铃薯对氮、磷、

钾的养分累积, 尤其提高马铃薯块茎的养分吸收累积量。N180、N240 处理马铃薯块茎氮素养分累积量高于其他处理, 差异显著 ($P < 0.05$)。随着施磷量的增加, 块茎磷素养分累积量不断增加, P120 处理最高。与对照相比, 施钾肥即可提高块茎钾素养分累积量, 但施钾处理间无显著差异。马铃薯地上部养分累积量随着氮、磷、钾施肥量增加而增加。当施氮量为 240 kg/hm²、施磷量为 120 kg/hm²、施钾量为 225 kg/hm² 时, 马铃薯氮、磷、钾养分累积相对于 CK 增加均达 5% 显著水平。同样, 马铃薯氮、磷、钾总养分累积量随着氮、磷、钾肥施用量的增加而提高, 与对照相比, 增施氮、磷、钾肥马铃薯总养分累积量显著提高。增施氮肥马铃薯氮肥利用效率范围在 32.6% ~ 41.5% 之间, 其中 N180 处理最高, 但与其他处理无显著差异。N240 比 N120 处理氮肥量增加一倍, 而氮肥利用率无明显差异, 表明, 氮肥过量施用氮肥利用效率反而降低。随着磷肥用量的增加, 磷肥利用效率先升高后降低, 其中 90 kg/hm² 处理最高, 其次为 120 kg/hm² 处理, 磷肥处理间差异显著 ($P < 0.05$)。钾肥利用效率随着施钾量的增加而降低, 其中 K90 处理钾肥利用效率最高, 为 41.5%, 与 K225 处理间差异显著。马铃薯氮、磷、钾肥偏生产力均随着施肥量增加而降低, 处理间差异显著。可见, 在宁南旱地马铃薯栽培下, 养分调控应以氮、钾肥为主, 合理施用氮、钾肥, 控制磷肥用量可以提高马铃薯养分利用效率。

表 3 不同氮、磷、钾施用量对马铃薯及地上部养分吸收和肥料利用率的影响

处理	块茎养分 累积量 (kg/hm ²)	地上部养分 累积量 (kg/hm ²)	总养分 累积量 (kg/hm ²)	肥料当季 利用效率 (%)	偏生产力 (kg/kg)
N0	115.2c	77.2b	192.5c	—	—
N120	146.6b	85.0b	231.6b	32.6a	207.5a
N180	167.6a	99.5a	267.1a	41.5a	145.6b
N240	161.4a	109.9a	271.2a	32.8a	114.3c
P0	16.8c	6.4c	23.2c	—	—
P60	21.1b	9.4b	30.5b	12.4c	420.7a
P90	22.3a	16.1a	38.4a	17.6a	284.9b
P120	23.1a	16.2a	39.3a	14.1b	211.9c
K0	283.8b	145.8c	429.7c	—	—
K90	308.9a	156.5bc	465.5b	41.5a	282.2a
K135	313.4a	163.3ab	476.6ab	35.1ab	189.0b
K225	319.9a	172.9a	492.8a	31.3b	112.2c

2.3 不同氮、磷、钾施用量对马铃薯耗水量及水分利用效率的影响

表4显示,与对照处理相比,增施氮肥提高马铃薯生育期耗水量,且随着施氮量的增加而增加,但处理间无显著差异。不同磷肥用量马铃薯耗水量无明显规律,处理间无显著差异。增加钾肥马铃薯耗水量总体上增加,其中K225处理耗水量最高,表明增施氮、钾肥促进了马铃薯的生长,增加了土壤水分的消耗。不同氮、磷肥用量处理对马铃薯收获后土壤储水量无明显影响,而增施钾肥减少了土壤

表4 不同氮、磷、钾施用量对马铃薯耗水量及水分利用效率的影响

处理	播前 2m 土体 储水量 (mm)	生育期 降雨量 (mm)	收获后 土壤 储水量 (mm)	耗水量 (mm)	水分利用 效率 [kg/(hm ² · mm)]	增产率 (%)
N0	364.5	502.7	452.9a	414.3a	48.3b	—
N120	364.5	502.7	436.1a	431.1a	57.7a	19.6
N180	364.5	502.7	432.4a	434.8a	63.4a	31.2
N240	364.5	502.7	425.9a	441.3a	59.5a	23.1
P0	364.5	502.7	428.5a	438.7a	53.1b	—
P60	364.5	502.7	446.3a	420.9a	59.3a	11.8
P90	364.5	502.7	432.2a	435.0a	59.0a	11.2
P120	364.5	502.7	439.1a	428.1a	59.8a	12.6
K0	364.5	502.7	439.5b	427.7b	55.9b	—
K90	364.5	502.7	452.2a	415.0c	61.2a	9.5
K135	364.5	502.7	432.2bc	435.0ab	58.6ab	4.9
K225	364.5	502.7	421.3c	445.9a	56.6b	1.3

