

冷凉山区不同种植密度反季花椰菜农艺性状灰色关联度分析

李艳兰¹, 王朝顺², 李祥¹, 史兰芬², 安正云¹, 胡新洲¹, 刘坚坚¹, 沈祥宏¹, 杨进成^{1*}

(1. 玉溪市农业科学院, 云南玉溪 653100; 2. 峨山县塔甸镇农业农村综合服务中心, 云南峨山 653200)


摘要 通过花椰菜不同种植密度试验, 采用灰色关联度分析方法, 找出种植密度与各农艺性状的主次关系, 以期探明花椰菜利卡1号在滇中高海拔冷凉山区反季节同等栽培条件下种植密度对产量及农艺性状的影响。结果表明, 种植密度对花椰菜利卡1号各农艺性状重要性的排序为产量>开展度>生育期=外叶数>球纵径>球横径>单球重>株高。不同种植密度下花椰菜利卡1号各农艺性状综合表现排序为4.95万株/hm²>4.50万株/hm²>5.40万株/hm²>4.05万株/hm²>3.60万株/hm²>3.15万株/hm²>5.85万株/hm²。

关键词 冷凉山区; 种植密度; 花椰菜; 农艺性状; 灰色关联度分析

中图分类号 S635.3 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2020)21-0056-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2020.21.017

开放科学(资源服务)标识码(OSID): 

Analysis of the Gray Correlation of the Non-seasonal Broccoli Agronomic Traits of Different Planting Densities in Cold Mountain Areas

LI Yan-lan¹, WANG Chao-shun², LI Xiang¹ et al (1. Yuxi Academy of Agricultural Sciences, Yuxi, Yunnan 653100; 2. Agricultural Comprehensive Service Center in Tadian Town, Eshan County, Eshan, Yunnan 653200)

Abstract Through the experiment of different planting densities of cauliflower and the method of grey correlation analysis, this paper tried to find out the primary and secondary relationship between planting density and each agronomic character, in order to find out the influence of planting density on yield and agronomic character of Lika 1. The results showed that the order of the importance of planting density on each agronomic character of Lika 1 was yield>development degree>growth period=number of outer leaves>vertical diameter of ball>horizontal diameter of ball>weight of single ball>plant height. Under different planting densities, the comprehensive performance order of each agronomic character of Lika 1 was 49 500 plants/hm²>45 000 plants/hm²>54 000 plants/hm²>40 500 plants/hm²>36 000 plants/hm²>31 500 plants/hm²>58 500 plants/hm².

Key words Cold mountain areas; Planting density; Cauliflower; Agronomic traits; Gray correlation analysis

花椰菜(*Brassica oleracea* L. var. *botrytis* L.)又名菜花、洋花菜、花菜、白花、椰菜花, 十字花科芸苔属甘蓝种的一个变种^[1]。花椰菜食用器官为花球, 具有较高的营养价值, 除含有钙、磷、钾等矿物质外, 还含有蛋白质、碳水化合物、多种维生素和一种一般蔬菜没有的维生素K^[2], 还含有多种吲哚衍生物, 具有抗癌作用, 已被列为抗癌蔬菜^[3]。因其营养丰富, 质地细嫩, 味甘鲜美, 近年来在全国各地均有种植, 而且市场需求非常大。滇中地区近年来种植面积也在逐年增加, 由于花椰菜性喜冷凉气候, 属半耐寒性蔬菜, 不耐炎热及干旱, 也不耐霜冻^[4], 正常季节只能在中低海拔坝区栽培, 而坝区耕地面积少, 复种指数高, 作物争地明显。

玉溪市峨山县大西山位于滇中高海拔山区, 全年平均气温14.5℃, 夏季气候冷凉, 雨水充沛, 光照资源丰富, 生态环境好, 是发展优质反季高原蔬菜的理想区域。高海拔冷凉山区反季节蔬菜作为近年来新兴的产业, 以其独特的气候条件, 生产的花椰菜具有很好的品质, 市场前景好。随着新品种的引种, 栽培技术研究也迫在眉睫, 笔者通过花椰菜不同种植密度试验, 采用灰色关联度分析方法, 分析在滇中高海拔冷凉山区反季节栽培条件下种植密度与各农艺性状的主次关系, 旨在为该地区大面积生产提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验时间和地点 试验于2018年5—9月, 在峨山县塔甸镇大西村委会普杰黑组龙期斗农户地块中实施。试验地海拔为2 250 m, 年平均气温14.5℃, 属高海拔冷凉山区, 土壤为砂土, 肥力中下等, 无排灌条件, 前作为轮歇地。试验田0~20 cm基础土样养分状况: pH 5.05, 有机质16.5 g/kg, 有效氮51 mg/kg, 有效磷0.5 mg/kg, 速效钾70 mg/kg。

