

不同用量包膜氯化钾对马铃薯产量、品质及土壤钾供应的影响

郭新送¹, 丁方军^{1,2}, 陈士更^{1,3}, 王焕喜^{1,3}

(1. 土肥资源高效利用国家工程实验室, 山东 泰安 271018; 2. 山东农业大学资源与环境学院, 山东 泰安 271018;
3. 山东省腐植酸高效利用工程技术研究中心, 山东农大肥业科技有限公司, 山东 泰安 271016)

摘要: 利用马铃薯盆栽试验, 通过设置不施钾肥、普通氯化钾、30%、50%、70%以及全量(等量于普通氯化钾)包膜氯化钾的处理, 研究不同用量包膜氯化钾对马铃薯产量、品质及土壤钾素供应的影响。结果表明: 包膜氯化钾 25℃ 静水浸泡的钾素日均释放量约为 1.2%, 符合控释肥行业标准, 在土壤下的钾素释放率呈“S”型, 于 70~90 天释放率达到最大值, 与马铃薯块茎形成及膨大时期相吻合, 有利于产量形成; 较普通氯化钾, 包膜氯化钾的马铃薯增产幅度为 13.92%~36.54%; 包膜氯化钾全量处理的 Vc 含量、可溶性蛋白及淀粉含量显著高于普通氯化钾, 而包膜氯化钾全量施用的马铃薯还原性糖含量显著低于其他处理, 降低幅度为 13.9%~36.2%; 包膜氯化钾钾素缓慢释放, 满足植株后期对钾的需求, 在块茎形成期后, 包膜氯化钾 50%以上用量处理的植株吸钾量显著高于其他处理; 包膜氯化钾 50%以上用量的土壤速效钾含量在块茎形成期后显著高于普通氯化钾, 同时, 土壤水溶性钾与非特殊吸附钾含量较普通氯化钾分别增加 8.4%~25.1%和 9.3%~36.1%, 土壤钾素供应充足。综上, 包膜氯化钾 50%以上用量有利于提高马铃薯产量、商品薯率和品质, 同时增加土壤钾素供应。

关键词: 马铃薯; 包膜氯化钾; 产量; 品质; 土壤钾素供应

中图分类号: S143.3⁺2; S532 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-2242(2017)06-0296-06

DOI: 10.13870/j.cnki.stbcxb.2017.06.046

Effects of Different Polymer-Coated Potassium Chloride Dosages on Potato Yield, Quality and Soil Potassium Supply

GUO Xinsong¹, DING Fangjun^{1,2}, CHEN Shigeng^{1,3}, WANG Huanxi^{1,3}

(1. National Engineering Laboratory for Efficient Utilization of Soil and Fertilizer Resources, Taian, Shandong 271018; 2. College of Resources and Environment, Shandong Agricultural University, Taian, Shandong 271018; 3. Engineering Technology Research Center of Shandong Province, Efficient Utilization of Humic Acid, Shandong Agricultural University Fertilizer Science Tech. Co. Ltd., Taian, Shandong 271016)

Abstract: A potato pot experiment was conducted to study the effects of different polymer-coated potassium chloride (PCK) dosages on potato yield, quality and soil potassium (K) supply, which set six treatments: no potassium, potassium chloride, 30% PCK, 50% PCK, 70% PCK and 100% PCK dosage (with the potassium chloride dosage equivalent). The results showed that the K released by 1.2% amount average of PCK in 25℃ water immersion, which met the controlled-release fertilizer industry standards. The K release rate was in “S” curve in the soil and reached the maximum value at 70~90 days, which was consistent with the potato potassium uptake in tuber formation and expansion period and beneficial to yield formation. The yields of potato were increased by 13.92%~36.54% of different PCK dosages compared with potassium chloride. The potato Vc, total soluble protein and starch contents of 100% PCK were significantly higher than that of potassium chloride, and the potato total reducing sugar content of 100% PCK was significantly lower than other the treatments, the decrease showed to 13.9%~36.2%. The PCK released K slowly, which could meet the needs of potato K uptake at later period. After the tuber formation period, potato K uptake amount of above 50% PCK dosage treatments were significantly higher than the other treatments. Compared with potassium

收稿日期: 2017-07-13

资助项目: “十三五”国家重点研发计划项目“化学肥料和农药减施增效综合技术研发”(2016YFD0201143)

第一作者: 郭新送(1987—), 男, 山东新泰人, 硕士, 主要从事土壤生态学研究。E-mail: guoxinsong1028@163.com

通信作者: 丁方军(1964—), 男, 山东青岛人, 教授, 主要从事土壤肥料、新型肥料研发及生产技术研究。E-mail: dfj401@163.com

chloride, the soil available K content of above 50% PCK dosage was significantly higher after the tuber formation period. At the same time, the soil water soluble K and non-specifically adsorbed K contents were increased by 8.4%~25.1% and 9.3%~36.1% respectively, so the soil K supply adequately. In conclusion, above 50% PCK dosage was beneficial to improve potato yield, commercial potato rate and quality, and increase soil K supply.

