



刘双全,姬景红,刘颖,等. 黑龙江省马铃薯氮肥适宜用量研究[J]. 黑龙江农业科学,2020(9):42-45,46.

黑龙江省马铃薯氮肥适宜用量研究

刘双全¹,姬景红¹,刘颖¹,张明怡¹,刘卫平²,李志新²,张微²,赵雪²

(1. 黑龙江省农业科学院 土壤肥料与环境资源研究所/黑龙江省土壤环境与植物营养重点实验室/黑龙江省肥料工程技术研究中心,黑龙江 哈尔滨 150086;2. 黑龙江省农业科学院 克山分院,黑龙江 齐齐哈尔 161005)

摘要:为促进黑龙江省马铃薯产业发展,2017-2018 年分别在黑龙江省马铃薯主产区克山县和赵光农场进行马铃薯氮肥用量定位试验。设置养分专家系统推荐施肥处理(NE),在 NE 处理的基础上,不施氮肥处理(NE-N)、减少氮肥 50% 处理(NE-50%N)、减少氮肥 25% 处理(NE-25%N)、增加氮肥 25% 处理(NE+25%N)和增加氮肥 50% 处理(NE+50%N),研究不同施氮量处理对马铃薯产量、养分回收率以及经济效益的影响。结果表明:养分专家系统推荐施肥处理(NE)的氮肥回收率和农学效率均高于其他的氮肥处理。初步得出在黑龙江省马铃薯主产区氮肥的适宜用量为 175~201 kg·hm⁻²。

关键词:马铃薯;产量;肥料回收率;氮肥适宜用量

黑龙江省是我国马铃薯五大主产省区之一,马铃薯常年种植面积约 20 万 hm²[¹]。马铃薯是喜肥作物,氮素在马铃薯生长发育过程中有极其重要的作用。氮肥施用不足,马铃薯生长发育受限不利于产量的提高,氮肥施用过,不但不能提高马铃薯产量,还会造成肥料的浪费及环境破坏风险[²]。由于施肥量、作物养分吸收以及施肥后的产量效应存在着密切关系[³],适宜氮肥用量的确定对于马铃薯的高产高效具有重要的意义,因此关于氮肥施用对马铃薯产量、品质及养分吸收方面的研究相对较多[⁴⁻⁵]。

养分专家系统(Nutrient Expert,NE)是在大量田间试验的基础上,以养分管理的 4R 理论为依据,考虑了目标产量、土壤养分基础供应、上季

作物残留养分,同时也考虑了氮素的平衡,利用计算机模型建立的一种新型推荐施肥方法,是对测土配方推荐施肥方法的有效补充[⁶]。为研究马铃薯种植施氮的限量标准及应用效果,本试验在黑土区进行了两年试验,主要研究了不同氮肥施用量对马铃薯产量、肥料回收率、农学效率以及经济效益等的影响,以期对黑龙江省马铃薯产业的化肥减量增效提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试土壤基本理化性状

试验于 2017 年在黑龙江省马铃薯主产区克山县和赵光农场,2018 年在克山县进行。供试土壤为黑土。两个试验点供试土壤的基本理化性状详见表 1。

表 1 供试黑土基本理化性状

Table 1 Basic physical and chemical characters of black soil

地点 Place	有机质 Organic matter/ (g·kg ⁻¹)	pH	碱解氮 Alkali-hydrolyzable nitrogen/(mg·kg ⁻¹)	速效磷 Available phosphorus/ (mg·kg ⁻¹)	速效钾 Available potassium/ (mg·kg ⁻¹)
克山 Keshan	35.7	5.94	176.7	42.1	238
赵光农场 Zhaoguang Farm	60.6	5.91	212.7	36.5	144

1.2 材料

2017 和 2018 年克山试验点供试品种为延薯 4 号,2017 年赵光农场试验点供试品种为荷兰 15。供试氮肥用尿素(N 46%),磷肥用重过磷酸钙(P₂O₅ 46%),钾肥用氯化钾(K₂O 60%)。

收稿日期:2020-05-25

基金项目:国家重点研发计划项目(2016YFD0200101);黑龙江省自然科学基金(D201705)。

第一作者:刘双全(1973-),男,硕士,研究员,从事作物养分管理研究。E-mail:shuangquanliu@126.com。

1.3 方法

1.3.1 试验设计 试验共设 6 个处理, 3 次重复, 随机排列, 小区面积 40 m²。6 个试验处理分别为 NE-N(在 NE 基础上不施氮肥)、NE-50%N(在 NE 基础上减施 50% 氮肥)、NE-25%N(在 NE 基础上减施 25% 氮肥)、NE(养分专家系统优化施肥量)、NE+25%N(在 NE

