

乌鲁木齐市土地利用变化及其驱动力分析

陈月娇, 曹晓红 (石河子大学理学院, 新疆石河子 832003)

摘要 [目的]了解西北干旱地区 LUCC 的时空变化特征及驱动力机制。[方法]选取乌鲁木齐市 2005、2010、2015 年 3 期遥感影像及统计年鉴数据, 基于 RS、GIS 软件提取土地利用类型的信息, 运用数理统计的方法, 从土地利用变化幅度、土地利用类型转移矩阵和单一土地动态度变化分析土地利用类型变化的过程, 建立经济社会驱动力因素与土地利用类型变化相关关系矩阵。[结果]耕地和建设用地的面积明显增加, 而未利用地和水域在减少, 天然植被基本保持不变; 影响乌鲁木齐市土地利用覆被变化的社会经济驱动因素主要为经济发展。[结论]乌鲁木齐市土地利用的发展应加强土地保护的措施、优化土地利用布局。

关键词 土地利用; 驱动力; 主成分分析; 相关关系; 乌鲁木齐市

中图分类号 F301.2 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2018)15-0010-05

Land Use Change of Urumqi City and Its Driving Mechanism

CHEN Yue-jiao, CAO Xiao-hong (College of Science, Shihezi University, Shihezi, Xinjiang 832003)

Abstract [Objective] The aim was to understand the spatial and temporal variation characteristics and drive mechanism of LUCC (land-use and land-cover change) in the northwest of China. [Method] Three period remote sensing images and statistical yearbook data in 2005, 2010 and 2015 were analyzed by taking Urumqi as a study case. Three aspects including land use structure, land use amplitude and converting matrix of land use type were analyzed for the LUCC during three periods. Based on the information of land use types from RS and GIS software, and using the method of mathematical statistics, the land use change correlation matrix with economic and social drive mechanism was established. [Result] The area of arable land and land for construction was increased obviously, while the area of unused land and water was decreased, and the natural vegetation basically remained unchanged. The main driving factors were economic development. [Conclusion] So development of land use in Urumqi should strengthen the measures of land protection and optimize the layout of land use.

Key words Land use; Drive mechanism; The principal component analysis method; Correlation; Urumqi City

土地利用/土地覆被变化(LUCC)是人类活动与自然环境相互作用最直接的表现形式^[1]。全球土地资源多, 但能为人类所使用的土地资源相对较少。随着全球人口的增长、经济的发展, 人类生存的生态环境逐渐恶化, 而土地利用及其覆被变化是引起影响全球环境变化的主要原因之一^[2], 目前 LUCC 研究已成为全球变化研究的前沿和热点问题^[3-5]。目前, 国外关于土地利用变化的研究已从变化机制、驱动力逐渐转向环境效应的综合研究^[6-7]。国内关于 LUCC 的研究从土地利用/覆被分类^[8]、土地利用/覆被信息提取^[9], 扩展到土地利用及其覆被变化的过程、驱动机制、资源环境生态研究等多个方面^[10-11], 但尚缺乏对典型区域, 尤其是西北地区 LUCC 时空变化规律以及驱动力的探讨。

我国是人口大国, 土地面积广阔, 但人均耕地资源少, 土地资源利用方面主要存在人地供需矛盾突出、土地退化、耕地资源流失严重等一系列问题^[12]。土地资源的利用直接关系到我国经济社会的可持续发展, 尤其是在地理环境比较特殊的西北干旱地区。笔者通过分析乌鲁木齐市近几年的土地利用变化趋势, 从时间、空间的角度揭示了地类变化特征, 并分析了影响土地利用类型变化的驱动因子, 以期乌鲁木齐市土地利用结构的优化、土地资源的开发与保护以及经济社会环境的可持续发展提供参考。

1 研究区概况与方法

1.1 研究区概况 乌鲁木齐市位于亚欧大陆腹地, 地处天山北麓, 准噶尔盆地南缘, 东、西、南三面环山, 北部地形开阔, 地势东南高, 西北低, 平均海拔 800 m, 受地形条件的影

响, 属于典型的中温带干旱半干旱大陆性气候, 寒暑变化明显, 昼夜温差大, 年平均温度为 6.4℃, 年平均降水量为 236 mm, 地表水蒸发量大, 农业、工业用水主要来自天山雪水的融化。地理坐标: 86°37' ~ 88°58'E, 42°45' ~ 44°08'N。

