

基于未确知测度理论的旱砂地籽瓜间作花生模式评价

刘 斌¹, 安 力¹, 寇燕燕¹, 刘 涛²

(1. 甘肃农业大学园艺学院, 甘肃 兰州 730070; 2. 西北矿冶研究院, 甘肃 白银 730900)

摘要: 基于未确知测度理论, 建立旱砂地籽瓜与花生不同间作密度的优越性等级评价和排序模型。选取籽瓜种子千粒重、产籽率、种子产量、花生产量、经济效益、产投比6个评价指标, 根据试验实测数据建立各影响因素的未确知测度函数。根据实际情况, 进行定量分析, 利用熵计算各影响因素的指标权重, 根据置信度识别准则对不同密度的间作模式效果等级进行判定, 并对其进行综合评价排序。评价结果表明, 花生株距为50 cm时的评价结果最佳, 未确知综合评价指数为3.26。该方法在评价和优选不同间作模式中更具客观性, 可根据现场实际情况进行灵活选择评价因素, 评价结果更具客观性, 在评价和选择间作最佳栽培密度时具有一定的优越性。

关键词: 未确知测度; 旱砂地; 间作; 籽瓜; 花生

中图分类号: S651; S565.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1463(2015)09-0060-05

doi: 10.3969/j.issn.1001-1463.2015.09.023

Evaluation of Planting Modes of Seed Watermelon Intercropped Peanut in Dry Sandy Land Based on Uncertainty Measurement Theory

LIU Bin¹, AN Li¹, KOU Yanyan¹, LIU Tao²

(1. College of Horticultural, Gansu Agricultural University, Lanzhou Gansu 730070, China; 2. Northwest Research Institute of Mining and Metallurgy, Baiyin Gansu 730900, China)

Abstract: Based on the uncertainty measurement theory, to enrich the method for evaluating different planting modes quality. a superior-evaluating and order-arranging model of planting modes of intercropped seed watermelon and different planting density of peanut in dry sandy land was established. Considering the test condition of intercropped production, selecting six evaluation index are the seed watermelon thousand-seed weight, seed output ratio, seed yield, peanut yield, economic benefit and output ratio, and uncertainty measurement function was obtained based on the in-situ data. The uncertainty problems planting modes of intercropped seed watermelon and peanut which the production in the field was solved quantitative analysis respectively. Entropy theory was used to calculate the index weight of factors, and credible degree recognition criteria were established according to the theory uncertainty measurement and arrange the order of comprehensive evaluation, Finally, the results can be obtained. The results show that the best evaluation result which the planting density of peanut is 50 cm, the evaluation index is 3.26. The method in different intercropping mode of melon and fruit by evaluation and optimization more objective, evaluation of influence factors can be flexible to choose according site actual conditions, the result of evaluation is more objective, and it shows the advantage in the evaluation and selection of the best intercropped density.

Key words: Uncertainty measurement; Dry sandy land; Intercrop; Seed watermelon; Peanut

甘肃省中部地区位于黄土高原西部, 干旱少雨, 植被稀少, 当地农业以旱作农业为主, 旱砂田耕作便是旱作农业的主要方式之一^[1]。甘肃省的旱砂田主要分布在兰州、白银两市, 面积约6.0万hm², 占全国旱砂田总面积的60.0%, 甘肃省的73.8%^[2-3]。该区为生态环境脆弱地区, 耕作方式

比较粗放, 土地沙化逐年加重, 降水少、干旱半干旱是目前面临的巨大威胁, 生态脆弱, 风蚀严重, 是农业可持续发展面临的另一难题。生态环境问题正受到越来越广泛的关注^[4]。因此, 确定最佳的种植模式对当地的农业发展有着重要的意义。

收稿日期: 2014-05-05

基金项目: 甘肃省财政厅项目“籽瓜优质丰产栽培及病虫害防治技术示范推广”部分内容

作者简介: 刘 斌(1989—), 男, 甘肃景泰人, 硕士, 主要从事蔬菜生理与栽培技术研究。联系电话: (0)18794868011。

E-mail: liubin3626570@163.com

通讯作者: 安 力(1961—), 女, 河北唐山人, 副研究员, 硕士研究生导师, 主要从事蔬菜生理与栽培技术研究。E-mail: 605367143@qq.com

