

运用功效函数对藜麦种植可持续性的研究

魏志敏¹ 刘 猛¹ 夏雪岩¹ 崔纪菡¹ 赵 宇¹ 刘建军² 李顺国¹ 刘秋红³

(¹ 河北省农林科学院谷子研究所 / 河北省杂粮研究实验室 / 国家谷子改良中心, 石家庄 050035;

² 河北省杂粮产业技术研究院, 邯郸 056001; ³ 河北医科大学, 石家庄 050035)

摘要:从系统论的角度出发,运用功效函数模型对燕藜1号在河北坝上4县种植前景进行评价。在已建立的燕麦评价指标体系和权重值基础上,量化各评价指标的数值,计算各个子系统的可持续性,最后评价出总可持续性。评价结果表明燕藜1号在河北4县种植的可持续性大小顺序为沽源县>张北县>围场县>丰宁县,与实际情况基本相符。首次在藜麦种植和评价体系之间搭建了一座桥梁,可能存在不足之处,但对藜麦产业发展仍具有一定的促进作用。

关键词:燕藜1号;藜麦;功效函数;评价

藜麦(*Cheupodium quinoa* Willd.)原产于安第斯山脉,有5000多年的种植历史,藜麦营养价值高且全,具有多种开发利用价值^[1]。目前我国新疆、西藏、甘肃、宁夏、青海、内蒙古、山西、河北等高海拔冷凉地区均有种植。藜麦品种繁多、生态类型丰富,且品种表现随环境变化而产生差异^[2]。

一个藜麦品种在不同地区种植会有不同的表现,其可持续性主要体现在产量、籽粒的品质以及对生态环境的影响上。影响产量的因素有很多,主要受株高、倒伏率和收获指数影响,在一定条件下株高越低抗倒伏性就越强,越能提高产量;收获指数低说明藜麦在这个区域种植的生殖生长受到影响,会降低产量^[3]。籽粒的品质主要体现在蛋白质、脂肪和淀粉含量上,蛋白质含量越高品质越好^[4]。对环境的影响主要表现在对水资源以及农药化肥的使用量上^[5]。一个藜麦品种适合种植在哪个区域需要量化指标来衡量,近年来多指标综合评价方法发展较快,其中功效函数在很多领域得到了广泛的应用。

功效函数评价法通过功效函数将不同量纲指标实际值转化为无量纲的功效数值,然后采用线性或者非线性方法将同度量的功效函数综合起来,得到综合评价值^[6]。功效函数是一种简单、有效、合理的计算方法,尤其适用于对系统现阶段的基本状况评价分析^[7]。但是使用在农作物方面的

研究很少,本课题组首次运用功效函数对藜麦种植的可持续性进行量化分析。本文基于系统论、运用功效函数模型评价法对藜麦种植系统进行评价,通过定量分析,对藜麦种植系统及其子系统的可持续性作出判断^[8],以此提出促进藜麦种植可持续发展的对策,这对藜麦产业发展有着现实意义。

1 材料与方法

1.1 试验材料 试验品种燕藜1号,生育期113~116d,株高165.90~168.91cm,分枝数20~26个,单株穗重110.2~115.2g,单株粒重70.5~81.3g。穗型为紧穗型,穗长60.4~62.7cm,千粒重3.19g。粒白色,药片形,米白色。植株整齐,根系发达,茎秆粗壮、坚韧,抗倒伏、抗旱能力强,灌浆速度快。

1.2 试验方法 2021年在河北省北部的沽源县、张北县、丰宁县和围场县4县种植燕藜1号,每个试验点种植2000m²,3次重复。5月20日覆膜种植,膜下铺设滴灌带,行距均为40cm,株距20cm。为了模拟当地实际种植情况,施肥、灌溉和喷施农药均以当地种植实际情况为依据,不做统一规定。

1.3 指标体系的建立及权重确定 借鉴国内外有关作物种植指标体系中的成功经验,结合藜麦种植特点,进行评价指标的筛选,共搜集评价指标15个。建立一个由3个层、5个系统、15个具体指标组成的藜麦种植指标体系。采用AHP法通过两两比较的方式,计算出各项评价指标的相对权重值(表1)^[9]。

基金项目:河北省重点研发计划项目(19227527D)