基础上增施 25% 氮肥), NE+50%N(在 NE 基础上增施 50% 氮肥), 具体施肥量详见表 2。氮肥的 50% 与全部的磷肥和钾肥的 50% 在播种时作基肥施入, 余下的 50% 氮肥和钾肥在马铃薯开花期追施。试验采用垄作管理, 垄距 90 cm, 株距 25 cm。5 月上旬播种, 9 月中旬收获。

表 2 不同施肥处理养分用量

Table 2 Nutrient dosage of the different fertilizer treatments

处理 Treatments	N/(kg·hm ²)	P ₂ O ₅ /(kg·hm ²)	K ₂ O/(kg·hm ²)	肥料成本 Fertilizer cost/(yuan·hm ²)
NE-N	0	75	150	1388
NE-50%N	90	75	150	1856
NE-25%N	135	75	150	2090
NE	180	75	150	2324
NE+25%N	225	75	150	2558
NE+50%N	270	75	150	2792

注: 尿素含 N46%, 2 400 元·t⁻¹; 重过磷酸钙含 P₂O₅ 46%, 3 000 元·t⁻¹; 氯化钾含 K₂O 60%, 3 600 元·t⁻¹; 马铃薯 1.5 元·kg⁻¹。
Note: Urea contains N46%, 2 400 yuan·t⁻¹; superphosphate contains P₂O₅ 46%, 3 000 yuan·t⁻¹; potassium chloride contains K₂O 60%, 3 600 yuan·t⁻¹; potato 1.5 yuan·kg⁻¹.

1.3.2 测定项目及方法 在 9 月中旬收获时, 每个小区取有代表性的两垄, 分别称重统计产量。每个小区按重复分别取 5 株马铃薯, 处理烘干后测定茎秆和块茎干重, 送化验室测定茎秆和块茎的全氮含量。采用凯氏定氮法测定全氮含量。

氮肥回收率主要指施入土壤中的氮被当季作物吸收利用的比例, 一般定义为施氮与不施氮马铃薯氮吸收量之差与施氮量的比值^[5]。

氮肥回收率(%)=(施氮区植株地上部吸氮量-不施氮区植株地上部吸氮量)/施氮量×100;
氮农学效率是指施入单位氮的作物增产量, 由施氮肥小区与不施氮肥小区的产量差与氮肥施入量的比值计算所得。

氮肥农学效率(kg·kg⁻¹)=(施氮区产量-不施氮区产量)/施氮量

产量与施氮量关系用一元二次方程计算:

$$Y=aX^2+bX+c$$

式中 Y 代表产量(t·hm⁻²), X 代表施氮量(kg·hm⁻²), a、b、c 为常数。

效益与施氮量关系用一元二次方程计算:

$$Y=aX^2+bX+c$$

式中 Y 代表效益(元·hm⁻²), X 代表产量(t·hm⁻²), a、b、c 为常数。

1.3.3 数据分析 采用 Excel 2013 和 SPSS 13.0 进行数据的统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同施氮处理对马铃薯产量和效益的影响

由表 3 可知, 两年三点试验中, NE 处理马铃薯平均产量最高, 2017 年克山县 NE 处理增产率显著高于其他处理, 赵光农场 NE+25% 和 NE+50%N 处理显著高于 NE-25%N 和 NE-50%N 处理; 2018 年克山县 NE 处理增产率仅显著高于 NE-50% 和 NE+50%N 处理。与 NE-N 处理(对照)相比较, 不同施氮量处理增产幅度为 25.3%~53.9%, 随着施氮量的增加, 马铃薯产量先增加后减少, 产量与施氮量方程是 $Y=-0.0003X^2+0.1204X+22.775$, 根据一元二次方程式, 可知当施氮量 $X=-b/(2a)$ 时, 产量 Y 有最大值 $Y=(4ac-b^2)/(4a)$, 据此可求得, 当施氮量为 201 kg·hm⁻² 时, 马铃薯的最大产量为 34.9 t·hm⁻²。由于方程拟合是表征各个梯度氮肥用量与马铃薯产量的关系, 而不是以某一组数据确定的, 因此虽然在表 3 中当氮肥用量为 180 kg·hm⁻², 三试验点 NE 处理实际最高平均产量为 36.1 t·hm⁻², 高于方程拟合的最大产量 34.9 t·hm⁻², 但在指导氮肥用量时仍应以方程拟合数据更合理。

