

## 氮磷钾配施对马铃薯农艺性状·产量及干物质含量的影响

高青青<sup>1,2</sup>, 方玉川<sup>1,2\*</sup>, 汪奎<sup>1,2</sup>, 吕军<sup>1,2</sup>, 王小英<sup>1</sup>, 陈占飞<sup>1</sup>, 张艳艳<sup>1</sup>

(1. 榆林市农业科学研究院, 陕西榆林 719000; 2. 陕西省马铃薯工程技术研究中心, 陕西榆林 719000)

**摘要** 以“冀张薯8号”脱毒原种为材料, 设置14个不同氮磷钾配比, 3年连续试验, 研究了氮磷钾配施对马铃薯农艺性状、产量及干物质含量的影响, 旨在获得榆林风沙草滩地区马铃薯最佳的氮磷钾配比。结果表明, 氮磷钾最佳配比为N2P2K2, 平均产量为38 742.99 kg/hm<sup>2</sup>, 位居第一, 较对照NOPOK0提高44.25%, 其次为N2P2K3, 与对照NOPOK0均差异显著; 马铃薯单株块茎数、单株块茎重和商品薯率均在N2P2K3处理下位居第一, 但与对照NOPOK0差异不显著, 说明合理增施钾肥可以提高马铃薯块茎性状; 在磷钾合理用量(P2K2)的情况下, 随着氮肥用量的增加, 马铃薯株高呈逐渐增加的趋势, 产量和干物质含量呈先增后减的趋势。因此, 榆林风沙草滩地区马铃薯最佳的氮磷钾配比为纯N 150 kg/hm<sup>2</sup>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 90 kg/hm<sup>2</sup>、K<sub>2</sub>O 112.5 kg/hm<sup>2</sup>, 适宜在生产中推广使用。

**关键词** 马铃薯; 氮磷钾; 农艺性状; 产量; 干物质

**中图分类号** S532 **文献标识码** A

**文章编号** 0517-6611(2021)17-0144-04

**doi**: 10.3969/j.issn.0517-6611.2021.17.038



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

### Effects of NPK Combinations on Agronomic Characters, Yield and Dry Matters of Potato

GAO Qing-qing<sup>1,2</sup>, FANG Yu-chuan<sup>1,2</sup>, WANG Kui<sup>1,2</sup> et al (1. Yulin Academy of Agricultural Sciences, Yulin, Shaanxi 719000; 2. Shaanxi Potato Engineering Technology Research Center, Yulin, Shaanxi 719000)

**Abstract** In this study, we used potato 'Jizhangshu 8' virus-free seedling to analyze the optimum ratio about NPK, set 14 different ratios to research the agronomic characters, yield and dry matters content for 3 years. The results indicated that the optimum ratio was N2P2K2 in all treatment and the average yield as high as 38 742.99 kg/hm<sup>2</sup> comparing with control which enhancing 44.25%, the second was N2P2K3; it had little influence about potato tuber number per plant, tuber weight per plant and commercial potato percentage comparing with control, but the treatment N2P2K3 was the best, it showed that reasonable application of potassium fertilizer could improve tuber characters of potato; interestingly, with the increase of nitrogen, the plant height increased, the yield and the dry matter increased and then declined. Therefore, the optimal NPK application schemes were pure N 150 kg/hm<sup>2</sup>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 90 kg/hm<sup>2</sup> and K<sub>2</sub>O 112.5 kg/hm<sup>2</sup>, which were suitable for popularization in production.

**Key words** Potato; NPK; Agronomic characters; Yield; Dry matter

马铃薯适宜在我国各个生态区域种植, 在满足水肥供应时, 亩产可达万斤<sup>[1-2]</sup>。榆林地处黄土高原与毛乌素沙地过渡地带, 因气候冷凉和土壤含钾丰富盛产马铃薯, 是当地脱贫增收、发展经济的主要支柱产业<sup>[3-4]</sup>。氮、磷、钾是作物生长发育过程中必需元素, 马铃薯对钾肥需求最多, 氮肥次之, 磷肥最少。在马铃薯生长期, 合理施用氮、磷、钾可以有效提高马铃薯产量<sup>[5-9]</sup>。

