

鞠晓兰,雷 涛,郭向红,等. 不同评价体系对水分-沸石耦合下滴灌番茄生长综合评价比较[J]. 江苏农业科学,2023,51(11):140-146.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2023.11.020

不同评价体系对水分-沸石耦合下滴灌番茄生长综合评价比较

鞠晓兰,雷 涛,郭向红,高晓丽,孙西欢,马娟娟,张 明

(太原理工大学水利科学与工程学院,太原 030024)

摘要:为明确不同评价体系下主成分模型对水分[50% E、75% E、100% E(E 为水面蒸发量)]-沸石(0、3、6、9 t/hm²)耦合下交替膜下滴灌番茄生长综合评价结果的影响,构建了 PCAg、PCAq、PCAp、PCAc 等 4 种主成分模型,并对其番茄主成分分析和综合评价结果差异进行分析探讨。结果表明,PCAg、PCAq、PCAp、PCAc 模型均提取出 2 个主成分,第 1 主成分均命名为非水分因子,方差贡献率分别为 79.18%、71.05%、76.83%、77.52%;第 2 主成分均命名为水分利用因子,方差贡献率分别为 14.51%、21.56%、17.05%、16.31%。在 PCAq 中,Z₀W₁₀₀条件下番茄种植综合评价得分最低,Z₃W₅₀条件得分最高;在 PCAg、PCAp、PCAc 中,均为 Z₀W₅₀条件下番茄种植综合评价得分最低,Z₆W₁₀₀条件得分最高。基于 PCAp 和 PCAc 模型的番茄综合评价结果的相关系数为 1.00,具有较好的一致性,而其他模型之间的评价结果具有一定差异性,交替滴灌番茄高效种植适宜采用的水分-沸石耦合策略为:水分 100% E、沸石量 6 t/hm²。

关键词:交替膜下滴灌;番茄;水分;沸石量;主成分分析;评价模型

中图分类号:S278;S641.207 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2023)11-0140-06

番茄作为中国种植规模较大的蔬菜作物之一,以其独特的风味深受广大消费者的喜爱,被人们称为“蔬菜中的水果”^[1]。目前,国内对农作物的评价主要是对试验作物的产量或品质性状进行评价,而忽视了其他性状的重要性^[2]。由于番茄的品质是由多种指标共同体现的^[3],各指标间彼此相关,简单的对比分析方法不能充分考虑多个指标因子间的关系^[4],需采用综合评价方法对番茄生长状况进行整体评估^[5],这对于全面、客观、合理地评价番茄生长状况具有重要意义。主成分分析法是一种常见的综合评价方法^[6],它利用降维思想将原来具有众多相关性的多个指标转化为少数几个综合指标,从而能够更精确地掌握各个指标的综合性表现^[7]。主成分分析法在农业生产方面已得到广泛应用,Bi 等通过建立生长-产量-水分利用效率青椒综合评价模型,明确了适宜青椒种植的滴灌压力水头和滴灌带埋深^[8]。黄媛等通过建立生长-生理-水

分利用效率番茄综合评价模型,明确了番茄苗期最适宜生长昼夜温度^[9]。朱永福等通过建立生长-生理-产量-品质苹果综合评价模型,明确了生活再生水滴灌苹果生产的水肥管理方案^[10]。王峰等通过建立单果质量-品质番茄综合评价模型,明确了温室冬春茬番茄产量与品质相协调的亏缺灌溉制度^[11]。王秀康等通过建立番茄品质评价模型,明确了优质番茄生产的最优水肥策略^[12]。这些报道中涉及的作物类型、因素及处理水平各不相同,在主成分模型构建过程中考虑的评价指标类型存在一定差异,评价结果也各异。那么对于同一类作物而言,如果基于不同评价指标体系来构建主成分评价模型,进一步综合分析作物生长状况好坏,是否会得到不同结果呢?这方面的研究报道较少,有待进一步研究。本研究基于水分-沸石耦合条件下交替膜下滴灌番茄生长试验数据,构建基于主成分的生长-产量-WUE 模型(PCAg)、品质-产量-WUE 模型(PCAq)、生理-品质-产量-WUE 模型(PCAp)和生长-生理-品质-产量-WUE 模型(PCAc),对番茄生长状况进行主成分分析和综合评价,明确不同评价模型对番茄综合评价结果的影响,为进一步优化番茄种植提供准确的评价方法。