间作是一种充分利用自然资源,提高土地利用效率、有效减少病虫害生态的种植模式,使作物种植在时间和空间上集约化的耕作制度。籽瓜间作花生模式作为旱砂田新型种植模式,不仅使籽瓜的成熟期提前,全生育期缩短,种子的千粒重显著提高,且对籽瓜产量影响不大,可以获得较单作籽瓜高的经济效益,并且因花生自身具有固氮作用,一般不用施氮肥,还可能将其固定的氮素供给与之间作的作物使用,产生的根瘤菌进入土壤可增加土壤中的微生物种类,改变连作土壤中微生物的环境,改善旱砂田连作障碍^[5]。

目前,评价种植模式的方法很多,大多采用单项指标(如产量指标或生态环境指标等)来进行直接对比或采用统计分析(方差分析、回归分析)评价其优劣,或选用多项指标,定出评分标准,然后对各种耕作模式按评分标准给出每项指标的得分,最后依其总分的高低判断其优劣^[6]。由于种植模式的组成是多方位、多层次和多指标的,因此很难客观、全面地评价种植模式的综合效益。未确知信息及其数学处理理论是一种不同于模糊信息、随机信息和灰色信息的新的不确定性信息^[7],该方法是由我国学者王光远于1990年提出的^[8]。未确知测度理论是未确知数学理论的重要成果,目前该理论已被运用到多个领域^[9-18]。在此基础上,刘开第等建立了未确知数学理论,并将该理论运用到社会科学和自然科学中^[17]。在未确知数学的应用研究中,成果最多的是未确知测度评价模型的应用^[9-10]。

本研究借鉴未确知测度评价模型的理论 and 思想,将未确知数学理论运用到农作物间作评价问题中,可以解决旱砂地间作模式评价系统中诸多因素不确定性问题,还能对其进行定量分析。与其它评价方法比较,未确知测度方法还可以进行等级评定^[19],未确知评价模型具有结构严谨,评价结果合理、精细、分辨率高的特点^[20]。我们基于未确知测度理论,建立旱砂地籽瓜与花生的间作种植模式评价模型,根据生产试验实测数据,建立适合各影响因素的未确知测度函数,并对其进行定量分析;利用熵计算各影响因素的指标权重,根据置信度识别准则对不同密度的间作模式效果等级进行判定,并进行综合评价排序,对西北地区特有的旱砂地间作种植模式进行综合评价,筛选适宜的间作模式,以期为该地区农业经济发

展和生态环境建设提供理论基础和技术支撑。

1 材料与方法

1.1 供试材料

指示籽瓜品种为黑丰1号,花生品种为扶余四粒红。

1.2 试验方法

试验于2013年4—10月在甘肃省靖远县高湾乡贾崖村进行,前茬籽瓜。播前整地、施基肥以当地的标准进行。起平垄后用旱砂地专用地膜覆盖垄面,垄宽100 cm,地膜宽120 cm,播后田间管理与当地旱砂地管理相同。试验采用随机区组设计,每垄籽瓜种植2行,株距75 cm,行距50 cm,花生株距设3个水平,分别为A1(40 cm)、A2(50 cm)和A3(60 cm),以单作籽瓜作为CK(对照),花生播种于籽瓜行间,与籽瓜水平距离25 cm,3次重复,共12个小区,小区面积为15 m²。

1.3 评价方法(未确知测度理论)

假设评价对象 R 共有 n 个,则评价对象的空间向量为 $R=\{R_1, R_2, \dots, R_n\}$,假设每个评价对象 R_i ($i=1, 2, \dots, n$)有 m 个单项评价指标,记为: $X=\{X_1, X_2, \dots, X_m\}$ 。则 R_i 可表示为 m 维向量 $R_i=\{x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{im}\}$,其中, x_{ij} 是表示研究对象 R_i 的的评价指标 X_j 的测量值。对每个子项 x_{ij} ($i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m$)假设含有 p 个评价等级(C_1, C_2, \dots, C_p)。

将评价空间记为 U ,则 $U=\{C_1, C_2, \dots, C_p\}$ 。设 C_k ($k=1, 2, \dots, p$)为第 k 级的评价等级,且 k 级评价危险等级要比 $k+1$ 级要“高”,记为 $C_k > C_{k+1}$ 。如果 $C_1 > C_2 > C_3 > \dots > C_p$,那么, $\{C_1, C_2, \dots, C_p\}$ 是评价空间 U 的一个有序分割类。