通信作者:李顺国,刘秋红

表1 藜麦种植评价指标体系及其权重

总体层(A)	目标层(B)	指标层(C)	权重
藜麦种植评价指标体系	农艺性状子系统 (B1)	株高(C1)	0.0857
		收获指数(C2)	0.0429
		抗倒伏率(C3)	0.1715
	土壤肥力子系统 (B2)	土壤速效钾(C4)	0.0200
		土壤有效磷(C5)	0.0150
		土壤有机质(C6)	0.0400
	籽粒营养子系统 (B3)	蛋白质含量(C7)	0.0819
		脂肪含量(C8)	0.0409
		淀粉含量(C9)	0.0273
	作物产能子系统 (B4)	产量(C10)	0.2046
		单穗重(C11)	0.0682
		千粒重(C12)	0.1023
	生态环保子系统 (B5)	浇地用水量(C13)	0.0210
		化肥使用量(C14)	0.0630
		农药使用量(C15)	0.0157

1.4 评价方法 功效函数评价方法,系统处于稳定状态时,状态方程为线性;函数的极值点是系统稳定区域的临界点;变量在系统稳定状态时也有量的变化,这种量的变化对系统有序度有两种功效:一种是正功效,即随变量的增大,系统有序度趋势增大;一种是负功效,即随变量的增大,系统有序度趋势减少^[6]。假设藜麦种植系统的序参数为 U_i ($i=1,2,\dots,n$),系统序参量对系统有序的功效可表示如下。

$$U_i = \begin{cases} (X_i - \alpha_i) / (\beta_i - \alpha_i), U_i \text{ 具正功效时}; (i=1, 2, \dots, n) \\ (X_i - \beta_i) / (\alpha_i - \beta_i), U_i \text{ 具负功效时}; (i=1, 2, \dots, n) \end{cases}$$

式中, X_i 为各指标变量值, U_i 为变量 X_i 对系统有序的功效; α_i 、 β_i 分别是系统稳定临界点的序参数量的上、下限值。

系统可持续性的功效函数可用以下两种方法表示。

$$\text{几何平均法: } S = \sqrt[n]{U_1 U_2 \cdots U_n} = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n U_i}$$

线性加权法和:

$$S = W_1 U_1 + W_2 U_2 + \cdots + W_n U_n = \sum_{i=1}^n W_i U_i$$

W_i 为第 i 项评价指标的权重。

在上述2个计算模型中,几何平均法假设各指标对系统持续性具有相同的重要性,不涉及到指标权重的确定,计算各子系统的持续性时应用几何平均法计算模型;但是在藜麦种植可持续性系统分析中,各个指标的权重并非完全一致,计算藜麦种植系统综合持续性时应用线性加权法和法计算模型^[10]。

2 结果与分析

2.1 藜麦评价指标数据 将2021年燕藜1号在河北省沽源县、张北县、丰宁县和围场县种植试验数据汇总,通过咨询专家,得到藜麦种植系统中各指标的上下限临界值,根据指标体系要求,整理成表2。

表2 燕藜1号种植评价指标体系各指标数值及临界值

评价指标	单位	沽源县	张北县	丰宁县	围场县	α_i	β_i
株高(C1)	cm	167.80	177.10	183.50	185.30	50.00	300.00
收获指数(C2)		0.36	0.35	0.33	0.32	0.20	0.60
抗倒伏率(C3)	%	95.00	92.00	90.00	93.00	40.00	100.00
土壤速效钾(C4)	mg/kg	92.00	80.00	86.00	98.00	50.00	200.00
土壤有效磷(C5)	mg/kg	15.00	13.00	9.00	17.00	5.00	40.00
土壤有机质(C6)	g/kg	17.00	19.00	18.00	21.00	10.00	40.00
蛋白质含量(C7)	%	15.30	16.10	14.90	13.80	10.00	20.00
脂肪含量(C8)	%	7.80	7.90	7.70	8.00	5.00	15.00
淀粉含量(C9)	%	52.40	51.70	53.40	52.90	50.00	70.00
产量(C10)	kg/667m ²	175.30	169.80	153.10	149.40	100.00	250.00
单穗重(C11)	g	75.20	66.60	57.20	51.30	30.00	100.00
千粒重(C12)	g	3.08	3.02	3.62	3.39	1.50	5.00
浇地用水量(C13)	m ³ /667m ²	30.00	80.00	60.00	40.00	0	120.00
化肥使用量(C14)	kg/667m ²	50.00	80.00	70.00	60.00	20.00	100.00
农药使用量(C15)	g/667m ²	20.00	30.00	50.00	25.00	0	160.00

2.2 燕藜 1 号 15 个评价指标的功效值 根据表 1 和表 2 的数据,应用上述功效函数得出燕藜 1 号在河北坝上 4 个区域种植的各评价指标的可持续性值(表 3)。