乌鲁木齐市是新疆维吾尔自治区首府, 全疆政治、经济、文化、科教和交通中心, 是我国对中亚地区开放的门户, 尤其是在“一带一路”新发展的浪潮中, 作为陆上丝绸之路的重要节点, 将在我国的经济发展中发挥着越来越重要的作用。2007 年乌鲁木齐市经过行政区划调整, 将昌吉回族自治州米泉市并入乌鲁木齐市, 设立米东区。该研究采用行政区划调整后范围, 辖 7 区 1 县, 即天山区、沙依巴克区、高新区(新市区)、水磨沟区、经济区(头屯河区)、达坂城区、米东区和乌鲁木齐县。2015 年末总人口达 266.83 万, 人均地区生产总值达 74 340 元, 经济发展呈现稳步上升趋势。

1.2 数据来源 2005—2015 年社会经济发展数据主要来源于历年乌鲁木齐市统计年鉴和乌鲁木齐市政府工作报告, 以此作为土地利用变化及其驱动力分析的依据。乌鲁木齐市 2005、2010、2015 年 3 期遥感影像来源于中国科学院地理空间数据云 Land sat 8 OLI 数据; 土地利用数据来源于乌鲁木齐市土地变更调查数据。

1.3 数据处理 因乌鲁木齐特殊的气候环境, 遥感影像下载时选择了土地利用类型比较明显的 7、8 月。首先应用 ENVI 5.1 软件对该影像进行辐射定标、大气纠正、图像融合、几何裁剪等处理, 采用决策树分类的方法对遥感影像进行目视解译, 并结合乌鲁木齐市实际情况对分类结果进行手动修改, 最后对其分类精度进行评价, Kappa 系数分别为 85.37%、89.20%、86.42%, 分类精度良好, 满足该研究需要, 分类结果予以使用, 建立 3 期 LUCC 数据。

由于土地利用方式不同,其分类方式也不同^[13]。为分析乌鲁木齐土地利用变化特征,该研究结合遥感影像解译、实际统计数据资料和乌鲁木齐市土地利用的具体情况,将乌鲁木齐市土地利用类型分为耕地、天然植被(林地、草地)、建筑用地(道路用地、居民点和工矿用地)、水域、未利用地5类。

1.4 研究方法

1.4.1 土地利用变化幅度。土地利用数量变化的总趋势和土地利用结构的变化主要体现在土地利用类型总面积上的变化。土地利用变化幅度是指土地利用类型面积的变化,反映了不同土地利用类型总量变化。其表达式为:

$$\Delta U = U_a - U_b \quad (1)$$

式中, U_a 、 U_b 分别表示研究末期和研究初期某种土地利用类型的面积; ΔU 表示研究时间段内土地利用变化幅度。

1.4.2 土地利用转移矩阵。土地利用转移矩阵反映了研究时间段内不同土地类型之间数量上的相互转化关系。土地利用转移矩阵的公式为:

$$U_{ij} = \begin{pmatrix} U_{11} & \cdots & U_{1m} \\ \vdots & & \vdots \\ U_{m1} & \cdots & U_{mm} \end{pmatrix} \quad (2)$$

式中, U 表示转化面积; m 表示不同土地利用类型; i 、 j 分别表示研究初期和末期土地利用类型。

1.4.3 单一土地动态度变化。土地利用动态度可定量描述土地利用变化速度,对土地利用变化区域差异的比较和未来土地利用变化趋势的预测尤为重要。单一土地利用类型动态度表示研究区域一定时间内某种土地利用类型数量变化情况^[12],表达式为:

$$K = \frac{(U_a - U_b) \frac{1}{T}}{U_b} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (3)$$

式中, U_a 、 U_b 表达意义同(1)式; T 表示研究时段长; K 是研究区的研究时段内某一土地利用类型的动态度。

1.4.4 主成分分析。主成分分析法是一种多变量统计方法,可以减弱自变量之间的相互干扰,其基本思路就是降维^[14]。在进行土地利用变化驱动力定量分析时,选择的因素一般细致全面,与土地利用之间存在相关关系,它们之间相互耦合关联,通过主成分分析法可以将引起土地利用变化的多个社会经济因素归纳为几个具有综合性的代表因子,且这些综合因子能反映原所有变量的大部分信息。因此,该研究采用主成分分析法研究乌鲁木齐市社会经济驱动力机制。