1.3.1 单指标测评 假设 $\mu_{ijk}=\mu(x_{ij} \in C_k)$ 为测量值 x_{ij} 属于第 k 个评价等级 C_k 的程度,且满足以下要求:

$$0 \leq \mu(x_{ij} \in C_k) \quad (1)$$

$$\mu(x_{ij} \in U) = 1 \quad (2)$$

$$\mu \left[x_{ij} \in \bigcup_{i=1}^k C_i \right] = \sum_{i=1}^k \mu(x_{ij} \in C_i) \quad (k=1, 2, \dots, p) \quad (3)$$

公式(2)为体现了 μ 的“归一性”,公式(3)则体现了 μ 的可加性,满足(1)~(3)的 μ 被称为未确定测度,简称测度。

矩阵 $(\mu_{ijk})_{m \times p}$ 被称为单指标测度评价矩阵,矩阵表达式为:

$$(\mu_{ijk})_{m \times p} = \begin{pmatrix} \mu_{i11} & \mu_{i12} & \dots & \mu_{i1p} \\ \mu_{i21} & \mu_{i22} & \dots & \mu_{i2p} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \mu_{im1} & \mu_{im2} & \dots & \mu_{imp} \end{pmatrix} \quad (4)$$

1.3.2 指标权重的确定 假设 w_j 表示测量指标 X_j 与其他的指标相对重要的程度, 且, 并满足 $0 \leq \sum_j w_j \leq 1$, $0 \leq w_j \leq 1$ 称 w_j 为 X_j 的权重, 那么向量 $w = \{w_1, w_2, \dots, w_m\}$ 被称为指标权重向量。通过熵确定指标权重, 即:

$$v_j = 1 + \frac{1}{\lg p} \sum_{i=1}^p \mu_{ij} \lg \mu_{ij} \quad (5)$$

$$w_j = v_j / \sum_{i=1}^n v_j \quad (6)$$

通过公式(4)、(5)和(6)可算出 w_j 。

1.3.3 多指标综合测度 设 $\mu_{ik} = \mu(R_i \in C_k)$ 是关于评价 R_i 第 k 个评价类的程度, 即有:

$$\mu_{ik} = \sum_{j=1}^m w_j \mu_{ijk} \quad (i=1, 2, \dots, n; k=1, 2, \dots, p) \quad (7)$$

显然满足 $0 \leq \mu_{ik} \leq 1$ 和 $\sum_{k=1}^p \mu_{ik} = 1$, 因此, 公式

(7) 为 μ_{ik} 未确知测度, $\{\mu_{i1}, \mu_{i2}, \dots, \mu_{ip}\}$ 为 R_i 的多指标综合测度评价向量。

1.3.4 置信度识别 若 $C_1 > C_2 > C_3 > \dots > C_p$, 则令:

$$k_0 = \min \left\{ k: \sum_{i=1}^p \mu_{ik} \geq \lambda, (k=1, 2, \dots, p) \right\} \quad (8)$$

式中 λ 为置信度 ($\lambda \geq 0.5$), 通过引入置信度识别准则, 从而对研究对象做出评价。

1.3.5 排序 在工程当中, 通常除了要对评价对

象做出评价等级, 往往还需对所研究的对象进行排序, 因为通常情况下。若: $C_1 > C_2 > C_3 > \dots > C_p$, 令 C_i 的分值为 I_i , 则有 $I_i > I_{i+1}$, 且:

$$q_{R_i} = \sum_{i=1}^p I_i \mu_{ii} \quad (9)$$

式中, q_{R_i} 为 R_i 的未确知重要度, $q = \{q_{R_1}, q_{R_2}, \dots, q_{R_n}\}$ 被称为评价对象未确知重要度向量。通过数值的大小对其进行排序。

1.4 评价指标的选取及分级

通过对籽瓜、花生的生长发育和生产情况进行田间观察统计和分析, 选取与产量和效益相关的指标, 即籽瓜种子千粒重 (g)、籽瓜种子产量 (kg/hm^2)、产籽率 (%)、花生产量 (kg/hm^2)、经济效益 ($\text{元}/\text{hm}^2$) 和产投比等 6 个影响因素建立评价指标体系, 分别记为 (X_1, X_2, \dots, X_6), 很据田间实际生产情况将各评价指标进行分级, 评判集为 (C_1, C_2, C_3, C_4), 即优、良、中、差 4 个等级, 评价指标与影响等级之间的关系见表 1。