表 3 燕藜 1 号在 4 个区域种植体系中
评价指标的可持续性值

评价指标	沽源县	张北县	丰宁县	围场县
株高(C1)	0.88	0.82	0.78	0.76
收获指数(C2)	0.40	0.38	0.33	0.30
抗倒伏率(C3)	0.92	0.87	0.83	0.88
土壤速效钾(C4)	0.28	0.20	0.24	0.32
土壤有效磷(C5)	0.29	0.23	0.12	0.34
土壤有机质(C6)	0.23	0.30	0.27	0.36
蛋白质含量(C7)	0.53	0.61	0.49	0.38
脂肪含量(C8)	0.28	0.28	0.27	0.30
淀粉含量(C9)	0.88	0.92	0.83	0.86
产量(C10)	0.50	0.47	0.35	0.33
单穗重(C11)	0.65	0.52	0.39	0.30
千粒重(C12)	0.45	0.43	0.61	0.54
浇地用水量(C13)	0.75	0.33	0.50	0.67
化肥使用量(C14)	0.63	0.25	0.38	0.50
农药使用量(C15)	0.88	0.81	0.69	0.84

根据表 3 的数据,运用功效函数的几何平均法得出燕藜 1 号在 4 个区域种植中 5 个子系统的持续性(表 4)。农艺性状子系统(B1)可持续性的优劣顺序是:沽源县>张北县>丰宁县>围场县;农艺性状子系统主要由株高、收获指数和抗倒伏率组成,在沽源县种植的燕藜 1 号这 3 个指标均高于其他 3 个县,围场县种植表现最低,主要原因是株高较高和收获指数较低。土壤肥力子系统(B2)可持续性的优劣顺序是:围场县>沽源县>张北县>丰宁县;由此可见围场县的土壤肥力均高于其他 3 个县,丰宁县的土壤肥力最低。籽粒营养子系统(B3)可持续性的优劣顺序是:张北县>沽源县>丰宁县>围场县;在张北县种植的燕藜 1 号籽粒中蛋白质含量最高,高蛋白是藜麦的最大优势。由此可以得出在张北县种植的藜麦品质最高,其次是沽源县,再次是丰宁县,最后是围场县。张家口(沽源县和张北县)种植的藜麦品质高于承德(丰宁县和围场县)种植的藜麦。作物产能子系统(B4)可持续性的优劣顺序

是:沽源县>张北县>丰宁县>围场县;从产能来看张家口 2 县均高于承德 2 县。也说明燕藜 1 号在张家口坝上种植优势更大。生态环保子系统(B5)可持续性的优劣顺序是:沽源县>围场县>丰宁县>张北县。张北县种植藜麦对环境的影响最大,这与张北县水资源短缺也有很大关系,其次就是与化肥的用量较大有关。

表 4 燕藜 1 号在 4 个区域种植各子系统的可持续性值

目标子系统	沽源县	张北县	丰宁县	围场县
农艺性状子系统(B1)	0.69	0.65	0.60	0.59
土壤肥力子系统(B2)	0.27	0.24	0.20	0.34
籽粒营养子系统(B3)	0.51	0.54	0.48	0.46
作物产能子系统(B4)	0.53	0.47	0.44	0.38
生态环保子系统(B5)	0.75	0.41	0.51	0.66

2.3 燕藜 1 号在 4 个区域种植的综合可持续性

据表 4 的数据可知,应用功效函数线性加权和法计算出这些指标在 4 个地区总功效值,得出燕藜 1 号在 4 个区域的农业可持续发展度(表 5)。燕藜 1 号在这 4 个区域总的可持续性优劣顺序是:沽源县>张北县>围场县>丰宁县。可以看出燕藜 1 号在沽源县种植可持续性较高,沽源县的海拔高度平均为 1536m,年日照时数最长 3246h,最短 2616h,年降水量 426mm,无霜期 120d,沽源县的生态环境很适合燕藜 1 号生长,丰宁县可持续性最低,与种植地的海拔较低有关。

表 5 燕藜 1 号在 4 个区域种植的综合可持续性值

可持续性值	沽源县	张北县	丰宁县	围场县
S	0.61	0.55	0.52	0.53

3 结论与讨论

本评价体系对燕藜 1 号在河北坝上 4 县种植的可持续性进行评价,得出综合可持续性。在农艺性状子系统、土壤肥力子系统、籽粒营养子系统、作物产能子系统、生态环保子系统均给予了相应的评价和分析,得到每个指标无量化数值(功效值),使得对燕藜 1 号在 4 县种植情况一目了然,各个指标通过无量化处理也能够使各指标纵向比较,为藜麦品种选择适宜种植区提供数字化参考。