储水量。不同氮肥处理马铃薯水分利用效率随着氮肥用量增加呈先升高后降低趋势,施氮处理马铃薯水分利用效率显著高于对照 (P < 0.05), 其中 180 kg/hm²处理最高,比对照提高 31.2%,再增加氮肥施用,水分利用效率降低,说明过量投入氮肥对于增效没有作用。与对照相比施用磷肥提高了马铃薯水分利用效率,增幅为 11.2% ~ 11.8%,其中 120 kg/hm²处理水分利用效率最高,施磷处理间无显著差异。与对照相比,不同钾肥用量马铃薯水分利用效率增幅为 1.3% ~ 9.5%,其中 90 kg/hm²处理最高,随着钾肥用量的增加马铃薯水分利用效率逐渐降低,K225 与 K90 处理间差异显著。

2.4 宁南旱地马铃薯氮、磷、钾肥推荐施肥量

利用表3 马铃薯块茎产量和氮、磷、钾施肥量模拟出氮、磷、钾水肥效应方程,并计算当年最高产量施肥量和最佳经济施肥量(表5)。氮、磷、钾肥肥料效应回归方程均达显著水平,马铃薯氮、磷、钾肥可推荐施用量分别为 N 189.7 ~ 206.1 kg/hm²、P₂O₅ 92.2 ~ 112.6 kg/hm² 和 K₂O 113.3 ~ 152.5 kg/hm²。氮、磷、钾肥水分效应回归方程中氮、磷肥达显著水平,最高水分利用效率氮、磷、钾可分别推荐为 174.0、94.6、113.7 kg/hm²,均低于最高产量施肥量,由于旱地马铃薯养分吸收量较低,过量施肥土壤养分残留量增加,造成资源浪费的同时加剧了养分向下淋溶的风险。从经济施肥与水分利用两个角度考虑宁南旱地马铃薯氮、磷、钾肥推荐量分别为 174.0 ~ 189.7、94.6、113.0 kg/hm²。

表5 宁南旱地马铃薯氮、磷、钾推荐施肥量

水肥效应	项目	回归方程	决定系数	最高产量/水分利用效率 施肥量 (kg/hm ²)	最佳经济施肥量 (kg/hm ²)
肥料效应	N	Y = -0.160 7x ² + 66.233x + 19 879	0.963 4 *	206.1	189.7
	P ₂ O ₅	Y = -0.184x ² + 41.444x + 23 277	0.988 4 *	112.6	92.2
	K ₂ O	Y = -0.071 9x ² + 21.924x + 23 933	0.993 1 *	152.5	113.3
水分效应	N	Y = -0.000 4x ² + 0.139 2x + 47.991	0.931 4 *	174.0	—
	P ₂ O ₅	Y = -0.000 7x ² + 0.132 5x + 53.192	0.968 9 *	94.6	—
	K ₂ O	Y = -0.000 3x ² + 0.068 2x + 56.192	0.792 1	113.7	—