2 结果与分析

2.1 土地利用变化分析 土地利用变化主要体现在土地利用结构的空变化、土地利用类型数量的变化、土地利用类型的变化、土地利用区域差异等多个方面的变化^[6]。该研究主要采用土地利用变化幅度、土地利用转移矩阵、单一土地动态度变化等模型,分析近15年来乌鲁木齐市土地利用的数量变化和土地利用类型的转化方向。

2.1.1 土地利用结构变化分析。根据遥感影像解译结果和实际调查数据的修正,确定不同土地利用类型的面积,并依据(1)式得出乌鲁木齐市土地利用变化幅度(表1)。在2005年,乌鲁木齐市的优势景观主要是天然植被、耕地和建设用地,面积占比分别为30.83%、8.24%和7.40%,未利用土地面积占比大,高达52.68%;至2015年,优势景观排序未变,面积占比发生变化,分别为26.74%、15.95%和12.11%,

表1 2005—2015年乌鲁木齐市土地利用幅度变化

Table 1 Land use amplitude of Urumqi City during 2005–2015

土地利用类型 Land use type	2005年 In 2005		2015年 In 2015		2005年与2015年相比 Comparing 2005 with 2015	
	面积 Area hm ²	比重 Proportion %	面积 Area hm ²	比重 Proportion %	面积 Area hm ²	比重 Proportion %
耕地 Arable land	113 495.18	8.24	219 752.20	15.95	106 257.02	7.71
天然植被 Natural vegetation	424 721.64	30.83	368 329.40	26.74	-56 392.24	-4.09
建设用地 Construction land	101 944.21	7.40	166 803.40	12.11	64 859.19	4.71
水域 Water	11 683.35	0.85	10 002.24	0.73	-1 681.11	-0.12
未利用地 Unused land	725 756.58	52.68	612 737.30	44.48	-113 019.28	-8.20

未利用土地仍占较大比重。

在总量一定的情况下,一种土地利用类型数量的增加必然会导致其他土地利用类型数量的减少,通过土地利用变化幅度的计算可知,近15年来,乌鲁木齐市土地利用类型数量的变化主要表现在耕地和建设用地的增加以及天然植被、水域和未利用地的减少上,各地类类型之间存在调整变化。近15年来乌鲁木齐城市不断扩张,且随着城市发展与人口增长,粮食需求的增加引起耕地面积增加,水域面积减少的原因主要来自降雨量少、蒸发量大、补给不足等自然因素,以及钢铁、石化高耗水行业和水质污染等人因素。因而从不同时期用地结构上看,目前乌鲁木齐市的土地利用存在一定问

题:土地利用布局有待改善,未利用地的开发有很大空间;从区域用地发展来说,乌鲁木齐市城市逐渐向北(米东区)扩张,而办公区和商业区主要集中在城市南部,乌鲁木齐市交通用地接近饱和,居民上下班路途远,交通堵塞,这将给城市交通带来严重压力,影响城市的健康发展。

2.1.2 土地利用类型转化分析。转移矩阵能够揭示地类变化过程中的细节特点,可全面、具体地刻画区域土地利用变化的结构特征与各用地类型变化方向^[15]。

为明确研究区土地利用类型的相互转化关系,在完成对乌鲁木齐市3期遥感影像分类的基础上,对2005—2010、2010—2015年的分类结果分别创建土地利用转移矩阵,如表

2、3所示。从遥感影像分类图中可更加直观地表示分类结果,如图1所示。

表2 乌鲁木齐市2005—2010年土地利用类型转移矩阵

Table 2 Converting matrix of land use type of Urumqi City from 2005 to 2010

%

土地利用类型 Land use type	天然植被 Natural vegetation	耕地 Arable land	建设用地 Construction land	未利用地 Unused land	水域 Water
天然植被 Natural vegetation	38.51	0.94	0.43	5.72	12.75
耕地 Arable land	34.70	90.23	6.28	15.73	0.78
建设用地 Construction land	4.00	6.54	76.04	21.18	0.80
未利用地 Unused land	22.20	2.28	17.06	57.26	41.16
水域 Water	0.60	0.01	0.20	0.11	44.52

表3 乌鲁木齐市2010—2015年土地利用类型转移矩阵

Table 3 Converting matrix of land use type of Urumqi City from 2010 to 2015

%

土地利用类型 Land use type	天然植被 Natural vegetation	耕地 Arable land	建设用地 Construction land	未利用地 Unused land	水域 Water
天然植被 Natural vegetation	85.13	11.63	1.18	15.01	8.39
耕地 Arable land	2.94	64.15	5.72	1.47	0.44
建设用地 Construction land	6.06	3.20	64.76	26.52	4.09
未利用地 Unused land	5.81	20.97	28.26	56.05	41.48
水域 Water	0.06	0.06	0.08	0.95	45.60

