

中国5个区域马铃薯土壤氮素丰缺指标与适宜施氮量

孙洪仁^{1*}, 江丽华², 张吉萍³, 吕玉才³, 王应海⁴

(1. 中国农业大学草地研究所, 北京 100193; 2. 中国薯网·内蒙古金豆农业科技有限公司, 内蒙古 呼和浩特 010020;

3. 凯风新农(北京)科技有限公司, 北京 100095; 4. 北京东方润泽生态科技股份有限公司, 北京 100086)

摘要: 对自20世纪80年代以来中国开展的马铃薯土壤氮素丰缺指标与适宜施氮量研究进行了系统总结。结果表明, 30年来中国马铃薯土壤氮素丰缺指标与适宜施氮量皆出现了上升趋势; 不同区域马铃薯土壤氮素丰缺指标差异很大, 缺氮处理相对产量90%的土壤碱解氮和全氮含量指标分别变动于119~262 mg/kg和1.2~2.2 g/kg; 除内蒙古、福建和重庆外, 中国马铃薯土壤氮素丰缺指标研究存在很多空白区域; 中国马铃薯土壤普遍缺氮, 氮素丰缺级别集中于级别较低的第3~5级, 缺氮处理相对产量大多介于60%~90%; 土壤养分丰缺指标研究的试验点数不宜过少, 丰缺指标高端和低端可以各采用一个外推数据, 但应予以注明; 可以采用“养分平衡—地力差减法”确定不同氮素丰缺级别马铃薯土壤的适宜施氮量; 适宜施氮量与土壤氮素丰缺级别线性负相关, 与目标产量线性正相关; 当氮肥当季利用率40%、目标产量15.0~60.0 t/hm²时, 马铃薯土壤氮素丰缺级别第1~7级的适宜施氮量范围依次为0~0, 23~90, 45~180, 68~270, 90~360, 113~450和135~540 kg/hm²。

关键词: 测土施肥; 土壤养分; 碱解氮; 全氮; 丰缺指标; 施肥量

Abundance-deficiency Indices of Soil N and Appropriate Nitrogen Application Rate for Potato in Five Regions of China

SUN Hongren^{1*}, GANG Lihua², ZHANG Jiping³, LU Yucan³, WANG Yinghai⁴

(1. Institute of Grassland Science, China Agricultural University, Beijing 100193, China; 2. China Potato Net·Inner Mongolia Jindou Agriculture Technology Co., Ltd., Hohhot, Inner Mongolia 010020, China; 3. Beijing Cofine Science and Technology Co., Ltd., Beijing 100095, China; 4. Beijing Insentek Technology Co., Ltd., Beijing 100086, China)

Abstract: Researches on abundance-deficiency index (ADI) of soil nitrogen for potato (SNFP) and appropriate nitrogen fertilizer application rate (ANFAR) conducted in China since the 1980s were systematically summarized. The results showed that ADI of SNFP and ANFAR in China had appeared rising trend in 30 years. There were considerable differences in their ADI of SNFP in different regions, and ADI of soil alkaline hydrolysis nitrogen and the total nitrogen for potato for 90% relative yield (RY) of the complete nutrients treatment except nitrogen (TCNTEN) changed from 119 to 262 mg/kg and 1.2-2.2 g/kg. Except Inner Mongolia, Fujian and Chongqing, researches on ADI of SNFP in China had many blank regions. Soil N deficiency for potato in China were common, and the abundance-deficiency levels of SNFP focused on the comparatively low level 3-5, and most RYs of TCNTEN were between 60%-90%. For research on ADI of soil nutrient, the numbers of trial sites should not be too few, and using extrapolating data for the high-end and low-end of ADI should be careful and

收稿日期: 2017-08-03

基金项目: 国家现代农业产业技术体系建设项目资助(CARS-35)。

作者简介: 孙洪仁(1965-), 男, 硕士, 副教授, 研究方向为牧草与作物水肥管理。

*通信作者(Corresponding author): 孙洪仁, E-mail: sunhongren@cau.edu.cn。

indicated. ANFAR for different abundance-deficiency levels of SNFP could be determined with methods of nutrient balance and dissimilar subtraction of soil fertility. ANFAR and the abundance-deficiency level of SNFP are linear negative correlation. ANFAR and the yield goal are linear positive correlation. When the nitrogen fertilizer use efficiency in current season is 40% and the target yield is 15.0-60.0 t/ha, ANFAR for the SNFP abundance-deficiency level 1-7 from high to low are 0-0, 23-90, 45-180, 68-270, 90-360, 113-450 and 135-540 kg/ha, respectively.