Keywords: potato; potassium chloride coated by polymer; yield; quality; soil potassium supply

马铃薯是我国重要的菜粮兼作作物之一,属于典型的嗜钾作物。研究表明,马铃薯每增产 1 000 kg 需要 K_2O 10 kg 左右^[1]。目前市场上钾肥主要以硫酸钾和氯化钾为主,有学者认为马铃薯为“忌氯作物”,施用氯基的钾肥会影响马铃薯的品质,而现有的研究表明,马铃薯植株体内适宜的氯含量能够促进植物生长,氯化钾较硫酸钾的马铃薯淀粉和维生素 C 含量更高,还原糖含量更低,故马铃薯适量地施用含氯化钾肥,并不会影响其品质^[2-3]。此外,氯能通过调节气孔开闭间接影响光合作用,从而影响产量,在施用 210~300 kg/hm² K_2O 时,马铃薯经济效益较高,而此时硫酸钾与氯化钾的产量无明显差异^[4-6]。

目前,马铃薯的种植存在诸多问题,例如施肥量过大,肥料利用率低等,随着国家农业部颁发《到 2020 年化肥使用量零增长行动方案》,马铃薯的高效施肥成为研究重点。国内外针对控释肥在马铃薯上的研究应用均有报道,但多集中于控释氮肥^[7-9],钾肥在马铃薯上也一般采用基施,而其在团棵期后需求量占到整个生育期的 70%,钾肥的控释也至关重要。钾肥的包膜已有研究,也基本分包膜硫酸钾和氯化钾,相对于包膜硫酸钾,包膜氯化钾处理的净效益增加值和钾肥经济效益都较高^[6]。高翔等^[10]的研究表明,施用包膜氯化钾在 210 kg/hm² 时,能显著提高马铃薯的产量和大中薯率,在此用量下,控释氯化钾可替代硫酸钾在马铃薯生产中应用;刘汝亮等^[11]的研究表明,控释钾肥持续提供钾素,较普通钾肥的植株钾素累积量显著提高,能促进马铃薯干物质的积累。马铃薯生育后期对钾需求量大,并不代表生长前期不需要钾,前人的研究报道大多集中在包膜氯化钾替代普通钾肥后的产量、品质变化或控释钾肥与普通钾肥对作物生长影响的研究,而关于普通钾肥与包膜钾肥的配施或不同控钾比例对马铃薯生长影响的研究还较少,通过设置一定控钾比例,不仅能满足马铃薯在不同生育期的钾素需求,同时也降低包膜钾肥的投入。本试验采用聚合物对颗粒氯化钾进行包膜,并设置不同控钾比,开展马铃薯的盆栽试验,研究包膜钾不同用量对马铃薯产量、品质及土壤钾素供应的影响,以期包膜钾肥的推广应用提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试土壤为棕壤,采自肥城马铃薯良种试验基地,系统命名为普通育苗湿润淋溶土,其基本理化性状为土壤全氮 1.06 g/kg,土壤有效磷 17.45 mg/kg,土壤速效钾 113.54 mg/kg,有机质 17.76 g/kg,电导率(1:5 土水比浸提)345.52 $\mu S/cm$, pH(1:2.5 土水比浸提)6.92。

供试肥料,氮肥为普通大颗粒尿素(含 N 量 46.3%)和树脂包膜控释尿素(含 N 44%,包膜材料为聚氨酯,其质量分数为 2.5%,包膜厚度 6~10 μm ,粒径 2.0~4.75 mm,24 h 释放率 $\leq 2\%$,28 天释放率 $\leq 50\%$,控释期为 2 个月),控氮比采用 30%;钾肥为普通氯化钾肥(含 K_2O 和包膜氯化钾(含 K_2O 量 57%,包膜材料为聚氨酯与石蜡改性共聚物,其质量分数为 2.3%~3.3%,包膜厚度 10~20 μm ,粒径 2.0~4.75 mm,24 h 释放率 $\leq 3\%$,28 天释放率 $\leq 40\%$,预设释放期 3 个月));磷肥为磷酸二铵。以上肥料均由山东农大肥业科技有限公司提供。