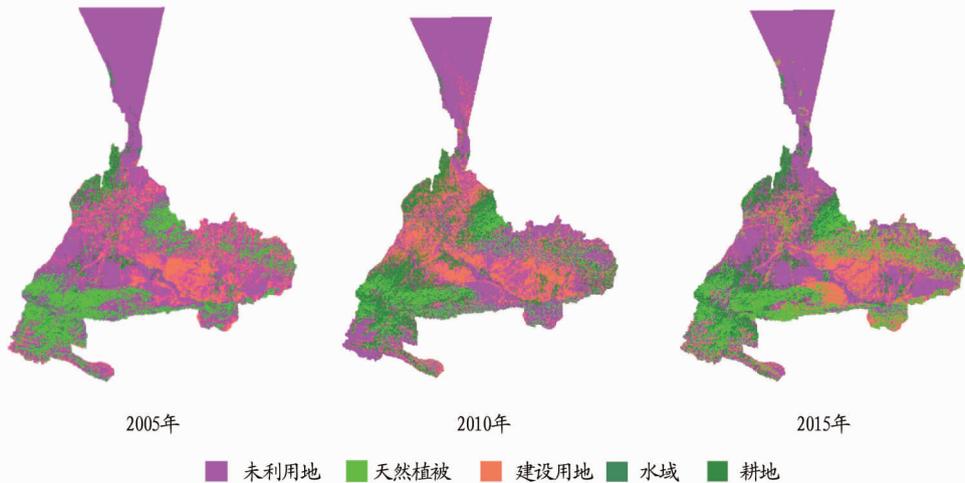


图1 乌鲁木齐市2005、2010和2015年土地利用/覆被分类

Fig. 1 Land-use/cover classification chart of Urumqi City in 2005, 2010 and 2015

2005—2010年,天然植被向耕地的转化量最大,这是由于人口增长对粮食和畜牧产品的需求使得大量耕地将林地、园地、草地等占用;耕地主要向建设用地和未利用地转化,转化量分别为6.54%、2.28%,近年来乌鲁木齐市对其经济发展和城市建设越来越重视,不断增加的住房需求、交通运输用地需求等使得建设用地呈现增长趋势。而随着城镇化的不断发展,城镇、村庄和工矿用地的面积还将迎来更进一步的增长;建设用地同样向耕地和未利用地转化较多,土地复垦工程措施保证了耕地的数量和质量;水域主要向天然植被和未利用地转化,转入量较小。由于乌鲁木齐市特殊的地理、气候环境,耕地、天然植被、建设用地、水域等土地利用类型在废弃后都主要向未利用地转化,随着人口增多、城市扩张、人民生活水平的提高,人们会寻找新的适合居住和生产的场所,而新的场所主要就是未利用地的开发。

2010—2015年,天然植被、耕地、水域的转出量相对前期有所减少,未利用地的转出量较大。造成该变化的原因主要来自于政策的影响,随着近年来乌鲁木齐市自然环境的恶化,依靠原有的天然植被已不足以吸收空气中的污染物,出于对天然植被和1.2亿 hm^2 耕地红线的保护,当地出台一些新政策,激励建设用地开发商把土地开发的重任放到对未利用土地的开发上,故未利用地也主要向天然植被转化。

2.1.3 土地利用/覆被变化动态度分析。单一土地动态度变化在一定程度上反映了人类对土地利用方式的干扰程度,动态度越大,人为干扰越剧烈。单一动态度为正值时,表示该类型面积增加,反之则减少;用绝对值来衡量土地利用类型的转换数量,绝对值越低,则表明转换数量少,状态较稳定,反之则变化相对剧烈。根据公式(3)计算可以得出乌鲁

木齐市 2005—2015 年耕地、天然植被、建设用地、未利用地、水域的年均动态变化情况(表 4)。结果表明,耕地、建设用地的动态度在前后两期均为正数,说明耕地和建设用地每年都在增加;天然植被前期为负,后期为正,表明天然植被用地先减少后增加,但总体是在增加;水域和未利用地前期为正,后期为负,说明水域和未利用地的前期面积在增多,后期在

