

我国马铃薯施肥现状与减肥潜力

王西亚¹, 盛寅生^{1,2†}, 何萍^{1*}, 徐新朋¹, 曲晓晶¹, 周卫¹

(1 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所 / 北方干旱半干旱耕地高效利用全国重点实验室 / 农业农村部植物营养与肥料重点实验室, 北京 100081; 2 吉林农业大学资源与环境学院, 吉林长春 130118)

摘要: 【目的】合理施肥是保证马铃薯高产优质的重要措施, 厘清我国马铃薯主产区施肥现状, 以提高马铃薯科学施肥水平, 助力我国化肥减量增效。【方法】依托国家马铃薯产业技术体系, 于 2019—2021 年期间在我国马铃薯主产区调查了 1807 个具有代表性的马铃薯种植地块, 调查内容包括马铃薯产量、肥料种类、氮磷钾施用量和比例、施肥方法等信息。采用马铃薯养分专家推荐施肥系统, 对不同区域的肥料减施潜力进行了评价。【结果】全国马铃薯年均氮 (N)、磷 (P_2O_5) 和钾 (K_2O) 肥料养分用量分别为 252、219 和 224 kg/hm², 其中化肥投入量分别为 187、164 和 175 kg/hm², 有机肥分别为 65、56 和 48 kg/hm², 有机来源的 N、 P_2O_5 和 K_2O 养分分别占总养分投入量的 25.8%、25.6% 和 21.4%。复合肥是马铃薯生产中使用最多的肥料种类, 化肥 N、 P_2O_5 和 K_2O 养分中分别有 84.6%、95.7% 和 92.8% 来自复合肥。畜禽粪肥是最主要的有机肥源, 占有机肥总量的 82.9%。与马铃薯养分专家系统推荐肥料用量相比, 全国肥料养分减施潜力为 47.0%, 其中华北一季作区 N、 P_2O_5 、 K_2O 减施潜力分别为 17.8%、54.8%、55.2%; 东北一季作区 P_2O_5 、 K_2O 减施潜力分别为 64.6%、46.9%; 西北一季作区 N、 P_2O_5 、 K_2O 减施潜力分别为 17.3%、47.7%、21.5%; 西南一季混作区 N、 P_2O_5 、 K_2O 减施潜力分别为 7.4%、51.6%、18.3%; 南方冬作区 N、 P_2O_5 、 K_2O 减施潜力分别为 31.1%、69.7%、61.2%。【结论】我国马铃薯肥料养分总用量普遍较高且施用比例不合理, 有机肥养分所占比例偏低。采用马铃薯养分专家系统推荐施肥措施, 可节约 47.0% 左右的肥料养分用量。

关键词: 马铃薯; 施肥现状; 化肥; 有机肥; 减施潜力

Current situation and reduction potential of potato fertilization in China

WANG Xi-ya¹, SHENG Yin-sheng^{1,2†}, HE Ping^{1*}, XU Xin-peng¹, QU Xiao-jing¹, ZHOU Wei¹

(1 Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences / State Key Laboratory of Efficient Utilization of Arid and Semi-arid Arable Land in Northern China / Key Laboratory of Plant Nutrition and Fertilizer, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Beijing 100081, China; 2 College of Resources and Environmental Sciences, Jilin Agricultural University, Changchun, Jilin 130118, China)

Abstract: 【Objectives】Reasonable fertilization is required for the high yield, quality and profit of potato production. We investigated the fertilization situation of the main potato production areas around China, and the localized potential of fertilizer reduction. 【Methods】A total of 1807 potato fields in the main potato producing areas were surveyed during 2019–2021 in China. The questionnaire included potato yield, fertilizer sources and ratios of nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K) fertilizers, and the frequency of basal dressing and topdressing. The fertilizer nutrient reduction potential was evaluated using the fertilizer recommendation rate produced by Nutrient Expert (NE) system. 【Results】On average across China, the annual total N, P_2O_5 and K_2O input for potato was 252, 219, and 224 kg/hm², respectively. N 187 kg/hm², P_2O_5 164 kg/hm² and K_2O 175 kg/hm² were from chemical fertilizer, and the left from organic fertilizer. The organic nutrients accounted for 25.8%,

收稿日期: 2023-04-06 接受日期: 2023-05-03

基金项目: 国家马铃薯产业技术体系项目 (CARS-09-P31); 国家自然科学基金项目 (32272822, 31972515); 内蒙古自治区科技计划项目 (2021GG0010)。

联系方式: 王西亚 E-mail: 18236960892@163.com; †共同第一作者 盛寅生 E-mail: sys87@163.com

* 通信作者 何萍 E-mail: heping02@caas.cn

25.6%, and 21.4% of the total N, P₂O₅ and K₂O inputs. Compound fertilizer was the main chemical fertilizer source in the surveyed potato fields, supplied 84.6%, 95.7% and 92.8% of chemical N, P₂O₅ and K₂O nutrients. And 82.9% of organic fertilizer was from livestock and poultry manure. Compared with the fertilizer rate recommended by NE system, the fertilizer nutrient reduction potential across China was about 47.0%, of which the N, P₂O₅, and K₂O reduction potential in the monocropping area of North China were 17.8%, 54.8%, and 55.2%; the P₂O₅ and K₂O reduction potential in the monocropping area of Northeast China were 64.6%, and 46.9%, respectively; the N, P₂O₅, and K₂O reduction potential in the monocropping area of Northwest China were 17.3%, 47.7%, and 21.5%, respectively. The reduction potential of N, P₂O₅, and K₂O were 7.4%, 51.6%, and 18.3% in the mono/two cropping area of Southwest China, and 31.1%, 69.7%, and 61.2% in winter season area of South China, respectively. 【 **Conclusions** 】 The nutrient inputs in potato is generally high and unreasonable in nutrient ratios, particularly the low proportion of organic fertilizer nutrients. The promotion of the Nutrient Expert recommendation will save 47.0% of current fertilizer nutrient input in China, the reduction rate of N, P₂O₅, and K₂O nutrient is dependent on the cropping system, production areas, and fertilization method.