供试作物为马铃薯克新 1 号,该品种属中早熟品种,生育期 110 天左右(播种至收获),一般种植密度 $5.7 \times 10^4 \sim 7.1 \times 10^4$ 株/hm²,株型开展,株高 60~70 cm,结薯集中,块茎休眠期较长,耐贮藏。

供试盆为塑料盆,底端有出水口,高 25 cm,直径 30 cm。

1.2 试验方案设计

1.2.1 马铃薯盆栽试验设计 本试验共设 6 个处理:UK,氯化钾全量;BK,包膜氯化钾全量;BK₇₀,70%包膜氯化钾+氯化钾;BK₅₀,50%包膜氯化钾+氯化钾;BK₃₀,30%包膜氯化钾+氯化钾;CK,不施钾肥。每个施肥处理分别按纯氮(N)150 kg/hm²,纯磷(P_2O_5)90 kg/hm²,纯钾(K_2O)210 kg/hm²,生物有机肥 1200 kg/hm² 施用。每盆装土 12 kg,内部用纱网覆盖出水口均匀铺满 1 kg 的细沙,所需施用的肥料与土壤混匀装盆,裸露的肥料颗粒应按入土壤中,取质量、芽大小及数量一致的脱毒薯块种植,每盆种植一株,每个处理共 10 盆,在马铃薯苗期、块茎形成期进行破坏性取样,每次取 3 盆,剩余 4 盆于成熟期测产。盆栽管理与高产大田管理措施一致,定时定量浇水、除草、喷洒农药和预防病害等。

1.2.2 包膜氯化钾静水浸泡试验设计 包膜氯化钾在 25 ℃ 静水释放率试验设计(采用静水浸泡,电导率法测定):包膜氯化钾静水培养步骤为称取 10 g 包膜氯化钾置于 100 目尼龙纱网制成的小袋中,将封口后的小袋放入 250 mL 玻璃瓶中,加入 200 mL 蒸馏水,加盖密封,重复 3 次,置于 25 ℃ 生化恒温培养箱中,取样时间为第 24 h 以及第 3,5,7,10,14,21,28,42,56,84 天等,直至钾素累积释放率达 80% 以上为止。钾素释放率测定步骤为,称取 10 g 核芯氯化钾,置于 200 mL 水中,于 25 ℃ 恒温箱中封口溶解,待全部溶解完毕。吸取该溶液 0,20,40,60,80,100 mL 置于 100 mL 容量瓶中,定容,摇匀,置于 25 ℃ 恒温室中,测定各容量瓶中溶液电导率,以溶液浓度为横坐标,以测得的电导率值为纵坐标,绘制标准曲线,建立相关计算方程。测定浸提液的电导率换算为氧化钾释放量,从而计算钾素的释放率。

1.2.3 包膜氯化钾土埋试验设计 包膜氯化钾土壤中释放率试验设计(采用埋袋后肥料养分称量法测定):步骤为称取 10 g 包膜氯化钾颗粒装入置于 100 目尼龙纱网制成的小袋中(规格为长×宽=12 cm×10 cm),在施肥时埋入土壤空白区中,埋深 20±5 cm。在埋袋后第 1,7,14,21,35,49,63,77,91,105,120 天采集网袋,每次采集 4 袋,将取出的肥料样品置于 50 ℃ 培养箱内烘 48 h 后,称量至恒定恒重(最后 2 次测定值的绝对相差小于 0.05 g),通过质量差减法算出包膜氯化钾的养分释放率。

1.3 样品采集与处理方法

土壤速效钾用 1 mol/L 醋酸铵提取;土壤水溶性

钾按水土比 10:1 用去 CO₂ 蒸馏水提取;特殊吸附钾是土壤胶体中的钾素可以由 Ca²⁺ 或 Mg²⁺ 交换出来的部分,特殊吸附钾=醋酸铵浸提钾-醋酸镁浸提钾,醋酸镁浸提钾采用 0.5 mol/L 中性醋酸镁溶液提取;非特殊吸附钾是可以由 H⁺ 或 NH₄⁺ 交换的土壤中的钾素,却不能被 Ca²⁺ 或 Mg²⁺ 交换释放钾素,非特殊吸附性钾=醋酸镁浸提钾-水溶性钾^[5]。各提取液中的钾测定均采用火焰光度法测定。土壤水分采用 TDR 仪器速测。植株钾含量采用 H₂SO₄-H₂O₂ 联合消煮,火焰光度计法测定;马铃薯块茎中可溶性蛋白质含量利用考马斯亮蓝 G-250 比色法测定;块茎中维生素 C 含量利用 2,6-二氯酚酚滴定法测定;块茎中还原糖含量利用 3,5-二硝基水杨酸(DNS)比色法测定,块茎中淀粉含量利用碘量法测定。