减少,总体来说,水域在增加,未利用地在减少。从同一时段来看,第一时段水域、建设用地和未利用地变化最快;第二个时段水域和耕地变化相对剧烈。上述结果与乌鲁木齐市人口的增加、经济的发展密切相关。人口增多,人们的食、住问题都需要解决,这就需要大量土地转化为建设用地和耕地,出于对天然植被的保护,土地的开发以未利用地为主。

表 4 乌鲁木齐市 2005—2015 年土地利用动态度指数

年度 Year	动态度 Dynamic degree					%
	耕地 Arable land	天然植被 Natural vegetation	建设用地 Construction land	水域 Water	未利用地 Unused land	
2005—2010	0.63	-0.19	17.07	35.05	14.47	
2010—2015	11.51	0.59	4.17	-23.98	-0.93	
2005—2015	6.26	0.29	12.40	50.53	-8.04	

2.2 土地利用变化社会驱动力分析 土地利用变化的驱动机制研究已成为国内外土地覆被变化的研究重点,对其研究有利于人类认识土地利用变化规律,预测其未来发展趋势,并为土地可持续发展提供依据。驱动力可概括为促使土地利用方式发生变化的自然因素、社会经济因素和政策法规因素三大类。一般从时间尺度上看土地利用方式的主导因素,在较长的时间范围内,3 类因素都是引起土地利用变化的驱动力,但在短期内,社会经济因素占主导地位,因此,社会经济驱动因素会对土地利用变化起着决定性作用。由于气候、地形、地貌、水文等自然因素以及政策法规因素难以定量表示,该研究就着重对社会经济驱动力进行分析。

2.2.1 主成分分析。根据主成分分析的方法和目前已掌握的相关数据以及乌鲁木齐市的实际情况,以 2005—2015 年的经济社会统计资料作为基础数据,选取以下 8 个社会经济

驱动力影响因子:总人口(万人) X_1 、非农人口(万人) X_2 、地区生产总值(万元) X_3 、人均地区生产总值(元/人) X_4 、第二产业产值(万元) X_5 、第三产业产值(万元) X_6 、工业总产值(万元) X_7 、固定资产投资(万元) X_8 。

利用 SPSS 16.0 软件,采用主成分分析方法计算相关系数矩阵、主成分贡献率和累计贡献率等,可以得到驱动因子相关系数矩阵。相关系数矩阵值越接近 1,表明 2 个因素之间正相关关系越强;值越接近 0,则相关性越弱;若为负值,则表明因素之间呈现负相关关系。

由表 5 可知,所有变量间的相关系数均在 0.800 0 以上,8 个驱动因子具有较强的相关性,它们之间信息大量重叠,如 X_3 与 X_4 、 X_5 与 X_8 、 X_6 与 X_7 之间存在极大的相关关系,相关系数高达 0.999、0.998、0.993,表明选取的这些因素可以作为引起乌鲁木齐市土地利用变化的社会经济驱动因子。

表 5 乌鲁木齐市土地利用变化驱动因子相关系数矩阵

Table 5 Driving factors of correlation matrix of land use change in Urumqi City

驱动因子 Driving factors	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8
X_1	1.000	0.946	0.968	0.975	0.962	0.934	0.913	0.949
X_2	0.946	1.000	0.939	0.942	0.858	0.944	0.918	0.832
X_3	0.968	0.939	1.000	0.999	0.951	0.987	0.975	0.930
X_4	0.975	0.942	0.999	1.000	0.957	0.982	0.968	0.938
X_5	0.962	0.858	0.951	0.957	1.000	0.888	0.869	0.998
X_6	0.934	0.944	0.987	0.982	0.888	1.000	0.993	0.859
X_7	0.913	0.918	0.975	0.968	0.869	0.993	1.000	0.839
X_8	0.949	0.832	0.930	0.938	0.998	0.859	0.839	1.000

在主成分分析法中,特征值大于 1、累计贡献率 $\geq 80\%$,就可以选定为主成分。由表 6 可知,第一主成分的特征值为 7.556,累计贡献率为 94.455%,第一主成分达到要求,故选用第一主成分就能反映乌鲁木齐市土地利用的综合状况。

从主成分载荷矩阵表(表 7)可知,选取的因子与第一主成分之间均有较大的载荷系数。以上所选驱动因子对土地利用变化都有影响。

2.2.2 相关分析。主成分分析仅对驱动因素做了综合定量分析,无法确定不同土地利用类型与每一个因子之间的驱动力关系。该研究采用相关分析法来确定变量间的紧密程度。在相关分析中,相关系数能够反映变量间的紧密程度,相关