1.2 试验材料 供试品种为利卡1号, 由玉溪市峨山县种子营销公司提供。

1.3 试验设计 采用单因子随机区组设计, 共设3.15万、3.60万、4.05万、4.50万、4.95万、5.40万、5.85万株/hm² 7个种植密度处理, 等行距种植, 行距60 cm, 小区面积13.32 m², 3次重复, 共21个小区, 四周设保护区。

1.4 试验方法 采用育苗移栽方式, 于5月16日进行育苗, 6月21日移栽大田, 移栽时苗龄达36 d, 株高12~15 cm, 5片真叶。田间以1.2 m开沟, 畦沟深0.3 m, 人工打塘后覆膜。整地时1 hm²施有机肥4 500 kg、普钙750 kg、三元复合肥450 kg作基肥, 移栽时1 hm²用凯扑克2 700 mL对水浇根, 还苗后1 hm²施水溶肥75 kg提苗, 莲座期1 hm²用三元复合肥900 kg追施。当花球直径5~10 cm时, 对折一对心叶覆盖花球, 花球横径达14~18 cm, 手压有紧实感时采收。

田间采用定点调查, 每小区设2个点, 每点5株, 共10株, 折算成单株取3次重复平均值。记录内容: 生育期、开展度、外叶数、株高、球纵径、球横径、单球重、产量。

1.5 分析方法 试验数据采用Excel 2007进行统计, 应用

基金项目 玉溪市冬季农业开发科技示范计划项目(yxsnkf-05)。
作者简介 李艳兰(1976—), 女, 云南玉溪人, 高级农艺师, 从事农作物育种及栽培技术应用研究。*通信作者, 农业推广研究员, 硕士, 从事农作物育种及栽培技术应用研究。

收稿日期 2020-03-26

灰色关联度分析法,按照灰色系统理论要求^[5],将密度与生育期、开展度、外叶数、株高、球纵径、球横径、单球重、产量 8 个农艺性状看作一个灰色关系统。以密度为参考数列,记

为 X_0 ;每个性状为一个因素作为一个比较数列,记为 $X_i (i = 1, 2, \dots, n), n = 8$, 比较数列为 $X_1, X_2, X_3, \dots, X_8$ 。不同种植密度下各农艺性状及产量结果见表 1。

表 1 不同种植密度下花椰菜各农艺性状和产量

Table 1 Agronomic characters and yield of cauliflower under different planting densities

处理 Treatment	种植密度 Planting density 万株/hm ²	生育期 Growth period d	开展度 Development degree cm	外叶数 Number of outer leaves//个	株高 Plant height cm	球纵径 Longit- udinal cm	球横径 Transverse diameter cm	单球重 Weight of single ball//kg	产量 Yield kg/hm ²
①	3.15	71	43	9	48.0	9.5	14.6	0.7	41 067.00
②	3.60	71	43	9	48.0	9.5	14.6	0.7	42 342.00
③	4.05	71	43	9	47.9	9.5	14.6	0.7	55 030.50
④	4.50	71	43	9	47.9	9.5	14.5	0.7	58 108.50
⑤	4.95	71	43	9	47.5	9.4	14.3	0.7	55 855.50
⑥	5.40	71	42	9	47.8	9.3	14.3	0.6	55 405.50
⑦	5.85	71	42	9	47.5	9.3	14.1	0.6	52 327.50
平均值 Mean	4.50	71	42.70	9.00	47.80	9.43	14.43	0.67	51 448.07
标准差 Standard deviation	0.92	0	0.69	0.00	1.20	0.45	0.39	0.05	6 222.67

