

不同贮藏温度下克新 1 号马铃薯营养品质变化研究

王希卓, 孙海亭*, 孙洁, 朱旭, 张凯, 沈瑾, 蔡学斌 (农业部规划设计研究院, 北京 100125)

摘要 [目的] 研究 4 种不同温度下贮藏克新 1 号马铃薯的品质变化, 获得不同用途下克新 1 号较为合适的贮藏温度和时间。[方法] 对不同温度(1、4、10 和 16 ℃)马铃薯品种克新 1 号贮藏期间干物质、淀粉、还原糖、蛋白质、淀粉酶活性的变化及发芽情况进行观察研究。[结果] 试验发现, 与 10 和 16 ℃贮藏相比, 1 和 4 ℃贮藏条件下, 克新 1 号马铃薯还原糖含量显著增加; 1 ℃贮藏无冷害现象; 16 ℃贮藏下 30 d 马铃薯开始发芽, 相对其他贮藏温度, 发芽数量和芽长显著增加, 水分含量下降最明显; 在 1 和 4 ℃温度条件下可贮藏 120 d 以上, 马铃薯各指标无明显变化, 因此 1~4 ℃可作为马铃薯品种克新 1 号最佳贮藏温度。[结论] 研究可为马铃薯产后贮藏条件优化提供理论依据和技术支撑。

关键词 马铃薯; 淀粉; 还原糖; 可溶性蛋白; 发芽

中图分类号 S661.1 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2014)29-10307-04

Study on Kexin No. 1 Potato Nutritional Quality Change under Different Storage Temperature

WANG Xi-zhuo, SUN Hai-ting*, SUN Jie et al (Planning and Design Institute of Ministry of Agriculture, Beijing 100125)

Abstract [Objective] The quality change of Kexin No. 1 potato under 4 different temperatures was studied, the optimal storage temperature and time was obtained. [Method] Based on the testing of dry matter, starch, reducing sugar, protein, amylase activity and germination of Kexin No. 1 when the potato were storage under different temperature as 1, 4, 10 and 16 ℃. [Result] It was found that compared with being storage under 10 and 16 ℃, reducing sugar level were significant increasing when the potato were storage under 1 and 4 ℃. There were no chilling injury when the potato were storage under 1 ℃. Kexin No. 1 potato begun to sprout after 30 days storage under the 16 ℃. Compared with other processing, the number and bud length was significantly increased germination, the water content decreased obviously under 16 ℃. The result showed no significant character changes when Kexin No. 1 storage under 1 and 4 ℃ in 120 days. [Conclusion] The study can provide theoretical basis and technical support for optimization of potato storage.

Key words Potato; Starch; Reducing sugar; Soluble protein; Germination

马铃薯具有丰富的营养成分和良好的经济价值, 广泛应用于食品工业、淀粉工业、饲料工业等。克新 1 号是一个中晚熟高产马铃薯品种, 适应性和抗逆性较强。该品种抗旱耐涝, 水旱地均能获得很高的产量, 一般旱地产量 22 500 kg/hm², 水肥条件好的地块产量可达 37 500 ~ 45 000 kg/hm², 品质优良适于鲜食和加工利用, 受到各地种植者和消费者的普遍欢迎。

由于马铃薯在贮藏期间仍继续进行着各种生理活动, 其加工和营养指标(如干物质、淀粉、还原糖含量等)处于动态的变化之中。因此, 马铃薯针对不同用途的适宜的储存温度, 以及适宜温度下的储存时间有严格的要求。而目前针对此方面研究几乎是空白, 大多针对的是窖藏^[1-6]或者是山体库^[7]等某种特定储存方式下, 一些加工指标和营养指标的含量变化研究。

笔者通过对 4 种不同温度下贮藏克新 1 号品质变化的系统研究, 以期获得不同用途下克新 1 号较为合适的贮藏温度和时间, 减少因贮藏不合理而造成的损失, 同时为马铃薯产后贮藏条件优化提供理论依据和技术支撑, 加快产业科学发展。

1 材料与方

1.1 材料 供试商品薯取自内蒙古乌兰察布市化德县, 品种为克新 1 号。所有供试马铃薯收获后立即运回实验室, 室

温下预冷 14 d 后进行试验。

1.2 试验处理 挑选成熟度一致、大小均匀(200~300 g)、无机械伤、无病虫害、发育健康的同一品种马铃薯 500 个左右; 将马铃薯随机均匀分为 4 组, 分别放入 1、4、10 和 16 ℃(相对湿度 80% 左右)的恒温恒湿箱中进行贮藏。

