

马铃薯硒素吸收分配规律及硒肥效应研究

邢海峰¹, 高炳德¹, 樊明寿¹, 白艳姝²

(1. 内蒙古农业大学 生态环境学院, 内蒙古 呼和浩特 010019; 2. 内蒙古化工职业学院, 内蒙古 呼和浩特 010019)

摘要: 采用田间试验、化学分析、生物统计相结合的方法, 在喷施硒肥与种施硒肥基础上进行了2年的马铃薯硒素吸收分配规律及硒肥效应的研究, 为内蒙古自治区富硒马铃薯的栽培提供了理论依据。研究表明, 马铃薯生育期间, 全株硒素含量变化在0.037~0.084 mg/kg, 峰值出现在出苗后65 d。各器官全生育期平均含量顺序是: 叶0.137 mg/kg, 茎0.063 mg/kg, 块茎0.031 mg/kg。块茎中硒浓度变化在0.026~0.038 mg/kg。马铃薯全株及块茎硒素吸收累积量分别用一元三次式和Logistic方程可理想的模拟, 全株硒素最快吸收速率出现在出苗后40 d(块茎形成期), 块茎硒素最快累积速率出现在出苗后71 d(块茎增长期)。随着生长中心由茎叶向块茎的转移, 硒素在体内的分布也相应的发生移动, 块茎形成期茎叶中硒占全株82%, 块茎占18%, 而到收获期茎叶仅占40%, 硒运转率为60%。喷施硒15 g/hm²或土施硒68 g/hm²作种肥, 可以使全生育期全株硒含量分别提高5.3倍和2.5倍。使收获期块茎硒含量分别达到0.104 mg/kg和0.093 mg/kg, 达到或接近富硒水平。硒肥喷施收获期全株硒素吸收率14.8%, 是种施吸收率的8.7倍。硒肥喷施应是马铃薯富硒技术之首选。而硒施种肥结合播种一并进行, 省工省事, 便于推广, 也可以供用户选用。

关键词: 马铃薯; 硒素; 吸收分配; 硒肥; 吸收率

中图分类号: S532.01 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2012)06-0213-06

Studies on the Effects of Selenium(Se) Absorption Distribution and Selenium(Se) Reaction of Potato

XING Hai-feng¹, GAO Bing-de¹, FAN Ming-shou¹, BAI Yan-shu²

(1. Inner Mongolia Agriculture University, Huhhot 010019, China;

2. Inner Mongolia Vocational College of Chemical Engineering, Huhhot 010019, China)

Abstract: By field experiment, chemical analysis and biological statistics, study on the effect of Se fertilization and absorption and distribution of Se on the basis of spraying and in seminal fertilization for 2 years in potato. The results are as follows: The change of Se-content was 0.037~0.084 mg/kg in growth period of potato, and its peak emerged at 65 days after emergence. The order of average concentration in leaves, stems and tubers at different organs in growth period was 0.137, 0.063, 0.031 mg/kg, respectively. Tuber ranged 0.026~0.038 mg/kg. Se-content and accumulation in whole plant and tuber were culculated by a cubic curve and logistic curve, respectively. The fastest absorption velocity with whole plant and tuber appeared at 40 days and 71 days after emergence, respectively. Along with the center of growth move from stem and leaves to tuber, Se-content of stem and leaves is 82 percent, tuber is 18 percent at the tuber initiation stage. In harvest stage, Se-content of stem and leave is 40 percent, the translocation rate of Se is 60 percent. Spraying to leaves with 15 g/ha or applying to soil with 68 g/ha in whole plant at all stages can be improved 5.3 and 2.5 times of Se-content, and tuber can be improved 0.104 mg/kg and 0.093 mg/kg, respectively in harvest stage, which was up to or near Se-enrich. In harvest stage, spraying Se equal to 8.7 times than Se in seminal fertilization.