2 结果与分析

2.1 数据标准化 为保证各性状数据具有等效性和同序性,把各数据按照灰色系统理论进行标准化处理: $x_i(k) =$

$[x_i'(k) - x_i] / s_i, x_i(k)$ 为已标准化后的数据,表示第 i 性状在 k 密度处理下的标准化值; $x_i'(k)$ 为各原始数据, x_i 为平均值; s_i 为标准差,结果见表 2。

表 2 数据标准化处理结果

Table 2 Data standardization results

序号 Serial No.	X_0	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_7	X_8
1	-1.467 4	0	0.434 8	0	0.166 7	0.659 9	0.614 8	-1.668 3
2	-0.978 3	0	0.434 8	0	0.166 7	0.659 9	0.614 8	-1.463 4
3	-0.489 1	0	0.434 8	0	0.083 3	0.659 9	0.614 8	0.575 7
4	0	0	0.434 8	0	0.083 3	0.659 9	0.614 8	1.070 3
5	0.489 1	0	0.434 8	0	-0.250 0	0.439 9	0.614 8	0.708 3
6	0.978 3	0	-1.014 5	0	0	0.219 9	-1.434 4	0.635 9
7	1.467 4	0	-1.014 5	0	-0.250 0	0.219 9	-1.434 4	0.141 3

2.2 不同种植密度下各农艺性状的绝对值差 把表 2 中的标准化数据,按照 $\Delta_i(k) = |x_0(k) - x_i(k)| (i = 1, 2, \dots, 8; k = 1, 2, \dots, 7)$ 求出 x_0 与 x_i 各对应点的绝对值差。 $\Delta_i(k)$ 为第 k 个

处理下参考数列与第 i 个性状差的绝对值,即参考数列与比较序列的差序列,结果见表 3。

表 3 不同种植密度与各农艺性状因子的绝对值差

Table 3 Absolute difference between planting density and agronomic trait factors

序号 Serial No.	ΔX_1	ΔX_2	ΔX_3	ΔX_4	ΔX_5	ΔX_6	ΔX_7	ΔX_8
1	1.467 4	1.032 6	1.467 4	1.634 1	2.127 3	2.322 1	2.082 2	0.200 9
2	0.978 3	0.543 4	0.978 3	2.779 1	1.638 2	1.833 0	1.593 1	0.485 1
3	1.489 1	0.054 3	0.489 1	3.351 5	1.149 0	1.343 8	1.103 9	1.064 8
4	0	0.434 8	0	0.083 3	0.659 9	0.595 7	0.614 8	1.070 3
5	0.489 1	0.054 3	0.489 1	0.739 1	0.049 2	0.411 4	0.125 7	0.219 2
6	0.978 3	1.992 8	0.978 3	0.978 3	0.758 4	0.900 6	2.412 7	0.342 4
7	1.467 4	2.481 9	1.467 4	1.717 4	1.247 5	1.907 7	2.901 8	1.326 1

根据表 3 数据可以得出,两极最小绝对差值 $\Delta_{\min} = 0$, 两极最大绝对差值 $\Delta_{\max} = 3.351 5$ 。

2.3 不同种植密度下各农艺性状的关联系数 在不同种植密度 X_0 处理下,各农艺性状 X_i 在第 K 个性状上的关联系数用 $\delta_i(k)$ 表示, $\delta_i(k) = (\Delta_{\min} + \rho \cdot \Delta_{\max}) / (\Delta_i(k) + \rho \cdot \Delta_{\max})$, 其

中 ρ 为分辨系数, $0 < \rho < 1$ 。 ρ 越小, 关联系数间差异越大, 区分能力越强, 该试验 ρ 取值 0.5, 关联系数见表 4。

从表 4 可以看出, 在不同种植密度条件下, 所得到的产量及各农艺性状关联系数是不同的, 即在种植条件相等的情况下, 种植密度不同, 与产量有关的性状之间的关联也不同,

对产量形成的贡献也不同。当种植密度为 3.15 万株/hm² 时,产量的关联系数最大为 0.893 0,说明在此密度下产量受到的影

响最大;当种植密度为 4.95 万株/hm² 时,产量的关联系数降为最小值 0.558 2,说明在此密度下产量受到的影响最小。

表 4 不同种植密度与各农艺性状的关联系数

Table 4 Correlation coefficients between different planting densities and agronomic traits