马铃薯作为榆林市主要种植作物, 生产中存在施肥不合理现象, 导致马铃薯增产潜力得不到充分发挥。为了能够提高当地马铃薯生产水平, 王小英等<sup>[1]</sup>对马铃薯合理配施氮磷钾进行研究, 结果表明在中等肥力水平的风沙地, 马铃薯在施用有机肥 30 t/hm<sup>2</sup> 的基础上, 化肥氮、磷和钾推荐用量分别为 150、90 和 112.5 kg/hm<sup>2</sup>。笔者在此基础上, 继续开展了 2 年试验, 比较不同氮磷钾配施对马铃薯农艺性状、产量及干物质含量的影响, 通过验证, 以期获得可靠数据, 得出适宜该地区最佳的氮磷钾配施比, 为当地生产用肥提供理论依据和技术支撑。

## 1 材料与与方法

### 1.1 试验材料 供试品种为“冀张薯8号”脱毒原种。供试

**基金项目** 2019 年国家现代农业产业园-陕西省榆林市榆阳区现代农业产业园项目; 国家现代农业产业技术体系项目(CARS-09-ES31); 陕西省现代农业产业技术体系项目(SNTX-14); 陕西省协同创新与推广联盟示范推广项目(LM201905)。

**作者简介** 高青青(1990—), 女, 陕西榆林人, 助理农艺师, 硕士, 从事马铃薯栽培研究。\*通信作者, 高级农艺师, 从事马铃薯育种、栽培及推广研究

**收稿日期** 2021-01-07

肥料为牛粪、尿素(含 N 46%)、过磷酸钙(含 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 12%)和硫酸钾(含 K<sub>2</sub>O 50%)。

**1.2 试验地概况** 试验地位于榆林市农业科学研究院现代农业科技示范园(109°45'9.6" E, 38°22'38" N), 海拔 1 091 m, 年均气温 7.9~11.3 °C, 年均降水量 316~513 mm, 属于榆林北部风沙草滩区。土壤类型为风沙土, 0~20 cm 耕层土壤养分: 有机质 5.57 g/kg, 碱解氮 16.68 mg/kg, 有效磷 14.8 mg/kg, 速效钾 85 mg/kg, pH 8.3, 地势平坦, 肥力中等, 耕层深厚。

**1.3 试验设计** 试验为 2017—2019 年。2017 年于 5 月 4 日播种, 10 月 5 日收获, 前茬作物为玉米。2018 年于 4 月 30 日播种, 9 月 26 日收获, 前茬作物为高粱。2019 年于 5 月 19 日播种, 9 月 28 日收获, 前茬作物为食用豆。

试验设置 14 个处理, 随机区组设计, 3 次重复, 共 42 个小区。机械起垄, 每小区 5 行, 单垄单行种植, 小区面积 50 m<sup>2</sup>, 密度为 52 500 株/hm<sup>2</sup>。

施肥方式为牛粪于播前全部基施; 氮肥总量的 1/3 作基肥, 2/3 作追肥, 开花后不能追施氮肥; 磷肥全部基施; 钾肥总量的 1/3 作基肥, 2/3 作追肥。各处理施肥用量见表 1, 与王小英等<sup>[1]</sup> 处理方案一致。

除上述处理外, 小区其余管理措施一致, 根据生长情况, 及时滴灌、药剂防治等。

### 1.4 测定项目与方法

**1.4.1 植株农艺性状** 在盛花期每小区随机选取 10 株测定植株株高。

表 1 马铃薯不同氮磷钾配施处理施肥量

Table 1 Fertilizer amount of potato under different N, P and K combinations

肥料处理水平 Level of fertilizer treatment	施肥量 Fertilizer rate			
	牛粪用量 Dosage of cow dung/t/hm <sup>2</sup>	N kg/hm <sup>2</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/hm <sup>2</sup>	K <sub>2</sub> O kg/hm <sup>2</sup>
NOPOK0 (CK)	30	0	0	0
N0P2K2	30	0	90	112.50
N1P2K2	30	75	90	112.50
N2P2K2	30	150	90	112.50
N3P2K2	30	225	90	112.50
N4P2K2	30	300	90	112.50
N2P0K2	30	150	0	112.50
N2P1K2	30	150	45	112.50
N2P3K2	30	150	135	112.50
N2P4K2	30	150	180	112.50
N2P2K0	30	150	90	0
N2P2K1	30	150	90	56.25
N2P2K3	30	150	90	168.75
N2P2K4	30	150	90	225.00