1.3 取样及测定方法 每次从恒温恒湿箱的上中下 3 个部位分别取 3 个马铃薯进行相关指标测定。测定时每个马铃薯取 3 个监测点, 分别是顶端、茎端和内部髓部。自贮藏之日起, 每 30 d 测定一次, 共 5 次(贮藏 4 个月)。

1.4 测定指标及方法

1.4.1 马铃薯干物质含量测定。 参照曹建康等^[8]的方法, 称取 1.0 g 马铃薯于 100~105 ℃烘箱中杀青 10 min, 然后将烘箱温度降到 70~80 ℃, 烘至恒重。

1.4.2 淀粉含量测定。 淀粉参照酸水解法^[8], 称取 1.0 g 去皮马铃薯, 研钵中制成薯泥, 加入 10 ml 质量分数为 80% 的乙醇中, 80 ℃水浴 30 min, 过滤, 重复操作, 过滤, 加 20 ml 热蒸馏水, 沸水浴糊化 15 min, 过滤, 残渣中加 2.0 ml 冷的 9.2 mol/L 的高氯酸, 再加 2.0 ml 4.6 mol/L 高氯酸, 定容 100 ml 容量瓶, 测试。

1.4.3 淀粉酶活性测定。 参照曹建康等^[8]的比色法, 先制作麦芽糖标准曲线。将试管摇匀, 煮沸 5.0 min, 流水冷却, 定容 20 ml, 0 号试管做参比, 波长 540 nm 下比色, 绘制标准曲线, 求得线性回归方程。

酶液制备: 称取去皮马铃薯 10 g, 加入 10 ml 蒸馏水制成薯泥, 室温(20 ℃)下提取 20 min, 8 000 r/min 离心, 收集上清液。

活性测定: 加入 NDS, 摇匀, 煮沸 5 min, 迅速冷却, 定容

基金项目 公益性行业(农业)科研专项(201003077)。
作者简介 王希卓(1983-), 男, 辽宁锦州人, 工程师, 硕士, 从事农产品产后贮藏与保鲜研究。* 通讯作者, 硕士, 从事农产品产后贮藏与保鲜研究。

收稿日期 2014-08-31

20 ml, 摇匀, 540 nm 波长下比色即可。

1.4.4 还原糖含量测定。参照曹建康等的3,5-二硝基水杨酸法测定^[8],先制作葡萄糖标准曲线。将试管摇匀,煮沸5 min,冷却,定容25 ml,混匀。540 nm 波长下比色,以0号试管做参比,绘制标准曲线,求得线性方程。

还原糖的提取:称取1.0 g 去皮马铃薯,加少许水制成薯泥,转入25 ml 试管,定容,80℃水浴30 min,过滤,加水再过滤,100 ml 容量瓶定容。

显色和比色:2.0 ml 还原糖提取液和1.5 ml 3,5-二硝基水杨酸,在540 nm 波长下测定,以0号试管为参比。

1.4.5 可溶性蛋白含量测定。可溶性蛋白含量测定采用考马斯亮蓝染色法,称取2.0 g 去皮马铃薯,加5 ml 磷酸缓冲液提取液研磨细,4℃、12 000 r/min 离心20 min,收集上清液。

吸取1.0 ml 上清液,加入5.0 ml 考马斯亮蓝G-250,放置2 min,在波长595 nm 比色测定。

2 结果与分析

2.1 贮藏温度对克新1号干物质含量变化的影响由图1可见,贮藏期间,干物质含量随贮藏时间增加而降低。4种贮藏温度下,克新1号干物质含量下降程度不同,在整个贮藏期,1℃下干物质含量由213.0 g/kg 下降至165.0 g/kg,比初始值降低了22.53%;4℃下干物质含量由213.0 g/kg 下降至180.7 g/kg,比初始值降低了15.16%;10℃下干物质含量由213.0 g/kg 下降至193.4 g/kg,比初始值降低了9.20%;16℃下干物质含量由213.0 g/kg 下降至153.2 g/kg,比初始值降低了28.08%。因此,4种温度下克新1号在贮藏期间干物质下降程度由大到小依次为16、14、10℃。

