

基于 DEM 的土地利用分布与地形因子关系研究——以山西省垣曲县为例

罗丹¹, 王涛^{1*}, 张庭瑜^{2,3,4,5} (1. 陕西地建土地勘测规划设计院有限责任公司, 陕西西安 710075; 2. 陕西省土地工程建设集团有限责任公司, 陕西西安 710075; 3. 陕西地建土地工程技术研究院有限责任公司, 陕西西安 710075; 4. 自然资源部退化及未利用土地整治重点实验室, 陕西西安 710075; 5. 陕西省土地整治工程技术研究中心, 陕西西安 710075)

摘要 以山西省垣曲县为研究区, 基于研究区土地利用现状和 DEM 数据, 利用 ArcGIS 10.3 对研究区高程、坡度、坡向等地形因子进行提取, 将地形特征与土地利用现状叠置分析, 得到该地区不同高程、坡度、坡向上的土地类型分布情况。结果表明, 土地利用的空间分布与地形因子具有显著相关性。在低海拔、小坡度的无坡向和阳坡地区, 土地利用类型多受到人类活动的影响, 耕地、园地、居民点及工矿用地多分布于这一地区; 高海拔、大坡度的地形对林地、草地的变化影响较大; 水域多分布于低海拔、地势平缓地区, 受坡向影响不大。

关键词 土地利用分布; 地形因子; ArcGIS; DEM 分布指数; 垣曲县

中图分类号 F301.2 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2021)20-0076-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2021.20.021



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Research on the Relationship between Land Use Distribution and Terrain Factors Based on DEM—A Case Study of Yuanqu County, Shanxi Province

LUO Dan¹, WANG Tao¹, ZHANG Ting-yu^{2,3,4,5} (1. Land Surveying, Planning and Design Institute of Shaanxi Provincial Land Engineering Construction Group Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi 710075; 2. Institute of Land Engineering and Technology, Shaanxi Provincial Land Engineering Construction Group Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi 710075; 3. Shaanxi Provincial Land Engineering Construction Group Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi 710075; 4. Key Laboratory of Degraded and Unused Land Consolidation Engineering, Ministry of Natural Resources, Xi'an, Shaanxi 710075; 5. Shaanxi Provincial Land Consolidation Engineering Technology Research Center, Xi'an, Shaanxi 710075)

Abstract Taking Yuanqu County of Shanxi Province as the research area, based on the current land use status and DEM data of the research area, ArcGIS 10.3 is used to extract terrain factors such as elevation, slope, and aspect of the research area, and the topographic features and current land use status are superimposed and analyzed to obtain different elevations, slopes, and slope upwards in the area. The results showed that the spatial distribution of land use had a significant correlation with topographic factors. In low-altitude, low-slope, non-slope and sunny slope areas, land use types were mostly affected by human activities. Cultivated land, garden plots, residential areas, and industrial and mining land were mostly distributed in this area. High-altitude, large-slope terrain had a greater impact on the changes of woodland and grassland; waters were mostly distributed in low-altitude, gentle terrain, and were not affected by the slope aspect.

Key words Land use distribution; Topographic factors; ArcGIS; DEM distribution index; Yuanqu County

土地是人类赖以生存和发展的最基本的自然资源^[1-2]。土地利用是自然环境和人类活动相互作用的一个综合复杂体^[3-4], 是人类主要生产活动方式的反映。地形因子作为自然环境中的重要因素, 是土地利用格局空间分布的重要影响因素, 深刻影响着人类利用土地的方式和程序。通过对土地利用类型与地形因子关系的研究, 能够更加清楚地了解地形因子对土地利用类型分布的影响规律^[5], 从而更好地掌握土地利用的现状和未来趋势^[6]。

黄土高原地形复杂多样, 地形因子与土地利用空间分布有着密切的关系。笔者以山西省垣曲县土地利用数据为基础数据, 应用 DEM 和 ArcGIS 软件, 通过空间叠置分析, 准确且快速得到土地利用空间格局与地形因子的关系^[7]; 探讨土地利用空间格局的分布特征, 研究土地利用的空间分布规律及其与地形因子之间的相互关系, 优化不同地形上土地利用类型的合理布局, 以期为区域土地可持续利用、土地管理决策以及生态环境建设提供理论支持^[8-9]。