表 3 不同施氮肥处理的产量和效益比较

Table 3 Yield and benefit of the different nitrogen fertilizer treatments

年份地点 Year and site	处理 Treatments	产量 Yield/ (t·hm ⁻²)	增产率 Yield increase rate/%	收益 Benefit/ (yuan·hm ⁻²)	增效 Benefit increase/ (yuan·hm ⁻²)
2017 年 克山县 Keshan county in 2017	NE—N	27.4±1.2 b	-	39737±1816 c	-
	NE—50%N	33.2±1.6 ab	21.7±1.5 b	47894±1414 b	8157±2544 b
	NE—25%N	34.3±1.1 ab	25.5±1.6 b	49410±1639 ab	9673±1442 b
	NE	41.3±2.0 a	51.9±2.3 a	59551±2806 a	19814±5614 a
	NE+25%N	33.8±1.7 ab	23.3±1.9 b	48192±3514 ab	8455±1047 b
	NE+50%N	31.8±1.3 ab	16.4±1.2 b	44833±573 b	5096±975 b
2017 年 赵光农场 Zhaoguang farm in 2017	NE—N	11.8±1.3 c	-	16323±2004 c	-
	NE—50%N	14.7±1.8 bc	30.0±2.5 c	20211±1700 bc	3888±578 c
	NE—25%N	18.5±0.8 abc	61.3±3.1 b	25654±1169 abc	9331±987 b
	NE	20.8±2.6 ab	76.1±3.5 ab	28854±1857 ab	12531±2331 a
	NE+25%N	22.9±0.3 a	98.2±4.1 a	31786±423 a	15463±1767 a
	NE+50%N	20.7±2.0 ab	82.7±4.7 a	28197±1032 ab	11874±1964 ab
2018 年 克山县 Keshan county in 2018	NE—N	31.1±2.5 b	-	45212±3771 c	-
	NE—50%N	40.2±1.6 a	30.3±2.5 b	58444±2392 ab	13232±1442 bc
	NE—25%N	43.1±2.5 a	41.8±3.1 ab	62510±3035 a	17298±3435 ab
	NE	46.1±1.4 a	51.2±3.9 a	66876±2079 a	21664±2807 a
	NE+25%N	43.3±2.3 a	40.9±4.5 ab	62392±3008 a	17180±2590 abc
	NE+50%N	37.7±1.0 a	23.5±2.8 b	53758±1502 b	8546±814 c
平均 Mean	NE—N	23.4	-	33758	-
	NE—50%N	29.4	25.3	42183	8426
	NE—25%N	32.0	36.4	45859	12101
	NE	36.1	53.9	51761	18003
	NE+25%N	33.3	42.3	47457	13699
	NE+50%N	30.0	28.2	42263	8505

注：同列不同小写字母代表 5%水平上差异显著。
Note:Different lowercase letter indicates significant difference at 0.05 level in the same column.

从不同施氮处理对马铃薯经济效益影响来看,两年三点试验均表明,NE 处理马铃薯效益均最高,显著高于 NE-N 处理。与 NE-N 处理(对照)相比较,不同施氮量处理效益增加幅度为 8 426~18 003 元·hm⁻²,随着施氮量的增加,马铃薯效益先增加后减少,效益与施氮量方程是 $Y = -0.5007X^2 + 175.41X + 32776$,根据一元二次方程式,可知当施氮量 $X = -b/(2a)$ 时,产量 Y 有最大值 $Y = (4ac - b^2)/(4a)$,据此可求得,当施氮量为 175 kg·hm⁻² 时,马铃薯的最大效益为 48 139 元·hm⁻²。

综合施氮处理对马铃薯的产量和经济效益影响来看,在黑龙江马铃薯主产区氮肥的适宜用量为 175~201 kg·hm⁻²。

2.2 不同施氮处理对马铃薯氮肥回收率和氮农学效率的影响

肥料回收率是评价施肥效果的重要指标。肥料的农学效率能够反映施肥的增产效果,是施肥增产效应的重要指标。由表 4 可以看出,2017-2018 年克山和赵光农场试验中的不同施氮量处理的平均氮肥回收率为 20.5%~33.6%,平均氮肥农学效率为 24.5~70.1 kg·kg⁻¹,随着氮肥用

