



范书华,董清山,解国庆,等.水肥一体化条件下马铃薯氮肥精准施用[J].黑龙江农业科学,2021(9):29-32.

水肥一体化条件下马铃薯氮肥精准施用

范书华,董清山,解国庆,王艳,赵云彤,孟祥海

(黑龙江省农业科学院 牡丹江分院,黑龙江 牡丹江 157000)

摘要:为探索水肥一体化条件下,不同氮肥用量对马铃薯生长、产量及经济效益的影响,本研究选用尤金为供试马铃薯品种,以膜下滴灌水肥一体化为核心技术,开展了马铃薯氮肥精准施用技术试验。结果表明:当纯磷(P_2O_5)和纯钾(K_2O)施用量分别为 120 和 270 $kg \cdot hm^{-2}$ 时,马铃薯产量随施氮量的提升表现为先升后降的趋势,施氮量为 189.24 $kg \cdot hm^{-2}$ 时,产量达最高值 52 754.79 $kg \cdot hm^{-2}$;最佳经济施氮量为 184.38 $kg \cdot hm^{-2}$,所对应的最佳产量为 52 749.15 $kg \cdot hm^{-2}$,与最高产量差异不显著。因此,在本试验条件下,马铃薯适宜的氮肥用量应控制在 184~190 $kg \cdot hm^{-2}$,可获得较高的产量和经济效益。

关键词:马铃薯;氮肥;精准施用;水肥一体化

黑龙江省是我国马铃薯五大主产省区之一,马铃薯年种植面积约 20 万 hm^2 ^[1]。宁安市作为黑龙江省东南部马铃薯主要产区,播种面积不断增加,2020 年全市播种面积达 1.47 万 hm^2 ,其中大垄膜下滴灌水肥一体化栽培模式作为新技术得到农民广泛认可,该模式具有“四省两增”即省水、省肥、省药、省工和增产、增效的特点,实现了农机农艺结合,良种良法配套以及现代农业技术的集成,促进了马铃薯生产向“两高一优”方向发展。大垄膜下滴灌水肥一体化栽培模式生产出的商品薯外观品质极佳,与普通栽培模式相比,每千克售价高出 0.2 元左右,现已成为宁安市马铃薯区域特色品牌,成功申请了国家地理标志^[2]。

目前,水肥一体化技术尚未完全成熟,马铃薯施肥量主要依据传统经验进行操作,容易造成作物养分不均衡和资金浪费,科学施肥缺少相关的理论依据,尤其是氮肥使用量超标,氮肥利用率低,严重制约着马铃薯产量、品质和效益的提升。修凤英等^[3]研究表明马铃薯对氮素的吸收和积累随着氮肥用量的增加而增加,而产值、氮肥利用率及氮肥效益则随着氮肥用量的增加而表现为先增后减。陈瑞英^[4]研究结果得出在灌水量为

2 400 $m^3 \cdot hm^{-2}$ 、施氮量为 150~225 $kg \cdot hm^{-2}$ 时,马铃薯产量和氮肥利用率表现出较高水平。于静等^[5]分析我国 6 个马铃薯主产区氮肥施用量、基肥量、追肥次数,发现氮肥施用过量是氮肥偏生产力低的主要原因。

以往关于马铃薯施肥的研究多数在水分或氮肥单一因素的作用效果上^[6-7],缺少化肥在马铃薯膜下滴灌水肥一体化栽培条件下的效应参数研究,水肥一体化条件下马铃薯产量构成和氮肥利用特性的研究在当地还是空白。因此,本试验研究了不同氮量供给条件下马铃薯产量构成和氮肥利用特性的变化规律,旨在为当地马铃薯水肥一体化条件下科学氮供给提供理论基础和试验依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于黑龙江省牡丹江市温春镇黑龙江省农业科学院牡丹江分院试验地(44.60°N, 129.58°E),该区属于中纬度温带大陆性季风气候,海拔 250.6 m,年平均气温 5.0℃,降雨主要集中在 6—8 月,年平均降雨量 500~600 mm,以旱作农业为主,年平均日照总时数 2 295.1 h,无霜期 141 d,年平均蒸发总量 1 262.3 mm,年平均相对湿度 66%,平均活动积温 2 300~2 500℃,属于第二、第三积温带。土壤类型为草甸土,质地为壤质粘土,田间持水量平均为 25.5%,饱和土壤含水量平均为 37.2%,容重 1.36 $g \cdot cm^{-3}$,前茬作物为大豆,试验地块土壤养分含量详见表 1。秋季深翻,水源为江水,电力驱动。