1.4 数据处理

数据采用 Excel、SAS 软件进行计算与统计分析,运用 LSD 法检验差异显著性。

2 结果与分析

2.1 包膜氯化钾释放特性

在 25 ℃ 静水中,包膜氯化钾在前 90 天钾素释放率呈直线型释放,平均日释放速率约为 1.2%,之后钾素释放率逐渐降低(图 1b),包膜氯化钾 25 ℃ 静水初期释放率 0.3%,28 天累积释放率 38%,控释期约为 3 个月。在土壤中包膜氯化钾钾素释放率趋势呈“S”形(图 1a),平均日释放速率低于 25 ℃ 静水,对于阶段释放率而言,在 40~70 天较高,在 70~90 天释放率达到最大值,与马铃薯块茎形成与增长时期相吻合,有利于产量形成,之后时段释放率逐渐稳定。

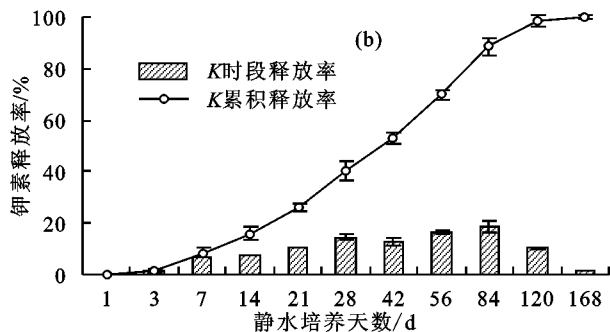
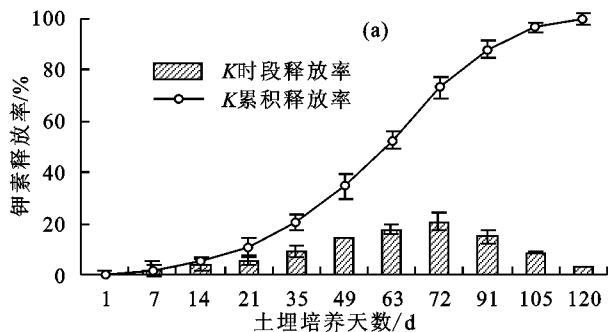


图 1 包膜氯化钾在 25 ℃ 静水和土壤培养中的释放率

在土壤中影响包膜氯化钾钾素释放的因素有土壤水分、温度、酸碱性等,通过对马铃薯整个生育期的土壤水分检测,土壤水分维持在 13.5%~26.5%之间,其中包含 3 次灌水和 2 次降雨,灌水量为 1.5 倍的土壤孔隙体积(图 2)。

2.2 不同用量包膜氯化钾对马铃薯产量的影响

盆栽马铃薯收获后,计算每盆的单株重及商品薯率,按 6.75×10^4 株/hm² 的播种密度计算产量。与不施钾肥相比,各处理的增产幅度为 32.5%~80.91%,增

产效果十分显著。与普通氯化钾肥相比,包膜氯化钾不同施用量的处理均有一定增产效应,增产幅度为 13.92%~36.54%,其中包膜氯化钾全量施用的马铃薯产量最高。不同包膜氯化钾用量之间,全量施用与 70% 用量的马铃薯产量无差异,70% 用量与 50% 和 30% 用量之间的产量无差异(表 1)。

不同处理间的马铃薯商品薯率以 70% 包膜氯化钾用量最高,达到 85.5%,显著高于普通氯化钾肥和 30% 与 50% 包膜氯化钾用量处理。

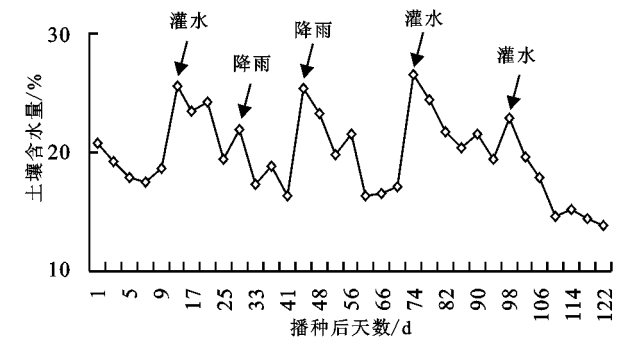


图 2 马铃薯生育期内土壤含水量

表 1 包膜 KCl 不同用量下盆栽马铃薯产量和大中薯率				
处理	产量/ (kg · hm ⁻²)	与 CK 比较/%	与 UK 比较/%	大中 薯率/%
CK	26780.16d	—	—	74.03d
UK	35483.04c	32.50	—	80.25c
BK	48447.84a	80.91	36.54	83.75ab
BK70	45787.68ab	70.98	29.04	85.50a
BK50	40837.92b	52.49	15.09	82.40bc
BK30	40420.80b	50.94	13.92	82.95bc