系数在 $-1 \sim 1$ 变化,若大于 0 为正相关,表示 2 个变量之间变化趋势相同;若小于 0,则呈相反变化趋势^[15]。因建设用地和耕地的变化较大且其变化对人类生活的环境影响较大,故该研究选取建设用地、耕地和主成分分析中的 8 个驱动因子之间的相关系数。

由表 8 可知,耕地面积与所选因子之间存在明显的负相关关系,说明耕地强度随着社会人口的增多、工业的发展、第三产业的兴起和科技进步而逐渐减弱,研究区域不再将大量的人力资源配置到农业上,其次是乌鲁木齐市特殊的地理环境和短缺的水资源,不适合大面积的农业开发。相反,建设用地则与所选因子之间存在较强的正相关关系,这是由

表6 特征值与各成分贡献率

Table 6 Eigenvalue and principal component contribution rate

成分 Composition	初始特征值 Initial eigenvalue			提取平方和载入 Extract the sum of squares and load		
	合计 Total	方差贡献率 Variance contribution rate//%	累积贡献率 Accumulated contribution rate//%	合计 Total	方差贡献率 Variance contribution rate//%	累积贡献率 Accumulated contribution rate//%
1	7.556	94.455	94.455	7.556	94.455	94.455
2	0.311	3.892	98.347			
3	0.112	1.396	99.743			
4	0.015	0.187	99.930			
5	0.005	0.067	99.997			
6	0.000	0.003	100.000			
7	2.150E-5	0.000	100.000			
8	3.880E-7	4.849E-6	100.000			

表7 主成分载荷矩阵

Table 7 Load matrix of principal components

序号 No.	变量 Variable	第一主成分 First principal component
1	人均地区生产总值	0.999
2	地区生产总值	0.997
3	总人口	0.984
4	第三产业产值	0.976
5	工业总产值	0.962
6	固定资产投资	0.962
7	非农人口	0.949
9	第二产业产值	0.945

表8 耕地、建设用地与驱动因子相关系数

Table 8 Correlation coefficient of cultivated land, construction land with driving factor

驱动因子 Driving factor	耕地 Arable land	建设用地 Construction land
X_1	-0.982	0.935
X_2	-0.753	0.980
X_3	-0.770	0.835
X_4	-0.668	0.819
X_5	-0.740	0.838
X_6	-0.901	0.946
X_7	-0.956	0.823
X_8	-0.765	0.873

于随着人口的增多、人民生活水平的提高和科技的进步,城市的发展需要在土地上开展大量的建设活动,以供人们满足基本“住”的需求,此外,由于全国房地产业的热度居高不下,开发商抓住机会大搞开发建设,因而建设用地的发展与经济发展驱动因子有着密不可分的正向关系。

3 结论与讨论

通过对乌鲁木齐市2005—2015年地类变化及其驱动因子的分析,可以得出以下结论:

(1)在2005—2015年这一时段内,乌鲁木齐市耕地、未利用地、水域的变化幅度较大。其中,耕地面积增多,由于农产品的需求随着人口数量的增加而不断增加,耕地保护的 tasks 意义重大;未利用地减少幅度大、利用率低,研究区的未利用地几乎是荒漠和山地,由于该地类的基数大、开发难度大

等原因,因而大量土地闲置不能被使用,土地利用效率较低;水域呈减少趋势,乌鲁木齐市是一个缺水的城市,其水源现有量少,再加之工、农业的发展需要大量的水资源,造成水资源的减少幅度大,但每年通过大量的冰川融雪的形式补充水量,从而保证了区域的水源相对充足。

(2)2005—2015年,研究区域建设用地和天然植被的变化相对较小。建设用地变化主要通过旧城改造和对耕地的占用,随着乌鲁木齐市城市化水平的提高、人口的增多,对“住”的需求越来越多,质量要求也越来越高,开发建设活动带来建设用地的面积增大;天然植被减少,该研究区位于生态脆弱的干旱区,天然植被对当地的生态环境尤为重要,所以加强天然植被的保护至关重要。