Key Words: soil testing and fertilizer recommendation; soil nutrient; alkaline hydrolysis nitrogen; total nitrogen; abundance-deficiency index; fertilizer application rate

中国于20世纪80年代开始开展马铃薯土壤氮素丰缺指标与适宜施氮量研究^[1]。30年来,许多研究文献见诸学术刊物^[1-14]。由于缺乏系统总结,许多问题不能得以明确回答,如30年来马铃薯土壤氮素丰缺指标与适宜施氮量是否已经发生明显变化;不同区域马铃薯土壤氮素丰缺指标差异有多大;哪些自然区域马铃薯土壤氮素丰缺指标已经建立起来,是否存在空白区域;中国马铃薯土壤氮素丰缺级别分布状况如何;采用的丰缺指标分级方案各不相同,如何进行比较;不同丰缺级别的土壤马铃薯适宜施氮量范围等,不一而足。本研究拟对30年来的中国马铃薯土壤氮素丰缺指标与适宜施氮量研究进行系统总结,旨在对上述问题予以明确回答。

1 材料与方法

1.1 土壤养分丰缺指标

1.1.1 土壤养分含量与缺氮处理相对产量回归方程

利用中国知网等数据库资源,搜集中国各地开展的马铃薯土壤氮素丰缺指标研究文献,从中提取土壤碱解氮(或全氮、有机质)含量与缺氮处理相对产量回归方程,以及碱解氮(或全氮、有机质)含量和缺氮处理相对产量的范围。

1.1.2 选取土壤养分丰缺分级方案

参考测土施肥土壤有效养分丰缺分级改良方案^[15],均等化各丰缺级别的缺素处理相对产量跨度为10%,旨在保障推荐施肥精准度,使相邻级别之间的养分推荐施用量差距大体上控制在30~90 kg/hm²。做一点调整,将最高丰缺级别的缺素处理相对产量下限由95%调整为100%,旨在获得高产和高收益。由于缺素处理相对产量低于50%出现的比例很低,因此将<50%者归并为一,于是得到第1~7级的缺素处

理相对产量范围依次为≥100%, 90%~100%, 80%~90%, 70%~80%, 60%~70%, 50%~60%和<50%。

1.1.3 确定有效养分丰缺指标

将土壤有效养分丰缺分级方案中,第1~7级的缺素处理相对产量的起讫点数值100%, 90%, 80%, 70%, 60%和50%,分别代入土壤氮素含量与缺氮处理相对产量回归方程,计算土壤氮素含量,所得数值即为第1~7级土壤氮素丰缺指标的起讫点。对于超出土壤氮素含量和缺氮处理相对产量试验范围的外推数据,高端和低端分别允许保留1个。

1.2 适宜施氮量

1.2.1 计算公式

采用“养分平衡—地力差减法”确定适宜施氮量的新应用公式^[16](式(1))和“土壤养分丰缺指标法”不同丰缺级别土壤适宜施肥量检索表^[17],确定不同丰缺级别土壤的适宜施氮量。

$$F = A \times (1 - R) \div E \quad (1)$$

式(1)中 F 为适宜施用养分量, A 为目标产量作物移出养分量, R 为缺素处理相对产量, E 为养分当季利用率。

1.2.2 确定缺氮处理相对产量

选取各个丰缺级别的缺氮处理相对产量下限作为该级别的缺氮处理相对产量,第1~7级依次确定为100%, 90%, 80%, 70%, 60%, 50%和40%。

1.2.3 确定目标产量

将全肥处理产量作为马铃薯目标产量。全国各地马铃薯目标产量差异很大,雨养农田低者不足15 t/hm²,而灌溉农田高者可达60 t/hm²以上。根据生产实践需要,确定7个具体目标产量,分别为15.0, 22.5, 30.0, 37.5, 45.0, 52.5和60.0 t/hm²。