注:表中数字后不同字母表示差异达 5%显著。下同。

2.3 不同用量包膜氯化钾对马铃薯品质的影响

包膜氯化钾不同用量对马铃薯品质具有一定影响(表 2)。包膜氯化钾全量与 70%用量处理的马铃薯 Vc 含量显著高于普通氯化钾,平均提高 15.1%,其他用量间差异不显著,但均显著高于不施钾肥处理。包膜氯化钾不同施用量的马铃薯可溶性蛋白含量较普通钾肥提高 13.2%~33.8%,除包膜氯化钾 30%用量的马铃薯可溶性蛋白含量与普通氯化钾无差异外,其余各处理均达到显著差异。马铃薯中还原糖易与氮化合物 α-氨基酸进行“Malil-Lard Reaction”反应,从而影响薯片等的马铃薯制成品外观品质^[12]。本试验中,施用钾肥能显著降低马铃薯还原性糖含量,包膜氯化钾全量施用的马铃薯还原性糖含量显著低于其他处理,降低幅度为 13.9%~36.2%,包膜氯化钾 30%~70%用量间的马铃薯还原性糖含量无显著差异。不同处理的马铃薯淀粉含量以包膜氯化钾全量及 70%用量的较高,与普通氯化钾肥处理相比,平均提高 12.9%,差异显著,其他各施钾肥处理间的马铃薯淀粉含量差异不显著。

表 2 不同用量包膜 KCl 处理的马铃薯品质

处理	Vc 含量/ (mg · 100g ⁻¹)	可溶性蛋白含量/ (g · kg ⁻¹)	还原糖 含量/%	淀粉 含量/%
CK	16.45c	2.77c	0.75a	11.15c
UK	19.70b	3.40b	0.58b	12.26b
BK	22.85a	4.55a	0.37c	13.95a
BK70	22.50a	4.20a	0.43bc	13.75a
BK50	21.35ab	4.15a	0.48bc	13.12ab
BK30	20.20ab	3.85ab	0.50bc	12.78b

2.4 不同用量包膜氯化钾对马铃薯各生育期植株吸钾量的影响

通过马铃薯不同时期地上部与地下部植株吸钾量的加权计算,获得不同时期整个植株的吸钾总量。从图 3 可以看出,在团棵期,普通氯化钾肥处理的植株吸钾量显著高于包膜氯化钾处理,分析原因:一是在马铃薯生长前期植株对钾素需求量较小,植株累积量较少;二是包膜氯化钾缓慢释放,在马铃薯生长初期,释放较少,相应植株吸收较少。到马铃薯块茎形成期,包膜氯化钾 70%用量处理的植株吸钾量最高,但与全量和 50%用量施用的差异不显著;与普通氯化钾相比,包膜氯化钾全量与 70%用量的植株吸钾量分别提高 46.8%和 63.3%,差异显著。在马铃薯成熟期包膜氯化钾全量的植株吸钾量较高,与 70%和 50%用量的无差异,但显著高于普通氯化钾和 30%用量处理,这是由于马铃薯本是喜钾作物,且钾的吸收量多集中于块茎形成期及以后,包膜氯化钾钾素缓慢释放,满足植株后期对钾的需求。