Key words: potato; fertilization status; chemical fertilizer; organic fertilizer; reduction potential

马铃薯 (*Solanum tuberosum* L.) 因其适应性强、高产和营养丰富等特点, 在世界各地广泛种植^[1-2], 是许多国家人们生活和加工生产的重要食物来源和原料, 在保障各国粮食安全和农业产业发展中具有重要的地位。我国是马铃薯种植大国, 其播种面积和总产量均居世界首位, 分别占全球总量的 25.6% 和 21.8%^[3]。然而, 我国马铃薯的单产水平却远低于欧美等一些发达国家^[4], 前人研究认为养分管理不合理是限制马铃薯单产的重要因素^[5-6]。尽管施肥问题在马铃薯生产体系中十分突显, 但由于我国马铃薯种植范围广泛, 调查难度较大, 现有马铃薯施肥调查和研究大多针对小范围马铃薯生产体系。例如, 秦永林等^[7]和李成晨等^[8]对内蒙古和广东的马铃薯养分投入情况调查表明, 两个地区马铃薯施肥中均存在氮和磷养分投入过量的问题; 吴晓宏等^[9]对湖南马铃薯主产区的施肥调查结果显示, 马铃薯氮 (N)、磷 (P₂O₅)、钾 (K₂O) 施用比例不合理, 钾肥用量偏少; 王小英等^[10]和王亚艺^[11]调查了陕西省和青海省马铃薯施肥情况, 认为多数马铃薯生产中有有机肥投入偏少, 化肥投入较多, 且化肥养分施用不平衡。目前, 对全国主要马铃薯产区的肥料养分用量及种类、有机肥养分用量、基施与追施化肥养分用量等, 涉及养分管理方面较为系统的调查分析结果鲜见报道。为此, 我们对全国马铃薯主产区肥料使用情况开展了调查, 以明晰我国马铃薯肥料施用现状, 为进一步优化马铃薯施肥、提高产量品质和节本增效提供理论依据和技术支撑, 推动我国马铃薯产业优质高效可持续发展。

1 材料与方法

1.1 研究方法

2019—2021 年, 依托国家马铃薯产业技术体系, 在我国马铃薯主产区选择具有代表性的马铃薯种植地块进行了逐户实地问卷调查。调查问卷内容主要包括马铃薯施肥情况, 包括化肥和有机肥施用种类、施用量、基肥及追肥用量和次数等, 以及马铃薯种植情况类型和产量等信息。共收集到有效调查问卷 1807 份, 包括 19 个省级行政区, 75 个地市区域马铃薯种植区, 覆盖了马铃薯产业技术体系所在示范县的大部分地区, 我们将调查区域分为东北一季作区 (土壤氮、钾和有机质较高, 磷含量处于中等水平, 西部降水较少, 东部和南部降水充足。马铃薯生育期为 5 月上旬—9 月下旬), 华北一季作区 (土壤氮、磷和有机质含量较为丰富, 钾含量整体偏少, 山西省境内黄土高原的土壤肥力较低。马铃薯生育期内总体降水偏少, 尤其是黄土高原地区), 西北一季作区 (土壤肥力相对较低, 钾含量较高, 水资源不足, 种植期间大多采用滴灌和喷灌和水肥一体化技术进行灌溉), 西南一、二季混作区 (除四川盆地外, 该区域土壤氮和有机质含量较高, 钾含量整体偏低, 马铃薯种植模式多样如春种、秋种和冬种。该地区干旱发展具有面积和频率增大的趋势, 且四川盆地西部及云南西南和东南部多受洪涝灾害影响) 和南方冬作区 (土壤氮和有机质含量充足, 钾含量处于中等水平, 土壤湿度较大。马铃薯生育期为 10 月下旬—次年 5 月上旬)。调查地点及种植区域分

布如图 1 所示。

为方便数据分析, 肥料分为单质肥料、复合肥料和有机肥料三大类。有机肥按照来源分为畜禽粪肥(羊粪、鸡粪、牛粪等)、商品有机肥、饼肥(菜籽饼、豆饼等)和其他(灰渣、秸秆等)共 4 类。调查数据中化肥养分含量和有机肥施用量以相应地块的农户调研数据为准, 有机肥养分含量参考《中国有机肥料养分数据集》的均值^[12]。

1.2 数据处理与分析

采用 Microsoft Excel 2010 进行数据处理, 并通过 ArcMap 10.6 进行以调查区县域为单位的调查点和省域为单位的马铃薯施肥量分布图的绘制。氮磷钾养分投入量采用全部数据点的算术平均值, 肥料用量、养分运筹及减施潜力相关计算公式如下:

养分总用量 = 有机肥养分用量 + 化肥养分用量;

有机肥养分比例 = (有机肥养分用量 / 养分总用量) × 100%;

复合肥养分比例 = (复合肥料养分用量 / 化肥养分用量) × 100%;

肥料养分基追比例 = (基施肥料养分用量 / 追施肥料养分用量) × 100%;

化肥养分减施潜力 = (化肥养分施用量 - 化肥养分推荐量) / 化肥养分施用量 × 100%。

养分推荐量采用马铃薯养分专家推荐的施用量^[13]。

2 结果与分析

2.1 马铃薯氮磷钾养分投入状况

我国马铃薯年均 N、P₂O₅、K₂O 养分投入总量分别为 252、219、224 kg/hm²。不同区域马铃薯的养分施用量差异较大, 南方冬作区和华北一季作区马铃薯的年均养分投入总量分别为 1042 和 929 kg/hm², 西北一季作区、西南一二期混作区养分投入量较低, 分别为 580 和 545 kg/hm², 东北年均养分投入量居中, 为 674 kg/hm²。不同省份之间差异也较大, 总养分投入量最大的是广东省, 达到了 1259 kg/hm² (N、P₂O₅、K₂O 分别为 433、401、425 kg/hm²), 总养分用量最低的省份是四川省, 为 295 kg/hm² (N、P₂O₅、K₂O 分别为 108、101、86 kg/hm²), 与广东省

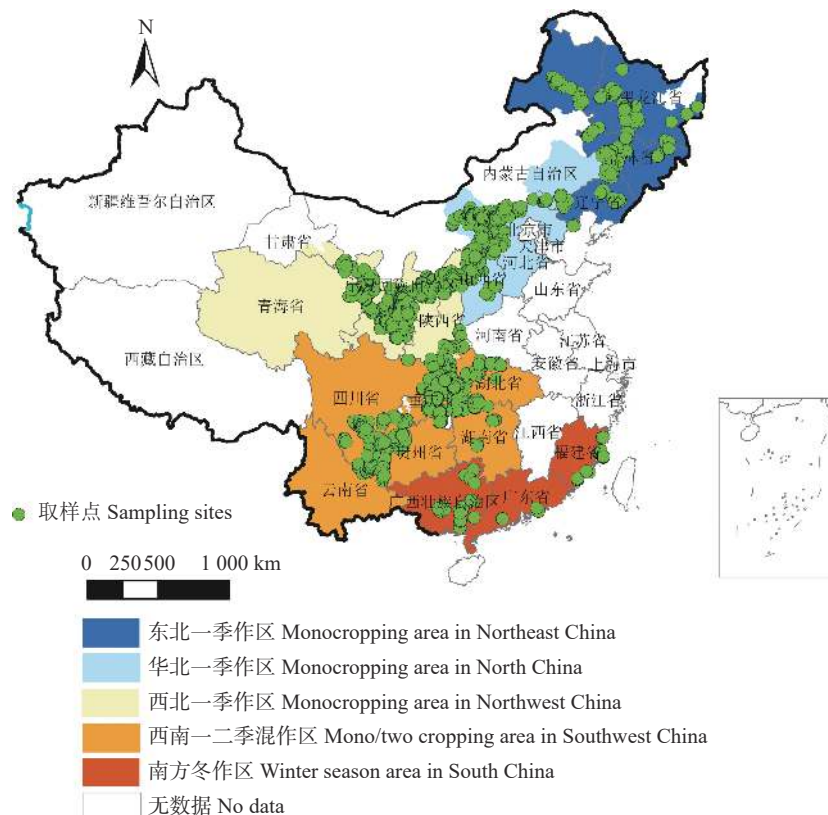


图 1 马铃薯施肥调查点分布图

Fig. 1 Distribution of survey sites in different potato-producing regions of China

注: 分布图以审图号为 [GS(2016)2879] 的标准地图为底图制作。

Note: A standard map with the review number [GS(2016)2879] was used as the base map.