1 资料与方法

1.1 研究区概况

垣曲县位于山西省运城市东端, 地处

111°31'~112°10'E, 35°00'~35°39'N。东北与阳城、沁水两县毗连, 北与翼城、绛县接壤, 西与闻喜交界, 西南连接夏县, 东邻河南省的济源市, 南与河南省三门峡市的渑池县、洛阳市的新安县隔河相望。背靠中条山, 西倚中条支脉, 东邻太行山、王屋山, 南临黄河, 呈现为三面环山、一面临水的丘陵小盆地特有的多样化小气候, 属于暖温带半湿润大陆性季风气候, 四季分明, 年均气温 13.5℃, 年均降水量 631 mm, 无霜期 230 d。垣曲县地势西北高、东南低, 中部为垣曲山间盆地, 呈北宽南窄的葫芦形展布。境内较大河流有毫清河、允西河、板涧河、西阳河、五福涧河等, 均由北而南注入黄河。河流两岸多为狭窄的河谷平原, 灌溉方便, 人烟稠密, 为主要农作区。

1.2 数据来源及处理 利用 ArcGIS 10.3 对垣曲县 2018 年 1:5 万土地利用现状图进行数字化, 以《全国土地分类》为标准^[10], 结合实际情况及研究需要, 将土地利用现状分为 7 类: 耕地、园地、林地、草地、居民点及工矿用地、水域、其他用地。DEM 数据来源于地理空间数据云, 对数据进行拼接裁剪, 用 Spatial Analyst 模块的 Slope、Aspect, 生成坡度、坡向图; Re-classify 工具对高程、坡度、坡向进行重分类, 将地类图层与地形因子分级成果进行叠置分析, 得到地形因子与土地利用的分布情况(图 1)。