1.5 单指标评价测度函数

根据单指标测度函数的定义和各评价指标的取值范围及评价等级, 构建适合本研究单指标测度函数, 各评价指标的测度函数如图 1 所示。

2 结果与分析

2.1 田间测定统计结果

从对籽瓜田间生长发育与生产情况测定统计结果(表2)可以看出, 籽瓜种子产量评价 A1 为差, A2 为良, A3 为中。产籽率评价 A1 为中, A2 为良, A3 为优。花生产量评价 A1 为优, A2 为良, A3 为中。籽瓜千粒重评价 A1 为良, A2 为优, A3 为中。

表 1 评价指标与影响等级之间的关系

影响等级	评价指标					
	X_1 (籽瓜种子产量) (kg/hm^2)	X_2 (产籽率) (%)	X_3 (花生产量) (kg/hm^2)	X_4 籽瓜千粒重 (g)	X_5 (经济效益) ($\text{元}/\text{hm}^2$)	X_6 (产投比)
优(C_1)	≥ 1200	≥ 3.10	≥ 850	≥ 275	≥ 18000	≥ 3.0
良(C_2)	1100 ~ 1200	3.0 ~ 3.1	800 ~ 850	265 ~ 275	16000 ~ 18000	2.8 ~ 3.0
中(C_3)	1000 ~ 1100	2.9 ~ 3.0	700 ~ 800	255 ~ 265	14000 ~ 16000	2.6 ~ 2.8
差(C_4)	< 1000	< 2.9	< 700	< 255	< 14000	< 2.6

表 2 籽瓜田间生长发育与生产情况测定统计

试验组	籽瓜种子产量 (kg/hm^2)	产籽率 (%)	花生产量 (kg/hm^2)	籽瓜千粒重 (g)	经济效益 ($\text{元}/\text{hm}^2$)	产投比
A1	975	2.91	880	268	18533	2.8
A2	1150	3.09	800	276	20316	3.2
A3	1000	3.10	720	279	17864	2.8

