



日光温室菜地土壤质量障碍因子及改良对策

Soil Quality Limiting Factors and Improvement Measures in Greenhouse Vegetable Fields

参赛人员：张琼尹 吕心怡 傅昱

指导老师：邓小芳、李晋波

研究背景

日光温室因高产、高效和季节适应性强，在我国蔬菜生产中占据重要地位。但在长期栽培过程中，普遍存在化肥过量投入的问题，加之温室内高温、高湿、高蒸发且无雨水淋洗的封闭环境，土壤退化严重且随着种植年限延长，其趋势愈加明显，严重影响日光温室的可持续发展。因此，本研究以典型日光温室为对象，系统探讨影响其土壤健康的主要障碍因子，并提出改良对策。



材料与方法

1、试验设计：在陕西省蔬菜集约化种植区泾阳县，选择粮田作为对照以及种植年限分别为2-3、12-13、21-23和30-31年的日光温室菜地作为研究对象。粮田设置6个重复样地，各类温室菜地分别设置11-13个大棚作为重复样地。按照“S”型路径在0-20 cm土层采集5个土壤样点并混合制样。

2、测定指标：pH、EC、有机质、矿质态氮（硝态氮、铵态氮）、速效磷、速效钾、八大盐基离子（ Ca^{2+} 、 K^{+} 、 Mg^{2+} 、 Na^{+} 、 Cl^{-} 、 HCO_3^{-} 、 SO_4^{2-} ）。

结果与分析

1、土壤理化性质随种植年限的变化

日光温室种植显著降低了土壤pH值，较粮田下降约0.5个单位；同时，EC显著升高。土壤有机质含量随种植年限呈先升高后下降的趋势，在种植12-13年时达到峰值（ $24.81 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ）。矿质态氮、速效磷和速效钾的含量变化趋势基本一致，均在前21年随种植年限的延长而增加，在20-21年达到最高值，之后显著下降。