序号 Serial No.	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8
1	0.533 2	0.618 7	0.533 2	0.506 3	0.440 6	0.419 2	0.445 9	0.893 0
2	0.631 4	0.755 1	0.631 4	0.376 2	0.505 7	0.477 6	0.512 6	0.775 5
3	0.529 5	0.968 6	0.529 5	0.333 3	0.593 2	0.555 0	0.602 9	0.611 5
4	1.000 0	0.794 0	1.000 0	0.952 6	0.717 5	0.737 8	0.731 6	0.610 2
5	0.774 1	0.968 6	0.774 1	0.693 9	0.971 5	0.802 9	0.930 2	0.884 3
6	0.631 4	0.456 8	0.631 4	0.631 4	0.688 4	0.650 4	0.409 9	0.830 3
7	0.533 2	0.403 1	0.533 2	0.493 9	0.573 3	0.467 6	0.366 1	0.558 2

2.4 不同种植密度下各农艺性状的关联度 关联度用 r_i 表示,为 2 个比较序列在各个时刻关联系数的平均值。关联度的计算公式为 $r_i = 1 / \sum \delta_i(k)$,结果见表 5。

表 5 密度与各农艺性状的关联度

Table 5 Association degree(r_i) between density and agronomic traits

农艺性状 Agronomic traits	关联度 Association degree	综合排序 Rank
生育期(X_1) Growth period	0.661 8	3
开展度(X_2) Development degree	0.709 3	2
外叶数(X_3) Number of outer leaves	0.661 8	3
株高(X_4) Plant height	0.569 7	7
球纵径(X_5) Longitudinal diameter	0.641 5	4
球横径(X_6) Transverse diameter	0.587 2	5
单球重(X_7) Weight of single ball	0.571 3	6
产量(X_8) Yield	0.737 6	1

从表 5 可以看出,种植密度对花椰菜各农艺性状的关联度表现为产量>开展度>生育期=外叶数>球纵径>球横径>单球重>株高。在 8 个性状中,受种植密度影响较大的性状是产量、开展度、生育期和外叶数,与产量的关联度最大($r=0.737 6$),种植密度对产量形成所产生的贡献最大;其次是与开展度的关联度($r=0.709 3$),种植密度对花椰菜开展度的影响第二;与株高的关联度最小($r=0.569 7$),种植密度对花椰菜株高的影响最小,种植密度对株高所产生的贡献最小。

不同种植密度下,关联度越大,说明比较数列与参考数列之间的关系越接近^[6]。从表 6 可以看出,种植密度不同,综合各农艺性状所得的关联度不同,不同种植密度下各农艺性状综合表现为 4.95 万株/hm² > 4.50 万株/hm² > 5.40 万株/hm² > 4.05 万株/hm² > 3.60 万株/hm² > 3.15 万株/hm² > 5.85 万株/hm²。当密度为 4.95 万株/hm²,关联度最大($r=0.850 0$),各农艺性状综合表现最好;其次是密度为 4.50 万株/hm²,关联度较大($r=0.818 0$),各农艺性状综合表现较好;第三是密度为 5.40 万株/hm²,关联度第三($r=0.616 3$),各农艺性状综合表现第三;密度为 5.85 万株/hm²,关联度最小($r=0.491 1$),各农艺性状综合表现最差。

表 6 不同种植密度间关联度

Table 6 Association degree(r_i) between different planting densities

种植密度 Planting density 万株/hm ²	关联度 Association degree	综合排序 Rank
3.15	0.548 8	6
3.60	0.583 2	5
4.05	0.590 4	4
4.50	0.818 0	2
4.95	0.850 0	1
5.40	0.616 3	3
5.85	0.491 1	7

3 结论与讨论

该研究针对滇中地区高海拔冷凉山区反季节花椰菜栽培,花椰菜产量的形成与诸多因素有关^[7],为了获得较高的产量和经济效益,应综合考虑各种因素之间的关联,扬长避短。灰色关联分析是分析各因素关联性的一种量的测度,其主要是通过与参考性状的灰色关联度分析与系数计算,有效地筛选目的性状,被广泛应用在作物品种综合评价及配套适地高产栽培中^[8]。该研究中,同一种植密度不同农艺性状的关联度不同,即同一密度对不同性状产生的影响不同;同一性状在不同种植密度下的关联度也不同,也就是不同种植密度对同一性状生长会有不同的影响。