收稿日期:2021-05-18

基金项目:黑龙江省农业科学院高效绿色现代农业示范项目(TGY-2020-05);黑龙江省农业科学院“农业科技创新跨越工程”子项目(HNK2019CX07-10)。

作者简介:范书华(1974—),女,硕士,研究员,从事马铃薯育种及经济作物栽培研究。E-mail:mdjfs@126.com。

通信作者:董清山(1967—),男,硕士,研究员,从事马铃薯新品种选育及高产高效栽培技术研究。E-mail:mdjdqs@126.com。

表 1 供试土壤养分含量

养分指标	全氮/ (g·kg ⁻¹)	全磷/ (g·kg ⁻¹)	碱解氮/ (mg·kg ⁻¹)	速效磷/ (mg·kg ⁻¹)	速效钾/ (mg·kg ⁻¹)	有机质/ (g·kg ⁻¹)	pH
测定值	3.0	1.8	169.4	78.3	201.77	12.3	5.7

1.2 材料

供试马铃薯品种为尤金 885,种薯级别为脱毒原种。供试肥料为尿素(含 N 46.6%)、磷肥选用重过磷酸钙(含 P₂O₅ 45%),钾肥选用氯化钾(含K₂O 60%),灌溉水为天然江水。

1.3 方法

1.3.1 试验设计 本试验于 2020 年 4—9 月进行,应用膜下滴灌水肥一体化栽培模式,垄距为 0.8 m,株距为 0.25 m,滴头间距 0.2 m,灌溉水流速 1~2 L·h⁻¹。试验将氮肥施入量设为 5 个处理,即 N1(0 kg·hm⁻²)、N2(120 kg·hm⁻²)、N3(165 kg·hm⁻²)、N4(210 kg·hm⁻²)、N5(255 kg·hm⁻²),每个处理 10 行(0.65 m·行⁻¹),行长 6 m,小区面积 48 m²,随机区组排列,3 次重复。化肥以种肥和追肥两种方式施入,追肥采用滴灌方式。氮肥的 20%、磷肥的 70%和钾肥的 50%作基肥,剩余部分作为追肥。试验编码等情况详见表 2。

表 2 马铃薯肥效试验方案

处理	肥料纯用量/(kg·hm ⁻²)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
N1	0	120	270
N2	120	120	270
N3	165	120	270
N4	210	120	270
N5	255	120	270

表 3 不同试验处理下马铃薯性状(鲜品)

处理	小区株数/(株·48 m ²)	小区大薯重/(kg·48 m ²)	小区小薯重/(kg·48 m ²)	大薯率/%
N1	231.67±4.11 a	203.92±5.26 d	8.32±0.64 b	96.04 c
N2	224.67±6.02 a	239.13±8.96 b	6.18±0.39 c	97.53 a
N3	224.00±5.66 a	239.83±8.72 b	8.10±0.26 b	96.57 b
N4	228.33±6.34 a	255.98±10.84 a	8.18±0.77 b	96.87 b
N5	219.67±4.78 a	232.18±12.99 c	10.83±1.35 a	95.61 d

注:不同小写字母表示处理间差异显著性(P<0.05)。下同。

2.2 不同处理下单株结薯数及结薯重比较

由表 4 可知,不同试验处理随氮肥用量的增加,马铃薯单株结薯数、单株结薯重均呈现先增加

1.3.2 调查项目及方法 收获时,各处理按照小区实收面积测定株数、大薯重、小薯重(按照薯块分级标准,单个薯块≥75 g 为大薯块)、单株结薯数、单株结薯重,每小区采取全区测产获取产量,同时计算大薯率及氮肥利用率。

大薯率(%)=(小区大薯块个数/小区总计薯块数量)×100

氮肥利用率(%)=(施氮处理养分含量×单位面积生物量—不施氮处理养分含量×单位面积生物量)×100/单位面积施氮量

1.3.3 数据分析 数据采用 Excel 2013 进行整理,采用 SPSS 19.0 软件进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理下马铃薯性状比较

薯型、大薯率和颜色是商品薯确保高收益的 3 个因素。薯型和颜色都是依靠马铃薯的品种来决定的,而大薯率则可通过田间管理来提高。由表 3 可知,对不同试验处理全区测定大薯重、小薯重及大薯率。每小区大薯重最高的为 N4 处理,数值为 255.98 kg·48 m²,每小区小薯重最高为 N5 处理,数值为 10.83 kg·48 m²。N4 处理下大薯重与其他处理差异显著。同时,N4 大薯率为 96.87%,仅次于 N2 处理的 97.53%,大薯率最低的处理为 N5。

再降低的趋势。其中 N4 处理氮肥用量为 210 kg·hm⁻²时,单株结薯数、单株结薯重达到最高值,分别为 6.47 个·株⁻¹和 1.16 kg·株⁻¹,与其