肥料用量相差 4 倍多(表 1)。

马铃薯年均化肥 N、P₂O₅、K₂O 投入量分别是 187、164、175 kg/hm²。氮肥用量的区域间差异较大,不同区域表现为南方冬作区(277 kg/hm²)>华北一季作区(214 kg/hm²)>西南一、二季混作区(170 kg/hm²)>东北一季作区(158 kg/hm²)、西北一季作区(154 kg/hm²)。化学磷肥和钾肥用量不同区域表现均为南方冬作区>华北一季作区>东北一季作区>西南一

二季混作区>西北一季作区,其化肥 P₂O₅ 和 K₂O 用量分别为 258、195、151、136、123 和 299、291、190、137、39 kg/hm²。不同省份的化肥用量差异较大,其中河北的 N、P₂O₅、K₂O 用量均最高,分别为 353、308、563 kg/hm²,山西的氮和磷用量最低,分别为 60 和 43 kg/hm²,宁夏的钾素用量最低,为 30 kg/hm²(表 1)。

有机肥 N、P₂O₅、K₂O 年均投入量分别 65、56、

表 1 不同省份马铃薯养分用量

Table 1 Fertilizer nutrient application rates in potato field of different provinces in China

区域 Region	地点 Location	有机肥养分 (kg/hm ²) Nutrient in organic fertilizer			化肥养分 (kg/hm ²) Nutrient in chemical fertilizer			养分总量 (kg/hm ²) Total nutrient			总养分比例 Nutrient ratio
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
东北一季作区 Monocropping area in Northeast China	黑龙江 Heilongjiang	34	36	27	157	141	162	190	177	189	1 : 0.93 : 0.99
	吉林 Jilin	56	50	46	166	173	229	223	224	275	1 : 1.00 : 1.24
	辽宁 Liaoning	162	152	135	123	131	158	286	284	293	1 : 0.99 : 1.02
	内蒙古呼伦贝尔 Hulun Buir, Inner Mongolia	0	0	0	184	160	212	184	160	212	1 : 0.87 : 1.15
	平均 Mean	63	60	52	158	151	190	221	211	242	1 : 0.96 : 1.10
华北一季作区 Monocropping area in North China	内蒙古中西部 Middle and west of Inner Mongolia	40	22	26	230	234	247	270	256	273	1 : 0.95 : 1.01
	河北 Hebei	2	3	3	353	308	563	355	312	566	1 : 0.88 : 1.60
	山西 Shanxi	115	92	83	60	43	63	175	135	146	1 : 0.77 : 0.83
	平均 Mean	52	39	37	214	195	291	267	234	328	1 : 0.88 : 1.23
西北一季作区 Monocropping area in Northwest China	陕西 Shaanxi	99	63	62	182	97	36	281	159	98	1 : 0.57 : 0.35
	宁夏 Ningxia	138	82	98	125	86	30	263	168	128	1 : 0.64 : 0.49
	甘肃 Gansu	96	67	69	142	129	49	237	196	117	1 : 0.83 : 0.50
	青海 Qinghai	96	112	71	169	179	41	265	292	112	1 : 1.10 : 0.42
	平均 Mean	107	81	75	154	123	39	262	204	114	1 : 0.78 : 0.44
西南一、二季混作区 Mono/two cropping area in Southwest China	湖北 Hubei	25	25	19	186	130	168	211	155	187	1 : 0.73 : 0.88
	湖南 Hunan	7	7	4	162	153	162	168	160	166	1 : 0.95 : 0.99
	重庆 Chongqing	36	40	26	184	116	95	220	155	121	1 : 0.71 : 0.55
	四川 Sichuan	10	8	7	98	93	80	108	101	86	1 : 0.93 : 0.80
	贵州 Guizhou	104	97	69	136	141	139	239	238	208	1 : 0.99 : 0.87
	云南 Yunnan	57	35	38	256	182	177	314	217	215	1 : 0.69 : 0.68
平均 Mean	40	35	27	170	136	137	210	171	164	1 : 0.81 : 0.78	
南方冬作区 Winter season area in South China	广西 Guangxi	64	79	54	240	220	283	305	299	338	1 : 0.98 : 1.11
	广东 Guangdong	132	121	110	301	280	315	433	401	425	1 : 0.93 : 0.98
	福建 Fujian	20	28	17	289	275	298	309	302	315	1 : 0.98 : 1.02
	平均 Mean	72	76	60	277	258	299	349	334	359	1 : 0.96 : 1.03
全国 China	平均 Mean	65	56	48	187	164	175	252	219	224	1 : 0.87 : 0.89

48 kg/hm², 有机养分分别占总氮磷钾养分投入量的 25.8%、25.6%、21.4%, 平均占 24.3%。不同区域有机肥养分投入高低顺序为西北一季作区 (N、P₂O₅、K₂O 分别为 107、81、75 kg/hm²)>南方冬作区 (N、P₂O₅、K₂O 分别为 72、76、60 kg/hm²)>东北一季作区 (N、P₂O₅、K₂O 分别为 63、60、52 kg/hm²)>华北一季作区 (N、P₂O₅、K₂O 分别为 52、39、37 kg/hm²)>西南一二期混作区 (N、P₂O₅、K₂O 分别为 40、35、27 kg/hm²)。各省份间有机养分投入比例差异也极大, 其中河北、内蒙古、湖南、四川、福建的有机养分比例均不足 10%, 而山西、宁夏、辽宁的马铃薯田有机养分用量比例均超过了 50%, 分别为 63.6%、56.9%、52.0% (表 1)。

我国马铃薯年均 N : P₂O₅ : K₂O 总养分投入比例

为 1 : 0.87 : 0.89, 其中东北一季作区、华北一季作区、西北一季作区、西南一二期混作区和南方冬作区年均 N : P₂O₅ : K₂O 总养分投入比例为分别为 1 : 0.96 : 1.10、1 : 0.88 : 1.23、1 : 0.78 : 0.44、1 : 0.81 : 0.78 和 1 : 0.96 : 1.03 (表 1)。

根据调查的施肥量统计数据, 分别对有机肥、化肥和总肥料的氮、磷、钾养分投入绘制空间分布图 (图 2)。以取样的马铃薯主产区县域为单位展示施肥量空间分布趋势, 有机肥除东北一季作区、华北一季作区和西北一季作区部分区域施用量>200 kg/hm²外, 整体施用水平较低。空间分布图显示, 分别有 82.0%、84.3% 和 92.5% 的研究区域的有机肥 N、P₂O₅、K₂O 施用量小于 100 kg/hm² (图 2a、b、c, 表 2)。化肥的整体施用量较高, 有 29.2% 的区域氮肥施用