本文在已建立的藜麦种植系统评价指标体系和权重的基础上,首次应用功效函数评价模型对燕

河南省夏玉米品种生产适应性研究

周福民 张志方 王 静 卢瑞乾 徐国举 王海军 李风章

(河南省鹤壁市农业科学院, 鹤壁 458030)

摘要:以郑单 958 为对照材料,采用多点评价的方法,研究夏玉米品种浚单 658 在河南省夏玉米产区的综合适应性。结果表明,浚单 658 具有抗倒性好、抗病性好、丰产性好、稳产性好等特点,适合在河南省夏播区推广种植,适宜种植密度为 5000 株/667m²。本研究为夏玉米品种在生产中适应性的研究提供新路径,为河南省夏播玉米品种的引种、推广应用提供科学依据。

关键词:夏玉米;适应性;推广;浚单 658

玉米在我国约有 400 多年的栽培历史,是我国重要的粮食作物、饲料作物、工业原料^[1-2],在国民经济中占据重要地位。国内外学者关于玉米作物开展了大量研究,尤其是玉米新品种的选育和审定更是呈现“井喷”之势,但是能推广种植并经得起市场考验的品种却不多。一方面原因在于气候环境的改变,自然灾害频发^[3],玉米植株在生长发育过程中时常遭遇各种逆境胁迫,生产中倒伏、雌雄穗发育异常、受精结实率下降、高温热害等发生强度和频率呈增强之势^[4-6];另一方面原因在于品种特性或自身缺陷,适宜种植区域有限,作物品种与推广区域光热资源不匹配^[7-9],品种产量潜力得不到充分挖

掘甚至严重减产,给种植户带来经济损失,最终导致品种被淘汰。多年玉米种植实践表明,品种与推广区域匹配是丰产增效的前提,是农户增收增益的保证。

为解决河南省夏玉米品种与推广区域不匹配问题,本研究以品种在生产中的适应性评价为切入点,以新选育玉米品种浚单 658 为试验材料,以优化集成新品种适应性的评价方法为目的,开展了一系列研究。通过抗逆性、抗病性评价,结合产量对比,筛选出品种适推区域、集成配套种植关键技术,为新品种的成功推广奠定基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料 以鹤壁市农业科学院选育的玉米单交种浚单 658 为试验材料,该品种于 2020 年通过

基金项目:河南省现代农业产业技术体系建设专项(Z2010-02-07)

通信作者:张志方

藜 1 号在河北坝上 4 县种植的可持续性进行了评价,评价的结果和客观情况基本相符,但经专家讨论认为本研究得到的综合可持续性值比实际值偏低,鉴于误差小于 0.2,结果仍可取。功效函数评价方法还存在一定局限性,例如只能较准确地反映系统过去及目前的状况,不能准确预测系统未来的持续发展状况,有待科学家们探索新的方法。

参考文献

- [1] 魏志敏,李顺国,夏雪岩,刘斐,刘猛,赵宇,周汉章. 藜麦的特性及其发展建议. 河北农业科学, 2016, 20 (5): 14-17
- [2] 魏志敏,宋世佳,赵宇,刘斐,周汉章,李顺国,吕玮. 冀中南地区 5 个藜麦品种的引种试验. 河北农业科学, 2018, 22 (5): 1-3, 7
- [3] 潘佳楠. 内蒙古阴山丘陵区藜麦高产群体抗倒性能及其调控机制.

呼和浩特:内蒙古农业大学, 2018

- [4] 刘永江,覃鹏. 藜麦营养功能成分及应用研究进展. 黑龙江农业科学, 2020 (3): 123-127
- [5] 曾珍香,顾培亮. 可持续发展的系统分析与评价. 北京:科学出版社, 2000
- [6] 李柏年. 确定功效函数的新方法. 技术经济, 2002 (7): 52-53
- [7] 毛欣,赵刚,孙若莹. 基于双层支持向量机的作物育种新型评价方法. 北京信息科技大学学报, 2018, 33 (4): 63-67
- [8] 金文林. 作物区试中品种稳定性评价的秩次分析模型. 作物学报, 2011, 26 (4): 925-930
- [9] 魏志敏,王新玉,吕玮,赵宇,李顺国,刘秋红. 藜麦种植评价指标体系及其权重的研究. 河北农业科学, 2021, 25 (2): 104-108
- [10] 王维国,宋阳,郭多祚. 一种求解混合多目标规划问题的功效函数法. 运筹与管理, 2007 (8): 24-27

(收稿日期: 2021-12-31)