注:当季马铃薯收购价格为 0.8 元/kg, N、P₂O₅、K₂O 价格分别为 4.20、6.0、4.50 元/kg。

3 讨论

合理的养分管理能提高旱作马铃薯水分利用

率,是实现增产的主要措施^[16-17]。李书田等^[8]对西北诸省马铃薯氮、磷、钾肥施用试验进行统计发现,氮、磷、钾肥平均增产分别为 5 657、3 967、

5 341 kg/hm², 有 95%、75%、81% 的试验增产达显著水平 ($P < 0.05$), 得出氮是影响马铃薯产量的主要因素, 其次是钾, 然后是磷; 张永成等^[18] 有相似的研究结果; 本研究氮、磷、钾肥平均增产量为 6 191.8、2 102.9、1 464.4 kg/hm², 得出氮肥是影响马铃薯产量的首要因素, 其次为磷肥, 与李书田等^[8]、张永成等^[18] 的结论不一致的原因可能是本试验样本较少, 统计结果有偏差造成。而段玉等^[13] 整理分析了内蒙古 15 个马铃薯施肥田间试验结果, 发现马铃薯施用氮、磷、钾肥分别可增产 26.3%、22.8% 和 20.1%, 施肥增产效果为氮肥 > 磷肥 > 钾肥, 与本试验结论一致, 增施氮、磷、钾肥能够提高马铃薯的块茎产量, 但过量施肥均达不到增产的目的, 不同氮肥用量马铃薯增幅较大, 其次是磷肥, 而钾肥增幅范围最小, 这与试验区土壤有较好的供钾能力有关。

作物养分吸收累积量可以表征作物对养分吸收利用的能力, 何文寿等^[19] 对宁夏不同地区马铃薯植株氮、磷、钾肥吸收累积规律进行了比较, 发现马铃薯成熟期块茎中氮和磷的累积量分别占各自总累积量的 60% 以上, 钾的累积量占 50%, 表明氮、磷、钾肥在块茎中累积主要是在中后期, 与本试验结果一致, 在收获期马铃薯氮、磷、钾养分累积主要集中在马铃薯块茎中。刘向梅等^[20] 得出不同处理马铃薯植株养分累积量大小顺序为 $K_2O > N > P_2O_5$, 但不同施肥管理会显著影响养分在各器官的分配, 与本试验研究结果一致。由于马铃薯为典型喜钾作物, 钾肥养分累积量高于其他营养元素, 其次则为氮肥, 最后为磷肥, 且总养分累积量随着氮、磷、钾肥用量的增加而显著增加。董道峰等^[21] 对山东不同地区马铃薯氮、磷、钾肥利用效率进行研究, 其氮、磷、钾肥表观利用效率分别为 26.2%、12.38%、63.75%, 趋势为 $K_2O > N > P_2O_5$, 在黑龙江的试验研究^[22] 结果为马铃薯氮、磷、钾肥利用率分别为 39.31%、16.09%、64.67%, 趋势同样为 $K_2O > N > P_2O_5$, 且高氮、中磷、中钾肥配施水分利用率明显提高。内蒙古马铃薯施肥试验^[14] 表明, 施用氮、磷、钾肥的 N 、 P_2O_5 和 K_2O 的表观利用率分别为 35.9%、15.6%、50.4%, 本试验马铃薯氮、磷、钾肥当季表观利用率趋势与以上结论相同, 最高分别为 41.5%、17.6%、41.5%, 其中氮、磷肥表观利用率趋势相同, 随着用量的增加先升高后降低, 但钾肥表观利用率随着施肥量的增加而降低, 说明宁南旱地马铃

薯氮、磷、钾肥施用量过多或过少均不利于提高氮、磷、钾肥利用率和经济效益。云南省马铃薯施肥试验^[23] 表明, 氮、磷、钾肥用量分别为 285、149.1、111.9 kg/hm² 时, 马铃薯氮 (N)、磷 (P_2O_5) 和钾肥 (K_2O) 的偏生产力分别为 158.7、278.0 和 416.3 kg/kg, 施氮、磷、钾量与氮、磷、钾肥偏生产力之间呈负相关。本试验有相似的结果, 随着氮、磷、钾肥用量的增加偏生产力显著降低, 但本试验氮、磷、钾肥偏生产力最高分别为 207.5、420.7、282.2 kg/kg, 其中氮、磷肥偏生产力较高, 而钾肥偏生产力低于以上结果, 原因可能是本试验地土壤钾素含量丰富, 施用钾肥量较低, 对马铃薯增产贡献低于氮、磷肥。除肥料外, 水同样是旱地马铃薯获得高产的关键因子, 施肥可提高马铃薯水分利用效率, 马铃薯水分利用效率也是指导施肥的依据。王立为等^[24] 在内蒙古旱地试验研究表明, 无论降雨多少, 适宜的施肥量能保证较高的水分利用效率, 同时也能保证较高的产量。本试验结果表明, 增施氮、磷、钾肥马铃薯耗水量不同程度增加, 氮、磷、钾肥不同用量马铃薯最高水分利用效率分别为 63.4、59.8、61.2 kg/(hm²·mm), 通过水分效应方程得到最高水分利用效率氮、磷、钾施肥量分别为 174.0、94.6、113.7 kg/hm²。刘润梅等^[23] 从偏生产力的角度提出了云南省马铃薯 N 、 P_2O_5 、 K_2O 的合理投入范围分别为 150 ~ 250、45 ~ 90 和 90 ~ 120 kg/hm²。张静^[25] 在内蒙古通过“3414”试验推荐的施肥方案为 N 114 ~ 150 kg/hm²、 P_2O_5 63.75 ~ 75 kg/hm²、 K_2O 220 ~ 270 kg/hm²。本试验通过肥料效应推荐施肥方案为 N 189.7 ~ 206.1 kg/hm²、 P_2O_5 92.2 ~ 112.6 kg/hm²、 K_2O 113.3 ~ 152.5 kg/hm²。其中, 氮肥推荐量与云南的试验结果相当, 但高于内蒙古, 而磷肥推荐量则高于云南和内蒙两地, 钾肥推荐量与云南相当, 但低于内蒙古。