Key words: Potato; Selenium; Absorption and Distribution; Se fertilization; Absorption rate

硒元素是植物的有益元素之一, 还是人和动物 不可缺少的微量矿质元素。由于土壤-植物系统的

收稿日期: 2012-08-09

基金项目: 农业部行业专项(201103003)

作者简介: 邢海峰(1978-), 女, 内蒙古锡林浩特人, 讲师, 在读博士, 主要从事植物营养与肥料教学研究工作。

通讯作者: 高炳德(1939-), 男, 内蒙古陕坝镇人, 教授, 主要从事植物营养与作物高产栽培的教学、研究与推广工作。

硒匮乏而导致的人体硒缺乏或潜在缺乏在我国甚至全球都较为普遍^[1],人体的多种疾病与缺硒有关。在缺硒地区,通过施硒提高牧草和农产品的含硒量,使有毒性的无机硒^[2]转化为有机硒,以供人或动物利用,是防治硒缺乏疾病的重要措施^[3]。目前常采用土壤施硒和叶面喷硒的方法提高作物可食部分的硒含量^[4-5]。

国内外有关农作物硒素吸收、富集、分布和转化特征已有报道,1981年 Gissel-Nielsen^[6]对大麦、燕麦和小麦进行了叶面喷施硒肥试验,发现 5 g/hm²足以使植物组织含硒量满足人和动物的营养要求,喷施时间与植物组织含硒量显著相关。1967年 Watkinson 和 Danes 发现^[7],同样硒浓度下,叶面喷硒比土壤施硒植物吸收率高出 5 倍。关于硒肥对马铃薯硒素吸收分配的影响也有相关报道。1999年 Poggi 研究证明^[8],马铃薯叶喷施亚硒酸钠溶液(施硒 50 g/hm²),马铃薯块茎硒含量从 0.012 mg/kg 提高到 0.106 mg/kg,当用量为 150 g/hm²时,马铃薯块茎硒含量大于 0.1 mg/kg。2005年索全义等^[9]对春小麦硒素含量、累积量、体内分布变化规律进行了系统研究,喷施硒肥可使籽粒硒富集到 0.148~0.291 mg/kg。2005年宋家永等证明^[10],冬小麦籽粒中富集的硒可以达到 0.265 mg/kg。关于外源硒对小白菜、苹果、葡萄等果蔬类含硒量及其吸收分布和转化的研究也有相关报道^[11-13]。

我国是世界上重要的马铃薯栽培国之一。内蒙古又是我国生产马铃薯的主要基地,但是对外源硒对马铃薯块茎硒素吸收分配及富硒技术的研究较少。本研究利用土壤施硒和叶面喷硒的方法,研究了马铃薯对硒的吸收、累积及分布特征,为开发富硒马铃薯研究提供依据。

1 材料和方法

1.1 田间试验与方案

田间试验于 2008 年与 2009 年在内蒙古农业大学教学农场(呼和浩特)进行,供试品种均为紫花白。供试土壤有机质 13.04 g/kg,全氮 1.08 g/kg,全磷 0.115 mg/kg。

2008 年田间试验施用尿素 120 kg/hm²,磷酸二铵 180 kg/hm²,氯化钾 105 kg/hm²基础上进行。试验设 2 个处理:①氮磷钾(NPK);②氮磷钾硒肥(NPKSe)。重复 3 次,共 6 个小区,小区面积 30 m²。4 月 19 号播种,设计株数 6666 万株/hm²。肥料结合播种一次性深施,肥料与种子分隔。硒肥采用亚硒酸钠(Na₂SeO₃)叶面喷施。分别于块茎形成期

(出苗后 53 d)、块茎增长期(出苗后 63 d)喷施 2 次,喷施 15 g/hm²硒素。

2009 年田间试验施用羊厩肥 3 000 kg/hm²,磷酸二铵 150 kg/hm²,尿素 75 kg/hm²。试验设 4 个处理:①对照区(CK);②锌种肥区;③硒种肥区;④锌、硒种肥区。3 次重复,小区面积 18 m²。锌肥施硫酸锌 22.5 kg/hm²,硒肥施亚硒酸钠 150 g/hm²(Se 88.4 g)。硒肥、锌肥先与羊厩肥充分混合之后,结合播种与种子分隔穴施。4 月 23 日播种。