收稿日期:2022-08-17

基金项目:国家自然科学基金(编号:51909184,51809189)。

作者简介:鞠晓兰(1997—),女,内蒙古赤峰人,硕士研究生,主要从事农业水肥资源高效利用研究。E-mail:1095455986@qq.com。

通信作者:雷 涛,博士,副教授,主要从事农业水肥资源高效利用研究。E-mail:lcsyt@126.com。

1 材料与方法

1.1 试验设计

本研究数据来源于水分-沸石耦合条件下交替膜下滴灌番茄生长试验。其中,水分设 W_{50} 、 W_{75} 、 W_{100} 等 3 个水平,分别为 50%、75%、100% 水面蒸发量(E);沸石量设 Z_0 、 Z_3 、 Z_6 、 Z_9 等 4 个水平,分别为 0、3、6、9 t/hm²。试验采用全面试验设计,共 12 个处理,每个处理重复 3 次。供试番茄品种为奥冠 8 号,采用覆膜起垄种植模式。灌溉方式为交替灌溉,每垄铺设 2 条滴灌带,滴头间距 40 cm,工作流量为 1.2 L/h,每 4 d 灌溉 1 次,每次灌水采用滴灌带单侧灌溉。番茄定植时间为 2020 年 6 月 4 日,结束时间为 10 月 7 日。

1.2 具体指标及测定方法

(1)生长指标:苗期选取 3 株长势相近的番茄,采用卷尺法测定株高(Kh);数显游标卡尺测定茎粗(Kt)^[13];采用根系分析软件得到根长(RL)、根表面积(RS)、根体积(RV)等根系特征参数^[14]。取 3 次测量值的平均值作为最终测量值。

(2)生理指标:采用 Li-6400 型便携式光合仪测定净光合速率(P_n)、蒸腾速率(T_r)、胞间 CO₂ 浓度(C_i)、气孔导度(G_s)等生理指标参数^[15]。

(3)品质指标:采用 GY-4 硬度计测定果实硬度(Ff)^[16],NaOH 滴定法测定有机酸(OA)含量^[17],钼蓝比色法测定维生素 C(VC)含量^[18],硫酸-水杨酸法测定硝酸盐(NC)含量^[19],PAL-1 手持折射仪测定可溶性固形物(SS)含量^[20]。取 3 次测量值的平均值作为最终测量值。

(4)产量及水分利用效率(WUE):称质量法测定产量,WUE 为产量与总耗水的比值。

1.3 模型建立

本研究建立了 4 种不同评价目标主成分模型,分别为:生长-产量-WUE 模型,命名为 PCAg;品质-产量-WUE 模型,命名为 PCAq;生理-品质-产量-WUE 模型,命名为 PCAp;生长-生理-品质-产量-WUE 模型,命名为 PCAc,各模型具体涵括指标如表 1 所示。

1.4 数据样本处理

采用 Microsoft Office 2020 进行数据计算,采用 Origin 2018 绘图,采用 IBM SPSS Statistics 25 进行主成分分析,置信水平为 0.05。

表 1 不同主成分评价模型的指标体系

序号	PCAg	PCAq	PCAp	PCAc
1	Kh	Ff	C_i	RV
2	Kt	NC	P_n	Kt
3	RL	VC	T_r	T_r
4	RV	SS	G_s	VC
5	RS	OA	Ff	NC
6	Yield	Yield	NC	P_n
7	WUE	WUE	VC	WUE
8			SS	SS
9			OA	Ff
10			Yield	Yield
11			WUE	Kh

2 结果与分析

2.1 番茄生长发育指标统计分析

交替膜下滴灌不同水分-沸石处理对番茄生长发育各项指标影响如图 1 所示。由图 1 可知,水分增加可以促进番茄 Kh、Kt、RL、RV、RS、 P_n 、 T_r 、 G_s 、OA 和产量,抑制 NC、VC、SS、WUE、 C_i 和 Ff;沸石量增加对 Kh、Kt、RL、RV、RS、 P_n 、 T_r 、 G_s 、OA、产量(除 W_{50} 处理)、NC、VC、SS、WUE 表现为先促后抑,对 C_i 和 Ff 表现为先抑后促。由此可见,水分和沸石量改变对各指标的影响未表现出较高的一致性。由图 1 可以看出,番茄各评价指标并不能在同一水分-沸石处理条件下同时达到最优,如果基于单一指标评价番茄生长状况将具有一定的局限性,评价结果难以客观全面反映和评价番茄生长优劣,有必要采用多指标综合评价方法。

2.2 主成分分析

经统计学计算,本研究 4 种主成分模型 KMO 统计量均大于 0.05, Bartlett 的球形度检验 P 值均小于 0.001,因此,本研究中数据样本适合作主成分分析^[21]。主成分的特征值及方差贡献率是确定主成分的重要参考指标^[22]。本研究基于特征值大于 1 和累计贡献率大于 85% 的提取标准对番茄生长的主要成分进行提取分析^[23-25]。评价因子的方差贡献率及累积方差贡献率如表 2 所示。由表 2 可知,PCAg、PCAq、PCAp 和 PCAc 模型第 1 主成分 F_1 的方差贡献率分别为 79.18%、71.05%、76.83% 和 77.52%,对应的特征值分别为 5.54、4.97、8.45 和 8.53;第 2 主成分 F_2 的方差贡献率分别为 14.51%、21.56%、17.05% 和 16.31%,对应的特征值分别为