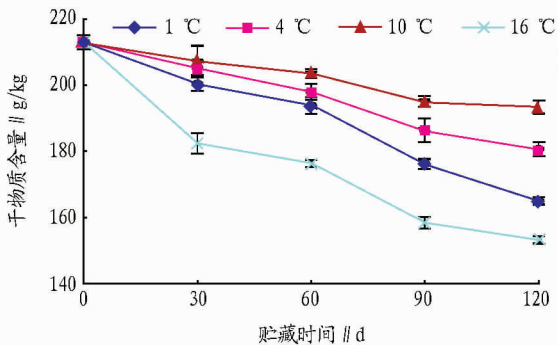


图1 不同温度贮藏条件下克新1号干物质质量分数的变化

2.2 贮藏温度对克新1号淀粉含量变化的影响由图2可见,贮藏期间,淀粉含量呈不断下降趋势。4种贮藏温度下,克新1号淀粉含量下降程度不同,其中1℃下克新1号淀粉含量由176.0 g/kg 下降至124.0 g/kg,比初始值下降了29.55%;4℃下克新1号淀粉含量由176.0 g/kg 下降至140.0 g/kg,比初始值下降了20.45%;10℃下克新1号淀粉含量由176.0 g/kg 下降至156.0 g/kg,比初始值下降了11.36%;16℃下克新1号淀粉含量由176.0 g/kg 下降至117.0 g/kg,比初始值下降了33.52%。因此,4种贮藏温度下克新1号淀粉含量下降程度由大到小依次为16、14、10℃。

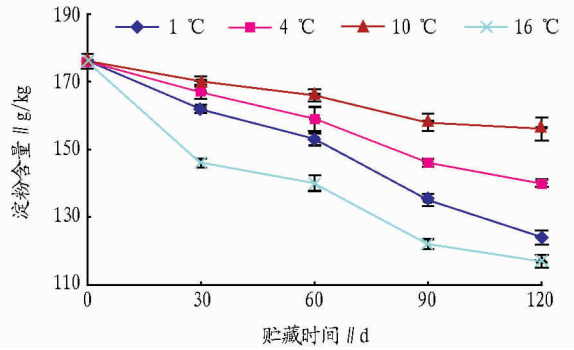


图2 不同温度贮藏条件下克新1号淀粉含量的变化

2.3 贮藏温度对克新1号淀粉酶活性变化的影响由图3可见,贮藏期间,克新1号淀粉酶活性呈现不规律的变化趋势。1和16℃贮藏温度下,贮藏30和90 d出现2个淀粉酶活性高峰,贮藏0、60、120 d时淀粉酶活性维持在较低的水平;4和10℃贮藏温度下,随着贮藏时间延长,淀粉酶活性呈现缓慢上升的趋势,分别比初始值提高2.5、1.6倍。

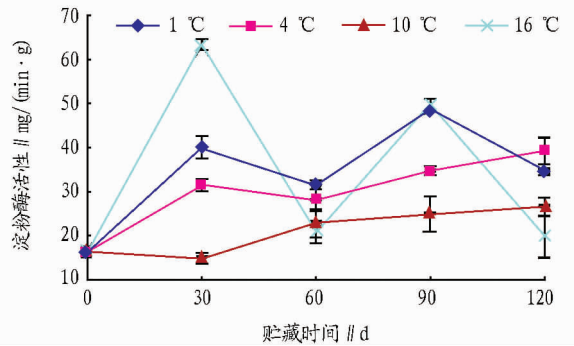


图3 不同温度贮藏条件下克新1号淀粉酶活性的变化

2.4 贮藏温度对克新1号还原糖含量变化的影响由图4可见,贮藏期间,还原糖含量在不同贮藏温度下含量差异较大。1和4℃贮藏温度下,还原糖含量呈不断上升的趋势,1和4℃下还原糖含量在贮藏期间分别比初始值提高了3.2、3.1倍;10℃贮藏温度下,还原糖含量变化趋势不明显,但均比初始值高,贮藏120 d,还原糖含量升高了0.4 g/kg;而16℃贮藏温度下,还原糖含量呈下降趋势,贮藏120 d,还原糖含量比初始值下降了0.8 g/kg。因此,在贮藏期间,还原糖含量从高到低依次为1、4、10、16℃。