1.2 样品的采集、制备与测定

在不同年度、不同施肥条件下分别在块茎形成期、块茎增长期、块茎增长末期、淀粉累积期、收获期取样,每小区取代表性样株 5~10 株。分别测定茎、叶、块茎鲜质量。再分别取一定量的样品用无离子水洗净后在 85℃ 条件下杀青 3 min,在 65℃ 条件下烘至恒质量,及时测定干质量。分别对烘干样品采用过氯酸-去硒硫酸消煮-850 型荧光分光光度计法进行 Se 含量的测定^[14]。

1.3 数据的统计分析

对硒含量、吸收量、分布规律的分析用 Excel 进行数据处理,用 SAS 软件在计算机上进行选优得到吸收动态模型。对吸收动态模型求一阶导数,获得各自吸收速率方程,令其等于零,可求得最大吸收量出现时间;将时间(X 值)代入吸收动态模型,求出各自的最大吸收量。对吸收速率方程求一阶导数并令其等于零,可求出最大吸收速率出现时间,将时间代入吸收速率方程,求出最大吸收速率。用 Excel 绘制出马铃薯硒素吸收曲线与吸收动态模型,根据生育期中多次采样测定结果采用 T 测验对硒肥对马铃薯 Se 浓度的影响进行显著性检验。

2 结果与分析

2.1 马铃薯不同器官硒素含量变化规律

将 2 年试验中未施硒肥的 5 个处理硒素含量测定结果整理成表 1。从不同时期、不同器官硒含量的比较中可知,叶含量最高,全期平均 0.131 mg/kg,峰值 0.194 mg/kg;茎其次,平均 0.063 mg/kg,峰值 0.082 mg/kg;块茎最低,平均 0.031 mg/kg,峰值 0.038 mg/kg。全株硒素含量在生育进程中变化在 0.037~0.084 mg/kg,峰值出现在块茎增长末期(出苗后 65 d 左右),最低值出现在收获期。收获期块茎含量仅 0.025~0.042 mg/kg,与富硒水平相差甚远。

2.2 施用硒肥对马铃薯体内硒含量变化的影响

图 1 表明,喷施硒肥有效地提高了马铃薯各器官及全株硒素含量。3 个时期平均,全株含量从

0.059 mg/kg 增加到 0.395 mg/kg,提高了 5.3 倍,且达到 $P=0.05$ 级显著水平。不同器官对硒肥的效应各不相同,其中叶最敏感,从 0.196 mg/kg 增加到 1.512 mg/kg 提高了 6.7 倍;茎从 0.092 mg/kg 增加到 0.600 mg/kg,提高 5.5 倍;块茎效应最小,从 0.030 mg/kg 增加到 0.140 mg/kg,提高 3.6 倍。虽然块茎对硒肥反应不及茎叶,但喷施使收获期块茎硒浓度从 0.027 mg/kg 提高到 0.104 mg/kg 的富硒水平。

表 1 马铃薯不同时期不同器官硒素含量变化(2 年 $n=5$)