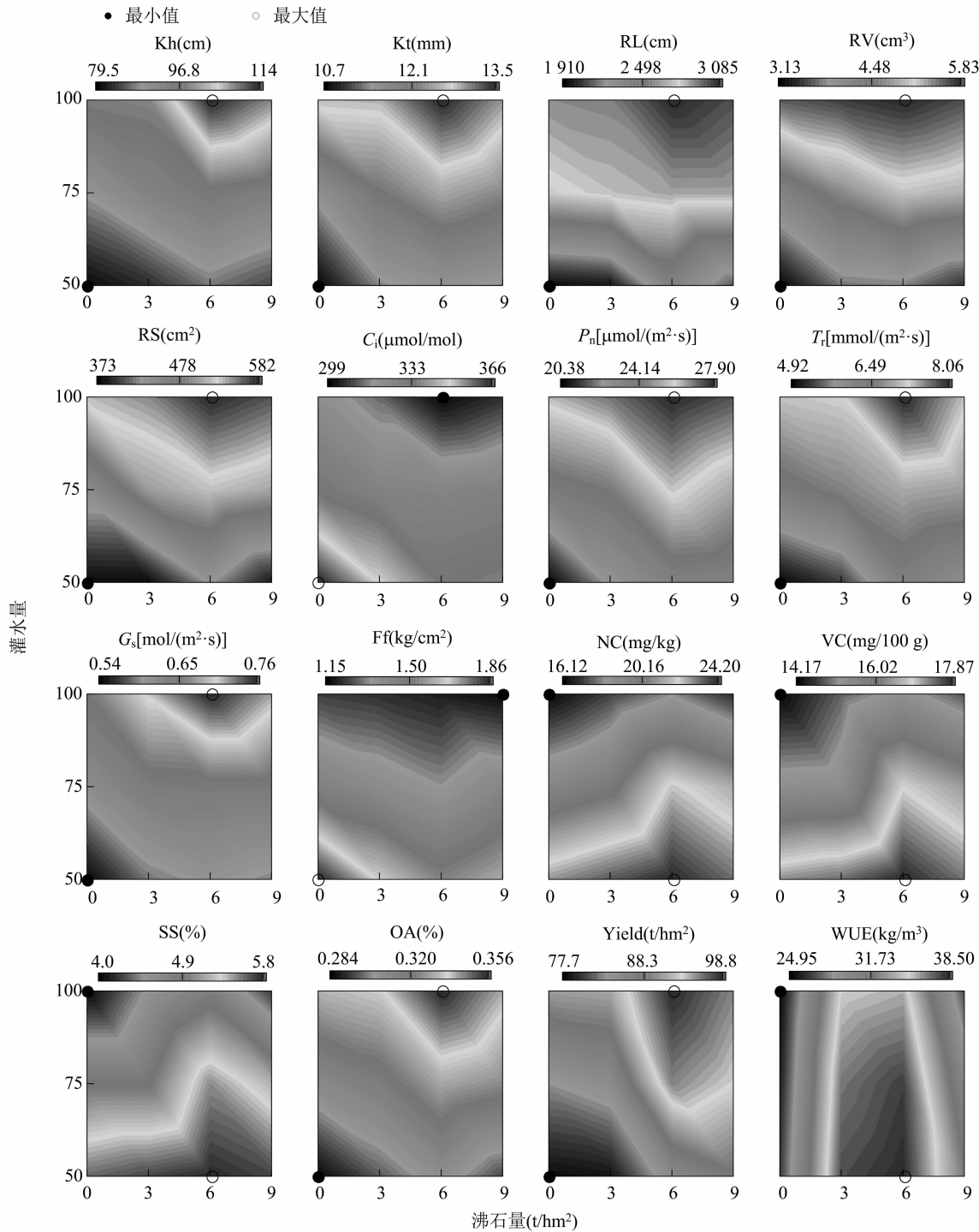


图1 番茄生长各项指标统计

1.02、1.51、1.88 和 1.79。由此可见,这 4 种主成分模型的 F_1 和 F_2 之和均大于 92%,且对应的特征值大于 1,各模型均可以提取 2 个主成分。表 3 为 4 种主成分模型主成分载荷矩阵。由表 3 可知,在 PCAg、PCAq、PCAp 和 PCAc 模型对应的第 1 主成分 F_1 ($Pg - F_1$ 、 $Pq - F_1$ 、 $Pp - F_1$ 和 $Pc - F_1$) 中,生长指标、品质指标、生理 - 品质指标、生长 - 生理 - 品质