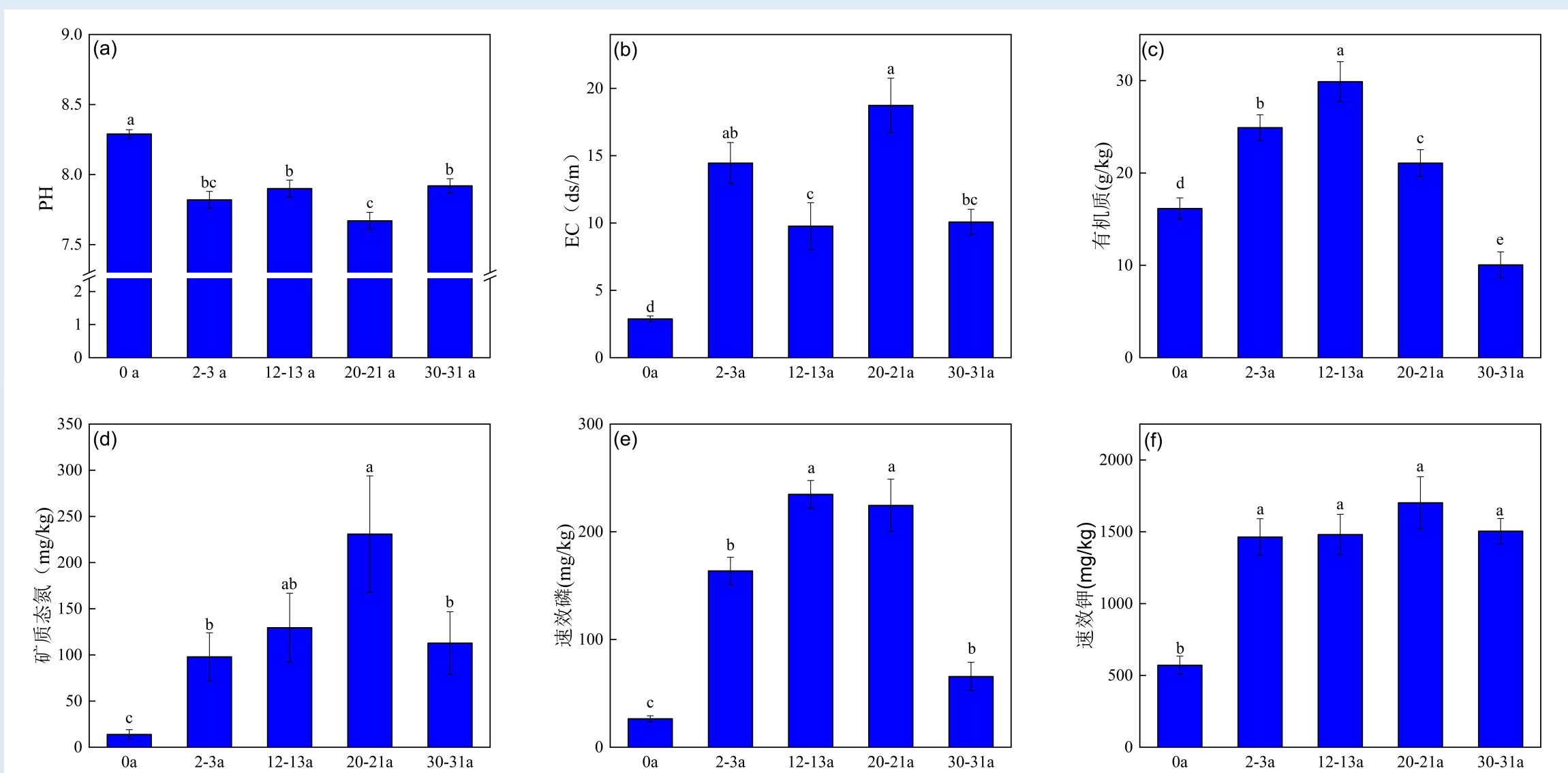


图1 日光温室土壤理化性质

2、土壤盐基离子含量及占比随种植年限的变化

表1 不同种植年限土壤盐基离子

盐基离子	农田 (0 a)	2-3 a	12-13 a	20-21 a	30-31 a
K^{+} (mg/kg)	11.71 ± 1.89 c	232.71 ± 27.01 a	195.10 ± 28.30 ab	257.75 ± 33.67a	55.75 ± 12.15c
Na^{+} (mg/kg)	23.70 ± 8.79 d	235.16 ± 25.37bc	201.80 ± 25.08bc	319.37 ± 33.89 a	83.67 ± 18.11d
Ca^{2+} (mg/kg)	70.58 ± 5.40 b	195.07 ± 50.26 b	249.37 ± 57.65 b	481.66 ± 114.97b	100.79 ± 20.22 b
Mg^{2+} (mg/kg)	25.88 ± 2.16 e	173.03 ± 20.95bc	186.40 ± 23.91bc	266.45 ± 29.19 a	90.05 ± 15.51de
SO_4^{2-} (mg/kg)	643.61 ± 65.20e	5434.79 ± 770.45bc	6913.43 ± 831.69b	9038.84 ± 992.95a	2823.68 ± 523.49de
NO_3^{-} (mg/kg)	38.21 ± 4.93 d	289.03 ± 40.35bc	383.28 ± 64.66bc	683.86 ± 103.70a	331.08 ± 63.81bc
Cl^{-} (mg/kg)	11.35 ± 0.64e	46.39 ± 5.76bc	43.27 ± 4.70bcd	59.80 ± 4.29a	31.71 ± 3.05cd
HCO_3^{-} (mg/kg)	395.99 ± 14.14a	241.11 ± 20.85c	231.80 ± 11.33c	308.68 ± 24.36b	244.42 ± 10.60c
CO_3^{2-} (mg/kg)	15.08 ± 1.32b	28.12 ± 3.42a	19.71 ± 2.32ab	21.88 ± 3.24ab	19.63 ± 1.88ab
全盐量 (g/kg)	1.42 ± 0.06e	6.59 ± 0.77bc	8.04 ± 0.65b	10.75 ± 0.89a	3.45 ± 0.39de