1.2.4 确定单位经济产量作物移出氮量

单位经济产量马铃薯移出氮量(N)存在差异,

通常介于5~7 kg/t, 本研究确定为6 kg/t^[4,18-21]。

1.2.5 确定目标产量作物移出氮量

15.0, 22.5, 30.0, 37.5, 45.0, 52.5 和 60.0 t/hm² 7个具体目标产量马铃薯移出氮量(N)依次为 90, 135, 180, 225, 270, 315 和 360 kg/hm²。

1.2.6 确定氮肥当季利用率

中国马铃薯氮肥当季利用率差异较大, 高者可达50%以上, 低者不足30%。当前生产条件下, 施肥制度相对合理时, 氮肥当季利用率大体上在30%~

50%。本研究设置30%, 40%和50%3个氮肥当季利用率。

2 结果与分析

2.1 土壤氮素含量与缺氮处理相对产量回归方程

如表1所示, 搜集提取出5个省、市、自治区马铃薯土壤碱解氮和全氮含量与缺氮处理相对产量回归方程的数量分别为9和6个, 合计15个。

采用自然对数模型的回归方程13个, 采用自

表1 中国5个区域马铃薯土壤氮素含量与缺氮处理相对产量回归方程

Table 1 Regression equation between soil nitrogen content and relative yield of complete nutrients treatment except nitrogen for potato in five regions of China

区域 Region	回归方程 Regression equation	决定系数(R^2) (或 F 值) Determination coefficient (Or F value)	样本 数量 Sample number	碱解氮(mg/kg) [或全氮(g/kg)] Alkaline hydrolysis nitrogen (Or total nitrogen)	相对产量 (%) Relative yield	文献 Reference
呼和浩特 Hohhot□◎	$y = 177.4\text{EXP}(-74.4/x)$					[1]
呼和浩特 Hohhot□◎△	$y = 166.3\text{EXP}(-0.8/x)$					[1]
阴山南麓 Yinshan mountain south foothill△	$y = 27.56\text{Ln}x + 77.38$	0.459**	96			[2]
阴山北麓 Yinshan mountain north foothill△	$y = 25.1\text{Ln}x + 70.67$	0.246 3**	198			[3]
内蒙古固阳 Guyang, Inner Mongolia◎△	$y = 33.364\text{Ln}x + 77.39$	0.755**	24			[4]
内蒙古固阳 Guyang, Inner Mongolia△	$y = 33.279\text{Ln}x + 84.783$	0.641**	22			[5]
内蒙古四子王旗 Siziwang banner, Inner Mongolia△	$y = 31.89\text{Ln}x + 86.6$	0.758 5**	14	0.3~1.2	40~95	[6]
甘肃山丹 Shandan, Gansu◎	$y = 44.568\text{Ln}x - 122.95$	0.975 1**	14	48~129		[7]
甘肃庄浪 Zhuanglang, Gansu	$y = 37.81\text{Ln}x - 93.872$	0.760 4**	27	40~143	45~96	[8]
陕西商洛 Shangluo, Shaanxi	$y = 30.515\text{Ln}x - 59.65$	0.942 1**	76	60~170	60~100	[9]
陕西安康 Ankang, Shaanxi	$y = 32.102\text{Ln}x - 86.364$	0.591 6**	32		22~85	[10]
重庆 Chongqing	$y = 45.775\text{Ln}x - 148.59$	0.401 9**	21	90~200	40~95	[11]
福建 Fujian◇	$y = 18.91\text{Ln}x - 15.24$	57.5**☆	88	20~270	40~95	[12]
福建古田 Gutian, Fujian◇	$y = 24.475\text{Ln}x - 40.034$	0.933 3**	10	74~197	60~90	[13]
福建南安 Nanan, Fujian◇	$y = 29.149 8\text{Ln}x - 59.860 3$	10.83**☆	28	49~159	40~90	[14]

注: □表示20世纪80年代研究结果, ◎表示灌溉农田, △表示全氮, ◇表示冬种, ☆表示 F 值。下同。

Note: □ indicates the results in 1980s, ◎ indicates irrigated farmland, △ indicates total nitrogen, ◇ indicates winter cropping, ☆ indicates F value. The same below.