的载荷较大。但因 F_1 包括的指标较为复杂,且与水分利用效率关联较低,为简便描述,可将 $Pg - F_1$ 、 $Pq - F_1$ 、 $Pp - F_1$ 和 $Pc - F_1$ 均命名为非水分因子。在 4 种模型对应的第 2 主成分 F_2 ($Pg - F_2$ 、 $Pq - F_2$ 、 $Pp - F_2$ 和 $Pc - F_2$) 中 WUE 均具有较大载荷,因此 $Pg - F_2$ 、 $Pq - F_2$ 、 $Pp - F_2$ 和 $Pc - F_2$ 均可命名为水分利用因子。

表 2 评价因子的方差贡献率及累计贡献率

序号	PCAg			PCAq			PCAp			PCAc		
	特征值	贡献率 (%)	累计贡献率 (%)	特征值	贡献率 (%)	累计贡献率 (%)	特征值	贡献率 (%)	累计贡献率 (%)	特征值	贡献率 (%)	累计贡献率 (%)
1	5.54	79.18	79.18	4.97	71.05	71.05	8.45	76.83	76.83	8.53	77.52	77.52
2	1.02	14.51	93.69	1.51	21.56	92.61	1.88	17.05	93.88	1.79	16.31	93.83
3	0.23	3.27	96.96	0.43	6.11	98.72	0.44	3.98	97.86	0.45	4.05	97.88
4	0.13	1.83	98.79	0.04	0.57	99.29	0.09	0.78	98.64	0.09	0.83	98.71
5	0.07	0.94	99.73	0.03	0.37	99.66	0.06	0.56	99.20	0.06	0.57	99.28
6	0.02	0.22	99.95	0.02	0.24	99.90	0.04	0.39	99.59	0.03	0.28	99.56
7	0.01	0.04	99.99	0.01	0.11	100.00	0.03	0.24	99.83	0.02	0.19	99.75
8							0.01	0.10	99.93	0.01	0.11	99.86
9							0.01	0.05	99.98	0.01	0.09	99.95
10							0.01	0.01	99.99	0.01	0.04	99.99
11							0.01	0.01	100.00	0.01	0.01	100.00

表 3 4 种主成分模型载荷矩阵

PCAg			PCAq			PCAp			PCAc		
指标	载荷值		指标	载荷值		指标	载荷值		指标	载荷值	
	第 1 主成分	第 2 主成分		第 1 主成分	第 2 主成分		第 1 主成分	第 2 主成分		第 1 主成分	第 2 主成分
Kh	0.97	0.01	Ff	0.94	-0.31	C _i	-0.96	-0.22	RV	0.979	0.07
Kt	0.98	0.07	NC	0.95	0.26	P _n	0.97	0.21	Kt	0.971	0.20
RL	0.94	-0.08	VC	0.93	0.28	T _r	0.96	0.21	T _r	0.951	0.24
RV	0.98	-0.04	SS	0.94	0.30	G _s	0.95	0.21	VC	-0.851	0.47
RS	0.99	-0.02	OA	-0.89	0.42	Ff	-0.98	-0.08	NC	-0.879	0.45
Yield	0.91	0.08	Yield	-0.74	0.53	NC	-0.86	0.48	P _n	0.961	0.25
WUE	-0.01	1.00	WUE	0.31	0.85	VC	-0.83	0.50	WUE	-0.136	0.88
						SS	-0.84	0.52	SS	-0.857	0.49
						OA	0.97	0.19	Ff	-0.978	-0.11
						Yield	0.85	0.34	Yield	0.836	0.38
						WUE	-0.10	0.89	Kh	0.945	0.18

2.3 模型综合得分

将主成分系数矩阵分别除以 2 个主成分特征值的平方根,并将得到的系数与标准化后的数据相乘,即得到了 F₁、F₂ 的得分函数^[26]。以各主成分所对应的方差贡献率占主成分方差累计贡献率的比例 α₁、α₂ 作为权重,分别乘以 F₁、F₂ 得分函数后求和,得到主成分得分综合模型^[27]。各处理的综合评价得分 F 如式(1)~公式(4)所示:

$$F_{Pg}=0.845\ 1\times F_1\times 0.154\ 9\times F_2;\tag{1}$$

$$F_{Pq}=0.767\ 2\times F_1\times 0.232\ 8\times F_2;\tag{2}$$

$$F_{Pp}=0.818\ 4\times F_1\times 0.181\ 6\times F_2;\tag{3}$$

$$F_{Pc}=0.826\ 2\times F_1\times 0.173\ 8\times F_2.\tag{4}$$

式中:F_{Pg}、F_{Pq}、F_{Pp}、F_{Pc} 分别为 PCAg、PCAq、PCAp、PCAc 模型各处理的综合评价得分。

由图 2 可知,在 PCAq 中,Z₀W₁₀₀条件下番茄种植综合评价得分最低,为 -2.58;Z₃W₅₀条件下番茄种植综合评价得分最高,为 2.23。在 PCAg、PCAp、PCAc 中,均为 Z₀W₅₀条件下番茄种植综合评价得分