(3)由驱动因素分析可知,在短期内,乌鲁木齐市土地利用变化受经济发展的影响较大。大规模地发展工业,过分地追求短期内经济的增长,致使当地环境污染严重。

乌鲁木齐市市域范围不小,但能为人们所利用的土地并不多。就当地的现状来说,既要保护耕地,又要维持经济发展所需的建设规模,这就需要政府采取适当的措施,合理开发未利用土地,同时严格执行土地出让、划拨程序,确定土地使用类型、使用年限,合理规划各类土地。另外,对一些利用粗放的土地,要适当做出调整,对闲置和低效的土地,应加强土地整理和盘活,即对市区旧城改造、闲置低效用地进行合理的规划。

参考文献

- [1] 刘纪远,匡文慧,张增祥,等. 20世纪80年代末以来中国土地利用变化的基本特征与空间格局[J]. 地理学报,2014,69(1):3-14.
- [2] 郭斌,陈佑启,姚艳敏,等. 土地利用与土地覆被变化驱动力研究综述[J]. 中国农学通报,2008,24(4):408-414.
- [3] RUELLAND D,LEVAVASSEUR F,TRIBOTTÉ A. Patterns and dynamics of land-cover changes since the 1960s over three experimental areas in Mali [J]. International journal of applied earth observations & geoinformation, 2010,12(1):11-17.
- [4] ZHU H Y. Underlying motivation for land use change: A case study on the variation of agricultural factor productivity in Xinjiang, China [J]. Journal of geographical sciences, 2013,23(6):1041-1051.
- [5] WANG S X, WANG S L. Land use/land cover change and their effects on landscape patterns in the Yanqi Basin, Xinjiang (China) [J]. Environmental monitoring & assessment, 2013,185(12):9729-9742.
- [6] DIRESS T, STEINR M, PAUL V, et al. Land-use/cover dynamics in Northern Afar rangelands, Ethiopia [J]. Agriculture ecosystems & environment, 2010,139(1/2):174-180.

(下转第48页)

固形物含量、可滴定酸含量等方面,T和CK处理之间差异不显著。

表5 不同处理对番茄果实品质的影响

Table 5 Effects of different treatments on the fruit quality of tomato

处理编号 Treatment code	硬度 Hardness kg/cm ²	可溶性固形物 Soluble solid %	可滴定酸 Titratable acid %	维生素 C Vitamin C mg/kg
CK	2.7 aA	4.3 aA	0.18 aA	108 bB
T	2.7 aA	3.6 aA	0.16 aA	133 aA

注:同列不同小写字母表示差异在0.05水平显著;同列不同大写字母表示差异在0.01水平极显著

Note:Different lowercases in the same column indicated significant differences at 0.05 level;different capital letters in the same column indicated extremely significant differences at 0.01 level

在评价番茄品质时,某个单项品质指标很难判断番茄的综合品质,因而采用多目标综合评价方法来评价番茄的综合品质^[3]。因此选取硬度(X_1)、可溶性固形物(X_2)、可滴定酸(X_3)和维生素C(X_4)这4个品质因素作为评价因子。首先,对这4个指标进行同趋化(低优指标)和标准化,然后利用DPS数据处理系统进行主成分分析,并得到相关矩阵的特征根及特征向量累积贡献率(表6),前2项特征根的累积贡献率为89.7% > 85%。因此,可用第一主成分和第二主成分作为评价的综合指标,且评价的可信度为89.7%。

通过计算得出各指标与前2个主成分的关系为:

$$F_1 = 0.541 1X_1 - 0.349 3X_2 - 0.608 4X_3 + 0.463 7X_4$$

$$F_2 = -0.187 5X_1 + 0.767 7X_2 - 0.155 9X_3 + 0.592 6X_4$$

表6 主要主成分的特征值、贡献率和累积贡献率比较

Table 6 Comparison of eigenvalue, contribution rate and accumulative contribution rate of principal components

主成分 Principal component	特征值 Eigenvalue	贡献率 Contribution rate//%	累积贡献率 Accumulative contribution rate//%
1	2.633 798	65.845 0	65.845 0
2	0.952 786	23.819 7	89.664 7
3	0.413 415	10.335 3	100

综合评价值: $F = 0.658 450F_1 + 0.238 197F_2$,由第一主成分和第二主成分与客观权重之积,得到处理下番茄品质综合评判结果(表7):综合评价值越高,番茄品质越好。结果显示,处理的综合评价值明显高于对照,两者品质差异显著。

3 结论与讨论

袋培模式下番茄果实转色时间明显早于土壤栽培,番茄

表7 袋培和对照番茄品质综合评判

Table 7 Comprehensive evaluation of tomato quality between bag cultivation and the control

处理编号 Treatment code	F_1	F_2	F
CK	-0.354 7	1.001 6	0.005 026
T	1.640 2	0.778 2	1.265 355