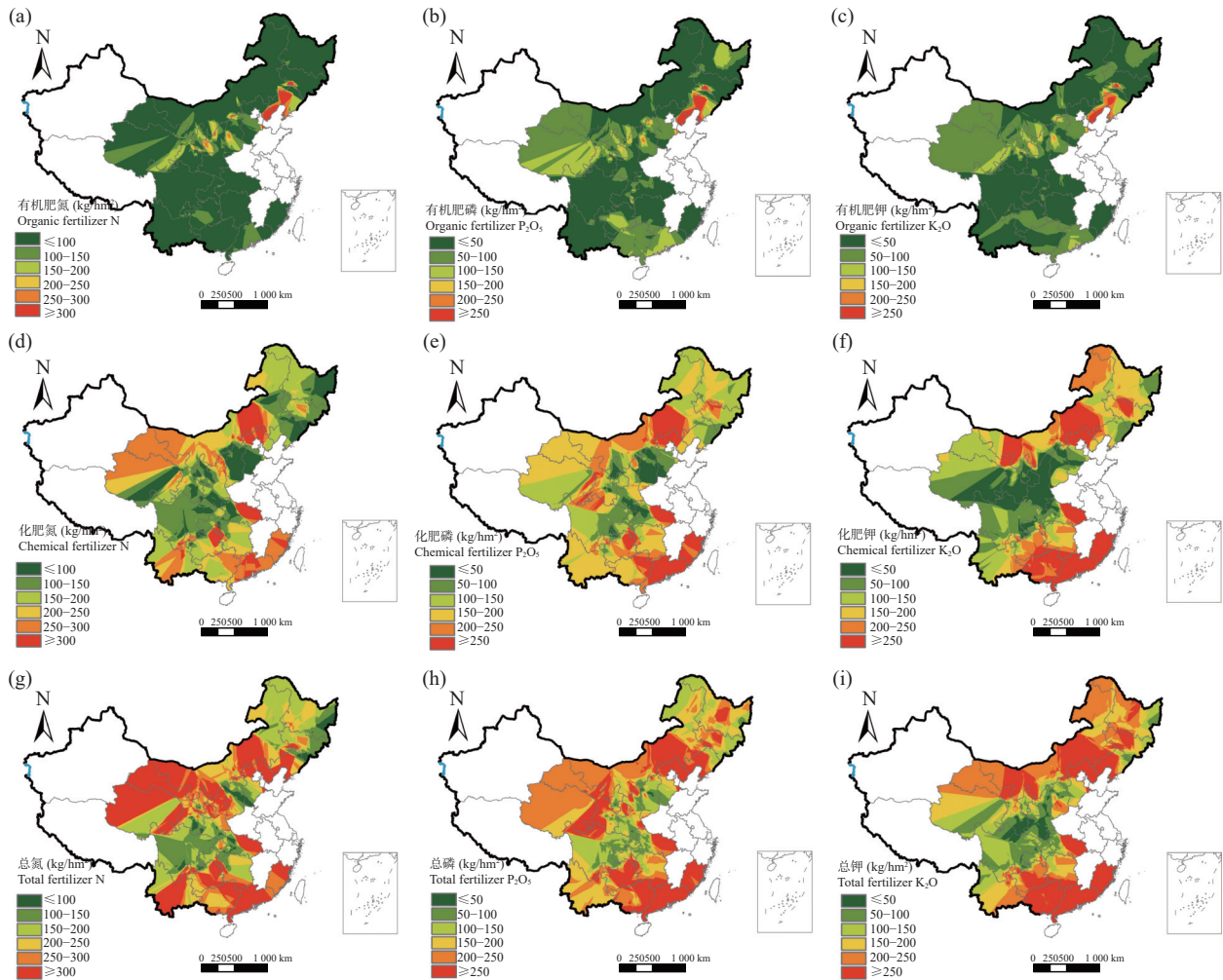


图 2 马铃薯主产区氮磷钾养分投入量空间分布

Fig. 2 Nitrogen, phosphorus and potassium input in different potato-producing regions

注: 图中显示的马铃薯施肥量基于调查数据采用普通克里金插值方法得出, 图中空白区域为未调查省份。以审图号为 [GS(2016)2879] 的标准地图为底图制作。

Note: The potato fertilizer shown in the figure is derived from the survey data using the ordinary Kriging interpolation method, and the blank area in the figure is the uninvestigated province. A standard map with the review number [GS(2016)2879] was used as the base map.

表 2 不同肥料投入水平占比

Table 2 Proportion of fertilizer input levels

肥料种类 Fertilizer	肥料投入量 Fertilizer input (kg/hm ²)	有机肥 Organic fertilizer (%)	化肥 Chemical fertilizer (%)	总肥料 Total fertilizer (%)
N	≤100	82.0	15.1	2.9
	100~150	11.1	18.5	13.4
	150~200	3.6	22.5	21.6
	200~250	0.9	14.7	15.1
	250~300	1.0	21.9	10.5
	≥300	1.4	7.3	36.5
P ₂ O ₅	≤50	50.9	3.9	0.2
	50~100	33.4	12.2	5.2
	100~150	12.5	24.5	17.5
	150~200	0.9	33.5	21.7
	200~250	0.7	12.7	29.2
	≥250	1.6	13.2	26.2
K ₂ O	≤50	51.6	12.8	3.1
	50~100	40.9	17.2	12.4
	100~150	4.7	21.2	16.0
	150~200	0.9	16.2	17.2
	200~250	1.1	12.9	24.9
	≥250	0.8	19.7	26.4

量≥250 kg/hm²，分别有 25.9% 和 32.6% 的区域磷和钾施肥量≥200 kg/hm² (图 2d、e、f，表 2)。总施肥的空间分布图显示，有 36% 的区域氮肥施用量高于 300 kg/hm²，分别有 55% 和 51% 的磷肥和钾肥施用量高于 200 kg/hm² (图 2g、h、i，表 2)。在马铃薯 5 个主产区中，南方冬作区氮磷钾总体施肥量最高，存在较大的减施潜力。

2.2 马铃薯肥料养分来源

复合肥是马铃薯主要肥料来源，化肥 N、P₂O₅、K₂O 养分中分别有 84.6%、95.7%、92.8% 来自复合肥，其余来自单质肥肥料。南方冬作区的广东和福建省、西南一二期混作区的湖南省和东北一季作区的内蒙古呼伦贝尔地区复合肥中氮磷钾养分占比均超过了 95% (表 3)。全国 83% 马铃薯地块单质化肥氮的来源为尿素，但在山西和陕西两省以碳酸氢铵作为单质氮源的比例分别高达 66.7% 和 46.4% (表 4)。过磷酸钙和硫酸钾是单质磷钾肥料的主要来源，调查样品中未发现施用其他种类的单质磷钾肥。