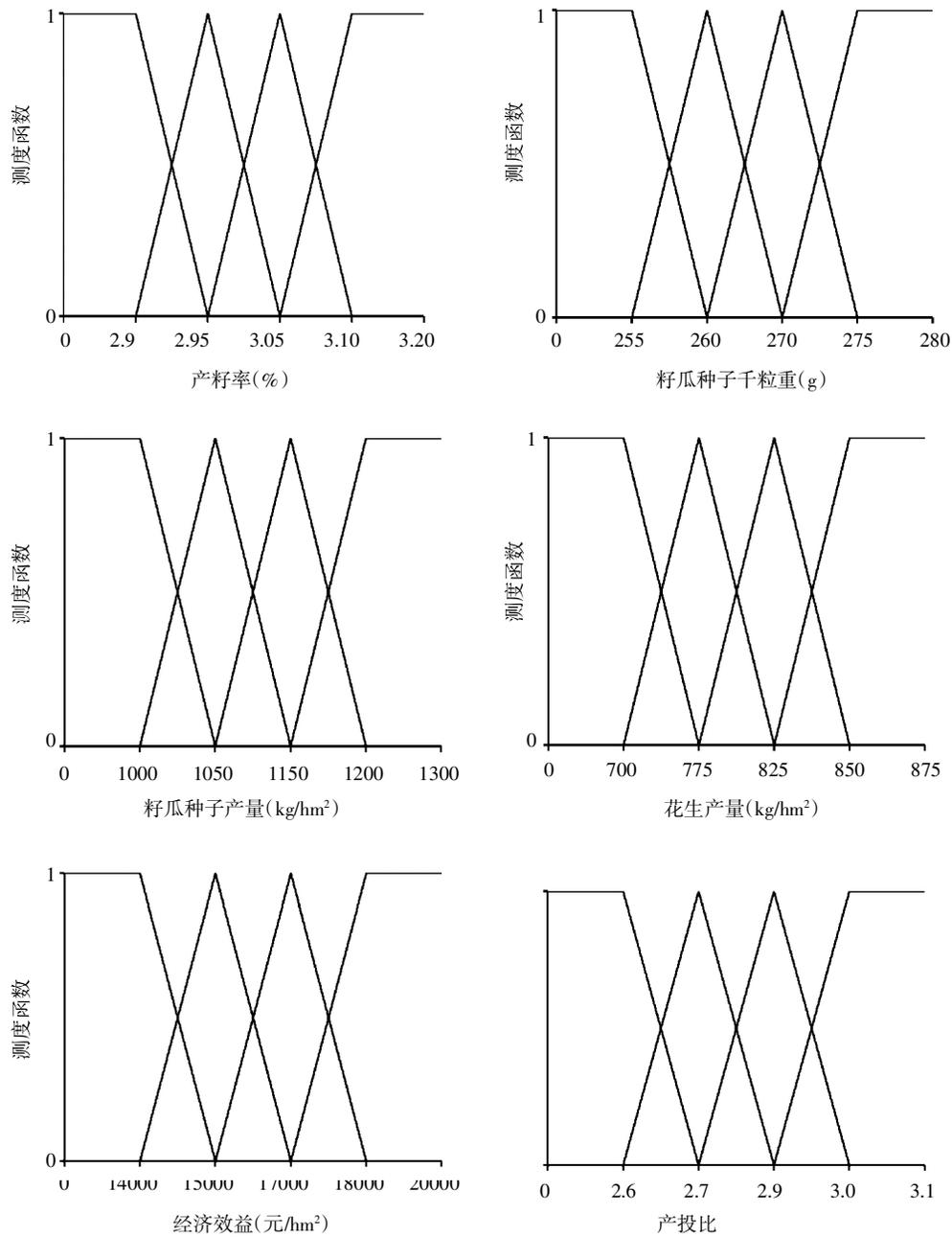


图 1 单指标测度函数

为优。经济效益评价 A1 为优，A2 为优，A3 为良。产投比评价 A1 为良，A2 为优，A3 为良。

2.2 多指标测度评价矩阵及置信度识别

根据公式(1) - (6)可计算出物候期等 6 个评价指标的权重，结合公式(7)与单指标矩阵公式(4)可计算出 3 个试验组的多指标测度评价向量，计算结果见表 3。运用公式(8)对 3 组试验做出评价，本研究取置信度，根据置信度准则，计算得出试验组 A1 的评价等级为中，A2 为优，A3 为良。

表 3 未确知测度模型评价结果

试验组	未确知测度				评价等级
	C_1	C_2	C_3	C_4	
A1	0.26	0.18	0.30	0.26	中
A2	0.64	0.12	0.10	0.14	优
A3	0.54	0.24	0.10	0.12	良

2.3 排序

根据公式(9)对 3 组试验结果的优良进行排序。由于 $C_1 > C_2 > C_3 > C_4$ ，假设 $(C_1, C_2, C_3, C_4) = (1, 2, 3, 4)$ ，计算可得：2.14, 3.26, 3.20，即 3 组花生与籽瓜间作试验效果的排序为 $A2 > A3 > A1$ 。

3 小结和讨论

1) 基于未确知测度理论, 建立旱砂地籽瓜与花生间作种植模式评价模型, 根据生产试验实测数据, 建立未确知测度函数, 并对其进行定量分析; 利用熵计算各影响因素的指标权重, 根据置信度识别准则对不同密度的间作模式效果等级进行判定, 并对其进行综合评价排序, 得出花生株距 50 cm 的试验效果最佳, 未确知综合评价指数为 3.26, 评价结果为优; 株距为 60 cm 时试验综合评价指数为 3.20, 评价结果良好。

2) 本研究结果与王明山等对灌溉地地膜籽瓜与花生间作密度的研究结果较为一致^[21], 研究表明, 适宜的花生间作密度为 50~60 cm, 与贾青德等、武延安等研究籽瓜间作试验中的结论也保持一致^[22-23]。与张宝东等采用灰色关联的方法评价系统评价的结果具有一定的相似性^[6-7]。未确知信息是一种不同于模糊信息、随机信息和灰色信息的新的不确定信息, 该方法在评价和优选不同间作种植模式中也具有客观性, 且该方法中的评价影响因素可根据现场实际情况进行灵活选择, 评价和选择间作最佳栽培密度较其他评价方法具有一定的创新性。