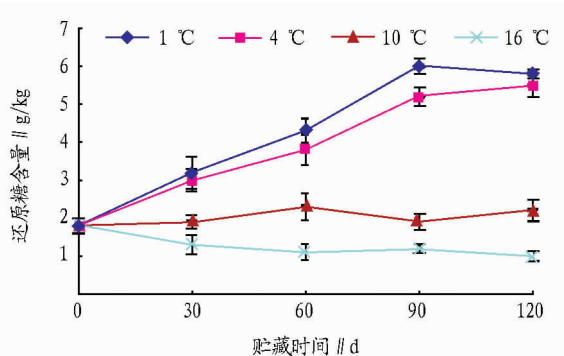


图4 不同温度贮藏条件下克新1号还原糖含量的变化

2.5 不同温度对克新1号可溶性蛋白含量变化的影响 由图5可见,贮藏期间,块茎可溶性蛋白质含量总体呈先下降后上升的趋势,但基本保持恒定。在贮藏过程中,10℃贮藏温度下蛋白质含量较贮藏前期有所提升;16℃贮藏温度下蛋白质含量在贮藏60d时降至最低点,然后又呈上升再下降的趋势。1、4和16℃下蛋白质含量分别下降了0.25、0.30、0.28 g/kg,而10℃贮藏温度下蛋白质含量上升了0.05 g/kg。

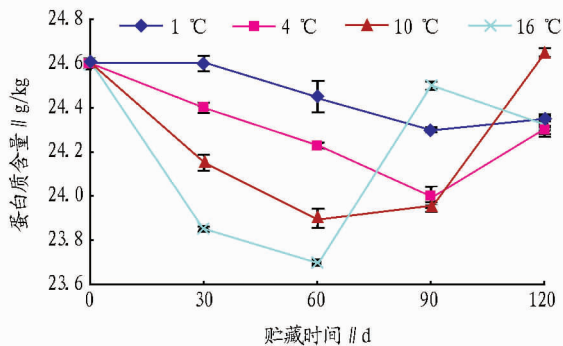


图5 不同温度贮藏条件下克新1号可溶性蛋白质含量的变化

2.6 不同温度对克新1号发芽率和冷害的影响 从图6、7可以看出,贮藏于1℃下的克新1号未发生冷害。从图8可以看出,贮藏于16℃下的克新1号在贮藏30d时出现发芽现象,且随着贮藏时间的延长,发芽的长度和数量也有所增加,贮藏30d时芽长为2cm,发芽数量为2;贮藏60d时芽长为5cm,发芽数量为3;贮藏90d时芽长为13cm,发芽数量为8;贮藏120d时,芽长为54cm,发芽数量为14。从图9可以看出,贮藏于10℃下的克新1号在贮藏60d时出现严重缩水,贮藏90d时开始发芽,芽长为1.8cm,发芽数量为1;贮藏120d时,芽长为5cm,发芽数量为4。

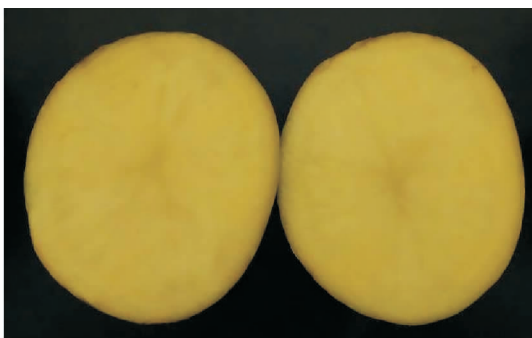


图6 1℃下贮藏120d时克新1号横切面



图7 1℃下贮藏120d的克新1号外观



图8 16℃贮藏期间克新1号发芽情况



图9 10℃贮藏期间克新1号发芽情况

3 结论与讨论

马铃薯采后仍然为具有生命的有机体,具有生命活动的重要标志是呼吸作用^[9-11],该试验中不同恒温恒湿培养箱中均维持恒定的相对湿度(80%左右),仅对不同贮藏温度下马铃薯营养品质变化做出研究。

3.1 讨论 成熟马铃薯收获后,要经过一个相当长的休眠期,主要分为3个阶段:第1个阶段为初休眠期,时间为15~35d,此时呼吸旺盛,消耗过多的营养物质,经过一系列代谢反应转化为二氧化碳和水,造成干物质含量的急剧下降;第2个阶段为深休眠期,时间为60d左右,此时呼吸作用处于十分衰弱的程度,在较低的贮藏温度下,淀粉酶活性急剧上升,使得淀粉不断向还原糖转化,即所谓的“低温糖化”^[12-14]现象,进一步验证了陈芳等的理论^[10];第3个阶段为休眠后期,此时呼吸作用加强,营养物质消耗加剧,但此时使马铃薯被迫处于较低的温度,则能抑制其发芽,延长马铃薯的贮藏时间。