调查显示，82.9% 的有机肥种类为畜禽粪肥，16.1% 为商品有机肥。畜禽粪肥施用比例较高的有西南一二期混作区的湖南和贵州及南方冬作区的西；南方冬作区的福建和广东和西北一季作区的青海等地的有机肥以商品有机肥为主；西南一二期混作区的四川和云南及西北一季作区的陕西施用了饼肥，其比例占有有机肥施用比例的 0.6% (表 4)。

2.3 马铃薯养分运筹

调查显示，马铃薯地块中分别有 86%、88%、83% 的肥料 N、P₂O₅、K₂O 养分被用作基肥。其中西南一二期混作区肥料 N、P₂O₅、K₂O 养分的基肥平均施用比例分别为 93%、97%、93%，而西北一季作区肥料养分的平均基肥施用比例最低，分别为 70%、64% 和 70%。东北一季作区肥料 N、P₂O₅、K₂O 养分的平均基肥施用比例分别为 92%、94%、85%，南方冬作区分别为 89%、90%、86%，华北一季作区分别为 81%、93%、73% (表 5)。

2.4 马铃薯肥料养分减施潜力

参照马铃薯养分专家系统氮磷钾养分推荐量，估算化肥养分减施潜力。结果表明，全国肥料养分减施潜力为 47.0%，其中氮、磷和钾养分减施潜力分别为 11.6%、56.6% 和 36.6%，除东北一季作区黑龙江、吉林和辽宁省以及西南一二期混作区四川和湖南省的马铃薯肥料氮施用量不足外，其他区域内各省份化肥氮减施潜力在 2.7%~36.4%。各省马铃薯肥料磷和钾养分减施潜力分别在 37.4%~75.4% 和 1.0%~78.3%，其中南方冬作区的肥料养分过量施用问题最为突出，氮、磷、钾的减施潜力分别为 31.1%、69.7%、61.2% (表 6)。

3 讨论

3.1 我国马铃薯肥料养分总用量普遍较高，施肥比例不合理

调查结果表明，我国马铃薯肥料 (化肥+有机肥) 中 N、P₂O₅ 和 K₂O 用量均大幅超出推荐施用量，其中 N、P₂O₅ 和 K₂O 平均用量分别是推荐量的 1.3、2.8 和 2.1 倍，马铃薯化肥养分平均用量 (526 kg/hm²) 是全国农作物化肥养分平均用量 (316 kg/hm²) 的 1.7 倍^[14]，尤其是南方冬作区化肥养分平均用量达到 834 kg/hm²。问卷调查表明，该区域的化肥施用量较高，且多为复合肥。由于冬作马铃薯在 12 月末至 1 月初陆续上市，且单价较高，经济效益显著，这促使该区域马铃薯生产中较高的化肥养分投入^[8]。但过

表 3 马铃薯田单质化肥与复合肥养分比例
Table 3 Single source fertilizer and compound fertilizer application rates in potato field

区域 Region	地点 Location	单质肥 Single nutrient fertilizer (%)			复合肥 Compound fertilizer (%)		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
东北一季作区 Monocropping area in Northeast China	黑龙江 Heilongjiang	16.2	0.0	20.3	83.8	100.0	79.7
	吉林 Jilin	3.1	0.0	11.6	96.9	100.0	88.4
	辽宁 Liaoning	0.0	0.0	5.1	100.0	100.0	94.9
	内蒙古呼伦贝尔 Hulun Buir, Inner Mongolia	3.4	3.4	0.0	96.6	96.6	100.0
	平均 Mean	5.7	0.9	9.3	94.3	99.1	90.7
华北一季作区 Monocropping area in North China	内蒙古中西部 Middle and west of Inner Mongolia	15.8	0.0	6.3	84.2	100.0	93.7
	河北 Hebei	4.6	0.0	14.7	95.4	100.0	85.3
	山西 Shanxi	3.5	1.7	9.1	96.5	98.3	90.9
	平均 Mean	8.0	0.6	10.0	92.0	99.4	90.0
西北一季作区 Monocropping area in Northwest China	陕西 Shaanxi	56.1	5.2	9.1	43.9	94.8	90.9
	宁夏 Ningxia	44.8	0.0	16.2	55.2	100.0	83.8
	甘肃 Gansu	51.5	30.1	23.7	48.5	69.9	76.3
	青海 Qinghai	25.9	0.0	0.0	74.1	100.0	100.0
	平均 Mean	44.6	8.8	12.3	55.4	91.2	87.7
西南一、二季混作区 Mono/two cropping area in Southwest China	湖北 Hubei	12.6	0.9	2.7	87.4	99.1	97.3
	湖南 Hunan	0.0	0.0	2.1	100.0	100.0	97.9
	重庆 Chongqing	30.3	15.9	0.5	69.7	84.1	99.5
	四川 Sichuan	9.8	9.5	1.7	90.2	90.5	98.3
	贵州 Guizhou	4.8	11.4	3.4	95.2	88.6	96.6
	云南 Yunnan	21.8	9.5	0.8	78.2	90.5	99.2
	平均 Mean	13.2	7.8	1.9	86.8	92.2	98.1
南方冬作区 Winter season area in South China	广西 Guangxi	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
	广东 Guangdong	7.0	0.9	14.0	93.0	99.1	86.0
	福建 Fujian	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
	平均 Mean	2.3	0.3	4.7	97.7	99.7	95.3
全国 China	平均 Mean	15.4	4.3	7.2	84.6	95.7	92.8

量的化肥投入, 不仅不会继续增加马铃薯块茎产量, 还会降低经济效益并增加环境风险, 因此, 在今后的马铃薯生产中应高度重视肥料过量施用问题。

马铃薯对矿质元素营养的吸收不仅与自身条件有关, 也受外界环境条件的影响^[15-17]。Xu 等^[13]用 QUEFTS 模型模拟了我国南北方马铃薯块茎产量与养分吸收之间的关系, 研究发现当目标产量达到产量潜力的 80% 时, 南方和北方生产 1 t 块茎整株马铃薯所需 N、P₂O₅、K₂O 养分分别为 9.79 和 8.67 kg、

1.38 和 1.32 kg、11.39 和 9.38 kg, N : P₂O₅ : K₂O 吸收比例分别为 1 : 0.14 : 1.16 和 1 : 0.15 : 1.08。本研究发现全国马铃薯 N : P₂O₅ : K₂O 投入比例为 1 : 0.87 : 0.89, 尽管外界环境因素和马铃薯自身条件的差异会在一定程度上影响其对矿质养分的吸收, 但从各产区马铃薯肥料养分施用比例来看, 生产中磷肥施用比例过高问题普遍存在。因此, 在今后马铃薯生产实践中, 在考虑减少养分总量投入的同时, 还应按照 N、P₂O₅ 和 K₂O 推荐的施用比例调整养分的用量。此外, 本研究还发现马铃薯基肥养分

表 4 马铃薯施用的单质氮肥与有机肥种类及其占比

Table 4 The species and proportions of nitrogen and organic fertilizers applied in potato field