表 4 不同施氮肥处理的回收率和农学效率比较
Table 4 Nitrogen recovery ratio and agronomic efficiency of the different treatments

年份地点 Year and site	处理 Treatments	氮回收率 Nitrogen recovery/%	氮农学效率 Nitrogen agronomic efficiency/(kg·kg ⁻¹)
2017 年	NE-N	-	-
克山县	NE-50%N	36.8±3.7 a	63.9±2.5 ab
Ke shan county	NE-25%N	32.1±3.5 ab	51.2±2.8 ab
in 2017	NE	31.2±2.6 ab	76.9±3.4 a
	NE+25%N	20.4±3.1 b	42.4±2.1 b
	NE+50%N	19.9±1.6 c	16.0±1.8 c
2017 年	NE-N	-	-
赵光农场	NE-50%N	33.8±5.2 a	32.3±2.5 b
Zhao guang farm in	NE-25%N	25.8±2.6 ab	49.5±4.1 a
2017	NE	19.9±2.1 b	49.9±3.7 a
	NE+25%N	25.0±3.1 ab	49.3±2.8 a
	NE+50%N	23.1±2.4 b	32.8±1.7 b
2018 年	NE-N	-	-
克山县	NE-50%N	30.2±2.3 a	86.7±4.6 a
Ke shan county	NE-25%N	26.7±3.2 ab	88.9±3.9 a
in 2018	NE	27.8±2.8 ab	83.7±4.3 a
	NE+25%N	24.5±2.2 ab	54.4±3.2 b
	NE+50%N	18.5±1.5 b	24.6±1.7 c
平均	NE-N	-	-
Mean	NE-50%N	33.6	65.9
	NE-25%N	28.2	63.2
	NE	26.3	70.1
	NE+25%N	23.3	44.1
	NE+50%N	20.5	24.5

量的增加氮肥利用率降低。除 2017 年赵光农场 NE 处理氮肥回收率较低外,氮肥回收率和氮肥

农学效率均以 NE、NE-25%N 和 NE-50%N 处理较高,高于 NE+25%N 和 NE+50%N 处理。优化处理的施肥量和养分投入比例增加了马铃薯对氮素养分的吸收,从而提高了肥料的回收率。

3 结论

通过两年三点试验研究不同施氮处理对马铃薯产量、肥料回收率以及经济效益的影响,结果表明,NE 处理马铃薯产量最高,随着施氮量的增加,马铃薯产量先增加后减少。通过肥料效应函数拟合,综合施氮处理对马铃薯的产量和经济效益影响来看,在黑龙江省马铃薯主产区氮肥的适宜用量为 175~201 kg·hm⁻²。不同施氮量处理的平均氮肥回收率为 20.5%~33.6%,平均氮肥农学效率为 24.5~70.1 kg·kg⁻¹,随着氮肥用量的增加氮肥利用率降低。NE 优化施肥处理在保证马铃薯稳产的同时,也实现其经济效益的最大化,提高了氮肥回收率和农学效率,说明马铃薯养分专家系统适于在黑龙江省马铃薯主产区应用,其具体长期应用效果还有待于进一步研究。

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] 宫占元,焦峰,翟瑞常.马铃薯的氮营养及氮肥应用效果研究进展[J].现代化农业,2012(8):9-13.
[3] 徐新朋,张佳佳,丁文成,等.基于产量反应的粮食作物养分专家系统微信版应用[J].中国农业信息,2019,31(6):74-84.
[4] 谷浏涟,孙磊,石瑛,等.氮肥施用时期对马铃薯干物质积累转运及产量的影响[J].土壤,2013,45(4):610-615.
[5] 蒋勇,李振鑫,唐晓勇,等.氮素对马铃薯生理性状及产量形成的影响[J].蔬菜,2018(11):15-21.
[6] 徐亚新,何萍,仇少君,等.我国马铃薯产量和化肥利用率区域特征研究[J].植物营养与肥料学报,2019,25(1):22-35.

Study on Appropriate Amount of Nitrogen Fertilizer
on Potato in Heilongjiang Province

LIU Shuang-quan¹, JI Jing-hong¹, LIU Ying¹, ZHANG Ming-yi¹, LIU Wei-ping², LI Zhi-xin²,
ZHANG Wei², ZHAO Xue²

(1. Institute of Soil Fertilizer and Environment Resources, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences/Key Laboratory of Soil Environment and Plant Nutrition of Heilongjiang Province/Heilongjiang Fertilizer Engineering Research Center, Harbin 150086, China; 2. Keshan Branch, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Qiqihar 161005, China)



王宇先,孙士明,徐莹莹,等. 黑龙江省半干旱地区生长季玉米秸秆腐解特征研究[J]. 黑龙江农业科学,2020(9):46-48.