最低,分别为 -3.37、-4.32、-4.21;Z₆W₁₀₀条件下番茄种植综合评价得分最高,为 3.31、3.58、3.49。在 PCAp、PCAc 模型中,各处理的综合得分排名一致,均为 Z₆W₁₀₀>Z₉W₁₀₀>Z₃W₁₀₀>Z₀W₁₀₀>Z₆W₇₅>Z₉W₇₅>Z₃W₇₅>Z₀W₇₅>Z₆W₅₀>Z₉W₅₀>Z₃W₅₀>Z₀W₁₀₀>Z₀W₅₀。

2.4 PCAg、PCAq、PCAp、PCAc 模型相关性分析

为了进一步探明 4 种主成分模型结果的关联程度,现将 4 种模型各主成分得分及综合得分结果进行 Spearman 相关分析^[28],分析结果如表 4 所示。由表 4 可知,Pc-F₂ 得分与 Pg-F₂、Pq-F₂ 和 Pp-F₂ 等 3 个主成分得分之间未达到显著水平,PCAq 模型 F₁ 得分及其总得分均与其他 3 种模型的对应得分呈显著负相关(P<0.01),此外其余任意 2 个模型的主成分得分之间均呈正相关(P<0.01)。由表 4 还可知,Pg-F₁、Pq-F₁、Pp-F₁ 和 Pc-F₁ 得分之间的相关性与 Pg-F、Pq-F、Pp-F 和 Pc-F 得分之间的相关性一致,这可能是由 4 个模型中第 2 主成

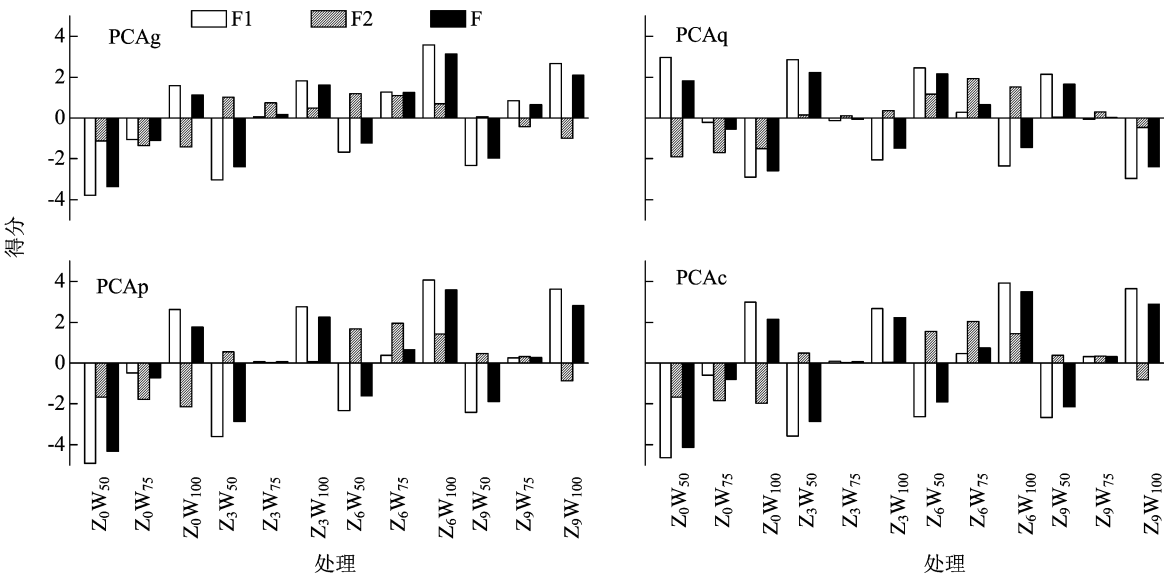


图2 不同评价模型综合评价得分

表 4 PCAg、PCAq、PCAp、PCAc 模型相关性分析

模型	F ₁ 的相关系数				F ₂ 的相关系数				F 的相关系数			
	PCAg	PCAq	PCAp	PCAc	PCAg	PCAq	PCAp	PCAc	PCAg	PCAq	PCAp	PCAc
PCAg	1.00				1.00				1.00			
PCAq	-0.89 **	1.00			0.81 **	1.00			-0.78 **	1.00		
PCAp	1.00 **	-0.89 **	1.00		0.89 **	0.88 **	1.00		0.99 **	-0.83 **	1.00	
PCAc	0.99 **	-0.90 **	0.99 **	1.00	0.27	0.20	-0.05	1.00	0.99 **	-0.83 **	1.00 **	1.00

注: ** 在 0.01 级别(双尾)相关性显著。

分对综合得分影响较小导致的。由表 3 可知, $Pg - F_2$ 、 $Pq - F_2$ 、 $Pp - F_2$ 和 $Pc - F_2$ 中均只有 WUE 具有较大正载荷,且载荷值差异较小,对 F 影响并不明显,所以导致 PCAg、PCAq、PCAp、PCAc 模型 F₁ 得分之间的关系与 F 得分之间的关系具有一致性。