| Tab.1 Change of Selenium content at different organs and different growth stages(2 years $n=5$) | | | | | | | mg/kg |
|---|----------|-----------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 器官 Organ | | 硒素含量 Selenium content | | | | | 平均 Mean |
| | | 34 d | 50 d | 65 d | 81 d | 98 d | |
| 全株 Plant | 平均 Mean | 0.051 | 0.049 | 0.084 | 0.045 | 0.037 | 0.055 |
| | 变幅 Range | 0.031 ~ 0.085 | 0.045 ~ 0.061 | 0.060 ~ 0.189 | 0.027 ~ 0.083 | 0.032 ~ 0.061 | 0.037 ~ 0.084 |
| 叶 Leaf | 平均 Mean | 0.074 | 0.077 | 0.194 | 0.131 | 0.177 | 0.131 |
| | 变幅 Range | 0.048 ~ 0.104 | 0.059 ~ 0.100 | 0.114 ~ 0.337 | 0.093 ~ 0.194 | 0.143 ~ 0.215 | 0.048 ~ 0.337 |
| 茎 Stem | 平均 Mean | 0.059 | 0.047 | 0.082 | 0.056 | 0.070 | 0.063 |
| | 变幅 Range | 0.034 ~ 0.103 | 0.037 ~ 0.060 | 0.045 ~ 0.131 | 0.034 ~ 0.085 | 0.040 ~ 0.110 | 0.034 ~ 0.131 |
| 块茎 Tuber | 平均 Mean | 0.027 | 0.026 | 0.038 | 0.030 | 0.034 | 0.031 |
| | 变幅 Range | 0.010 ~ 0.048 | 0.016 ~ 0.039 | 0.024 ~ 0.046 | 0.024 ~ 0.036 | 0.025 ~ 0.042 | 0.010 ~ 0.048 |

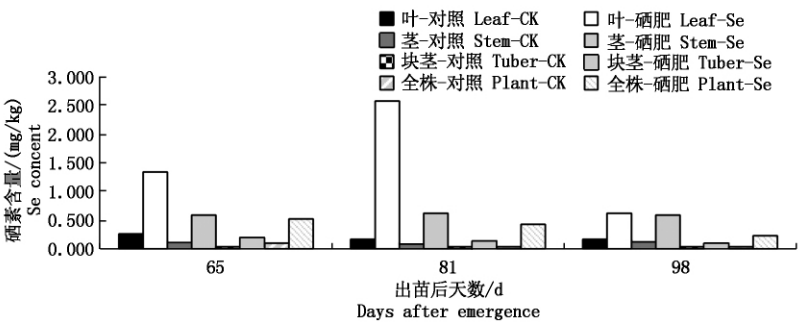


图 1 喷施硒肥对马铃薯不同时期不同器官硒素含量的影响

Fig.1 Effect of spraying Se fertilizer on Selenium at different stages and different organs of potato

表 2 种施硒肥对马铃薯硒素含量的影响

| Tab.2 Effect of Se fertilizer of seed manure on Selenium content in potato | | | | | | | mg/kg | | |
|--|-----------------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|------------|-----------------|------------------|
| 器官 Organ | 处理 Treatment | 硒素含量 Selenium content | | | | | 平均 Mean | 增量 Different | 增幅/% Increase |
| | | 34 d | 50 d | 65 d | 81 d | 98 d | | | |
| 叶 Leaf | 对照 | 0.054 | 0.069 | 0.137 | 0.098 | 0.182 | 0.108a | | |
| | 硒肥 | 0.161 | 0.130 | 0.210 | 0.117 | 0.242 | 0.172b | 0.064 | 59.3 |
| 茎 Stem | 对照 | 0.040 | 0.044 | 0.056 | 0.040 | 0.044 | 0.044a | | |
| | 硒肥 | 0.184 | 0.100 | 0.127 | 0.071 | 0.089 | 0.114b | 0.070 | 159.1 |
| 块茎 Tuber | 对照 | 0.020 | 0.033 | 0.039 | 0.033 | 0.042 | 0.033a | | |
| | 硒肥 | 0.092 | 0.211 | 0.102 | 0.086 | 0.093 | 0.117b | 0.084 | 254.5 |
| 全株 Plant | 对照 | 0.037 | 0.048 | 0.068 | 0.043 | 0.057 | 0.050A | | |
| | 硒肥 | 0.165 | 0.138 | 0.130 | 0.082 | 0.112 | 0.125B | 0.075 | 150.0 |

注: 不同大写字母表示显著性达 $P<0.01$ 水平; 不同的小写字母达 $P<0.05$ 水平。
Note: Different capital letters indicate $P<0.01$ of significant level; different low-case letters indicate $P<0.05$ level.