黑龙江省半干旱地区生长季玉米秸秆腐解特征研究

王宇先¹,孙士明²,徐莹莹¹,刘玉涛¹,杨慧莹¹,高盼¹,赵蕾¹

(1. 黑龙江省农业科学院 齐齐哈尔分院,黑龙江 齐齐哈尔 161006;2. 黑龙江省农业机械工程科学研究院,黑龙江 哈尔滨 150081)

摘要:为实现黑龙江省半干旱地区玉米秸秆全量还田,采用尼龙网袋法在生长季进行不同耕层深度秸秆腐解玉米秸秆质量损失率及腐解速率变化研究。结果表明:秸秆质量损失率最大和秸秆腐解速度最快的耕层均为10~20 cm,秸秆质量损失率和秸秆腐解速度最快的时期为埋入耕层后90 d,此时正值雨热同期,有利于加快秸秆腐解。

关键词:玉米;秸秆;腐解;半干旱地区

高纬度半干旱地区是黑龙江省重要的商品粮生产基地,玉米种植面积大,玉米秸秆资源非常丰富,然而玉米秸秆利用率较低。大量秸秆被焚烧导致环境污染现象严重,掠夺式的种植和长期单一化肥的投入,导致耕地质量下降,产量徘徊不前^[1-2]。当前对玉米秸秆的资源化利用方式很多,但实行玉米秸秆直接还田才是解决农田玉米秸秆问题的最有效途径,而且实行玉米秸秆就地还田,非常有利于改善土壤质量,改善农田生态系统^[3]。然而,玉米秸秆腐解速度问题是中国目前制约玉米秸秆直接全量还田的一个重要因素^[4-6]。

黑龙江省西部半干旱区光热资源相对比较丰富,作物生长季节自然资源匹配较好,适宜作物的生长。由于纬度较高,无霜期相对较短,种植作物都是一年一季,如果玉米秸秆还田后来不及腐解时下季作物的正常播种或生长就会受到影响,所以玉米秸秆腐解速度慢影响了玉米秸秆全量直接还田的推行^[7]。如何针对高纬度半干旱区域特点,了解玉米秸秆的腐解特征,更好地促进玉米秸秆直接全量还田的进行,是生产上面临的一个紧迫问题。本研究采用尼龙网丝袋法研究黑龙江省西部地区玉米秸秆质量损失率及腐解速率,探索高寒半干旱地区玉米秸秆腐解特征,对于推进秸秆资源化循环利用,改善农业生态环境,揭示作物增产增效机理具有重要的理论意义和实践意义。

收稿日期:2020-05-30

基金项目:国家重点研发计划项目(2016YFD070030103);齐齐哈尔市科技局农业科技攻关项目(NYGG-201910)。

第一作者:王宇先(1982-),男,硕士,助理研究员,从事旱作农业技术研究。E-mail:wyyx13836209470@163.com。

Abstract: In order to promote potato production in Heilongjiang Province, this study was carried out to determine the amount of nitrogen fertilizer for potatoes in Keshan county and Zhaoguang farm, the main potato producing areas in Heilongjiang Province, from 2017 to 2018. The nutrient expert system was set up to recommend fertilization treatment (NE). On the basis of NE treatment, we set up other four nitrogen treatments including no nitrogen fertilizer was applied (NE-N), 50% nitrogen fertilizer was reduced (NE-50% N), 25% nitrogen fertilizer was reduced (NE-25% N), 25% nitrogen fertilizer was increased (NE+25% N), and 50% nitrogen fertilizer was increased (NE+50% N), the aim was to study the effects of different nitrogen treatments on potato yield, nutrient recovery and economic benefits. The results of two years' average showed that the nitrogen recovery rate and agronomic efficiency of the optimized fertilizer treatment were higher than those of other nitrogen treatments. According to the preliminary results of this study, the appropriate nitrogen fertilizer amount in the potato production areas of Heilongjiang Province was 175-201 kg·hm⁻², based on the effects of different nitrogen application rates on yield and efficiency, nitrogen recovery rate and agronomic efficiency.

Keywords: potato; yield; fertilizer recovery rate; suitable amount of nitrogen fertilizer