然指数者2个。样本数量(试验点数)10~14, 15~20, 21~30, 31~40, 41~70, 71~100, 101~200个和原文献未注明的研究数量依次为3, 0, 5, 1, 0, 3, 1和2个。显著水平达到极显著($P < 0.01$)、显著($P < 0.05$)和原文献未注明的回归方程数量分别为13, 0和2个。决定系数 ≥ 0.5 , < 0.5 和原文献未注明的回归方程数量分别为8, 3和4个。

碱解氮含量下限20~40, 41~50, 51~60, 61~90 mg/kg和原文献未注明的研究数量依次为2, 2, 1, 2和2个; 上限121~130, 131~160, 161~200, 201~300 mg/kg和原文献未注明者依次为1, 2, 3, 1和2个。

缺氮处理相对产量下限21%~29%, 30%~39%, 40%~49%, 50%~59%, 60%~69%和原文献未注明的研究数量依次为1, 0, 5, 0, 2和7个; 上限80%~

89%, 90%~99%, $\geq 100\%$ 和原文献未注明者分别为1, 6, 1和7个。

内蒙古、福建和重庆3个省、市、自治区的马铃薯土壤氮素含量与缺氮处理相对产量回归方程研究较多且系统, 甘肃和陕西2省开展了一些市域和县域研究, 其他地区皆为空白。

2.2 土壤碱解氮和全氮丰缺指标

如表2所示, 建立中国5个区域马铃薯土壤氮素丰缺指标15套, 其中碱解氮9套、全氮6套。注明土壤碱解氮(或全氮)含量或缺氮处理相对产量的9项研究皆含外推数据, 其中一端含有者4套, 两端含有者5套; 低端不含者5套, 高端不含者0套。不用外推数据, 分级数量3, 4, 5和6个分别为1, 2, 2和4套, 第1~7级划出比例依次为0%,

表2 中国5个区域马铃薯土壤碱解氮(mg/kg)[或全氮(g/kg)]丰缺指标
Table 2 Abundance-deficiency indices of soil alkaline hydrolysis nitrogen (mg/kg)
[or total nitrogen (g/kg)] for potato in five regions of China

区域 Region	级别 Level						
	7	6	5	4	3	2	1
	相对产量(%) Relative yield						
	< 50	50~60	60~70	70~80	80~90	90~100	≥ 100
呼和浩特 Hohhot□◎	< 59	59~69	69~80	80~94	94~110	110~130	≥ 130
呼和浩特 Hohhot□◎△	< 0.7	0.7~0.8	0.8~0.9	0.9~1.1	1.1~1.3	1.3~1.6	≥ 1.6
阴山南麓 Yinshan mountain south foothill△	< 0.4	0.4~0.6	0.6~0.8	0.8~1.1	1.1~1.6	1.6~2.3	≥ 2.3
阴山北麓 Yinshan mountain north foothill△	< 0.5	0.5~0.7	0.7~1.0	1.0~1.5	1.5~2.2	2.2~3.3	≥ 3.3
内蒙古固阳 Guyang, Inner Mongolia◎△	< 0.5	0.5~0.6	0.6~0.8	0.8~1.1	1.1~1.5	1.5~2.0	≥ 2.0
内蒙古固阳 Guyang, Inner Mongolia△	< 0.4	0.4~0.5	0.5~0.7	0.7~0.9	0.9~1.2	1.2~1.6	≥ 1.6
内蒙古四子王旗 Siziwang banner, Inner Mongolia△	< 0.4	0.4~0.5	0.5~0.6	0.6~0.9	0.9~1.2	1.2~ <u>1.6</u>	$\geq$ <u>1.6</u>
甘肃山丹 Shandan, Gansu◎	< 49	49~61	61~76	76~95	95~119	119~ <u>149</u>	$\geq$ <u>149</u>
甘肃庄浪 Zhuanglang, Gansu	< 45	45~59	59~77	77~100	100~130	130~ <u>169</u>	$\geq$ <u>169</u>
陕西商洛 Shangluo, Shaanxi		< <u>51</u>	<u>51</u> ~70	70~98	98~135	135~ <u>188</u>	$\geq$ <u>188</u>
陕西安康 Ankang, Shaanxi	< 70	70~96	96~131	131~179	179~ <u>244</u>	$\geq$ <u>244</u>	
重庆 Chongqing	< <u>77</u>	<u>77</u> ~96	96~119	119~148	148~184	184~ <u>229</u>	$\geq$ <u>229</u>
福建 Fujian◇	< 32	32~54	54~91	91~154	154~262	262~444	≥ 444
福建古田 Gutian, Fujian◇		< <u>60</u>	<u>60</u> ~90	90~135	135~ <u>203</u>	$\geq$ <u>203</u>	
福建南安 Nanan, Fujian◇	< <u>44</u>	<u>44</u> ~62	62~87	87~122	122~ <u>171</u>	$\geq$ <u>171</u>	