硒作种肥明显提高了马铃薯各器官及全株硒素含量(表 2)。从平均结果看,全株含量从 0.050 mg/kg 增加到 0.125 mg/kg,提高了 2.5 倍,且达到 0.01 级显著水平。其中叶效应最小,从 0.108 mg/kg 增加到 0.172 mg/kg 提高了 59%;茎从 0.044 mg/kg 增加到 0.114 mg/kg,提高 1.59 倍;块茎效应最大,从 0.033 mg/kg 增加到 0.117 mg/kg,提高 2.54 倍。硒作种肥的富硒效应虽不及喷施,但同样也使收获期马铃薯块茎硒含量从 0.042 mg/kg 提高到 0.093 mg/kg 的较高水平。

2.3 马铃薯全株、块茎硒素吸收量变化规律

图 2 结果表明,马铃薯全株硒素吸收量在整个生育期呈 S 型曲线变化,其吸收模型用一元三次式可以较好地模拟,其最大吸收量为 12.0 $\mu\text{g}/\text{株}$,出现在出苗后 81d(淀粉累积期),其最快吸收速率为 0.32 $\mu\text{g}/(\text{d}\cdot\text{株})$,出现在出苗后 40 d(块茎形成期)。块茎硒素累积量增长曲线用 Logistic 方程可理想的表达,其最大累积量为 6.45 $\mu\text{g}/\text{株}$,出现在出苗后 98 d(收获期),其最快累积速率为 0.14 $\mu\text{g}/(\text{d}\cdot\text{株})$,出现在出苗后 71 d(块茎增长期)。

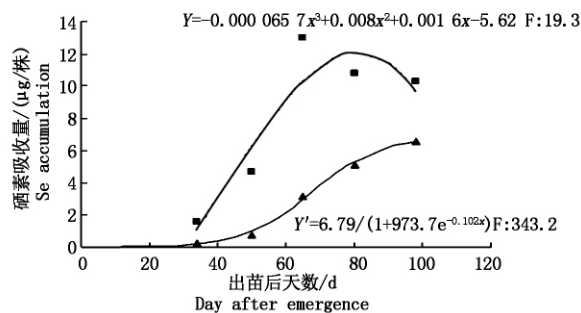


图2 马铃薯全株与块茎硒素吸收量变化曲线(2年 $n=5$) / (μg/株)

Fig.2 Change of Se accumulation in whole plant and tuber of potato (2 years $n=5$)

表3 喷施硒肥对马铃薯硒素吸收量及吸收率的影响

Tab.3 Effect of spraying Se fertilizer on Selenium absorption and velocity in potato

g/hm²

| 器官 Organ | 项目 Item | 块茎增长期 Tuber bulking stage | 淀粉累积期 Starch accumulation stage | 收获期 Harvest stage | 三期平均 Mean |
|-------------|------------|------------------------------|------------------------------------|----------------------|--------------|
| 全株 Plant | CK | 1.11 | 0.71 | 0.66 | 0.83 |
| | Se | 6.10 | 6.84 | 2.89 | 5.28 |
| | 增量 | 4.99 | 6.13 | 2.23 | 4.45 |
| | 吸收率 | 33.20 | 40.90 | 14.90 | 29.70 |
| 块茎 Tuber | CK | 0.28 | 0.31 | 0.44 | 0.34 |
| | Se | 1.44 | 1.54 | 1.41 | 1.46 |
| | 增量 | 1.16 | 1.23 | 0.97 | 1.12 |
| | 吸收率 | 7.70 | 8.20 | 6.50 | 7.50 |