1.3 地形分布指数 为了消除面积差异量纲的影响^[11], 引

基金项目 长安大学中央高校基本科研业务费专项资金项目(300102351502); 陕西省土地工程建设集团有限责任公司科研项目(DJNY2021-10)。

作者简介 罗丹(1991—), 女, 山西运城人, 工程师, 硕士, 从事遥感与 GIS 应用研究。*通信作者, 高级工程师, 从事土地测绘应用研究。

收稿日期 2021-05-21; **修回日期** 2021-06-27

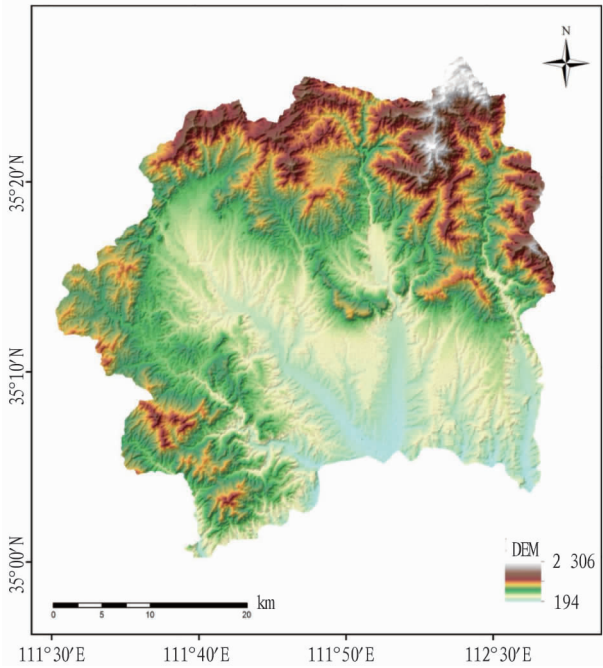


图1 垣曲县 DEM 图

Fig.1 DEM map of Yuanqu County

入地形分布指数来描述地类在该地形因子级别上是否呈优势分布。计算公式如下：

$$P = (S_{ie} / S_i) \times (S / S_e)$$

式中, P 为分布指数; S_{ie} 为在 e 地形因子该等级下的 i 地类面积; S_i 为 i 地类的面积; S_e 为整个区域 e 地形因子该等级下的总面积, S 为整个区域的面积。土地利用类型的地形分布指数对于其在地形上的空间分布具有指示意义^[12]; $P > 1$, 表示该地类在该级地形上的分布高于其他地类在该区域的平均分布水平, 属于优势分布, 且 P 值越大, 该地类在该地形等级上优势度越高; $P < 1$, 则该地类在该地形因子级别上的分布属劣势分布, 说明该地类不适宜分布在该地形上^[13]。

2 结果与分析

2.1 土地利用现状分析 由于垣曲县地处山地, 土地利用现状结构中林地所占面积最大, 占整个垣曲县土地总面积的 57.66%。耕地在土地利用现状结构中仅次于林地, 占总面积的 19.15%, 其中旱地面积占耕地面积的 90% 以上。草地面积次于耕地, 其中 99% 以上为其他草地, 人工牧草地所占比例较小。园地所占面积较小, 仅占土地总面积的 0.45%。剩下的依次为居民点及工矿用地、水域、其他用地(表 1)。

2.2 高程、坡向和坡度分级 将研究区地形因子进行分级, 结果见图 2。垣曲县海拔最高点为 2 306 m, 最低点为 194 m, 平均海拔为 1 250.5 m。将研究区分为 7 个高程带: 400 m 以下为第 1 高程带, 400~600 m 为第 2 高程带, >600~800 m 为第 3 高程带, >800~1 000 m 为第 4 高程带, >1 000~1 300 m 为第 5 高程带, >1 300~1 700 m 为第 6 高程带, 1 700 m 以上为第 7 高程带。第 2 高程带土地面积最大, 占总面积的 27.27%, 第 3 高程带次之, 占总面积的 21.06%, 第 1 高程带占总面积的 15.41%, 第 3 高程带之后土地面积依次递减, 第 7 高程带所占比例最小。可见研究区地形起伏较大, 在各高程带均有土地分布。

表 1 垣曲县土地利用类型面积统计

Table 1 Statistics of land use types areas in Yuanqu County

土地利用类型 Land use types	面积 Area//km ²	比例 Proportion//%
耕地 Cultivated land	308.31	19.15
园地 Garden land	7.26	0.45
林地 Forest	928.01	57.66
草地 Grassland	230.62	14.33
居民点及工矿用地 Residential areas and industrial and mining land	61.51	3.82
水域 Waters	53.55	3.33
其他 Other	20.22	1.26