不同贮藏温度能严重影响马铃薯的干物质、淀粉、还原糖、蛋白质、淀粉酶的含量,这与吴晓玲等研究马铃薯营养物质含量及酶活性与贮藏温度的关系一致,同时影响马铃薯的发芽数量和长度。低温能够降低马铃薯的呼吸速度,延长马铃薯的休眠期,这与Day' B等^[15]和McLaughlin等^[16]指出降低呼吸速率是保持产品质量并延长保质期的重要因素一致。淀粉和还原糖是马铃薯块茎的重要物质,其含量多少直接反映贮藏品质的优劣^[17]。淀粉和还原糖含量呈一定负相关性,当温度低于6℃时,即可发生“低温糖化”现象。

淀粉酶是淀粉降解的主要酶,淀粉在贮藏期间不断降低,淀粉酶活性也应处于较高的水平,但16℃贮藏60d和120d时淀粉酶活性处于较低的水平,这是因为马铃薯发芽初期,呼吸作用旺盛,而随着发芽长度增长,呼吸作用又呈现先低后高的变化趋势,从而造成淀粉酶活性在16℃贮藏60d和120d处于较低的水平。10℃贮藏温度下淀粉酶活性最低,这与吴晓玲等^[18]研究相悖,可能是因为“低温糖化”造成低温下淀粉酶活性升高。

3.2 结论 马铃薯干物质与淀粉含量在不同贮藏温度下均

呈下降趋势,且在一定的贮藏温度范围内,温度越低,下降程度越小。

马铃薯在1~4℃贮藏温度下,还原糖含量均高于其他处理,这是由于马铃薯发生“低温糖化”,大量淀粉向还原糖转化的结果;同时,还原糖含量在10℃下贮藏120d仍处于较低的水平^[10],符合炸薯片、薯条等对马铃薯还原糖的要求,为减少马铃薯损失,加工用马铃薯先贮藏于较低的温度下,待加工之前14d将其放于10℃左右的温度下。

淀粉酶活性在不同贮藏温度下表现不同,其中10℃贮藏温度下淀粉酶活性最低,16℃贮藏温度下淀粉酶活性变化幅度最大。

蛋白质含量在贮藏期间不随温度与贮藏时间呈大的波动,在整个贮藏变化不大^[19]。这与Cochrane M等研究相似^[20]。

因此,马铃薯在1和4℃贮藏温度下贮藏120d商品无明显品质变化;在10℃贮藏环境下,贮藏60d时马铃薯失水较为严重,商品品质下降,故贮藏时间不能多于60d;在16℃贮藏温度下贮藏时间必须小于30d。

参考文献

- [1] 陈彦云. 马铃薯贮藏期间干物质、还原糖、淀粉含量的变化[J]. 中国农学通报, 2006, 22(4): 84-87.
- [2] 司怀军, 戴朝曦, 田振东. 贮藏温度对马铃薯块茎还原糖含量的影响[J]. 西北农业学报, 2001, 10(1): 22-24.
- [3] 石瑛, 秦昕, 卢翠华, 等. 不同马铃薯品种贮藏期间还原糖及干物质的变化[J]. 中国马铃薯, 2002, 16(1): 16-18.
- [4] 巩慧玲, 赵萍, 杨俊丰. 马铃薯贮藏期间淀粉和还原糖含量的变化及回温处理的影响[J]. 食品工业科技, 2008, 29(2): 277-279.
- [5] 牛芳英, 王效瑜, 杨东宏, 等. 马铃薯贮藏期间几个主要加工品质指标