4 结论

本文探讨了不同氮、磷、钾肥施用量对宁南旱地马铃薯产量、产量构成及水、肥利用率的影响, 可以看出, 马铃薯对氮肥反应最敏感, 其次磷肥, 最后为钾肥, 不同氮、磷、钾施用量马铃薯增产幅度分别为 24.6% ~ 37.2%、7.2% ~ 10.2%、5.5% ~ 6.6%。从经济施肥与水分利用角度考虑, 宁南旱地马铃薯氮、磷、钾肥推荐量分别为 174.0 ~ 189.7、92.2 ~ 94.6、113.0 ~ 113.7 kg/hm²。

参考文献:

- [1] 肖国举, 仇正跻, 张峰举, 等. 增温对西北半干旱区马铃薯产量和品质的影响 [J]. 生态学报, 2015, 35 (3): 1-12.
- [2] 沈瑞清, 郭成瑾, 张丽荣, 等. 宁夏马铃薯病虫害研究现状及防治对策 [J]. 宁夏农林科技, 2014, 55 (6): 25-28.
- [3] 杜茜, 闫兴富. 宁夏马铃薯产业现状与发展对策 [J]. 中国马铃薯, 2010, 24 (2): 125-127.
- [4] 张仁陟, 李小刚, 胡恒觉. 施肥对提高旱地农田水分利用效率的机理 [J]. 植物营养与肥料学报, 1999, 5 (3): 221-226.
- [5] 王荣华, 马仁彪, 韩兴斌, 等. 西吉县马铃薯施肥现状评价与对策 [J]. 宁夏农林科技, 2008, (6): 69-70.
- [6] 杜宇宇, 杜伟. 宁夏南部山区及中部干旱带马铃薯栽培技术的发展现状、问题及对策 [J]. 中国马铃薯, 2008, 22 (5): 309-311.
- [7] 赵营, 郭鑫年, 赵护兵, 等. 宁夏南部山区马铃薯施肥现状与评价 [J]. 中国马铃薯, 2012, 27 (5): 281-287.
- [8] 李书田, 段玉, 陈占全, 等. 西北地区马铃薯施肥效应和经济效益分析 [J]. 中国土壤与肥料, 2014, (4): 42-47.
- [9] 张朝春, 江荣凤, 张福锁, 等. 氮磷钾对马铃薯营养状况及块茎产量的影响 [J]. 中国农学通报, 2005, 21 (9): 279-283.
- [10] 苏小娟, 王平, 刘淑英, 等. 施肥对定西地区马铃薯养分吸收动态、产量和品质的影响 [J]. 西北农业学报, 2010, 19 (1): 86-91.
- [11] 段玉, 妥德宝, 赵沛义, 等. 马铃薯施肥肥效及养分利用率的研究 [J]. 中国马铃薯, 2008, 22 (4): 197-200.
- [12] 张勇, 李华宪. 氮磷钾化肥对马铃薯产量的影响研究 [J]. 宁夏农林科技, 2011, 52 (12): 15-17.
- [13] 段玉, 张君, 李焕春, 等. 马铃薯氮磷钾养分吸收规律及施肥肥效的研究 [J]. 土壤, 2014, 46 (2): 212-217.
- [14] 张宝林, 高聚林, 刘克礼, 等. 马铃薯氮的吸收、积累和分配规律 [J]. 中国马铃薯, 2003, 17 (4): 193-198.
- [15] Long C M, Snapp S S, Douches D S, et al. Tuber yield, storability and quality of Michigan cultivars in response to nitrogen management and seed piece spacing [J]. Am J Potato Res, 2004, 81: 347-357.
- [16] 李生秀. 中国旱地农业 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2004.
- [17] 郑顺林, 王西瑶, 马均, 等. 营养水平对马铃薯块茎发育中激素、产量和品质的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2008, 14 (3): 515-519.
- [18] 张永成, 纳添仓, 阮建平, 等. 马铃薯高产施肥措施研究 [J]. 中国马铃薯, 2001, 15 (5): 274-277.
- [19] 何文寿, 马琨, 代晓华, 等. 宁夏马铃薯氮、磷、钾养分的吸收累积特征 [J]. 植物营养与肥料学报, 2014, 20 (6): 1477-1487.
- [20] 刘向梅, 孙磊, 李功义, 等. 氮磷钾肥施用量及施用时期对马铃薯养分转运分配的影响 [J]. 中国土壤与肥料, 2013, (4): 59-65.
- [21] 董道峰, 陈广侠, 马蕾, 等. 山东省马铃薯主产区肥料利用效率研究 [J]. 山东农业科学, 2014, 46 (12): 72-75.
- [22] 张洋, 张荣. 滴灌条件下不同施肥处理对马铃薯水分和肥料利用率的影响 [J]. 黑龙江农业科学, 2014, (12): 46-51.
- [23] 刘润梅, 范茂攀, 付云章, 等. 云南省马铃薯施肥量与化肥偏生产力的关系研究 [J]. 土壤学报, 2014, 51 (4): 753-760.
- [24] 王立为, 潘志华, 高西宁, 等. 不同施肥水平对旱地马铃薯水分利用效率的影响 [J]. 中国农业大学学报, 2012, 17 (2): 54-58.
- [25] 张静. 氮磷钾施用量对马铃薯产量、品质及肥料利用特性的影响 [D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2012.