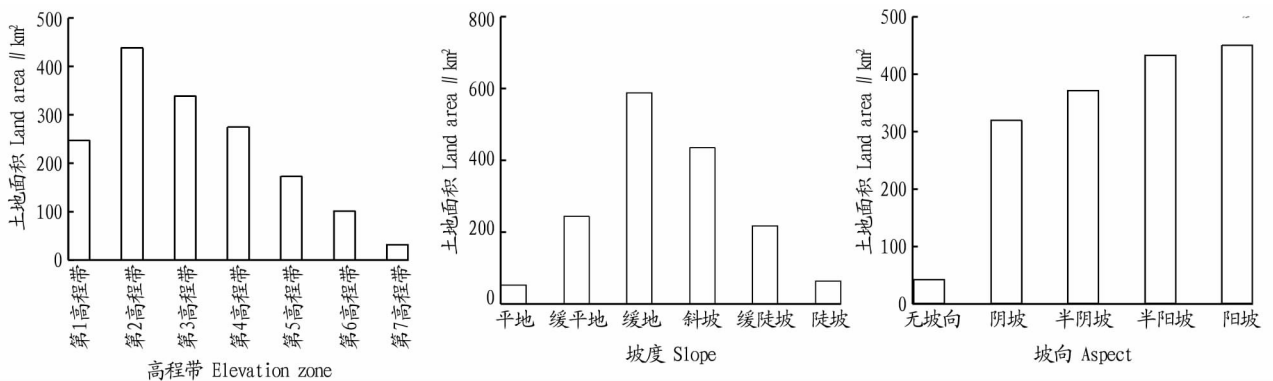


图2 地形因子分带及其面积

Fig.2 Topographic factor zoning and its area

垣曲县坡度为 0~63.33°, 将坡度划分为 6 级: 0~2° 为平地, >2°~6° 为缓平地, >6°~15° 为缓地, >15°~25° 为斜坡, >25°~35° 为缓陡坡, >35° 为陡坡^[14]。缓地所占面积最大, 占总面积的 36.57%, 斜坡次之, 占总面积的 27.06%, 平地 and 陡坡所占比例相当, 均为 4% 左右。研究区地形较为复杂, 以丘

陵地带为主, 坡度主要集中在 6°~25°。为了便于计算, 将坡向合并为 5 个: 平地即坡向界线为 -1, 为无坡向; 南、西南为阳坡; 北、东北为阴坡; 西、东南为半阳坡; 西北、东为半阴坡^[15]。研究区无坡向较少, 仅占总面积的 2.59%, 阴坡、半阴坡、半阳坡、阳坡依次递增, 所占比例分别为 19.76%、

23.02%、26.77%、27.86%。

2.3 地形因子影响下的土地利用空间分布特征 从图3和表2可以明显看出,第6、第7高程带主要分布在研究区西北部,而第1、第2高程带主要分布在东南部,表明研究区地势西北高、东南低。各种土地类型随着海拔的变化,具有非常明显的分布层次。耕地在第1、第2高程带所占比例占整个耕地面积的81.05%,在海拔超过600 m的地区分布指数均小于1,且呈依次递减趋势,不适宜耕种。水域在第1高程带上分布指数为2.70,优势性显著。居民点及工矿用地在海拔200~800 m的分布指数大于1,在海拔高于800 m地区,分布指数随海拔的升高而降低;海拔较低的地区具有更有利于人类生活以及从事生产活动的地理条件和水土资源条件,热量和水分等对于作物的生长十分有利,适宜耕种;而随着海拔

的升高,气候条件、地形地貌不利于人类生活和从事生产活动。园地主要分布在第1、第2高程带,占园地总面积的86.17%,海拔高于1 300 m的地区分布指数为0,高海拔不利于果树生长发育。林地的面积分布呈现峰值现象,在第4高程带面积最大,在海拔高于800 m的地区地形分布指数大于1,在第7高程带除林地和其他用地外,其他地类分布指数均小于1,且分布指数高达5.28,可见林地第7高程带上具有较大优势。其他用地在第7高程带分布指数高达20.24,具有绝对优势。这是由于景区大部分位于高山上,历山国家森林公园就坐落于垣曲县西北部,整个景区受人类经济活动干扰较少,自然生态环境保持相对完好。草地在第2高程带分布最多,在第4、第5高程带上分布指数大于1,呈优势分布,在第4高程带以上地区面积比例逐渐下降。