3) 种植模式是组织农业生产活动的基础和依据, 合理的种植模式可以充分利用当地的资源, 提高经济效益, 促进农民增收, 同时还能保护水土资源, 改善生态环境^[6]。随着中国花生带的北移, 西北地区的花生种植面积增长相对较快, 但在西北地区脆弱的生态环境下, 带来的连作单产逐年降低和风蚀加剧的问题已经显现。旱砂地籽瓜间作花生种植模式正处于试验初期, 本研究采用的评价因子较少, 在一定程度上可能影响到评价结果, 今后应扩大指标覆盖范围, 加强研究的系统性和深入性。

参考文献:

[1] 杨来胜, 席正英, 李玲, 等. 砂田在兰州的应用与发展[J]. 中国瓜菜, 2007(3): 32-33.
 [2] 杜延珍. 高湾乡“砂田”效益显著[J]. 中国水土保持, 1989(11): 39.
 [3] 高炳生. 甘肃的砂田[J]. 甘肃农业大学学报, 1989(2): 8-10.
 [4] 陈年来, 陶永红. 荒漠沙地籽瓜精细栽培技术研究[J]. 中国西瓜甜瓜, 2002(1): 14-17.
 [5] 王坚. 中国西瓜甜瓜[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 186-192.

[6] 张宝东, 孙占祥, 白伟, 等. 基于灰色关联度分析的辽西地区典型种植模式评价[J]. 生态学杂志, 2010, 29(12): 2452-2456.
 [7] 唐海, 万文, 刘金海. 基于未确知测度理论的地下洞室岩体质量评价[J]. 岩土力学, 2011, 32(4): 1181-1185.
 [8] 王光远. 未确知性及其数学处理[J]. 哈尔滨建筑工程学院学报, 1990, 23(4): 52-58.
 [9] 曹庆奎, 刘开展, 张博文. 用熵计算客观型指标权重的方法[J]. 河北建筑科技学院学报, 2000, 17(3): 40-42.
 [10] 李树刚, 马超, 王国旗. 基于未确知测度理论的矿井通风安全评价[J]. 北京科技大学学报, 2006, 28(2): 101-103.
 [11] 李如忠, 钱家忠, 汪家权. 区域水资源可持续利用的未确知测度评价[J]. 中国农村水利水电, 2004(12): 43-46.
 [12] 刘开第, 庞彦军, 孙光勇, 等. 城市环境质量的未确知测度评价[J]. 系统工程理论与实践, 1999, 12(12): 52-58.
 [13] 胡旺阳, 任嵘嵘, 邢钢, 等. 基于信息熵与未确知测度的废物排放评价研究—以辽宁省为例[J]. 东北大学学报(自然科学版), 2009, 30(10): 1516-1520.
 [14] 宋伟, 郑淑芬, 康正. 基于未确知测度的政府信息能力评价研究[J]. 情报科学, 2010, 28(8): 1238-1241.
 [15] 郭莹, 刘新磊, 王志强. 山东省新能源汽车项目风险评价[J]. 山东交通学院学报, 2013, 21(1): 10-16.
 [16] 陶铁军, 汪良忠. 基于未确知测度的爆破效果综合评价研究[J]. 工程爆破, 2012, 18(2): 22-25.
 [17] 刘开第, 曹庆奎, 庞彦军. 基于未确知集合的故障诊断方法[J]. 自动化学报, 2004, 30(5): 747-756.
 [18] 官凤强, 李夕兵, 董陇军, 等. 基于未确知测度理论的采空区危险性评价研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2008, 2(27): 324-330.
 [19] 郭奇, 李亚. 未确知测度模型在环境工程中的应用[J]. 河北建筑科技学院学报, 2001(6): 44-47.
 [20] 涂圣文, 过秀成, 苏州. 基于未确知测度模型的一级公路设计安全性评价[J]. 重庆交通大学学报(自然科学版), 2010, 29(4): 592-596.
 [21] 王明山, 郭霞. 地膜打瓜套种花生技术[J]. 农村科技, 2006(12): 10.
 [22] 贾青德, 朱炳康, 刘德高, 等. 籽瓜间作试验[J]. 农村科技, 2004(4): 37.
 [23] 武延安, 林淑敏. 砂田厚皮甜瓜与花生、秋菜间作栽培技术[J]. 中国西瓜甜瓜, 1999(1): 22-24.