**1.4.2 块茎性状。**在收获期每小区随机选取 10 株测定单株块茎数和单株块茎重。

**1.4.3 产量。**在收获期每小区植株进行全部收获,按大薯( $\geq 75$  g)、小薯( $\leq 75$  g)分别称重,计算商品薯率和产量。

小区产量(kg) = 小区大薯重 + 小区小薯重

商品薯率 = 小区大薯重 / 小区产量  $\times 100\%$

产量(kg/hm<sup>2</sup>) = 小区产量 / 50  $\times 10\ 000$

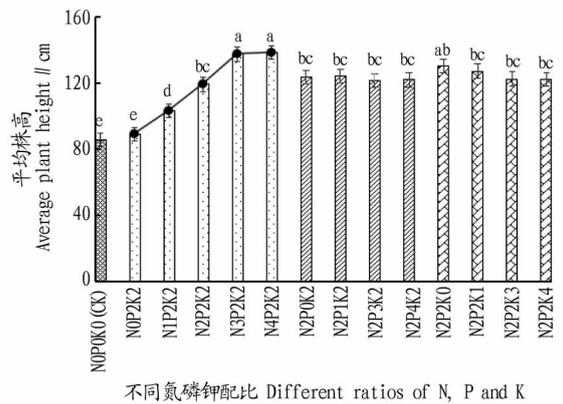
**1.4.4 干物质。**选取收获后大小均匀一致的马铃薯,取 100 g 左右鲜薯,在烘箱中 105 ℃ 杀青 30 min, 75 ℃ 烘干至恒重,称重并计算干物质含量。

**1.5 数据分析** 采用 Excel 和 SPSS 22.0 软件对试验数据进行分析。

## 2 结果与分析

**2.1 不同氮磷钾配施对马铃薯农艺性状的影响** 由图 1 可知,不同氮磷钾配施对马铃薯平均株高影响显著。各处理平均株高为 86.01~138.65 cm,不同氮磷钾处理下的平均株高均高于对照 NOPOK0,其中,N4P2K2 处理的效果较好,较对照提高 61.21%,与对照差异显著;其次为 N3P2K2,较对照提高 60.24%。在磷钾用量(P2K2)一定的情况下,随着氮肥用量的增加,马铃薯平均株高呈逐渐增加的趋势,说明增施氮肥有助于促进马铃薯植株生长。在氮钾用量(N2K2)一定的情况下,随着磷肥用量的增加,马铃薯平均株高变化趋势不明显,增施磷肥与不施磷肥差异不显著。在氮磷用量(N2P2)一定的情况下,随着钾肥用量的增加,马铃薯平均株高变化趋势也不明显,增施钾肥与不施钾肥相比差异也不显著。综合考虑,增施不同氮磷钾肥可以显著提高马铃薯株高,随着氮肥用量的增加马铃薯株高逐渐增加,随着磷肥和钾肥用量的增加,马铃薯株高变化不明显。

**2.2 不同氮磷钾配施对马铃薯块茎性状的影响** 由表 2 可知,不同氮磷钾配施对马铃薯平均单株块茎数、平均单株块茎重和平均商品薯率影响不显著。平均单株块茎数方面,各处理间平均单株块茎数为 6.99~8.37 个,不同氮磷钾处理下



注:不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ )

Note: Different lowercases indicated significant difference at 0.05 level

图 1 不同氮磷钾配施对马铃薯农艺性状的影响

Fig. 1 Effects of different N, P and K combinations on potato agronomic traits

的平均单株块茎数均高于对照 NOPOK0。平均单株块茎重方面,各处理平均单株块茎重为 1.23~1.66 kg,不同氮磷钾处理下的平均单株块茎重均高于对照 NOPOK0。平均商品薯率方面,各处理间平均商品薯率为 71.84%~80.14%,除 N4P2K2 处理低于对照 NOPOK0 外,其余不同氮磷钾处理下的平均商品薯率均高于对照 NOPOK0。综合考虑,不同氮磷钾配施对马铃薯块茎性状的影响,以 N2P2K3 处理效果较好,单株块茎数、单株块茎重和商品薯率均位居第一,其次为 N2P2K2,说明在氮磷用量(N2P2)一定的情况下,合理增施钾肥可以提高马铃薯单株块茎数、单株块茎重和商品薯率。

**2.3 不同氮磷钾配施对马铃薯产量的影响** 由表 3 可知,2017 年,各处理产量为 21 185.29~35 722.40 kg/hm<sup>2</sup>;2018 年,各处理间产量变幅为 30 963.12~39 426.12 kg/hm<sup>2</sup>;2019 年,各处理产量为 28 426.05~42 932.31 kg/hm<sup>2</sup>。2017—2019 年,各处理平均产量为 26 858.15~38 742.99 kg/hm<sup>2</sup>,不同氮磷钾处理下的平均产量均高于对照 NOPOK0,其中,N2P2K2 处理的效果较好,较对照提高 44.25%,与对照相比差异显著;其次为 N2P4K2 和 N2P2K3,较对照分别提高 36.15%和 33.59%,与对照相比也差异显著。

由表 4 可知,随着 N、P、K 肥用量的增加,在 N2P2K2 处理下产量位居第一,且在磷钾用量(P2K2)一定的情况下,随着氮肥用量的增加,马铃薯产量呈先增后减的趋势。说明氮磷钾合理配施(N2P2K2)可以显著提高马铃薯产量。

**2.4 不同氮磷钾配施对马铃薯干物质含量的影响** 由图 2 可知,不同氮磷钾配施对马铃薯平均干物质含量影响不显著。各处理平均干物质含量为 153.1~182.3 g/kg,不同氮磷钾处理下的平均干物质含量均高于对照 NOPOK0,其中,N2P2K4 处理的效果较好,较对照提高 19.10%;其次为 N2P4K2,较对照提高 19.07%。在磷钾用量(P2K2)一定的情况下,随着氮肥用量的增加,马铃薯平均干物质含量呈先增加后降低的趋势。从数值上综合考虑,增施不同氮磷钾肥可以提高马铃薯干物质含量,在钾肥较高配施下,马铃薯干物质含量较高。

表2 不同氮磷钾配施对马铃薯块茎性状的影响

Table 2 Effects of different N,P and K combined application on potato tuber traits

处理 Treatment	平均单株块茎数 Average number of tubers per plant//个	位次 Ranking	平均单株块茎重 Average tuber weight per plant//kg	位次 Ranking	平均商品薯率 Average commodity potato rate//%	位次 Ranking
N0P0K0(CK)	6.99 a	14	1.23 a	14	73.78 a	13
N0P2K2	7.43 a	12	1.45 a	11	77.04 a	10
N1P2K2	7.98 a	7	1.58 a	3	78.79 a	5
N2P2K2	8.16 a	4	1.64 a	2	78.59 a	6
N3P2K2	8.03 a	5	1.55 a	4	79.19 a	3
N4P2K2	8.27 a	2	1.28 a	13	71.84 a	14
N2P0K2	7.52 a	11	1.50 a	8	77.72 a	9
N2P1K2	7.39 a	13	1.31 a	12	75.78 a	11
N2P3K2	7.64 a	10	1.54 a	6	80.03 a	2
N2P4K2	8.21 a	3	1.50 a	7	78.57 a	7
N2P2K0	7.73 a	9	1.55 a	5	79.07 a	4
N2P2K1	8.00 a	6	1.47 a	9	75.20 a	12
N2P2K3	8.37 a	1	1.66 a	1	80.14 a	1
N2P2K4	7.94 a	8	1.47 a	10	77.86 a	8

注:同列不同小写字母表示不同处理间差异显著(P<0.05)