表4 种施硒肥对马铃薯硒素吸收量及吸收率的影响

Tab.4 Effect of seed manure Se fertilizer on Selenium absorption and velocity in potato

g/hm²

| 器官 Organ | 项目 Item | 块茎增长期 Tuber bulking stage | 淀粉累积期 Starch accumulation stage | 收获期 Harvest stage | 三期平均 Mean |
|-------------|------------|------------------------------|------------------------------------|----------------------|--------------|
| 全株 Plant | CK | 0.62 | 0.56 | 0.86 | 0.68 |
| | Se | 1.46 | 1.40 | 2.09 | 1.65 |
| | 增量 | 0.84 | 0.84 | 1.22 | 0.97 |
| | 吸收率/% | 1.20 | 1.20 | 1.70 | 1.38 |
| 块茎 | CK | 0.15 | 0.27 | 0.47 | 0.30 |
| | Se | 0.32 | 0.83 | 1.29 | 0.81 |
| | 增量 | 0.18 | 0.56 | 0.82 | 0.52 |
| | 吸收率/% | 0.30 | 0.80 | 1.20 | 0.74 |

硒作种肥(表4)使马铃薯全株及各器官、各时期硒素累积量也有不同程度地提高。后3个时期平均,全株吸收量从0.68 g/hm²增加到1.65 g/hm²,提高了1.42倍,硒平均吸收率1.4%。块茎吸收量从0.30 g/hm²增加到0.81 g/hm²,提高1.76倍,硒平均吸收率0.7%。收获期,全株硒素吸收量从0.86 g/hm²增加到2.09 g/hm²,提高1.42倍,硒的吸收率1.7%;块茎硒素吸收量从0.47 g/hm²提高到1.29 g/hm²,提高1.7倍,硒吸收率1.2%。

收获期,喷施比种肥全株多吸收硒1.01 g/hm²,提高82.7%,块茎多吸收硒0.15 g/hm²,提

2.4 硒肥施用方式对马铃薯硒素吸收量及硒素吸收率的影响

表3的结果表明,喷施硒肥不同程度地提高了各器官、各时期硒素吸收量。后3个时期平均,全株吸收量从0.83 g/hm²增加到5.28 g/hm²,提高了5.4倍,硒平均吸收率29.7%。块茎吸收量从0.34 g/hm²增加到1.46 g/hm²,提高3.3倍,硒平均吸收率7.5%。收获期,全株硒素吸收量从0.66 g/hm²增加到2.89 g/hm²,提高3.35倍,硒的吸收率14.9%;块茎硒素吸收量从0.44 g/hm²提高到1.41 g/hm²,提高2.23倍,硒吸收率6.5%。

高18.3%。喷施硒全株吸收率14.9%,是种肥的8.7倍。块茎吸收率6.5%,是种肥的5.4倍。

2.5 马铃薯不同生育时期体内硒素的分布与运转

从2年的平均结果(图3)可以看出,在生育过程中,随着生长中心由叶茎向块茎的转移,硒素在马铃薯体内各器官的分布也相应的发生移动。随着生育期的推进,茎叶中硒的分布逐渐降低,从块茎形成期的82%一路下降到收获期的40%,块茎中硒素分布正相反,块茎形成期仅占18%,块茎增长期上升到24%,到淀粉累积期硒素高达45%。收获期硒运转率60%。

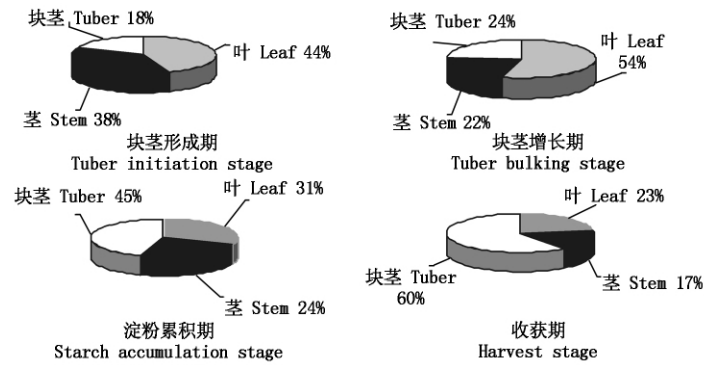


图 3 马铃薯不同时期体内硒素的分布 (2 年, n=5)

Fig. 3 Distribution of Se at different growth period of potato(2 years n=5)