区域 Region	地点 Location	氮肥 N fertilizer (%)			有机肥 Organic fertilizer (%)			
		尿素 Urea	碳酸氢铵 Ammonium bicarbonate	其他 Others	畜禽粪便 Manure	商品有机肥 Commodity organic fertilizer	饼肥 Cake fertilizer	其他 Others
东北一季作区 Monocropping area in Northeast China	黑龙江 Heilongjiang	100.0	0.0	0.0	52.4	47.6	0.0	0.0
	吉林 Jilin	100.0	0.0	0.0	50.0	46.9	0.0	3.1
	辽宁 Liaoning	0.0	0.0	0.0	87.1	12.9	0.0	0.0
华北一季作区 Monocropping area in North China	内蒙古呼伦贝尔 Hulun Buir, Inner Mongolia	100.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0
	内蒙古中西部 Middle and west of Inner Mongolia	82.7	0.0	17.3	72.7	27.3	0.0	0.0
	河北 Hebei	81.8	0.0	18.2	33.3	66.7	0.0	0.0
西北一季作区 Monocropping area in Northwest China	山西 Shanxi	33.3	66.7	0.0	88.1	11.9	0.0	0.0
	陕西 Shaanxi	52.6	46.4	1.0	94.6	1.1	4.3	0.0
	宁夏 Ningxia	69.6	30.4	0.0	94.5	5.5	0.0	0.0
西南一、二季混作区 Mono/two cropping area in Southwest China	甘肃 Gansu	95.1	4.3	0.6	81.5	18.5	0.0	0.0
	青海 Qinghai	100.0	0.0	0.0	40.0	60.0	0.0	0.0
	湖北 Hubei	76.5	23.5	0.0	76.9	23.1	0.0	0.0
南方冬作区 Winter season area in South China	湖南 Hunan	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0
	重庆 Chongqing	92.2	7.8	0.0	79.5	19.2	0.0	1.3
	四川 Sichuan	84.6	15.4	0.0	91.9	0.0	2.7	5.4
	贵州 Guizhou	66.7	33.3	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0
	云南 Yunnan	95.5	4.5	0.0	98.7	0.7	0.7	0.0
全国 China	广西 Guangxi	100.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0
	广东 Guangdong	0.0	0.0	0.0	39.5	60.5	0.0	0.0
	福建 Fujian	0.0	0.0	0.0	41.7	58.3	0.0	0.0
	平均 Mean	83.4	12.2	4.4	82.9	16.1	0.6	0.4

比例普遍过高，氮磷钾养分的基肥施用比例均超过了 80%。前人研究认为，马铃薯苗期从土壤吸收的氮素极少，氮素的供应主要应集中在块茎形成期和块茎膨大期^[18-19]。同样，在马铃薯生长的不同时期，肥料磷和钾养分的投入量和投入方式也应符合马铃薯养分的需求规律^[20-21]。此外，较高的肥料基追比可能与不同地区马铃薯栽培条件有关，我国马铃薯种植模式多样，特别是雨养与灌溉条件下，存在较大差异。本研究发现西北与华北一季作区马铃薯生育期内整体降水偏少，部分地区采用滴灌措施，相应的追肥次数有所增加，但也存在较多追肥困难的地块，因此在实际生产中往往增大了基肥施用比例。此外，调查过程中马铃薯“一炮轰”施肥措施十分常

见，这些因素也在一定程度上导致了基肥施用比例增加。总体来看，我国马铃薯肥料运筹过程中基肥比例偏高，我们建议在今后生产过程中应结合各区域实际条件适当降低基肥施用比例。

3.2 我国马铃薯有机肥养分投入不足

有机肥替代部分化肥对马铃薯生长和土壤肥力的提升有显著促进作用^[22-23]。本调查结果显示，马铃薯有机肥养分用量 (N+P₂O₅+K₂O) 占总养分投入量的 24.3%。目前，关于马铃薯有机替代的田间试验研究较少，且适宜的养分替代比例因作物品种、土壤类型和气候条件等的差异而不同，不同马铃薯产区适宜的有机养分替代比例还未明晰^[24-25]。前人研究指出有机氮替代无机氮比例以 20%~30% 最有利于马铃薯

表 5 马铃薯田块氮磷钾肥料基施追施比例 (%)

Table 5 The basal application to top dressing ratio of fertilizers in surveyed potato field

区域 Region	地点 Location	基肥 Basal fertilizer			追肥 Top dressing		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
东北一季作区 Monocropping area in Northeast China	黑龙江 Heilongjiang	82	91	82	18	9	18
	吉林 Jilin	91	91	83	9	9	17
	辽宁 Liaoning	97	94	76	3	6	24
	内蒙古呼伦贝尔 Hulun Buir, Inner Mongolia	100	100	100	0	0	0
	平均 Mean	92	94	85	8	6	15
华北一季作区 Monocropping area in North China	内蒙古中西部 Middle and west of Inner Mongolia	70	88	76	30	12	24
	河北 Hebei	79	94	55	21	6	45
	山西 Shanxi	93	97	89	7	3	11
	平均 North China	81	93	73	19	7	27
西北一季作区 Monocropping area in Northwest China	陕西 Shaanxi	61	55	22	39	45	78
	宁夏 Ningxia	67	62	100	33	38	0
	甘肃 Gansu	87	76	60	13	24	40
	青海 Qinghai	66	64	100	34	36	0
	平均 Mean	70	64	70	30	36	30
西南一、二季混作区 Mono/two cropping area in Southwest China	湖北 Hubei	87	94	84	13	6	16
	湖南 Hunan	99	99	99	1	1	1
	重庆 Chongqing	87	100	99	13	0	1
	四川 Sichuan	96	96	85	4	4	15
	贵州 Guizhou	96	96	95	4	4	5
	云南 Yunnan	96	96	95	4	4	5
	平均 Mean	93	97	93	7	3	7
南方冬作区 Winter season area in South China	广西 Guangxi	100	100	100	0	0	0
	广东 Guangdong	71	71	65	29	29	35
	福建 Fujian	96	98	93	4	2	7
	平均 Mean	89	90	86	11	10	14
全国 China	平均 Mean	86	88	83	14	12	17

薯增产^[26], 本次调查中发现 5 个研究区域内的 19 个省份中 9 个省份的氮素有机替代比例低于 20%, 其中河北省有机肥 N、P₂O₅ 和 K₂O 的平均施用比例均不足 1%, 这表明我国马铃薯生产中有机养分投入不足的问题仍十分严峻。此外, 在调查中我们也了解到有机肥料使用过程中所需的人工成本较高, 且短期内有机肥的施用对马铃薯当季增产和土壤的改善效果不明显。加之, 我国缺乏与有机肥施用配套的农机具, 造成机械化水平低, 这些均不利于马铃薯生产中有机肥的施用。今后, 需要进一步加强有机

肥的宣传推广力度, 提高农户对施用有机肥的认知水平; 加快研制适应不同地形条件的有机肥施用农机装备, 进一步加快有机肥推广应用步伐。

本次调查结果显示了我国不同省区马铃薯施肥现状。然而, 由于我国马铃薯主产区土壤类型多样, 土壤肥力和田间管理水平差异巨大^[27], 这些因素导致马铃薯施肥水平具有极大的区域差异。因此, 建议在未来的马铃薯施肥研究中需要结合更详细的调研数据和田间试验结果, 为我国马铃薯生产提供更精确的施肥指导。