植株提前开花,前期产量显著增加,这主要是因为袋培限制了番茄根系的生长,从而促进了植株提前开花,果实提前成熟^[5]。同时袋培模式下番茄植株光合速率和气孔导度显著提高,番茄可溶性固形物、维生素C等含量显著增加,品质得到提升,这与王敏等^[6]在樱桃番茄、王灿磊等^[7]在西瓜中的研究结果一致。

但袋式栽培也造成了番茄株高、茎粗明显下降,总产量降低,这主要是由于袋式栽培限制了番茄根系的生长,影响了根系对养分的吸收,从而对植株的生长造成了影响,总产量降低,这与樊怀福等^[8]、Tal等^[9]和Kharkina等^[10]的研究结果一致。

综上所述,在袋培模式下,番茄品质显著提高,成熟期提前。但需进一步研究袋培模式下番茄的肥水需求规律,以进一步增强番茄长势,提高总产量。

参考文献

- [1] 杨华,何伟,崔元珩,等.设施嫁接茄子基质与土壤栽培比较试验[J].新疆农业科学,2011,48(10):1860-1863.
- [2] 马栋,李清明,于贤昌.槽式有机基质栽培方式对番茄生长、光合特性及产量的影响[J].山东农业科学,2009(9):23-25.
- [3] 王鹏勃,李建明,丁娟娟,等.水肥耦合对温室袋培番茄品质、产量及水分利用效率的影响[J].中国农业科学,2015,48(2):314-323.
- [4] 鲁如坤.土壤农业化学分析方法[M].北京:中国农业科技出版社,2000.
- [5] NESMITH D S. Influence of root restriction on two cultivars of summer squash (*Cucurbita pepo* L.) [J]. Journal of plant nutrition, 1993, 16(3):421-431.
- [6] 王敏,李建设,高艳明.限根栽培对番茄生长和品质的影响[J].湖北农业科学,2016(5):1199-1203.
- [7] 王灿磊,孙亮,冷平,等.无纺布限根栽培对西瓜根域温度、植株生长和果实品质的影响[J].中国农业大学学报,2011,16(3):81-86.
- [8] 樊怀福,杜长霞,朱祝军,等.限根栽培对大果型番茄浙杂204植株生长、果实品质和产量的影响[J].浙江农林大学学报,2011,28(3):343-348.
- [9] BAR-TAL A, FEIGIN A, SHEINFOLD S, et al. Root restriction and NO_3^- solution concentration effects on nutrient uptake, transpiration and dry matter production of tomato [J]. Scientia horticulturae, 1995, 63(3/4):195-208.
- [10] KHARKINA T G, OTTOSEN C O, ROSENQVIST E. Effects of root restriction on the growth and physiology of cucumber plants [J]. Physiologia plantarum, 1999, 105(3):434-441.
- [11] 邵景安,李阳兵,魏朝富,等.区域土地利用变化驱动力研究前景展望[J].地球科学进展,2007,22(8):798-809.
- [12] LUNETTA R S, KNIGHT J F, EDIRIWICKREMA J, et al. Land-cover change detection using multi-temporal MODIS NDVI data [J]. Remote sensing of environment, 2006, 105(2):142-154.
- [13] 崔颖.乌鲁木齐市土地利用变化及驱动力研究[D].乌鲁木齐:新疆大学,2009.
- [14] 滕宇思,夏维力.城市化进程中的西安市土地利用变化及其驱动力分析[J].测绘科学,2015,40(2):109-114.
- [15] 古琳,刘波,龚国堂,等.成都市近20年林地景观变化特征[J].应用生态学报,2010,21(5):1081-1089.

(上接第14页)

- [7] WENTZ E A, STEFANOV W L, GRIES C, et al. Land use and land cover mapping from diverse data sources for an arid urban environments [J]. Computers environment & urban systems, 2006, 30(3):320-346.
- [8] 王圆圆,李京.遥感影像土地利用/覆盖分类方法研究综述[J].遥感信息,2004(1):53-59.
- [9] 周旭,安裕伦,张斌,等. CBERS-CCD 数据土地利用/覆盖信息提取最佳波段选择:以贵州喀斯特山区为例[J].遥感技术与应用,2009,24(6):743-748.
- [10] 杨梅,张广录,侯永平.区域土地利用变化驱动力研究进展与展望[J].地理与地理信息科学,2011,27(1):95-100.