注: 带下划线者为外推数据。

Note: Underlined data is extrapolated data.

67%, 100%, 100%, 100%, 78%和56%。

采用外推数据, 第1级碱解氮含量下限130~150, 151~200, 201~250, 251~400和401~450 mg/kg的丰缺指标数量分别为2, 2, 2, 2和1个, 第7级碱解氮含量上限30~40, 41~50, 51~60, 61~70和71~80 mg/kg者分别为3, 3, 1, 1和1个; 第1级全氮含量下限1.6, 2.0~2.5和2.6~3.5 g/kg的丰缺指标数量分别为3, 2和1个, 第7级全氮含量上限0.4, 0.5和0.7 g/kg分别为3, 2和1个。

南方马铃薯土壤碱解氮高级别丰缺指标高于北方, 福建冬种马铃薯尤高。20世纪80年代呼和浩特之灌溉农田土壤碱解氮高级别丰缺指标最低。马铃薯土壤全氮丰缺指标集中于内蒙古。阴山北麓雨养农田土壤全氮高级别丰缺指标明显高于其他地区, 但地处阴山北麓之四子王旗和固阳的雨养农田土壤全氮高级别丰缺指标却最低。固阳灌溉农田土

壤全氮丰缺指标略高于雨养农田。四子王旗和固阳的雨养农田土壤全氮最高级别丰缺指标与20世纪80年代呼和浩特之灌溉农田同为最低。

2.3 不同丰缺级别土壤适宜施氮量

中国马铃薯不同丰缺级别土壤适宜施氮量如表3所示。适宜施氮量与土壤氮素丰缺级别线性负相关。当目标产量和氮肥当季利用率一定时, 土壤氮素丰缺级别越高, 适宜施氮量越小; 土壤氮素丰缺级别越低, 适宜施氮量越大。以土壤氮素丰缺级别第2级之适宜施氮量为基数, 每降低1个级别, 适宜施氮量提高1倍, 第3~7级的适宜施氮量依次是第2级的2~6倍。

适宜施氮量与目标产量线性正相关。当土壤氮素丰缺级别和氮肥当季利用率一定时, 目标产量越大, 适宜施氮量越大; 目标产量越小, 适宜施氮量越小。以目标产量15.0 t/hm²的适宜施氮量为基数, 目标产量

表3 中国马铃薯不同丰缺级别土壤适宜施氮量(N, kg/hm²)

Table 3 Appropriate nitrogen application rate in soils with different abundance-deficiency levels for potato in China (N, kg/ha)