他处理差异显著,说明在水肥一体化条件下,氮肥的用量对马铃薯单株结薯数、单株结薯重有显著影响。

表 4 不同试验处理下马铃薯单株结薯数及单株结薯重		
处理	单株结薯数/(个·株 ⁻¹)	单株结薯重/(kg·株 ⁻¹)
N1	5.27±0.94 d	0.92±0.16 c
N2	5.87±0.40 b	1.09±0.09 b
N3	5.93±0.37 b	1.11±0.14 b
N4	6.47±0.26 a	1.16±0.11 a
N5	5.53±0.57 c	1.11±0.07 b

2.3 不同处理下马铃薯产量比较

由表 5 可知,随着施氮量的提高,马铃薯产量呈现先增加再降低的趋势,N4 处理产量达到最高为 55 034.3 kg·hm⁻²,较 N1 处理增产 19.66%。对试验产量结果数据进行方差分析,处理间 $F=6.466[F_{(4,10)}=6.466]$, $F>F_{0.05}$,表明处理间差异显著。

表 5 不同处理马铃薯产量		
处理	鲜重/(kg·hm ⁻²)	增产率/%
N1	44217.49±210.08 d	
N2	51107.89±280.57 b	13.49
N3	51653.04±76.65 b	14.40
N4	55034.30±188.67 a	19.66
N5	50628.73±360.54 c	12.67

采用一元二次施肥模型,在磷、钾二水平基础上对不同施氮水平的效应进行分析,进而得出最佳(经济)施氮量和最大施氮量^[7-8]。经拟合计算分析,得出马铃薯产量(y)与施氮量(x)的回归方程: $y=-0.238\ 4x^2+90.231x+44\ 217(R^2=0.870\ 1)$,抛物线开口向下,方程有极大值,用极值求解方法计算得出氮肥最高施肥量为 189.24 kg·hm⁻²,最高产量为 52 754.79 kg·hm⁻²。氮肥利用率为 24.81%,较当地常规施肥氮肥利用率提高了 79.35%。采用的肥料价格尿素(纯 N)为 3.48 元·kg⁻¹、马铃薯价格为 1.50 元·kg⁻¹,可计算得出纯氮经济最佳施肥量为 184.38 kg·hm⁻²,最佳产量为 52 749.15 kg·hm⁻²。此时氮肥利用率为 25.45%,较当地常规施肥氮肥利用率提高了 83.95%。

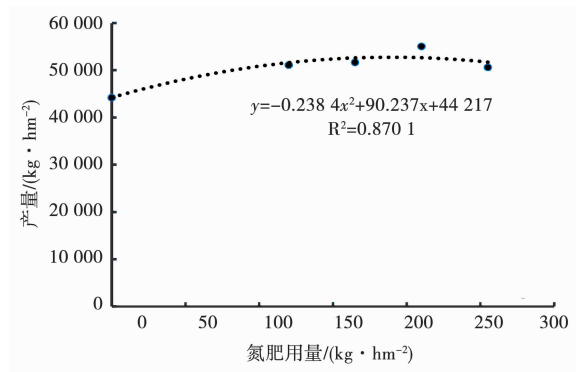


图 1 马铃薯氮肥用量与马铃薯产量效应曲线

3 讨论

马铃薯生产中,养分供应平衡是产量高低的关键因素^[8],其中氮素对马铃薯的生长起到至关重要的作用,氮素的供应失衡将严重影响马铃薯的正常生长发育,进而导致产量的降低^[9-11]。氮素的平衡供应可有效协调马铃薯茎叶及块茎的生长,使光合和储存器官拥有更加适宜的比例,以提升结薯数及大中薯比例,最终提高马铃薯产量^[12]。

本研究结果表明,马铃薯单株结薯数、单株结薯重随施氮量的增加均呈现先增加再降低的趋势,其中 N4 处理氮肥用量为 210 kg·hm⁻²时,单株结薯数、单株结薯重达到最高值,马铃薯的产量最高。用一元二次施肥模型,经施氮量、产量拟合计算分析,当施氮量超过 189.24 kg·hm⁻²时,产量开始降低,这与林永忠等^[13]过多施用氮肥导致马铃薯产量降低的研究结果相一致。因此,膜下滴灌水肥一体化栽培模式下,合理的施氮量可促进马铃薯生长发育,而施氮量过高会对马铃薯正常生长发育产生抑制作用,不利于结薯数、大中薯比例和块茎产量的提高,进而导致马铃薯生产栽培中经济效益和氮肥利用率下降。