2.6 硒肥对马铃薯不同生育时期体内硒素的分布与运转的影响

表 5 说明喷施硒肥使硒素在茎叶中的分配比例增加 3 个时期在茎叶中平均分布 72% ,比对照提高了 17 个百分点 ,收获期分布 62% ,比对照提高 28 个百分点。而块茎中平均分布 28% ,比对照减少 17 个百分点 ,收获期硒运转率仅 38% ,比对照降低 28

个百分点。
由表 6 可以看出 ,硒作种肥使硒在茎叶中 3 个时期平均分布 49% ,比对照少 10 个百分点 ,收获期分布 38% ,比对照少 7 个百分点 ,而块茎中分布显著提高 3 个时期平均分布 51% ,比对照提高 10 个百分点 ,收获期硒运转率 62% ,比对照提高 7 个百分点。

表 5 喷施硒肥对马铃薯硒素在体内分布的影响

| Tab. 5 Effect of spraying Se fertilizer on Selenium distribution of potato | | | | | | % |
|--|------------|------------------------------|------------------------------------|----------------------|------------|---|
| 器官 Organ | 项目 Item | 块茎增长期 Tuber bulking stage | 淀粉累积期 Starch accumulation stage | 收获期 Harvest stage | 平均 Mean | |
| 叶 Leaf | CK | 58 | 30 | 12 | 33 | |
| | Se | 58 | 60 | 22 | 47 | |
| 茎 Stem | CK | 17 | 26 | 22 | 22 | |
| | Se | 18 | 17 | 40 | 25 | |
| 块茎 Tuber | CK | 25 | 44 | 66 | 45 | |
| | Se | 24 | 23 | 38 | 28 | |

表 6 种施硒肥对马铃薯硒素在体内分布的影响

| Tab. 6 Effect of seed manure Se fertilizer on Selenium distribution of potato | | | | | | % |
|---|------------|------------------------------|------------------------------------|----------------------|------------|---|
| 器官 Organ | 项目 Item | 块茎增长期 Tuber bulking stage | 淀粉累积期 Starch accumulation stage | 收获期 Harvest stage | 平均 Mean | |
| 叶 Leaf | CK | 46 | 30 | 34 | 37 | |
| | Se | 33 | 23 | 25 | 27 | |
| 茎 Stem | CK | 33 | 23 | 11 | 22 | |
| | Se | 34 | 18 | 13 | 22 | |
| 块茎 Tuber | CK | 21 | 47 | 55 | 41 | |
| | Se | 33 | 59 | 62 | 51 | |

3 结论

马铃薯体内硒素浓度变化是内在遗传因素和外界环境条件共同作用的结果。全株硒素浓度在整个生育进程中呈单峰曲线变化 ,块茎增长末期达峰值 0.084 mg/kg。各器官生育期中硒平均浓度大小顺序是叶 0.131 mg/kg ,茎 0.063 mg/kg ,块茎 0.031 mg/kg ,收获期块茎中硒浓度变化在 0.025 ~ 0.042 mg/kg ,与 0.10 ~ 0.30mg/kg 的富硒水平相差甚远。

喷施硒 15 g/hm² 使 3 个时期全株平均浓度从

0.059 mg/kg 增加到 0.395mg/kg ,提高了 5.3 倍 ,其中叶提高 6.7 倍 ,茎 5.5 倍 ,块茎 3.6 倍 ,叶效应最大。块茎硒浓度从 0.027 mg/kg 增加到 0.104 mg/kg 的富硒水平。施用 68.4 g/hm² 硒作种肥使全株硒浓度从 0.050 mg/kg 增加到 0.125 mg/kg ,提高了 2.5 倍。其中 ,叶提高 0.6 倍 ,茎提高 1.59 倍 ,块茎提高 2.54 倍 ,块茎效应最大。收获期块茎硒浓度从 0.042 mg/kg 增加到 0.093 mg/kg 的较高水平。