Note:Different lowercase letters in the same column indicated significant difference between different treatments(P<0.05)

表3 不同氮磷钾配施对马铃薯产量的影响

Table 3 Effects of different N,P and K combined application on potato yield

处理 Treatment	2017年产量 Yield in 2017 kg/hm <sup>2</sup>	位次 Ranking	2018年产量 Yield in 2018 kg/hm <sup>2</sup>	位次 Ranking	2019年产量 Yield in 2019 kg/hm <sup>2</sup>	位次 Ranking	平均产量 Average yield//kg/hm <sup>2</sup>	较CK Compared with CK//%	位次 Ranking
N0P0K0(CK)	21 185.29	14	30 963.12	14	28 426.05	14	26 858.15 c	0.00	14
N0P2K2	29 759.41	10	34 416.90	9	30 555.75	13	31 577.35 abc	17.57	12
N1P2K2	33 685.35	4	35 314.99	6	37 808.83	7	35 603.06 ab	32.56	5
N2P2K2	34 759.43	3	38 537.23	2	42 932.31	1	38 742.99 a	44.25	1
N3P2K2	25 870.50	13	35 000.25	8	36 018.70	8	32 296.48 abc	20.25	11
N4P2K2	26 055.69	12	31 111.27	13	32 870.53	11	30 012.50 bc	11.74	13
N2P0K2	33 518.69	5	32 389.05	11	38 642.17	6	34 849.97 ab	29.76	7
N2P1K2	32 370.53	7	31 129.79	12	38 657.55	5	34 052.62 ab	26.79	9
N2P3K2	35 722.40	1	36 481.66	4	35 216.23	9	35 806.76 ab	33.32	4
N2P4K2	34 833.51	2	35 889.07	5	38 981.68	4	36 568.08 ab	36.15	2
N2P2K0	33 352.02	6	36 722.41	3	33 889.05	10	34 654.49 ab	29.03	8
N2P2K1	30 648.30	9	34 259.43	10	32 531.03	12	32 479.59 abc	20.93	10
N2P2K3	28 833.48	11	39 426.12	1	39 382.91	3	35 880.84 ab	33.59	3
N2P2K4	31 000.14	8	35 296.47	7	39 537.23	2	35 277.95 ab	31.35	6

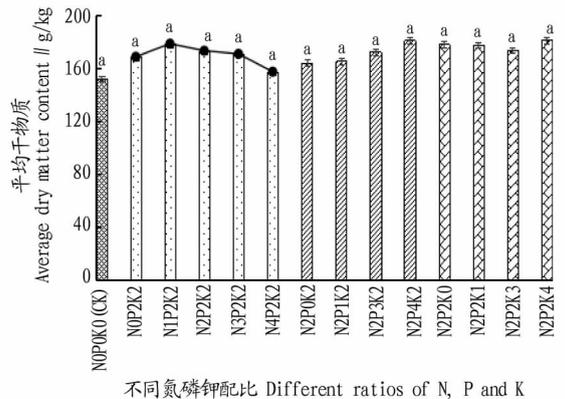
注:同列不同小写字母表示不同处理间差异显著(P<0.05)

Note:Different lowercase letters in the same column indicated significant difference between different treatments(P<0.05)

表4 氮肥、磷肥和钾肥对马铃薯产量的影响

Table 4 Effects of N,P and K fertilizers on potato yield

处理 Treatment	平均产量 Average yield kg/hm <sup>2</sup>	位次 Ranking	
氮肥 Nitrogen	N0P2K2	31 577.35	4
	N1P2K2	35 603.06	2
	N2P2K2	38 742.99	1
	N3P2K2	32 296.48	3
	N4P2K2	30 012.50	5
磷肥 Phosphate	N2P0K2	34 849.97	4
	N2P1K2	34 052.62	5
	N2P2K2	38 742.99	1
	N2P3K2	35 806.76	3
	N2P4K2	36 568.08	2
钾肥 Potash	N2P2K0	34 654.49	4
	N2P2K1	32 479.59	5
	N2P2K2	38 742.99	1
	N2P2K3	35 880.84	2
	N2P2K4	35 277.95	3