目标产量(t/hm ²) Target yield (t/ha)	级别 Level 相对产量(%) Relative yield	7	6	5	4	3	2	1
		< 50	50~60	60~70	70~80	80~90	90~100	≥100
15.0	A	≥108	90	72	54	36	18	0
	B	≥135	113	90	68	45	23	0
	C	≥180	150	120	90	60	30	0
22.5	A	≥162	135	108	81	54	27	0
	B	≥203	169	135	101	68	34	0
	C	≥270	225	180	135	90	45	0
30.0	A	≥216	180	144	108	72	36	0
	B	≥270	225	180	135	90	45	0
	C	≥360	301	239	180	121	59	0
37.5	A	≥270	225	180	135	90	45	0
	B	≥338	281	225	169	113	56	0
	C	≥450	376	299	225	151	74	0
45.0	A	≥324	270	216	162	108	54	0
	B	≥405	338	270	203	135	68	0
	C	≥540	451	359	270	181	89	0
52.5	A	≥378	315	252	189	126	63	0
	B	≥473	394	315	236	158	79	0
	C	≥630	526	419	315	211	104	0
60.0	A	≥432	360	288	216	144	72	0
	B	≥540	450	360	270	180	90	0
	C	≥720	601	479	360	241	119	0

注: A、B和C分别表示氮肥当季利用率为50%, 40%和30%。

Note: A, B and C indicate 50%, 40% and 30% of nitrogen fertilizer use efficiency in current season, respectively.

22.5, 30.0, 37.5, 45.0, 52.5 和 60.0 t/hm²的适宜施氮量依次为其1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5 和 4.0 倍。

适宜施氮量与氮肥当季利用率线性负相关。当土壤氮素丰缺级别和目标产量一定时, 氮肥当季利用率越高, 适宜施氮量越小; 氮肥当季利用率越低, 适宜施氮量越大。以氮肥当季利用率30%之适宜施氮量为基数, 氮肥当季利用率40%和50%之适宜施氮量分别为其75%和60%。

目标产量60.0 t/hm²、氮肥当季利用率30%、土壤氮素丰缺级别第7级的适宜施氮量最高, ≥720 kg/hm²; 任意目标产量和氮肥当季利用率、土壤氮素丰缺级别第1级的适宜施氮量最低, 为零。

当马铃薯目标产量15.0~60.0 t/hm²、氮肥当季利用率40%时, 土壤氮素丰缺级别第1~7级的适宜施氮量范围依次为0~0, 23~90, 45~180, 68~270, 90~360, 113~450 和 135~540 kg/hm²。

3 讨 论

3.1 中国马铃薯土壤氮素丰缺指标的历史变化

无论是全氮还是碱解氮, 20世纪80年代的马铃薯土壤氮素最高级别丰缺指标皆为最低。据此初步推断, 自20世纪80年代至今, 30年来中国马铃薯土壤氮素丰缺指标出现了上升趋势。

3.2 中国马铃薯土壤氮素丰缺指标的区域差异与空白区域

本研究表明, 不同区域马铃薯土壤氮素丰缺指标差异很大。以缺氮处理相对产量90%的土壤氮素含量指标为例, 全氮高者达2.2 g/kg, 低者仅1.2 mg/kg; 碱解氮高者超过260 mg/kg, 低者不足120 mg/kg。

本研究亦表明, 除内蒙古、福建和重庆三省、市、自治区外, 中国马铃薯土壤氮素丰缺指标研究存在很多空白区域, 如东北平原、黄淮海平原、长江中下游平原、云贵高原、青藏高原以及西北荒漠绿洲、黄土高原和四川盆地的主体区域等。

3.3 中国马铃薯土壤氮素丰缺级别的分布

本研究表明, 在注明土壤碱解氮(或全氮)含量或缺氮处理相对产量的8项研究中, 不用外推数据, 第1级划出比例极低(0%); 第2、5和6级亦不高(56%~78%); 第3~5级极高(100%)。据此可以推断, 中国马铃薯土壤普遍缺氮; 土壤氮素丰缺