在马铃薯生育过程中 ,硒素在全株的吸收量变化曲线用 Logistic 方程可理想的表达。全株最大吸

收量出现在出苗后 81 d(淀粉累积期),最快吸收速率出现在出苗后 40 d(块茎形成期)。块茎硒累积量用 Logistic 方程可很好地模拟,其最大累积量出现在出苗后 98 d(收获期),最快累积速率出现在出苗后 71 d(块茎增长期)。喷施硒肥与种施硒肥均能显著促进马铃薯全株及各器官中硒素的累积。但喷施硒肥比种肥效果更佳。收获期全株硒吸收量比种肥每公顷增加 1.01 g,增幅 82.7%,块茎硒吸收量比种肥增加 0.15 g,增幅 18.3%。喷施全株硒素吸收率 14.8%,是种肥吸收率 1.7% 的 8.7 倍,块茎硒吸收率 6.5%,是种肥 1.2% 的 5.4 倍。当然给土壤施硒作种肥也有操作简便,省工省时,便于推广的优点,在用量适宜时,同样可以达到富硒效果,可供用户选用。

在生育过程中,随着生长中心由茎叶向块茎的转移,硒素在马铃薯体内分布也相应的发生移动。块茎形成期茎叶中的硒占全株硒的 82%,块茎占 18%,而到收获期茎叶中仅占 40%,硒运转率为 60%。喷施硒肥使硒在叶中分布大幅度增加,块茎中分布显著减少,收获期硒运转率仅 38%,比对照降低 28 个百分点。硒施种肥使叶中分布显著减少,而使块茎分布大幅度增加,收获期硒运转率 62%,比对照提高 7 个百分点。

参考文献:

- [1] 郑达贤,李日邦,王五一. 初论世界低硒带[J]. 环境科学学报,1982,2(3):241-249.
- [2] 劳秀荣,杨守祥,马玉增,等. 稀土农用研究与应用展望[J]. 山东农业大学学报,1995:257-262.
- [3] 朱永懿,刘立宏,杨俊诚,等. 植物对硒的吸收研究进展[J]. 核农学通报,1994,5:241-244.
- [4] 吕金印,黄亚冰,刘军,等. 小麦幼苗对硒的吸收、分布与转运[J]. 核农学报,1996,10(1):54-56.
- [5] 尚庆茂,李平兰,高丽红. 水培生菜对硒的吸收和转化[J]. 园艺学报,1997,24(3):255-258.
- [6] Gissel-Nielsen G. Foliar application of selenite to barley plants low in selenium commune[J]. Soil Science,1981,12:631-642.
- [7] Watkinson J H,Davies E E. Uptake of native and applied selenium by pasture species take of selenium from various carriers[J]. Agric Res,1967,10:116-121.
- [8] Poggi V P G,Bordoni P A. Plant foods enriched with selenium the potato[J]. Indusric Alimentari,1999,38(385):1107-1112.
- [9] 索全义,吕英,张化,等. 春小麦硒吸收规律的研究[C]//高炳德,赵继文. 绿色食品春小麦的研究与实践. 呼和浩特:内蒙古人民出版社,2005:210-215.
- [10] 宋家永,李敬光,王永华,等. 喷施硒肥对小麦生理特性、籽粒硒含量的影响[J]. 河南农大学学报,2005,39(2):139-142.
- [11] 薛澄泽,李嘉瑞,冯贵颖. 食物链植物施硒的研究进展[J]. 西北农业学报,1996,5(3):87-90.
- [12] 史衍玺,杜振宇,马丽,等. 不同施硒方式下小白菜对硒的吸收和累积特征[J]. 土壤通报,1998,29(5):229-231.
- [13] 朱丽琴,魏钦平,许雪峰,等. 葡萄对硒的吸收、分布和积累特征的初步研究[J]. 园艺学报,2007,34(2):325-328.
- [14] 刘胜杰,周瑞华,殷太安,等. 生物样品、水及土壤中痕量硒的荧光测定法二、粮食和蔬菜中痕量硒的荧光测定法[J]. 营养学报,1985,7(2):142-147.