3 讨论

本研究分别采用 PCAg、PCAq、PCAp、PCAc 等 4 种主成分模型对番茄生长进行综合评价,从评价结果整体来看,PCAg、PCAp、PCAc 等 3 种模型评价结果较为相似,但不同主成分模型中各处理的综合得分排名存在较大差异,出现这种情况可能是由主成分模型中指标因子的选择差异所引起的主成分载荷和贡献率变化导致的^[29-30]。由表 3 可知,在 PCAg、PCAq、PCAp、PCAc 模型中,第 1 主成分中产量均具有较大的载荷值,分别为 0.91、-0.74、0.85、0.84,第 2 主成分中 WUE 均具有较大的载荷值,分别为 1.00、0.85、0.89、0.88,说明在考虑不同指标体系时,相同指标的载荷是不一样的,因此会

影响第 1、第 2 主成分的方差贡献率。PCAp 模型反映番茄生理、品质、产量及 WUE 情况,而 PCAc 模型在此基础上还反映番茄生长情况,尽管 2 种模型在生长指标考虑上存在差异,但 PCAp 和 PCAc 模型的番茄综合评价结果具有一致性(图 2),这说明生长指标对番茄综合评价结果的影响效果并不明显。PCAq 模型反映番茄品质、产量及 WUE 情况,而 PCAp 模型在此基础上还反映番茄生理情况,但 PCAq 和 PCAp 模型的番茄综合评价结果并不存在一致性(图 2),这说明生理指标会对番茄综合评价结果具有较大的影响。综上,在番茄综合评价过程中,生长指标对番茄生长影响较小,而生理指标影响较大。因此,评价指标的选取对作物生长综合评价模型适用性具有一定的影响。

本试验数据还显示,在 Z₀W₅₀ 处理条件下,番茄生长多项指标均达到最低水平(图 1),这与前人的研究结果^[31-32]一致,这是因为水分胁迫(50% ~ 60% 田间持水量)会严重抑制作物根系的生长^[33],影响根系对水分和营养成分的吸收利用,进而显著

抑制作物生长^[34-36]。而由图 2 可知,PCAq 模型结果表现为 $Z_0 W_{50} > Z_0 W_{75} > Z_0 W_{100}$,说明在不施沸石的前提下,灌水量越低,植株生长越好,这与本研究客观试验规律不符。这可能是由于该模型未能平衡品质与产量之间的关系,更侧重品质因子对番茄生长状况的影响。PCAq 模型中第 1 主成分主要受到 Ff、NC、VC、SS 的正载荷影响和 OA、产量的负载荷影响,且 Ff、NC、VC、SS 与产量之间均呈负相关,所以第 1 主成分中受到的正、负载荷影响并不能抵消,从而导致评价结果不符合优质高产的番茄种植目标。因此,评价指标的选取对作物生长综合评价结论合理性具有一定的影响。

综上,主成分的作物生长综合评价模型适用性、结论的合理性与评价指标选取等密切相关,所以在农业生产活动中,作物生理与品质指标相对缺乏时,选择 PCAg 模型对番茄进行生长状况综合评价也可以获得较好的评价结果。在作物生长各项指标比较全面时,选择 PCAp、PCAc 模型对番茄进行综合评价均可获得较好的评价结果,且评价结果具有一致性,但 PCAc 模型可以更全面、客观地反映出番茄生长状况。综上,虽然各种模型适用条件具有一定差异,但均得到交替滴灌番茄高效种植最优水分-沸石耦合处理为 $Z_6 W_{100}$ 。

4 结论

本研究基于水分-沸石耦合交替膜下滴灌番茄生长试验数据,建立了 PCAg、PCAq、PCAp、PCAc 等 4 种主成分评价模型。PCAg、PCAq、PCAp、PCAc 模型均提取出 2 个主成分,第 1 主成分均命名为非水分因子,方差贡献率分别为 79.18%、71.05%、76.83%、77.52%。第 2 主成分均命名为水分利用因子,方差贡献率分别为 14.51%、21.56%、17.05%、16.31%。基于 PCAp 和 PCAc 模型的番茄综合评价结果的相关系数为 1.00,具有较好的一致性,而其他模型之间的评价结果具有一定差异性,交替滴灌番茄高效种植适宜采用的水分-沸石耦合调控策略为:水分 100% E、沸石量 6 t/hm²。

参考文献:

- [1] 魏守辉,肖雪梅,钟源,等. 日光温室不同时段补光对番茄果实品质及挥发性物质影响[J]. 农业工程学报,2020,36(8):188-196.
- [2] 吴玥,李威,马德志,等. 基于熵值赋权的 DTOPSIS 法对不同玉米品种综合评价研究[J]. 玉米科学,2019,27(4):32-41.
- [3] 韩泽群,姜波. 加工番茄品种多性状综合评价方法研究[J].