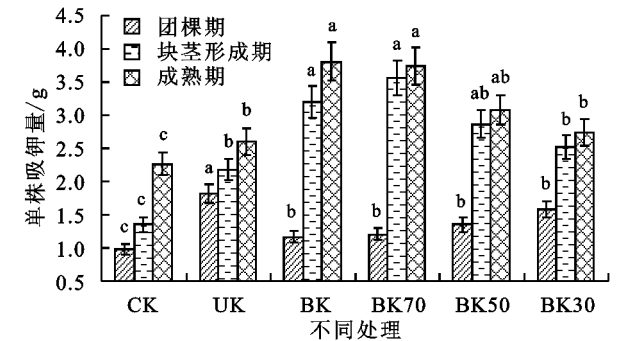


图 3 马铃薯不同生育期植株钾累积量

2.5 不同用量包膜氯化钾处理的土壤钾供应

2.5.1 不同用量包膜氯化钾处理的土壤速效钾含量 土壤钾的消耗主要是作物的吸收和淋失,钾的淋失是钾肥利用效率低的一个重要因素,而补给主要来自肥料钾。从图 4 可以看出,在团棵期,普通氯化钾和包膜氯化钾 30%用量土壤速效钾含量高于其他处理。这是由于普通氯化钾在盆栽定量浇水的管理过程中速溶,使得土壤的钾素含量升高,而包膜氯化钾高用量的处理因钾素缓慢释放,使得土壤钾素浓度相对较低。在马铃薯块茎形成期,普通氯化钾的土壤速效钾含量呈降低趋势,而包膜氯化钾 50%以上用量的土壤速效钾含量呈升高趋势,且高于其他处理。在成熟期,不同处理的土壤速效钾含量具有所降低,而包膜氯化钾 50%以上用量的土壤速效钾含量依然维持在一个较高水平,与普通氯化钾相比,土壤速效钾含量增加 18.4%~46.5%。这是由于随植株生长吸收土壤钾素和灌水淋溶损失,使得普通氯化钾处理的土壤钾素浓度降低,而包膜氯化钾随马铃薯生长不断释放钾素和淋溶损失较少,使得土壤钾素相对较高。

2.5.2 不同用量包膜氯化钾处理的土壤各形态钾供应情况 水溶性钾是植物可以直接吸收利用的一种土壤钾素形态,被作为土壤供钾能力的强度因素,其含量除受土壤风化和耕作情况的影响外,还与施肥措施有较大关系^[14]。本试验中,与施用普通氯化钾肥相比,施用包膜氯化钾肥的马铃薯成熟期土壤水溶性钾含量提高 8.4%~25.1%,其中,包膜氯化钾肥全量施用的土壤水溶性钾含量与其他处理相比达到差异显著性水平(图 5)。

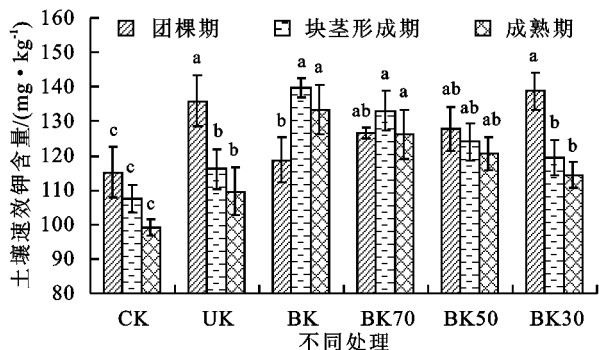


图 4 马铃薯不同生育期土壤速效钾含量

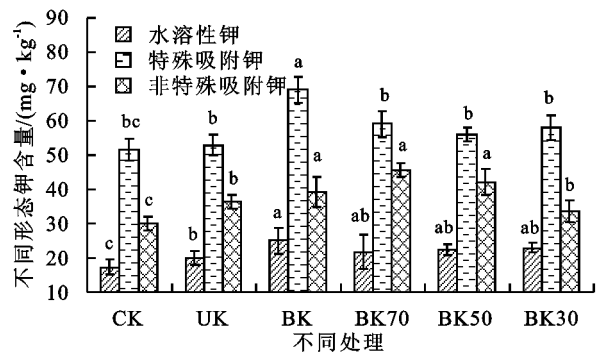


图 5 马铃薯成熟期土壤钾素形态

特殊吸附钾和非特殊吸附钾是土壤交换性钾的两大组成部分,而土壤交换性钾是当季作物吸收利用的主要钾素来源。在马铃薯成熟期,各处理的土壤特殊吸附钾无显著差异,而土壤非特殊吸附钾却因钾肥的类型产生差异,各施钾肥处理的土壤非特殊吸附钾均显著高于不施钾肥处理,与施用普通氯化钾相比,施用包膜氯化钾各处理的土壤非特殊吸附钾含量增加 9.3%~36.1%。包膜氯化钾不同用量处理间,BK、BK₇₀、BK₅₀间差异不显著,却显著高于 BK₃₀ 和 UK 处理。

3 讨论

包膜氯化钾的钾素释放特性是其控释性能的直观反映,本研究在 25 ℃ 静水和供试土壤两种培养方式下检测钾素释放特性。结果显示,包膜氯化钾在 25 ℃ 静水中钾素释放呈直线型,而在土壤中养分释放呈“S”型,这与田晓飞等^[14]的研究结果一致。树脂类包膜肥料的养分释放为扩散机制,主要依靠膜内外浓度梯度推动进行扩散释放。25 ℃ 静水培养环境较