- 变化的探讨[J]. 陕西农业科学, 2008, 54(2): 18-20.
- [6] 赵萍, 巩慧玲, 赵瑛, 等. 不同品种马铃薯贮藏期间干物质与淀粉含量之间的关系[J]. 食品科学, 2004, 25(11): 103-105.
- [7] 张勇, 高海宁, 王恩军, 等. 山体库贮藏马铃薯淀粉、还原糖含量及淀粉酶活性的变化[J]. 中国农学通报, 2011, 27(12): 106-111.
- [8] 曹建康, 姜微波, 赵玉梅. 果蔬采后生理生化试验指导[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2011: 59-105.
- [9] SU P, DAI CH J, WU S H. A study on rapid determination of potato starch by refractometer[J]. Potato Journal, 1999, 13(3): 145-147.
- [10] 陈芳, 胡小松. 加工用马铃薯“低温糖化”机制的研究[J]. 食品科学, 2000, 21(3): 19-22.
- [11] 吴春丽. 马铃薯贮藏期间的管理[J]. 农村经济与科技, 2001, 10(6): 38.
- [12] 丁映, 张敏, 雷尊国, 等. 抑芽剂对贮藏马铃薯品质与出芽的影响[J]. 贵州农业科学, 2009, 37(4): 47-48.
- [13] 门福义, 刘梦芸. 马铃薯栽培生理[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995: 125-130.
- [14] JANAVERN THOMAS P. Influence of postharvest storage temperature and gamma irradiation on potato carotenoids[J]. Potato Research, 1979, 22: 365-369.
- [15] DAY B. Modified atmosphere packaging of selected prepared fruits and vegetables[M]//ZEUTHEN P. Processing and quality offoods, Vol. 3. Chilled foods the revolution in freshness. London: Elsevier, 1990: 230-233.
- [16] MCLAUGHLIN C P, O'BERNE D. Respiration rate of a drycoleslaw mix as affected by storage temperature and respiratory gas concentrations[J]. Journal of Food Science, 1999, 64: 116-119.
- [17] CLASSEN P A M, BUDDE M A W, VAN CALKER M H. Increase in phosphorylase activity during cold-induced sugar accumulation in potato tubers[J]. Potato Research, 1993, 36: 205-217.
- [18] 吴晓玲, 任晓月, 陈彦云, 等. 贮藏温度对马铃薯营养物质含量及酶活性的影响[J]. 江苏农业科学, 2012, 40(5): 220-222.
- [19] 巩慧玲, 赵萍, 杨俊峰. 马铃薯块茎贮藏期间蛋白质和维生素C含量的变化[J]. 马铃薯杂志, 1999, 9(1): 42-44.
- [20] COCHRANE M. Relation to sugar accumulation in old stored potato tubers[J]. Potato Research, 1991, 34: 333-341.

(上接第10298页)

从表6可以看出,松原市宜耕后备土地资源潜力主要分布在一级、二级潜力区,一级、二级潜力区潜力数量占总潜力的70.22%,是今后松原市进行宜耕后备土地资源开发的重点区域,三级、四级潜力区潜力数量相对较小,集中连片性差,开发成本相对较高,可作为松原市进行宜耕后备土地资源开发的一般区域。

4 结论

(1) 松原市现有后备土地资源总量为238 776 hm²,其中适宜土地开发的数量为58 257 hm²,占后备土地资源总面积的24.40%。其中,长岭县适宜开发土地的绝对数量最大,为25 678 hm²;前郭县适宜开发土地的相对数量最大,面积为14 344 hm²,占前郭县后备土地资源的36.16%。

(2) 将松原市宜耕后备土地资源潜力分为4个区域,潜力由高到低依次为一级潜力区、二级潜力区、三级潜力区、四级潜力区,面积分别为19 956、20 950、12 067、5 285 hm²。在

土地整治规划编制中,可将一级潜力区和二级潜力区作为松原市进行宜耕后备土地资源开发的重点区域,优先进行土地开发。土地开发的同时,必须加强对环境的保护以及对土壤质量的改良工作,实现经济效益、社会效益和生态效益的统一。

参考文献

- [1] 曹筱杨. 滇西南地区后备土地资源适宜性评价及在耕地“占补平衡”中的应用研究[D]. 昆明: 云南财经大学, 2012.
- [2] 陈印军, 肖碧林, 陈京香. 我国耕地“占补平衡”与土壤整理效果分析与建议[J]. 中国农业资源与区划, 2010, 31(1): 56-59.
- [3] 李月臣, 刘春霞, 赵纯勇, 等. 三峡库区(重庆段)土壤侵蚀敏感性评价及其空间分异特征[J]. 生态学报, 2009, 29(2): 788-796.
- [4] 刘康, 欧阳志云. 基于GIS的甘肃省土地沙漠化敏感性评价[J]. 水土保持通报, 2002, 22(5): 29-31.
- [5] 赵凤琴. 吉林西部土地生态环境安全研究[D]. 长春: 吉林大学, 2005.
- [6] 张鹏. 基于主成分分析的综合评价研究[D]. 南京: 南京理工大学, 2004.
- [7] 李淑杰. 吉林省土壤质量与土地利用结构优化研究[D]. 长春: 吉林农业大学, 2012.