中国农业科学,2014,47(2):357-365.

- [4] 吕剑,金宁,郁继华,等. 基质栽培黄瓜生长、产量及品质对不同灌水下限的响应[J]. 干旱地区农业研究,2020,38(5):107-115.
- [5] 李文玲,孙西欢,郭向红,等. 膜下滴灌条件下不同水氮供应对大棚番茄品质的影响[J]. 节水灌溉,2020(1):34-38.
- [6] 周艳超,薛坤,葛海燕,等. 基于主成分与聚类分析的樱桃番茄品质综合评价[J]. 浙江农业学报,2021,33(12):2320-2329.
- [7] 郑美玲,刘前进,杨金初,等. 基于主成分分析与聚类分析综合评价不同甘薯浸膏的香气品质[J]. 中国食品添加剂,2022,33(3):196-206.
- [8] Bi Y J, Lyu P P, Su R D, et al. Determination of the buried depth and pressure head under mistube irrigation based on principal component analysis[J]. Fresenius Environmental Bulletin. 2020, 29:5021-5028.
- [9] 黄媛,李瑜玲,高欣娜,等. 基于主成分分析的番茄苗期生长评价指标研究[J]. 中国瓜菜,2021,34(8):32-37.
- [10] 朱永福,田军仓,董思琼,等. 基于主成分分析的生活再生水滴灌对苹果影响的综合评价[J]. 节水灌溉,2022(2):21-27.
- [11] 王峰,杜太生,邱让建. 基于品质主成分分析的温室番茄亏缺灌溉制度[J]. 农业工程学报,2011,27(1):75-80.
- [12] 王秀康,杜常亮,邢金金,等. 基于水肥供应条件下温室番茄品质性状的主成分分析[J]. 分子植物育种,2017,15(2):698-704.
- [13] 张文哲,陈可欣,欧琦骏,等. 灌水量和生物炭施用量对温室番茄株高茎粗的影响[J]. 南方农机,2021,52(19):48-51.
- [14] 张威贤,孙西欢,马娟娟,等. 蓄水坑灌下不同灌水上限对苹果树吸水根系和产量的影响[J]. 节水灌溉,2021(1):53-59.
- [15] 李蕊,郭向红,孙西欢,等. 蓄水坑灌坑深及灌水对新梢旺长期苹果幼树生长的影响[J]. 排灌机械工程学报,2017,35(11):1000-1007.
- [16] 刘晓奇,肖雪梅,王俊文,等. 水分亏缺对日光温室基质栽培番茄果实营养和风味品质的影响[J]. 江苏农业学报,2021,37(2):443-453.
- [17] 陈思,牛晓丽,周振江,等. 根系分区交替灌溉条件下水肥供应对番茄有机酸含量的影响[J]. 干旱地区农业研究,2013,31(4):16-20.
- [18] 范兵华,马乐乐,任瑞丹,等. 有机营养液灌溉频次和灌水量对设施甜瓜产量、品质及水肥利用效率的影响[J]. 应用生态学报,2019,30(4):1261-1268.
- [19] Tang L, Luo W J, He Z L, et al. Variations in cadmium and nitrate co-accumulation among water spinach genotypes and implications for screening safe genotypes for human consumption[J]. Journal of Zhejiang University(Science B),2018,19(2):147-158.
- [20] 董琼,李世民,高尚杰,等. 不同种源树番茄果实品质比较及综合分析[J]. 食品与发酵工业,2022,48(4):266-273.
- [21] 叶少萍,李铤,张俊涛,等. 基于主成分分析的古树土壤肥力综合评价[J]. 生态科学,2022,41(1):196-205.
- [22] 岳冬,鲁博,刘娜,等. 基于主成分分析法的番茄内在品质评价指标的选择[J]. 上海农业学报,2017,33(1):88-92.
- [23] 刘臣辉,吕信红,范海燕. 主成分分析法用于环境质量评价的探讨[J]. 环境科学与管理,2011,36(3):183-186.

谢志明,玛依努尔·吾斯曼,覃志强,等. 盐胁迫对 4 种甜瓜种子萌发及幼苗生理特性的影响[J]. 江苏农业科学,2023,51(11):146-152.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2023.11.021

盐胁迫对 4 种甜瓜种子萌发及幼苗生理特性的影响

谢志明,玛依努尔·吾斯曼,覃志强,方志刚

(喀什大学生命与地理科学学院/新疆帕米尔高原生物资源与生态重点实验室,新疆喀什 844000)