表 6 马铃薯肥料减施潜力估算

Table 6 Estimation of fertilizer reduction potential in potato fields

区域 Region	地点 Location	推荐量 (kg/hm ²) Recommended amount				减施潜力 (%) Potential reduction			
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	总量 Total	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	总量 Total
东北一季作区 Monocropping area in Northeast China	黑龙江 Heilongjiang	198	38	75	311	-2.3	72.6	54.3	41.5
	吉林 Jilin	226	65	140	430	-16.0	58.9	29.1	31.4
	辽宁 Liaoning	226	58	122	408	-17.4	55.1	26.0	25.3
	内蒙古呼伦贝尔 Hulun Buir, Inner Mongolia	191	43	44	280	6.7	71.7	78.3	54.6
	平均 Mean	210	51	95	357	-7.3	64.6	46.9	38.2
华北一季作区 Monocropping area in North China	内蒙古中西部 Middle and west of Inner Mongolia	204	69	82	356	14.3	66.9	61.8	54.7
	河北 Hebei	215	105	115	437	36.4	60.0	76.4	64.6
	山西 Shanxi	166	52	93	311	2.7	37.4	27.2	35.9
	平均 Mean	195	76	96	368	17.8	54.8	55.2	51.8
西北一季作区 Monocropping area in Northwest China	陕西 Shaanxi	151	56	99	306	29.4	45.4	20.0	54.4
	宁夏 Ningxia	152	54	119	325	6.1	41.7	2.2	30.9
	甘肃 Gansu	173	48	87	308	10.9	56.7	21.2	39.8
	青海 Qinghai	180	75	125	380	22.7	46.8	42.5	53.6
	平均 Mean	164	58	108	330	17.3	47.7	21.5	44.7
西南一、二季混作区 Mono/two cropping area in Southwest China	湖北 Hubei	178	65	103	347	19.6	45.5	34.7	47.8
	湖南 Hunan	184	61	112	357	-4.5	55.7	17.4	26.7
	重庆 Chongqing	142	36	86	265	13.2	52.9	10.4	43.4
	四川 Sichuan	168	52	102	321	-10.9	45.9	1.0	19.0
	贵州 Guizhou	174	61	102	337	8.9	50.2	22.4	34.2
	云南 Yunnan	190	64	123	378	18.0	59.4	23.7	40.8
	平均 Mean	172	57	105	334	7.4	51.6	18.3	35.3
南方冬作区 Winter season area in South China	广西 Guangxi	169	62	103	335	24.9	61.6	55.3	56.4
	广东 Guangdong	176	67	97	341	34.7	72.1	65.2	61.9
	福建 Fujian	187	62	103	355	33.7	75.4	63.1	59.0
	平均 Mean	177	64	101	344	31.1	69.7	61.2	59.1
全国 China	平均 Mean	182	60	102	344	11.6	56.6	36.6	47.0

注：化肥养分减施潜力=(化肥养分施用量-化肥养分推荐量)/化肥养分施用量×100%，化肥养分施用量见表1。马铃薯推荐施肥量由养分专家系统计算得出 (<http://www.nutrientexpert.cn>)。

Note: The chemical fertilizer reduction potential = (application amount-recommended amount)/application amount × 100%. The application amount of fertilizer nutrients is shown in Table 1. The recommended fertilization rate of potatoes is calculated by the nutrient expert system (<http://www.nutrientexpert.cn>).

4 结论

我国马铃薯生产中过量施肥、养分施用比例不合理及有机肥养分投入不足问题较为突出。马铃薯年均 N、P₂O₅、K₂O 投入量分别为 252、219、224 kg/hm²，其中化肥养分比例为 1.00 : 0.88 : 0.94 (187-164-175)，

有机肥养分比例为 1.00 : 0.86 : 0.74 (65-56-48)，基肥施用比例超过 80%，有机养分占总养分的比例仅为 24.3%。按照养分专家推荐施肥估算肥料养分 (N+P₂O₅+K₂O) 的减施潜力可达 47.0%，其中 N、P₂O₅、K₂O 减施潜力分别为 11.6%、56.6%、36.6%。建议今后马铃薯施肥中需遵循以下几点：

1) 养分总量控制, 不同区域差异化施肥。减少南方冬作区马铃薯肥料养分投入, 适当增加黑龙江、吉林、辽宁、四川、湖南马铃薯产区的氮肥投入, 降低磷钾肥施用量。

2) 调整氮磷钾养分施用比例, 降低基肥施用比例, 根据马铃薯养分需求规律适时追肥。

3) 在河北、湖南、内蒙古、四川、福建等马铃薯产区推广有机肥施用, 并制定适宜的有机养分替代率。

参 考 文 献:

- [1] Gustavsen G W. Sustainability and potato consumption[J]. *Potato Research*, 2021, 64: 571–586.
- [2] 王秀丽, 马云倩, 郭燕枝, 孙君茂. 马铃薯的世界传播及对中国主食产业开发的启示[J]. *中国农学通报*, 2016, 32(35): 227–231.
Wang X L, Ma Y Q, Guo Y Z, Sun J M. Potato: Global spread and enlightenment to the development of China's staple food industry[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2016, 32(35): 227–231.
- [3] Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT[EB/OL]. [2023-04-06]. <http://www.fao.org/faostat/zh/#data/QC>.
- [4] 沈辰, 孙家波, 吴建寨, 周向阳. 世界马铃薯生产、消费与贸易格局及演化分析[J]. *山东农业科学*, 2021, 53(2): 127–132.
Shen C, Sun J B, Wu J Z, Zhou X Y. Analysis on pattern and evolution of world potato production, consumption and trade [J]. *Shandong Agricultural Sciences*, 2021, 53(2): 127–132.
- [5] Jia L G, Qin Y L, Chen Y, *et al.* Fertigation improves potato production in Inner Mongolia (China)[J]. *Journal of Crop Improvement*, 2018, 32(5): 1–9.
- [6] Haverkort A J, Struik P C. Yield levels of potato crops: Recent achievements and future prospects[J]. *Field Crops Research*, 2015, 182: 76–85.
- [7] 秦永林, 于静, 陈杨, 等. 内蒙古灌溉马铃薯施肥现状及肥料利用率[J]. *中国蔬菜*, 2019, (11): 75–79.
Qin Y L, Yu J, Chen Y, *et al.* Situation of fertilization and fertilizer use efficiency on irrigated potato in Inner Mongolia[J]. *China Vegetables*, 2019, (11): 75–79.
- [8] 李成晨, 安康, 索海翠, 等. 广东省冬种马铃薯施肥现状调查与施肥对策[J]. *热带作物学报*, 2019, 40(10): 2054–2060.
Li C C, An K, Suo H C, *et al.* Investigation and strategies for winter potato fertilization in Guangdong Province[J]. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 2019, 40(10): 2054–2060.
- [9] 吴晓宏, 全华, 隆斌庆, 等. 湖南省马铃薯主产区施肥现状调查分析[J]. *农业科技通讯*, 2021, (10): 135–139.
Wu X H, Quan H, Long B Q, *et al.* Investigation and analysis of potato fertilizer application in the main potato producing areas in Hunan Province[J]. *Bulletin of Agricultural Science and Technology*, 2021, (10): 135–139.
- [10] 王小英, 同延安, 刘芬, 赵佐平. 陕西省马铃薯施肥现状评价[J]. *植物营养与肥料学报*, 2013, 19(2): 471–479.
Wang X Y, Tong Y A, Liu F, Zhao Z P. Comments on the situation of fertilization on potato in Shaanxi Province[J]. *Journal of Plant Nutrition and Fertilizers*, 2013, 19(2): 471–479.
- [11] 王亚艺. 青海省半干旱区马铃薯施肥调查分析[J]. *中国马铃薯*, 2014, 28(5): 286–291.
Wang Y Y. Investigation and analysis of potato fertilizer application in semiarid area of Qinghai Province[J]. *Chinese Potato Journal*, 2014, 28(5): 286–291.
- [12] 全国农业技术推广服务中心. 中国有机肥料养分数据集[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1999.
National Agricultural Technology Extension Service Center. Data set of organic fertilizer nutrient in China[M]. Beijing: China Science and Technology Press, 1999.
- [13] Xu X P, He P, Qiu S J, *et al.* Nutrient management increases potato productivity and reduces environmental risk: Evidence from China [J]. *Journal of Cleaner Production*, 2022, 369: 133357.
- [14] 国家数据统计局. 中国统计年鉴(2020)[M]. 北京: 中国统计出版社, 2021.
National Bureau of Statistics of China. China statistic yearbook[M]. Beijing: China Statistics Press, 2021.
- [15] Srek P, Hejzman M, Kunzova E. Multivariate analysis of relationship between potato (*Solanum tuberosum* L.) yield, amount of applied elements, their concentrations in tubers and uptake in a long-term fertilizer experiment[J]. *Field Crops Research*, 2010, 118(2): 183–193.
- [16] 李扬, 王靖, 唐建昭, 等. 播期和品种变化对马铃薯产量的耦合效应[J]. *中国生态农业学报(中英文)*, 2019, 27(2): 296–304.
Li Y, Wang J, Tang J Z, *et al.* Coupling impacts of planting date and cultivar on potato yield[J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2019, 27(2): 296–304.
- [17] 王凯博, 陈怡平, 郑太波, 等. 施肥、起垄和品种对黄土高原新造耕地马铃薯氮磷钾吸收与分配的影响[J]. *干旱地区农业研究*, 2022, 40(2): 144–152.
Wang K B, Chen Y P, Zheng T B, *et al.* Effects of fertilization, ridging and variety on absorption and allocation of nitrogen, phosphorus, and potassium in newly cultivated potato on the Loess Plateau[J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2022, 40(2): 144–152.
- [18] 王弘, 孙磊, 梁杰, 等. 氮肥基追比例及追施时期对马铃薯干物质积累分配及产量的影响[J]. *中国农学通报*, 2014, 30(24): 224–230.
Wang H, Sun L, Liang J, *et al.* Effects of ratio of nitrogen basal and topdressing and application time on dry matter accumulation and distribution and tuber yield of potato[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2014, 30(24): 224–230.
- [19] Vos J. Split nitrogen application in potato: Effects on accumulation of nitrogen and dry matter in the crop and on the soil nitrogen budget [J]. *The Journal of Agricultural Science*, 1999, 133(3): 263–274.
- [20] 邢海峰, 石晓华, 杨海鹰, 樊明寿. 磷肥分次滴灌施用提高马铃薯群体磷素吸收及磷利用率的作用[J]. *植物营养与肥料学报*, 2015, 21(4): 987–992.
Xing H F, Shi X H, Yang H Y, Fan M S. Increase effect of phosphorus absorption of potato population and utilization efficiency by multiple application of phosphate fertilizer with drip irrigation[J]. *Journal of*

- [Plant Nutrition and Fertilizers](#), 2015, 21(4): 987–992.
- [21] 尹梅, 曾庆凤, 张琼, 等. 减量分施钾肥对旱地马铃薯产量和钾肥利用率的影响[J]. [干旱地区农业研究](#), 2018, 36(2): 1–7.
Yin M, Zeng Q F, Zhang Q, *et al.* Effect of reduced K amount and split application on yield and nutrient utilization of potato on upland[J]. [Agricultural Research in the Arid Areas](#), 2018, 36(2): 1–7.
- [22] 张绪成, 于显枫, 王红丽, 等. 半干旱区减氮增钾、有机肥替代对全膜覆盖垄沟种植马铃薯水肥利用和生物量积累的调控[J]. [中国农业科学](#), 2016, 49(5): 852–864.
Zhang X C, Yu X F, Wang H L, *et al.* Regulations of reduced chemical nitrogen, potassium fertilizer application and organic manure substitution on potato water-fertilizer utilization and biomass assimilation under whole field plastics mulching and ridge-furrow planting system on semi-arid area[J]. [Scientia Agricultura Sinica](#), 2016, 49(5): 852–864.
- [23] Dai X L, Song D L, Zhou W, *et al.* Partial substitution of chemical nitrogen with organic nitrogen improves rice yield, soil biochemical indicators and microbial composition in a double rice cropping system in south China[J]. [Soil Tillage Research](#), 2021, 205: 104753.
- [24] 黄艳岚, 张超凡, 张道微, 等. 有机肥替代化肥对马铃薯产量、氮肥利用和土壤养分的影响[J]. [湖南农业科学](#), 2022, (6): 25–28.
Huang Y L, Zhang C F, Zhang D W, *et al.* Effects of organic fertilizer instead of chemical fertilizer on potato yield, nitrogen utilization efficiency and soil nutrients[J]. [Hunan Agricultural Science](#), 2022, (6): 25–28.
- [25] Ding W C, Xu X P, He P, *et al.* Improving yield and nitrogen use efficiency through alternative fertilization options for rice in China: A meta-analysis[J]. [Field Crops Research](#), 2018, 227: 11–18.
- [26] 刘拴成. 有机肥与无机肥配施对马铃薯生长发育及产质量的影响[J]. [河南农业科学](#), 2020, 49(3): 32–39.
Liu S C. Effects of organic fertilizer combined with inorganic fertilizer on growth, yield and quality of potato[J]. [Journal of Henan Agricultural Sciences](#), 2020, 49(3): 32–39.
- [27] 罗善军, 何英彬, 罗其友, 等. 中国马铃薯生产区域比较优势及其影响因素分析[J]. [中国农业资源与区划](#), 2018, 39(5): 137–144.
Luo S J, He Y B, Luo Q Y, *et al.* The regional comparative advantages of potato production in China and its influencing factors[J]. [Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning](#), 2018, 39(5): 137–144.