种植密度对花椰菜利卡 1 号各农艺性状的重要性表现为产量>开展度>生育期=外叶数>球纵径>球横径>单球重>株高。受种植密度影响较大的农艺性状是产量、开展度、生育期和外叶数。按照灰色关联分析原则,关联度越大,表明该参考性状在其生长区域与其目标性状关系越大,在生长过程中表现愈加重要,对目标性状产生的影响越大^[9]。种植密度对产量的影响最大,两者之间的关系最主要,种植密度对产量的贡献最大;其次是种植密度与开展度间影响度,两者之间的关系为较主要;而种植密度与株高的影响度最小,两者之间的关系为非主要。

不同种植密度下花椰菜利卡 1 号各农艺性状综合表现为 4.95 万株/hm² > 4.50 万株/hm² > 5.40 万株/hm² > 4.05 万株/hm² > 3.60 万株/hm² > 3.15 万株/hm² > 5.85 万株/hm²。当种植密度为 4.95 万株/hm²,各农艺性状

(下转第 62 页)

域 24 个站位的沉积物中,除站位超标率 4% 的 Cu 外,石油类、有机碳、硫化物、Zn、Pb、Cd、Cr、Hg、As 的含量均符合海洋沉积物质量的 I 类标准。所有站位沉积物中的各指标变化范围不大,整体趋于稳定。部分站位重金属含量相对偏高可能是因为沉积物颗粒较细,更容易富集各类重金属。

从宁波杭州湾新区各重金属元素的平均富集系数和平均生态风险系数(表 6)可以看出,As、Pb、Zn 和 Cr 的富集系数均高于 1,表明其富集程度相对偏高。各重金属富集系数从大到小依次是 As、Pb、Zn、Cr、Cu、Hg、Cd。7 种重金属元素均属于轻微生态危害的污染程度。其中,Hg 和 As 的 E_r^i 值明显高于其他 5 类重金属,表明 Hg 和 As 对宁波杭州湾新区附近海域生态环境的潜在影响高于 Cu、Zn、Pb、Cr、Cd。各重金属潜在生态风险系数 E_r^i 从大到小依次是 As、Hg、Pb、Cd、Cu、Cr、Zn。各站位 7 种重金属综合潜在生态风险系数 RI 平均值为 44.76,远小于 150,说明宁波杭州湾新区附近海域沉积物重金属的潜在生态风险轻微。

表 6 各重金属元素的背景参考值、毒性系数、富集系数、潜在生态风险系数

Table 6 Background reference values, toxicity coefficients, enrichment coefficients and potential ecological risk coefficients of each heavy metal element

重金属元素 Heavy metal element	背景参考值 Background reference values mg/kg	毒性系数 (T_r^i) Toxicity coefficients	富集系数 (C_r^i) Enrichment coefficients	潜在生态风险 系数(E_r^i) Potential ecological risk coefficients
Cu	30	5	0.90	4.50
Zn	80	1	1.02	1.02
Pb	25	5	1.28	6.40
Cd	0.5	30	0.16	4.80
Cr	60	2	1.02	2.04
Hg	0.25	40	0.25	10.00
As	15	10	1.60	16.00

3 结论

(1) 宁波杭州湾新区附近海域水质中 pH、DO、COD、石

油类、硫化物、Cu、Zn、Pb、Cd、Cr、Hg、As 均符合二类海水水质标准,活性磷酸盐和无机氮全部站位均超标。各站位的富营养化指数为 4.6~44.2,整体海域均处于富营养化状态,部分站位较为严重。

(2) 宁波杭州湾新区附近海域沉积物中石油类、有机碳、硫化物、Zn、Pb、Cd、Cr、Hg、As 的含量均符合海洋沉积物质量的 I 类标准,有一个站位的 Cu 超标。各重金属富集系数从大到小依次是 As、Pb、Zn、Cr、Cu、Hg、Cd,潜在生态风险系数从大到小依次是 As、Hg、Pb、Cd、Cu、Cr、Zn。As、Pb、Zn 和 Cr 的富集程度相对较高,Hg、As 对海域生态环境的潜在影响相对偏大。