为稳定,其养分释放也较为稳定,而土壤环境复杂,土壤水分、温度、酸碱性、微生物均是影响养分释放的因素,故养分释放与在 25 ℃ 静水中有所差异。

本研究中,包膜氯化钾较普通氯化钾有一定的增产效应,与高翔等^[10]的研究结论基本一致。这是由于马铃薯虽对钾素需求量大,但多集中于块茎膨大期及以后,包膜氯化钾的钾素缓慢释放,比较符合马铃薯对钾素的吸收,从而满足马铃薯生育后期对钾的需求。此外,本研究中还设置了包膜氯化钾不同用量的处理,包膜氯化钾全量施用的马铃薯产量最高,但与 70% 包膜氯化钾配施 30% 普通氯化钾的马铃薯产量无显著差异,从产投比的角度出发,70% 包膜氯化钾用量的经济效益最佳。

王西和等^[15]研究指出,土壤中的钾有多种形态,不同形态钾素对作物的有效性差异很大,土壤中的水溶性钾是可被植物直接吸收利用的一种钾素形态,土壤水溶性钾含量越高,代表土壤供钾能力越强。本试验中,包膜氯化钾全量的土壤水溶性钾含量高于其他处理,尤其在马铃薯收获期达到差异显著水平,这与耿计彪等^[16]的研究基本一致,其主要是由于包膜氯化钾随马铃薯生长不断释放钾素,同时钾素缓慢释放,因灌溉或降雨导致的淋溶或地表径流损失较少,使得土壤钾素相对较高;而另一方面,高翔等^[10]的研究结果显示,包膜钾肥钾素缓慢释放,与马铃薯吸收相匹配,钾肥的利用率高,而残留土壤中的钾素相对较少,这可能由于速效钾在土壤中容易转变为非交换态钾或固定态钾,从而使水溶性钾含量降低。

4 结论

(1)包膜氯化钾 25 ℃ 静水浸泡钾素释放呈直线型,初期钾素释放率为 0.3%,28 天累积释放率 38%,符合控释肥行业标准。包膜氯化钾土埋下的钾素释放率呈“S”形,在 70~90 天释放率达到最大值,与马铃薯块茎形成与增长时期相吻合,有利于产量形成。

(2)较普通氯化钾肥,包膜氯化钾增产幅度为 13.92%~36.54%,以 50%~70% 用量较为适宜,且商品薯率较高。包膜氯化钾全量处理的 Vc 含量、可溶性蛋白及淀粉含量显著高于普通氯化钾,而包膜氯化钾全量施用的马铃薯还原性糖含量显著低于其他处理,降低幅度为 13.9%~36.2%。

(3)土壤速效钾含量和马铃薯植株吸钾量均为块茎形成期后以包膜氯化钾处理的较高,且以 50% 以上用量的处理显著高于其他处理。在马铃薯成熟期,土壤水溶性钾与非特殊吸附钾含量较普通氯化钾分别增加 8.4%~25.1% 和 9.3%~36.1%,土壤钾素供应较普通氯化钾充足。

参考文献:

- [1] 黄继川,彭智平,于俊红,等.不同钾肥用量对冬种马铃薯产量、品质和钾肥利用率的影响[J].中国农学通报,2014,30(19):167-171.
- [2] 周芳,张振洲,贾景丽,等.不同钾肥品种及用量对马铃薯产量和品质的影响[J].中国马铃薯,2013,27(3):158-161.
- [3] 张磊,刘景辉,许胜涛,等.植物生长营养液对不同灌溉量马铃薯光合特性及产量的影响[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2013,41(2):145-151.
- [4] Wang H Y, Zhou J M, Du C W, et al. Potassium fractions in soils as affected by monocalcium phosphate, ammonium sulfate, and potassium chloride application[J]. Pedosphere, 2010, 20(3): 368-377.
- [5] 龚成文,冯守疆,赵欣楠,等.不同钾肥品种对甘肃中部地区马铃薯产量及品质的影响[J].干旱地区农业研究,2013,31(3):112-116.
- [6] 秦鱼生,涂仕华,冯文强,等.不同钾肥品种及用量对马铃薯产量和品质的影响[J].西南农业学报,2010,23(6):1950-1954.
- [7] Zebarth B J, Tai H, Luo S, et al. Effect of nitrogen form on gene expression in leaf tissue of greenhouse grown potatoes during three stages of growth[J]. American Journal of Potato Research, 2012, 89(4): 315-327.
- [8] Wilson M L, Rosen C J, Moncrief J F. Potato response to a polymer-coated urea on allirrigated, coarse-textured soil[J]. Agronomy Journal, 2009, 101(4): 897-905.
- [9] 刘飞,诸葛玉平,陈增明,等.控释肥对马铃薯产量、氮素利用率及经济效益的影响[J].中国农学通报,2011,27(2):215-219.
- [10] 高翔,李成亮,张民,等.钾肥种类及用量对马铃薯生长和品质的影响[J].水土保持学报,2014,28(2):143-148.
- [11] 刘汝亮,李友宏,王芳,等.两种钾源对马铃薯养分累积和产量的影响[J].西北农业学报,2009,18(1):143-146.
- [12] Pereira A S, Costa D M. Quality and stability of potato chips[J]. Horticultura Brasileira, 1997, 15(1): 62-65.
- [13] 李成亮,黄波,孙强生,等.控释肥用量对棉花生长特性和土壤肥力的影响[J].土壤学报,2014,51(2):295-305.
- [14] 田晓飞,李成亮,张民,等.释钾肥对大蒜—棉花套作体系产量和土壤钾素供应的影响[J].土壤学报,2017,54(4):967-977.
- [15] 王西和,吕金岭,刘骅.灰漠土小麦—玉米—棉花轮作体系钾平衡与钾肥利用率[J].土壤学报,2016,53(1): 213-223.
- [16] 耿计彪,马强,张民,等.控释钾肥一次基施对棉花生长周期钾素供应、产量及品质的影响[J].植物营养与肥料学报,2016(4):1064-1070.
- [17] 杨修一,耿计彪,张务帅,等.控释氮、钾肥不同用量对盆栽棉花产量及生理特性的影响[J].水土保持学报,2015,29(6):80-84.
- [18] 王虎,王旭东,赵世伟.滴灌施肥条件下土壤水分和速效钾的分布规律[J].土壤通报,2011,42(1):27-32.
- [19] 李明,李忠佩,刘明,等.不同秸秆生物炭对红壤性水稻土养分及微生物群落结构的影响[J].中国农业科学,2015,48(7):1361-1369.
- [20] 高海英,何绪生,耿增超,等.生物炭及炭基氮肥对土壤持水性能影响的研究[J].中国农学通报,2011,27(24):207-213.
- [21] 廖上强,陈延华,李艳梅,等.减量灌溉条件下缓释肥料对番茄产量、品质及硝态氮淋溶的影响[J].中国土壤与肥料,2015(6):70-75.
- [22] Van Zwieten L, Kimber S, Morris S, et al. Effect of biochar from slow pyrolysis of papermill waste on agronomic performance and soil fertilizer[J]. Plant and Soil, 2010, 327(1): 235-346.
- [23] 乔志刚,陈琳,李恋卿,等.生物炭炭基肥对水稻生长及氮素利用率的影响[J].中国农学通报,2014,30(5): 175-180.
- [24] 战秀梅,彭靖,王月,等.生物炭及炭基肥改良棕壤理化性状及提高花生产量的作用[J].植物营养与肥料学报,2015,21(6):1633-1641.
- [25] 卜晓莉,薛建辉.生物炭对土壤生境及植物生长影响的研究进展[J].生态环境学报,2014,23(3):535-540.

(上接第290页)

- [15] 李昌见,屈忠义,勾芒芒,等.生物炭对土壤水肥利用效率与番茄生长影响研究[J].农业环境科学学报,2014,33(11):2187-2193.
- [16] 夏桂敏,褚凤英,陈俊秀,等.基于膜下滴灌的不同灌水量对黑花生产量及水分利用效率的影响[J].沈阳农业大学学报,2015,46(1):119-123.
- [17] 陈涛涛,孙德环,张旭东,等.干湿交替灌溉下水氮耦合对沸石处理稻田产量和水氮利用的影响[J].农业工程学报,2016,32(22):154-162.
- [18] 袁金华,徐仁扣.生物质炭的性质及其对土壤环境功能影响的研究进展[J].生态环境学报,2011,20(4):779-785.
- [19] 陈红霞,杜章留,郭伟,等.施用生物炭对华北平原农田土壤容重、阳离子交换量和颗粒有机质含量的影响[J].应用生态学报,2011,22(11):2930-2934.
- [20] 张文娟,余冬立, Agbna G H D,等.生物炭添加和灌溉对温室番茄地土壤反硝化损失的影响[J].环境科学,2016,37(10):3979-3986.
- [21] 孔丝纺,姚兴成,张江勇,等.生物质炭的特性及其应用的研究进展[J].生态环境学报,2015,24(4):716-723.
- [22] 刘玮晶,刘烨,高晓荔,等.外源生物质炭对土壤中铵态氮素滞留效应的影响[J].农业环境科学学报,2012,31(5):962-968.