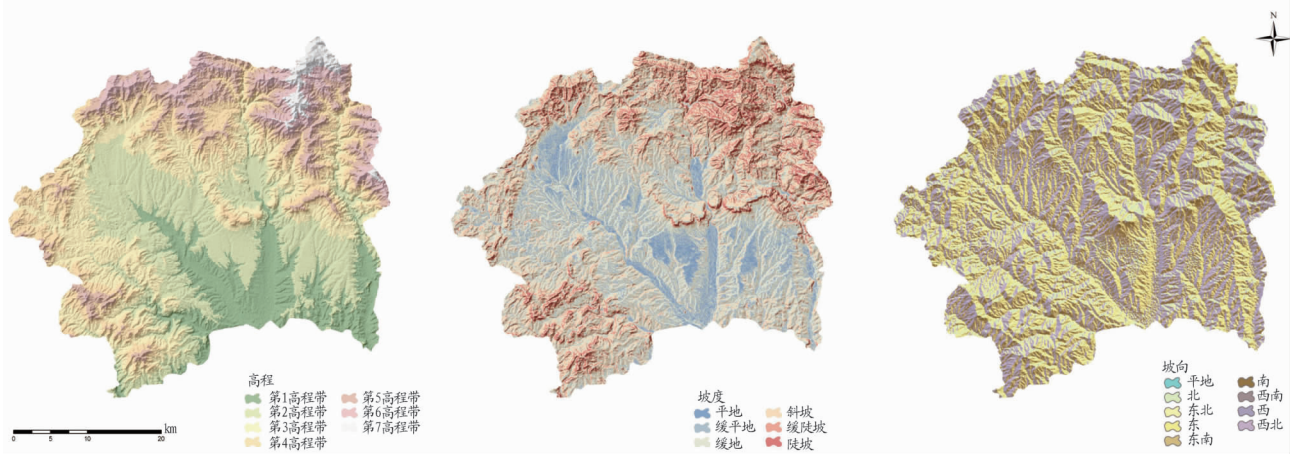


图3 地形因子分级

Fig.3 Topographic factor classification

表2 不同地形因子级别土地利用类型分布指数

Table 2 Distribution index of land use types at different terrain factor levels

地形因子 Terrain factor	分级 Grade	耕地 Cultivated land	园地 Garden land	林地 Forest	草地 Grassland	居民点及工矿用地 Residential areas and industrial and mining land	水域 Waters	其他 Other
高程 Elevation	第1高程带	1.84	1.68	0.30	1.09	1.65	2.70	0.38
	第2高程带	1.37	1.79	0.42	0.83	1.21	0.55	0.64
	第3高程带	0.81	0.53	0.85	0.99	0.96	0.32	1.07
	第4高程带	0.63	0	2.47	1.28	1.22	0.31	2.32
	第5高程带	0.58	0.01	4.93	1.58	0.66	0.29	2.29
	第6高程带	0.30	0	8.94	0.85	1.87	0.09	0.86
	第7高程带	0.12	0	5.28	0.82	0.05	0	20.24
坡度 Slope	平地	2.09	4.36	0.55	0.51	2.43	4.25	0.42
	缓平地	1.82	2.73	0.67	0.56	2.03	2.11	0.53
	缓地	1.23	0.90	0.97	1.13	1.04	1.00	0.91
	斜坡	0.54	0.28	1.27	1.25	0.57	0.43	1.35
	缓陡坡	0.30	0.12	1.06	1.00	0.41	0.18	1.20
	陡坡	0.25	0.05	0.93	0.23	0.33	0.41	1.10
坡向 Aspect	无坡向	2.38	6.27	0.38	0.95	2.38	2.09	0.29
	阴坡	0.71	0.61	1.12	1.02	0.66	0.73	1.44
	半阴坡	0.96	0.82	1.01	1.01	0.95	1.04	0.96
	半阳坡	1.12	1.09	0.95	0.98	1.13	1.15	0.82
	阳坡	1.12	1.32	0.95	1.00	1.16	1.02	0.89

平地、缓平地主要集中在研究区中部和南部,缓陡坡、陡坡主要分布在研究区东北部和西南部。平地占总面积比例最小,但在这一地区耕地所占面积最大,园地分布指数最高。

耕地和园地集中分布在平地、缓平地、缓地上,分别达到总面积的81.2%和90.51%,分布指数随坡度的上升而下降,主要原因是坡度影响土壤肥力,且坡度越高,投入耕种成本越高,

加大了人类从事农业生产活动的难度。水域在平地分布指数为 4.25, 优势性显著, 随着坡度升高分布指数逐渐降低, 由于受到水体自身特征的影响, 水域多分布在平地上。居民点及工矿用地分布指数在平地对比其他地区达到最高, 分布面积随坡度上升而减少, 因为人类从事生活和生产活动多集中在地势平坦的地区。林地和草地集中分布于坡度大于 15° 的地区, 达到总面积的 90% 以上, 分布指数呈峰值现象, 在斜坡地区达到峰值, 在缓陡坡地区分布指数大于 1, 属于优势分布。林地和草地在坡度高的地区优势性明显, 对高坡度的环境具有较强的适应性。在陡坡地区, 只有其他用地分布指数大于 1, 说明在这一坡度界限内具有绝对优势。