(3) 宁波杭州湾新区附近海域已具有一定程度的环境风险,减少沿岸化工基地企业的工业废水和居民生活污水的排放,推动宁波杭州湾新区海洋环境保护工作极有必要。

参考文献

- [1] 邱纪时,钟惠英,祝翔宇,等. 杭州湾南岸海水中的氯酚类化合物的污染特征及生态风险评价[J]. 海洋环境科学,2016,35(2):231-237.
- [2] 贾海波,邵君波,曹柳燕. 杭州湾海域生态环境的变化及其发展趋势分析[J]. 环境污染与防治,2014,36(3):14-19.
- [3] 国家质量技术监督局. 海洋调查规范:GB 12763—2007[S]. 北京:中国标准出版社,2007.
- [4] 国家质量技术监督局. 海洋监测规范:GB 17378.7—2007[S]. 北京:中国标准出版社,2007.
- [5] 环境保护部. 近岸海域环境监测规范:HJ 422—2008[S]. 北京:中国环境科学出版社,2008.
- [6] 生态环境部. 环境影响评价技术导则 地表水环境:HJ 2.3—2018[S]. 北京:中国环境科学出版社,2018.
- [7] 浙江省自然资源厅办公室.《浙江省海洋功能区划(2011—2020年)》(2018年修订版)正式发布[J]. 浙江国土资源,2018(11):13.
- [8] 国家环境保护局. 海水水质标准:GB 3097—1997[S]. 北京:环境科学出版社,1997.
- [9] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 海洋沉积物质量:GB 18668—2002[S]. 北京:中国标准出版社,2002.
- [10] 中华人民共和国国家海洋局第三研究所. 近岸海洋生态健康评价指南:HY/T 087—2005[S]. 北京:中国标准出版社,2008.
- [11] HÅKANSON L. An ecological risk index for aquatic pollution control: A sedimentological approach[J]. Water research,1980,14(8):975-1001.
- [12] 刘家寿,崔奕波,刘健康. 网箱养鱼对环境的影响的研究进展[J]. 水生生物学报,1997,21(2):174-184.

(上接第 58 页)

综合表现最好,具体表现为株高 47.5 cm,球纵径为 9.4 cm,球横径为 14.3 cm,单球重 0.7 kg,开展度为 43 cm。其次是种植密度为 4.50 万株/hm²,各农艺性状综合表现较好,具体表现为株高 47.9 cm,球纵径为 9.5 cm,球横径为 14.5 cm,单球重 0.7 kg,开展度为 43 cm。该研究中,种植密度最大时,花椰菜各农艺性状综合表现最差,也说明种植密度过密,并不利于高海拔冷凉山区反季节栽培花椰菜综合性状的形成^[10]。

参考文献

- [1] 古瑜,孙德岭,宋文芹. 生物技术在花椰菜遗传育种中的应用[J]. 天津农业科学,2007,13(2):14-19.

- [2] 朱伯华,朱德雄,汪坤乾,等. 优质早熟耐热花椰菜新品种大暑的选育[J]. 湖北农业科学,2014,53(12):2832-2834.
- [3] 胡立敏,陶兴林,朱惠霞,等. 6 个花椰菜新品种在兰州的适应性评价[J]. 甘肃农业科技,2015(8):1-2.
- [4] 吴克顺. 12 个花椰菜品种在平凉川水地的引种表现[J]. 甘肃农业科技,2016(10):32-35.
- [5] 邓聚龙. 农业系统灰色理论与方法[M]. 济南:山东科学技术出版社,1988.
- [6] 李锋,杨红疆,王伟,等. 灰色关联分析法在辣椒密度上的应用[J]. 新疆农垦科技,2006(5):20-22.
- [7] 唐阳. 花椰菜产量构成因素探讨[J]. 农村科技,2000(6):21.
- [8] 高小丽,廖文华,王姗姗,等. 豌豆主要农艺和品质性状的相关性及灰色关联度分析[J]. 作物杂志,2016(5):56-60.
- [9] 姚雪雁,关周博,田建华,等. 高含油量甘蓝型油菜产量与农艺性状的灰色关联度分析[J]. 安徽农业科学,2015,43(16):6-7,10.
- [10] 林梓桦,黄文婷,范悦敏. 种植密度对高山反季节花椰菜产量影响研究[J]. 河北农机,2016(9):33.