注:不同小写字母表示差异显著(P<0.05)

Note:Different lowercases indicated significant difference at 0.05 level

图2 不同氮磷钾配施对马铃薯干物质含量的影响

Fig.2 Effects of different NPK combined application on potato dry matter content

### 3 结论与讨论

氮磷钾配施对马铃薯的影响研究较多。研究者从马铃薯氮、磷、钾吸收规律、施肥效应、施肥时期、施用量等开展了大量研究,分析其对马铃薯农艺性状、产量以及品质等的影响<sup>[9-15]</sup>。陈华等<sup>[10]</sup>研究表明,在关中地区合理的氮、磷、钾肥施用量能够促进马铃薯株高生长,提高产量及品质。王国兴等<sup>[11]</sup>研究发现,磷、氮是马铃薯生长发育中重要营养元素,合理的氮、磷、钾以及有机肥配比施用可以促进马铃薯地上部生长。该试验结果表明,不同氮磷钾配施对马铃薯株高影响显著,随着氮肥用量的增加马铃薯株高逐渐增加,随着磷肥和钾肥用量的增加,马铃薯株高变化不明显,但均优于对照 N0P0K0,说明氮磷钾配施可以有效促进马铃薯植株生长,这与前人研究结果一致,但在该试验中增施氮肥对马铃薯株高的影响优于增施磷、钾肥。

田世龙等<sup>[12]</sup>研究指出,块茎中氮、磷、钾含量及其营养品质与单一肥料施用量不成正比,而与氮磷钾施肥配比有关,其中氮肥用量影响较大,磷、钾肥影响较小;氮、磷、钾肥的适宜配比为 N 180 kg/hm<sup>2</sup>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 150 kg/hm<sup>2</sup>、K<sub>2</sub>O 120 kg/hm<sup>2</sup>。段玉等<sup>[13]</sup>分析了内蒙古 2002—2011 年进行的 15 项次马铃薯施肥田间试验结果,认为施肥增产效果为氮肥>磷肥>钾肥;对于氮肥的施用,主要依据产量反应和农学效率,而对于磷、钾肥的施用,除考虑肥效外,还要考虑土壤养分平衡。该试验结果表明,不同氮磷钾配施对马铃薯块茎性状的影响,以 N2P2K3 处理效果较好,单株块茎数、单株块茎重和商品薯率均位居第一,其次为 N2P2K2,说明在氮磷用量(N2P2)一定的情况下,合理增施钾肥可以提高马铃薯单株块茎数、单株块茎重和商品薯率。不同氮磷钾配施对马铃薯产量影响显著,各处理均高于对照 N0P0K0,其中,N2P2K2 产量位居第一,较对照提高 44.25%,说明氮磷钾合理配施可以显著提高马铃薯产量;且在磷钾合理用量(P2K2)的情况下,随着氮肥用量的增加,马铃薯产量呈先增后减的趋势,说明氮肥对马铃薯产量的影响较大。

孙磊等<sup>[14]</sup>研究指出,等量氮肥水平下,氮肥分期施用能增加块茎中干物质的积累;钾肥的分期施用在一定程度上能够提高块茎数量和商品薯率,对产量作用不明显;适宜的肥料用量和施用时期,通过提高块茎中干物质积累量以及分配

比例,进而提高单株块茎数和平均块茎重,最终提高产量。王国兴等<sup>[11]</sup>研究发现,合理的氮、磷、钾以及有机肥配比施用可以提高马铃薯干物质的积累,有效增加产量,最终达到增产增收的目的。该试验中,不同氮磷钾配施对马铃薯干物质含量影响不显著,但从数值上看,各处理较对照 N0P0K0 均有不同程度的提高,说明增施氮磷钾肥在一定程度上可以提高块茎中干物质含量。