坡向对于山地生态有着较大的作用, 山地的方位对日照时数和太阳辐射强度有影响, 对耕地和园地的分布有很大影响。无坡向地区土地面积最小, 占总面积的 2.59%, 但在这一地区耕地、园地分布指数相比其他坡向为最大值, 且除此外只有在半阳坡和阳坡分布指数大于 1, 说明耕地、园地在无坡向地区和阳坡地区优势性显著, 这是因为这些地区可为作物生长提供足够的光照, 适宜耕种。林地、草地分布受坡向影响不明显, 除在无坡向地区分布较少外, 在其他各坡向分布较为均匀, 在半阴坡和阴坡分布指数大于 1, 说明在这些地区属优势分布。居民点及工矿用地在无坡向和阳坡地区分布指数大于 1, 有 75% 以上分布在这些地区, 这是由于人类从事生产和生活活动多集中在平地, 且有一定的采光要求, 所以这些地区相对其他区域具有优势性。坡向对水域分布无明显影响。

3 结论

由研究区土地利用现状数据可知, 该地区土地利用类型主要为林地、耕地、草地, 分别达到总面积的 57.66%、19.15%、14.33%, 占整个地区土地面积的 90% 以上, 其他土地利用类型所占比例较小。土地利用类型的空间分布明显受到地形因素的影响和制约, 土地利用和地形因子具有显著的相关性。耕地和园地主要分布在高程小于 1 100 m 且坡度小于 15° 的平地、缓平地 and 缓地上, 在无坡向和阳坡地区分布较

多; 林地主要分布在海拔 500 m 以上且坡度大于 15° 的斜坡和陡坡上, 受坡向影响不大; 草地主要分布在海拔 800 m 以下且坡度大于 15° 的斜坡和陡坡上, 阳坡上分布大于阴坡; 居民点及工矿用地多分布于海拔低于 800 m 且坡度小于 15° 的平地 and 缓地上, 在无坡向和阳坡上分布较多; 水域主要分布在海拔低于 500 m 且坡度小于 6° 的缓地和缓平地上, 受坡向影响不大。综上所述, 在低海拔、地势平缓、阳光充足且水源丰富的地区; 适宜人类进行各种生产和生活活动, 耕地和园地多分布于这一类地区; 而在高海拔、地势陡峭的阴面地区, 恶劣的外部环境限制人类活动, 故林地和草地多分布于这些地区。

参考文献

- [1] 刘纪远. 中国资源环境遥感宏观调查与动态研究[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1996.
- [2] 李硕, 沈占锋, 刘克俭, 等. 大河流域土地利用变化的地形梯度效应分析[J]. 农业工程学报, 2021, 37(5): 275-284.
- [3] 石运杰, 蔡葵, 吴文春, 等. 基于地形特征分异的土地利用分布研究: 以珠穆朗玛峰国家级自然保护区为例[J]. 水土保持研究, 2021, 28(2): 394-400.
- [4] 李玲, 何方, 吴楠, 等. 淮河流域上游山区不同地形因子下的土地利用变化研究[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(34): 16973-16975.
- [5] 李益敏, 王东驰, 袁静, 等. 基于地形梯度的高山峡谷区土地利用时空格局及功能分区[J]. 水土保持通报, 2020, 40(6): 303-311, 331.
- [6] 郝雅璐, 常庆瑞, 刘海飞. 基于 GIS 的县域土地利用与地形因子关系研究: 以陕西省黄陵县为例[J]. 水土保持通报, 2012, 32(6): 134-137, 141.
- [7] 杨洋, 毕如田. 黄土高原典型地貌类型的土地利用分形特征[J]. 地理与地理信息科学, 2011, 27(1): 101-104.
- [8] 吕静, 常庆瑞. 黄土高原土石山区土地利用空间分布研究[J]. 干旱区资源与环境, 2012, 26(8): 93-96.
- [9] 赵益祯, 曹建农, 张晓栋, 等. 宝塔区土地利用的地形梯度效应与空间格局[J]. 干旱区地理, 2020, 43(5): 1307-1315.
- [10] 孙丕苓, 许月卿, 王数. 环京津贫困带土地利用变化的地形梯度效应分析[J]. 农业工程学报, 2014, 30(14): 277-288.
- [11] 罗丹, 常庆瑞. 渭北黄土台塬区土地利用空间分布的地形特征研究[J]. 西部大开发(土地开发工程研究), 2018, 3(1): 1-8.
- [12] 代冬梅, 吴国平, 司惠超. 基于 DEM 的浏阳市土地利用空间格局分析[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(3): 1231-1234.
- [13] 马廷刚, 秦占飞, 常庆瑞, 等. 县域土地利用的地形特征分析: 以陕西省户县为例[J]. 干旱地区农业研究, 2011, 29(6): 191-194, 221.
- [14] 罗丹, 王涛, 常庆瑞. 县域农村居民点适宜性评价: 以陕西省陇县为例[J]. 中国农学通报, 2019, 35(14): 157-164.
- [15] 林超, 李昌文. 阴阳坡在山地地理研究中的意义[J]. 地理学报, 1985, 40(1): 20-28.