摘要:为探讨盐胁迫对甜瓜种子萌发及幼苗生理特性的影响,鉴定甜瓜的耐盐性,用 NaCl 模拟盐胁迫,以常规伽师瓜、杂交伽师瓜、绿肉伽师瓜、西开欣 4 种甜瓜为材料,设定种子萌发期间 NaCl 浓度为 0、25、50、75、100、125 mmol/L,幼苗期 NaCl 浓度为 100 mmol/L。结果表明,盐胁迫显著影响了甜瓜种子萌发,不同甜瓜品种在盐胁迫下种子萌发存在较大差异,利用隶属函数法建立综合评价体系,发现 4 种甜瓜的耐盐性表现为西开欣 > 常规伽师瓜 > 杂交伽师瓜 > 绿肉伽师瓜。苗期试验结果表明,100 mmol/L NaCl 胁迫显著降低了 4 种甜瓜幼苗的株高、茎粗、叶面积及干物质的积累。其中,绿肉伽师瓜的降幅最大。除此之外,盐胁迫下,绿肉伽师瓜幼苗叶绿素含量显著降低,细胞膜透性和丙二醛含量均显著升高,其余甜瓜品种叶片叶绿素含量和丙二醛含量变化不显著。综合上述研究结果可知,西开欣和常规伽师瓜为耐盐型甜瓜,绿肉伽师瓜为盐敏感型甜瓜。

关键词:甜瓜;盐胁迫;种子萌发;幼苗;生理特性;隶属函数法

中图分类号:Q945.78;S652.01 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2023)11-0146-07

盐渍土在全球分布广泛,据统计,全球现有盐

渍土地面积约 $1.1 \times 10^9 \text{ hm}^2$,我国盐渍土面积约为 $9.9 \times 10^7 \text{ hm}^2$,其中,新疆是我国盐渍土地面积最大、分布最广的区域^[1-2]。除自然原因外,由于农田施肥量增加及不合理的灌溉,使土壤盐渍化呈现出增长趋势,对农业生产造成不利影响^[3]。土壤盐渍化是世界各国重点关注的环境和生态问题之一,已经成为限制农业生产的重要因素。盐渍土地的开发和利用,对于农业生产和土地的可持续发展具有重大意义。

种子萌发和幼苗生长容易受环境中盐分的影

收稿日期:2022-07-04

基金项目:喀什大学高层次人才科研启动项目(编号:022019032);新疆帕米尔高原生物资源与生态重点实验室开放课题项目(编号:XJDX1714-2021-09)。

作者简介:谢志明(1998—),女,黑龙江双鸭山人,硕士研究生,主要从事植物逆境生理与资源利用研究。E-mail:x13125926016@126.com。

通信作者:方志刚,博士,副教授,主要从事植物逆境生理与资源利用研究。E-mail:fangyi20@126.com。

[24]雷月,宫彦龙,邓茹月,等. 基于主成分分析和聚类分析综合评价蒸谷米的品质特性[J]. 食品工业科技,2021,42(7):258-267.

[25]巨晓军,章明,屠云洁,等. 基于主成分分析的不同品种鸡肉品质评价[J]. 家畜生态学报,2021,42(4):45-51.

[26]孟鑫,吕剑,罗石磊,等. 不同营养液浓度对日光温室番茄果实品质的影响[J]. 中国蔬菜,2021(10):85-90.

[27]赵玉红,孙涛,朱柯钰,等. 陕北基质栽培樱桃番茄品种的筛选[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2021,49(10):73-82.

[28]Hao S X, Cao H X, Wang H B, et al. Effects of water stress at different growth stages on comprehensive fruit quality and yield in different bunches of tomatoes in greenhouses [J]. International Journal of Agricultural and Biological Engineering, 2019, 12(3): 67-76.

[29]喻华平,赵志常,高爱平,等. 基于主成分分析和聚类分析的 23 份黄皮种质资源的品质评价[J]. 热带作物学报,2022,43(7):

1357-1364.

[30]李炜,毕影东,刘建新,等. 寒地野生大豆资源农艺性状的相关性和主成分分析[J]. 土壤与作物,2022,11(1):10-17.

[31]雷涛,毕远杰,马娟娟,等. 不同水分-沸石量-埋深条件下番茄生长特性研究[J]. 人民黄河,2022,44(2):153-156,160.

[32]李旭峰,马娟娟,孙西欢,等. 节水减氮对温室番茄生长及水氮利用率的影响[J]. 排灌机械工程学报,2021,39(10):1056-1061.

[33]聂伟燕,赵尊练,夏云飞,等. 水分胁迫对线辣椒根系生长及产量的影响[J]. 干旱地区农业研究,2014,32(4):30-36.

[34]王学文,付秋实,王玉珏,等. 水分胁迫对番茄生长及光合系统结构性能的影响[J]. 中国农业大学学报,2010,15(1):7-13.

[35]张倩,曾健,张振华,等. 循环曝气地下滴灌下温室番茄生长特性与产量研究[J]. 农业机械学报,2022,53(2):365-377.

[36]古成彬,陆玲鸿,宋根华,等. 外源褪黑素预处理对于旱胁迫下桃苗生长的缓解效应[J]. 植物生理学报,2022,58(2):309-318.