级别集中于级别较低的第3~5级, 缺氮处理相对产量大多介于60%~90%。

3.4 采用统一分级方案使土壤养分丰缺指标具有可比性

孙洪仁等^[15]的研究指出, 采用统一的土壤有效养分丰缺分级方案, 可以让全国乃至世界范围的土壤有效养分丰缺指标研究结果具有可比性, 不仅利于进一步开展科学研究, 而且利于各土壤有效养分丰缺级别耕地面积的宏观统计、施肥的宏观指导和肥料生产和供应的宏观决策。本研究采用略做调整的测土施肥土壤有效养分丰缺分级改良方案^[15], 对中国各地开展的马铃薯土壤氮素丰缺指标研究重新进行了统一的丰缺级别划分, 使全国范围马铃薯土壤氮素丰缺指标研究结果具有了可比性。

3.5 土壤养分丰缺指标研究中试验点数的要求

学者们一致认为, 土壤养分丰缺指标研究试验点数需要20个以上^[22-24]。假定每个丰缺级别拥有≥3个试验点较为理想, 则划分出5~7个丰缺级别时, 分别至少需要15, 18和21个试验点。本研究搜集提取出的15个回归方程中, 试验点数<15个者至少3个, 比例至少为20%。

3.6 土壤养分丰缺指标研究中外推数据的采用

一些学者认为, 土壤养分丰缺指标研究不宜采用外推数据。本研究在丰缺级别的高端和低端分别允许保留1个外推数据, 结果总体上可以采信。考虑到外推数据存在偏离实际的风险, 采用时应予以注明。

3.7 中国马铃薯适宜施氮量

20世纪80年代, 高炳德^[1]对内蒙古呼和浩特平原灌溉农田马铃薯给出的推荐施氮量上限为172.5 kg/hm²。21世纪初, 学者们对除内蒙古雨养农田^[2,3,5,6]外全国各地马铃薯给出的推荐施氮量上限较其低者仅2例^[4,9], 余者^[7,8,10-14]皆较其为高, 平均214.0 kg/hm²。据此推断, 自20世纪80年代至今, 30年来中国马铃薯适宜施氮量出现了上升趋势。

张福锁等^[19]针对北方一作区目标产量22.5~37.5 t/hm²马铃薯的推荐施氮量为0~270 kg/hm²。本研究涉及文献^[1-14]的研究表明, 全国各地目标产量15~45 t/hm²马铃薯的推荐施氮量为0~318 kg/hm²。本研究相应目标产量之马铃薯适宜施氮量与上述推荐十分接近。

本研究表明, 当马铃薯目标产量 15.0~60.0 t/hm²、氮肥当季利用率 40% 时, 土壤氮素丰缺级别第 1~7 级的适宜施氮量范围依次为 0~0, 23~90, 45~180, 68~270, 90~360, 113~450 和 135~540 kg/hm²。

3.8 采用“养分平衡—地力差减法”确定适宜施氮量

本研究采用“养分平衡—地力差减法”确定适宜施肥量的新应用公式^[6], 利用马铃薯目标产量、单位经济产量马铃薯移出氮量、马铃薯氮肥当季利用率和马铃薯缺氮处理相对产量等参数, 成功地确定了不同氮素丰缺级别马铃薯土壤的适宜施氮量, 表明可以采用“养分平衡—地力差减法”确定适宜施肥量的新应用公式确定不同氮素丰缺级别马铃薯土壤的适宜施氮量。

3.9 土壤养分丰缺级别、目标产量、肥料利用率与适宜施氮量

孙洪仁等^[7]的研究表明, 适宜施肥量与土壤养分丰缺级别线性负相关, 与目标产量线性正相关, 与肥料当季利用率线性负相关。本研究结果与其一致。

3.10 土壤养分收支平衡点

孙洪仁等^[7]的研究表明, 土壤养分收支平衡点(养分施入量等于养分移出量)因肥料当季利用率而异。肥料当季利用率 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90% 和 100% 时的土壤养分收支平衡点依次为土壤养分丰缺级别之第 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 和 11 级。本研究结果与其一致, 肥料当季利用率 30%, 40% 和 50% 时的土壤养分收支平衡点依次为土壤养分丰缺级别之第 4, 5 和 6 级。