王小英等<sup>[1]</sup>此前进行了 1 年试验,该试验是在此基础上,继续开展了 2 年试验,旨在获得更为准确的氮磷钾配比。该研究结果与王小英等<sup>[1]</sup>研究结果一致,在榆林风沙草滩地区,在施用有机肥 30 t/hm<sup>2</sup> 的基础上,氮磷钾最佳配施比为纯 N 150 kg/hm<sup>2</sup>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 90 kg/hm<sup>2</sup>、K<sub>2</sub>O 112.5 kg/hm<sup>2</sup>,该配比不仅可以促进马铃薯植株生长,增加单株块茎数、单株块茎重和商品薯率,而且可以提高马铃薯产量和干物质含量,适宜在生产中推广使用。

### 参考文献

- [1] 王小英,陈占飞,方玉川,等.不同氮磷钾配比对马铃薯农艺性状、产量和品质的影响[J].中国农学通报,2020,36(4):44-49.
- [2] 方玉川,吕军,张圆,等.生物有机肥对马铃薯产量和品质的影响[J].中国瓜菜,2019,32(9):50-53.
- [3] 方玉川,陈占飞,刘肖,等.不同灌水量和施肥水平对马铃薯产量及其构成因素的影响[J].安徽农业科学,2020,48(7):62-64.
- [4] 高青青,方玉川,吕军,等.不同配方复合肥对马铃薯农艺性状及产量的影响[J].农业科技通讯,2020(5):120-123.
- [5] 孔令郁,彭启双,熊艳,等.平衡施肥对马铃薯产量及品质的影响[J].土壤肥料,2004(3):17-19.
- [6] 张静,蒙美莲,王颖慧,等.氮磷钾施用量对马铃薯产量及品质的影响[J].作物杂志,2012(4):124-127.
- [7] 李勇,吕典秋,胡林双,等.不同氮磷钾配比对马铃薯农艺性状、产量和干物质含量的影响[J].中国马铃薯,2013,27(3):148-152.
- [8] 何天久,李其义,吴巧玉,等.氮磷钾对马铃薯产量和品质影响的研究进展[J].黑龙江农业科学,2014(9):140-144.
- [9] 张西露,刘明月,伍壮生,等.马铃薯对氮、磷、钾的吸收及分配规律研究进展[J].中国马铃薯,2010,24(4):237-241.
- [10] 陈华,刘孟君,刘如霞.不同施肥水平对菜用马铃薯农艺性状及营养品质的影响[J].西北农业学报,2016,25(2):220-226.
- [11] 王国兴,徐福利,王渭玲,等.氮磷钾及有机肥对马铃薯生长发育和干物质积累的影响[J].干旱地区农业研究,2013,31(3):106-111.
- [12] 田世龙,李守强,葛霞,等.氮、磷、钾肥配比对马铃薯“新大坪”产量、品质及其耐贮性的影响[J].中国马铃薯,2018,32(3):155-164.
- [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] 孙磊,王弘,李明月,等.氮磷钾肥施用量及施用时期对马铃薯干物质积累与分配的影响[J].作物杂志,2014(1):132-137.
- [15] 杨瑞平,张胜,王珊珊.氮磷钾配施对马铃薯干物质积累及产量的影响[J].安徽农业科学,2011,39(7):3871-3874.
- [16] 刘江,吕涛,张立欣,等.基于主成分分析的不同种植年限甘草地土壤质量评价[J].草业学报,2020,29(6):162-171.
- [17] 包耀贤,徐明岗,吕粉桃,等.长期施肥下土壤肥力变化的评价方法[J].中国农业科学,2012,45(20):4197-4204.
- [18] BO Y J, ZHU Q K, BAO Y X, et al. A comparative study on three methods of soil quality evaluation of microtopography in the semi-arid Loess Plateau, China[J]. Journal of environmental biology, 2015, 36(1): 325-330.
- [19] 郭清源,丁松爽,刘国顺,等.钾用量与灌溉量对不同土层钾素及烟叶钾含量的积累效应[J].中国烟草科学,2015,36(1):61-67.
- [20] 蒋玉兰,陆训明,夏仕明,等.干湿交替灌溉对水稻产量、品质和土壤生物学性状的影响[J].作物杂志,2016(6):20-25.
- [21] 王月福,康玉洁,王铭伦,等.施钾对花生积累氮素来源和产量的影响[J].核农学报,2013,27(1):126-131.

(上接第 143 页)