马铃薯生产栽培中氮肥适宜用量受自然条件、土壤类型、栽培管理及品种等诸多因素影响,不同地区间表现出较大差异,如内蒙古武川^[14]最适氮肥用量为 185 kg·hm⁻²,而珠三角地区^[15]和湖北省襄阳^[16]的最适氮肥用量分别为 240 和 261.7 kg·hm⁻²。本试验得出马铃薯最高产量施

氮量为 $189.24 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、经济最佳施氮量为 $184.38 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ，研究结果与其他地区不同可能受诸多因素影响，如供试品种、栽培环境、土壤基础养分特性等。

4 结论

本试验条件下，马铃薯产量随着氮肥施用量的增加呈先升高后降低的态势，氮肥施用量为 $189.24 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 时，马铃薯产量达最高值，为 $52\,754.79 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ；氮肥经济最佳施用量为 $184.38 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ，最佳产量为 $52\,749.15 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。因此，综合考虑马铃薯产量、经济效益及环境保护等方面，水肥一体化膜下滴灌马铃薯适宜的氮肥用量应该控制在 $184 \sim 190 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ，此氮肥施用水水平下可获得较高产量和较大经济效益。

参考文献：

[1] 王立谦,曾祥俊.关于黑龙江省马铃薯产业增长潜力的研究[J].黑龙江科学,2017,8(21):152-155.
[2] 董清山,范书华,解国庆,等.马铃薯“大四化”膜下滴灌栽培技术[J].中国马铃薯,2020,34(4):220-223.
[3] 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):36-43.
[4] 陈瑞英.不同水氮条件下马铃薯产量和氮肥利用特性的研究[J].中国农学通报,2012,28(3):196-201.
[5] 于静,熊兴耀,高玉林,等.中国马铃薯不同产区氮肥利用率

的比较分析[J].中国蔬菜,2019(7):43-50.

[6] 黄彩霞,施炯林.不同灌水量对加工型马铃薯产量及生态生理指标的影响[J].灌溉排水学报,2008,27(5):97-99.
[7] 刘宏胜,杨旭东,张小红,等.半干旱地区马铃薯肥料效应试验研究[J].土壤肥料,2010(6):357-359.
[8] 魏峭嵘,曹敏建,石瑛,等.氮素水平对马铃薯全生育期光合特性及产量的影响[J].基因组学与应用生物学,2017,36(1):324-330.
[9] 姜丽丽,王梓全,尤晗,等.施氮量对炸条型马铃薯产量及叶面积的影响[J].中国马铃薯,2014,28(4):212-216.
[10] 韦冬萍,宋书会,韦剑锋,等.施氮量对冬马铃薯生理性状及产量的影响[J].江苏农业科学,2015,43(11):122-124.
[11] 张婷婷,蒙美莲,陈有君,等.氮素水平对马铃薯干物质积累及库活性的影响[J].中国马铃薯,2015,29(2):75-79.
[12] 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.
[13] 林永忠,李小平,姜照伟,等.马铃薯氮素吸收积累特性与施用技术研究[J].福建农业学报,2012,27(7):679-684.
[14] 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.
[15] 黄继川,彭智平,于俊红,等.不同氮肥用量对冬种马铃薯产量、品质和氮肥利用率的影响[J].热带作物学报,2014,35(2):266-270.
[16] 张炜,杨德桦,黄小箐,等.氮肥用量对襄阳地区马铃薯产量、品质 and 经济效益的影响[J].中国土壤与肥料,2016(1):72-76.

Precise Application of Potato Nitrogen Fertilizer Under the Condition of Water and Fertilizer Integrated Management

FAN Shu-hua, DONG Qing-shan, XIE Guo-qing, WANG Yan, ZHAO Yun-tong, MENG Xiang-hai
(Mudanjiang Branch, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Mudanjiang 157000, China)

Abstract: In order to explore the effects of different nitrogen application rates on potato growth, yield and economic benefits under the condition of water and fertilizer integration, the study on precision application technology of nitrogen fertilizer for potato was carried out. In the study, Youjin was selected as the test variety and the core technology was the integration of water and fertilizer under film drip irrigation. The results showed that potato yield was firstly increased and then decreased with the increase of nitrogen application under the conditions of $120 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ (P_2O_5) and $270 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ (K_2O). When the application rate of nitrogen was $189.24 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, the yield reached the highest value of $52\,754.79 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$. The optimum amount of nitrogen fertilizer was $184.38 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, and the corresponding yield was $52\,749.15 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$. The two yield showed no significant difference. Therefore, under the experimental conditions, the suitable application rate of nitrogen fertilizer for potato should be controlled within $184 \sim 190 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ for the higher yield and economic benefits.

Keywords: potato; nitrogen fertilizer; precise application; integration of water and fertilizer