Effect of different N, P₂O₅, K₂O rates on yield and water, fertilizer using efficiency of potato in dry land of Ningnan

LIANG Jin-xiu¹, GUO Xin-nian¹, ZHANG Guo-hui², ZHOU Tao^{1*} (1. Institute of Agricultural Resources and Environment, Ningxia Academy of Agriculture and Forestry Science, Yinchuan Ningxia 750002; 2. Institute of Guyuan, Ningxia Academy of Agriculture and Forestry Science, Guyuan Ningxia 756000)

Abstract: A field experiment with potato of Zhuang 3 was carried out to study the effects of different N, P₂O₅, K₂O rates on yield, water and fertilizer using efficiency in dryland of Ningnan. The results showed that potato yield showed a parabola increasing with the increase of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizer. The increasing range was the highest with nitrogen, and followed by phosphate fertilizer. The increasing by potash fertilizer was minimum and not significant with the control. Nitrogen application had significant influence on the yield component factors. Potassium application was helpful for tuber bulking. Nitrogen, phosphorus and potassium nutrient accumulations of potato were increased with higher fertilizer applied rates. Nitrogen, phosphorus fertilizer use efficiencies of potato were increased firstly and then decreased with fertilizer applied rates increasing. Potassium fertilizer use efficiency was decreased with fertilizer applied rates increasing. The partial factor productivity of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizer on potato was significantly decreased (P < 0.05) with higher fertilizer applied rates. The water use efficiency (WUE) of potato was significantly increased with apply of N, P, K fertilizer, but the WUE decreased when nitrogenous fertilizer was higher than 240 kg/hm² and potassium fertilizer was higher than 135 kg/hm². The WUEs of N, P, K fertilizers was increased by 19.6% ~ 31.2%, 11.2% ~ 12.6%, 1.3% ~ 9.5% respectively. For best economic benefit and higher WUE, the recommended N, P₂O₅ and K₂O rate for potato in dryland of Ningnan were ranged from 174.0 ~ 189.7 kg/hm², 92.2 ~ 94.6 kg/hm², 113.0 ~ 113.7 kg/hm², respectively.

Key words: dryland of Ningnan; potato; yield; water and fertilizer use efficiency