[参 考 文 献]

- [1] 高炳德. 马铃薯氮肥施用技术的研究[J]. 马铃薯杂志, 1988, 2(2): 85-92.
- [2] 郑海春, 郜翻身, 张子义, 等. 阴山南麓旱作马铃薯的施肥指标[J]. 中国马铃薯, 2010, 24(3): 169-172.
- [3] 张子义, 郑海春, 郜翻身, 等. 内蒙古阴山北麓旱作马铃薯土壤氮、磷、钾丰缺指标研究[J]. 华北农学报, 2011, 26(3): 177-180.
- [4] 任瑞丽, 赵宏儒, 张建玲, 等. 包头市固阳县水地马铃薯测土配方施肥田间肥效试验[J]. 内蒙古农业科技, 2010(4): 63-66.
- [5] 张建玲, 赵宏儒, 马丽萍, 等. 固阳县旱地马铃薯测土配方施肥田间肥效试验[J]. 内蒙古农业科技, 2011(1): 75-77, 118.
- [6] 王丽, 贾明英. 旱地覆膜马铃薯“3414”施肥试验[J]. 现代农业科技, 2009(7): 147-149.
- [7] 鲁天文, 刘祁峰, 张卫峰, 等. 垄膜沟灌马铃薯测土施肥指标体系—以甘肃省张掖市山丹县为例[J]. 水土保持学报, 2015, 35(1): 291-296.
- [8] 贾首锋. 庄浪县马铃薯黄绵土测土配方施肥指标研究[J]. 甘肃农业科技, 2011(8): 30-34.
- [9] 李拴曹, 李存玲. 商洛市马铃薯施肥指标体系建立与应用[J]. 安徽农学通报, 2014, 20(18): 78-82.
- [10] 田越, 李勇. 陕南三县马铃薯“3414”肥料效应及土壤养分丰缺指标研究[J]. 陕西农业科学, 2014, 60(1): 15-17.
- [11] 李红梅, 熊正辉, 李伟, 等. 重庆市马铃薯测土配方施肥指标体系构建[J]. 南方农业, 2013, 7(26): 119-122, 131.
- [12] 章明清, 姚宝全, 李娟, 等. 福建冬种马铃薯氮磷钾施肥指标研究[J]. 福建农业学报, 2012, 27(9): 982-988.
- [13] 林万树, 黄功标, 曹榕斌, 等. 古田马铃薯氮磷钾肥料效应及其施肥指标体系的研究[J]. 热带作物学报, 2015, 36(5): 865-871.
- [14] 洪彩誌, 戴树荣. 南安市马铃薯测土配方施肥指标的研究[J]. 江西农业学报, 2010, 22(9): 79-83.
- [15] 孙洪仁, 曹影, 刘琳, 等. 测土施肥土壤有效养分丰缺分级改良方案[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2014(19): 1-5.
- [16] 孙洪仁, 曹影, 刘琳, 等. “养分平衡—地力差减法”确定适宜施肥量的新应用公式[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2014(7): 1-4.
- [17] 孙洪仁, 曹影, 刘琳, 等. 测土施肥不同丰缺级别土壤的适宜施肥量[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2014(23): 7-11.
- [18] 高祥照, 马常宝, 杜森. 测土配方施肥技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 2005: 132.
- [19] 张福锁, 陈新平, 陈清. 中国主要作物施肥指南[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2009: 6-27.
- [20] 刘克礼, 高聚林, 任珂, 等. 旱作马铃薯氮素的吸收、积累和分配规律[J]. 中国马铃薯, 2003, 17(6): 321-325.
- [21] 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.
- [22] 金耀青, 张中原. 配方施肥方法及其应用[M]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 1993: 43-49.
- [23] 谭金芳, 张自立, 邱慧珍, 等. 作物施肥原理与技术[M]. 2版. 北京: 中国农业大学出版社, 2011: 55-61.
- [24] 张福锁, 江荣风, 陈新平, 等. 测土配方施肥技术[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2011: 77-91.