(上接第 47 页)

的株高、分蘖数、穗长、小穗数、穗粒数、穗重随着种植株距的增加呈下降的趋势。适宜的行株距配置可以调节个体生长发育, 最大程度发挥群体效应, 是作物获得高产的有效途径^[9-10]。从理论上讲, 所有能够有效提高作物的光合效率和养分利用效率的行株距配置都有利于作物的高产^[11-12]。

参考文献

- [1] 蔡成勇, 朱首军, 周军. 淳源县青稞立地土壤肥力特性与配方肥研制方案[J]. 陕西林业科技, 2009(2): 53-57.
- [2] 朱印酒. 西藏青稞资源与分布特征[J]. 西藏大学学报(自然科学版), 2011, 26(1): 42-45.
- [3] 关卫星, 其美旺姆, 雄奴塔巴. 大力发展冬青稞复种推动青稞增产增效: 基于“冬青 18 号”复种生产工作调研[J]. 西藏农业科技, 2018, 40(2): 37-39.
- [4] 朱明霞, 张玉红, 白婷, 等. 不同施肥水平对青稞籽粒灌浆期淀粉与蛋白

- 积累特性的影响[J]. 大麦与谷类科学, 2019, 36(4): 39-44, 52.
- [5] 胡单, 杨永红. 不同施氮对冬青稞幼苗光合色素·生物量及产量的影响[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(24): 14561-14563, 14585.
- [6] 陈丽华, 张志斌, 侯志强, 等. 青海省青稞主栽品种农艺性状分析[J]. 江西农业大学学报, 2012, 34(3): 439-444.
- [7] 朱明霞, 白婷, 靳玉龙, 等. 施肥对春青稞干物质积累、分配及产量的影响[J]. 中国农学通报, 2020, 36(25): 7-13.
- [8] 吴昆仑, 姚晓华, 姚有华, 等. 多元化用途背景下青稞品种选育的思考与实践[J]. 西藏农业科技, 2018, 40(S1): 1-2.
- [9] 于欢. 不同种植密度对向日葵相关性状及产量的影响[J]. 现代农业科技, 2017(14): 10, 14.
- [10] 杨吉顺, 高辉远, 刘鹏, 等. 种植密度和行距配置对超高产夏玉米群体光合特性的影响[J]. 作物学报, 2010, 36(7): 1226-1233.
- [11] 李和平, 何晓庆, 李锴雯, 等. 行距配置对小麦生长与产量的影响[J]. 安徽农业科学, 2016, 44(6): 47-49, 61.
- [12] 李积铭, 李爱国, 贾英全, 等. 机械化栽培条件下株距对油葵生长发育及产量的影响[J]. 作物杂志, 2019(6): 71-75.