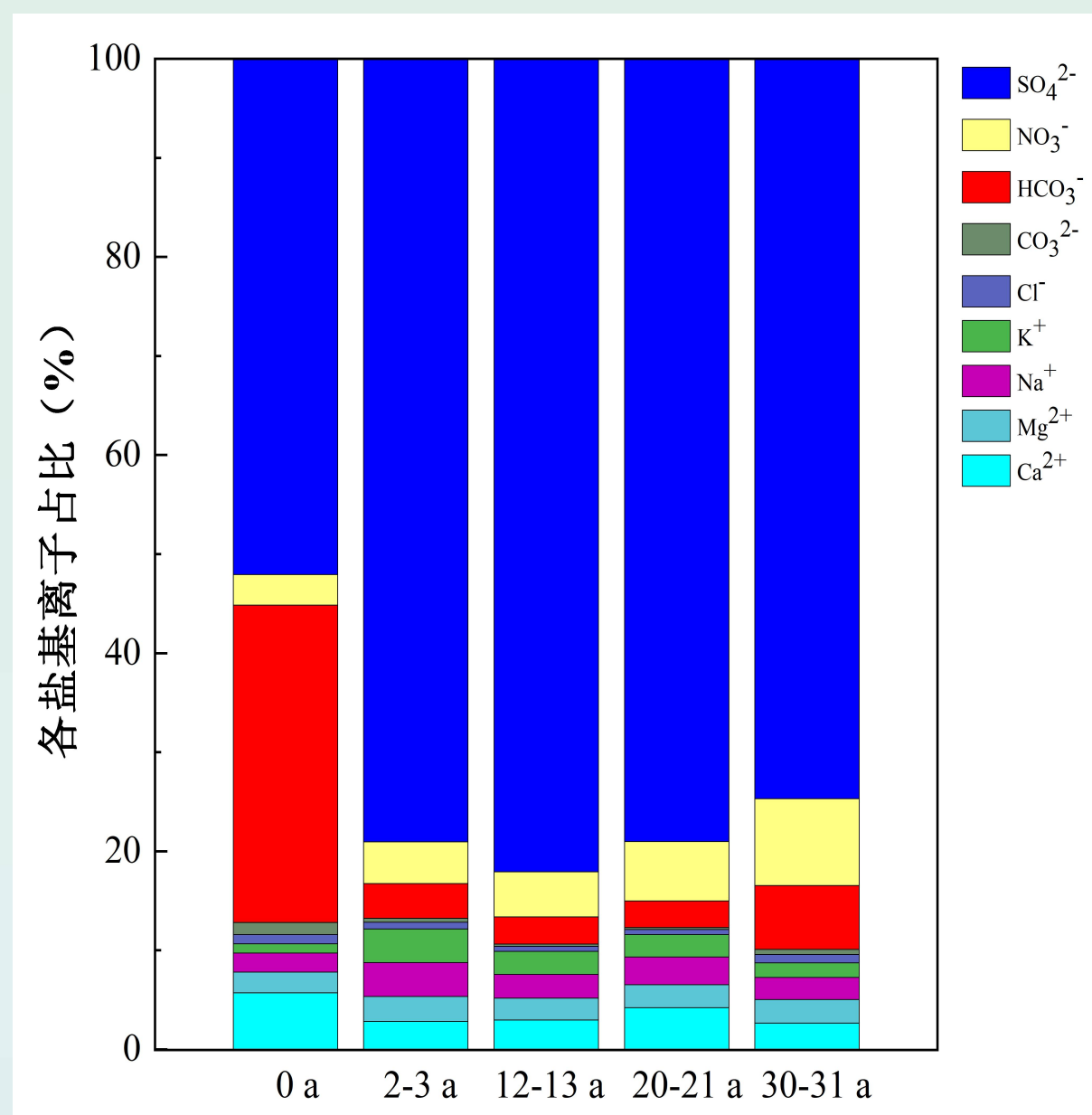


图2 日光温室各盐基离子占比

除 HCO_3^{-} 和 CO_3^{2-} 外，日光温室土壤中各类盐基离子含量均显著高于粮田。其中，阳离子以 Ca^{2+} 和 Na^{+} 为主，阴离子则主要为 SO_4^{2-} 和 NO_3^{-} 。随着种植年限的增加， SO_4^{2-} 占比从52%上升到75%-82%，而 HCO_3^{-} 占比则由32%下降到3%-6%。

3、土壤全盐含量及盐基离子随种植年限的变化

日光温室菜地中 K^{+} 、 Na^{+} 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} 、 NO_3^{-} 和 Cl^{-} 的含量随种植年限的延长呈相似变化趋势：在一定年限内逐渐升高，随后又出现下降。而 HCO_3^{-} 和 CO_3^{2-} 的含量则在整个种植年限范围内变化不显著。

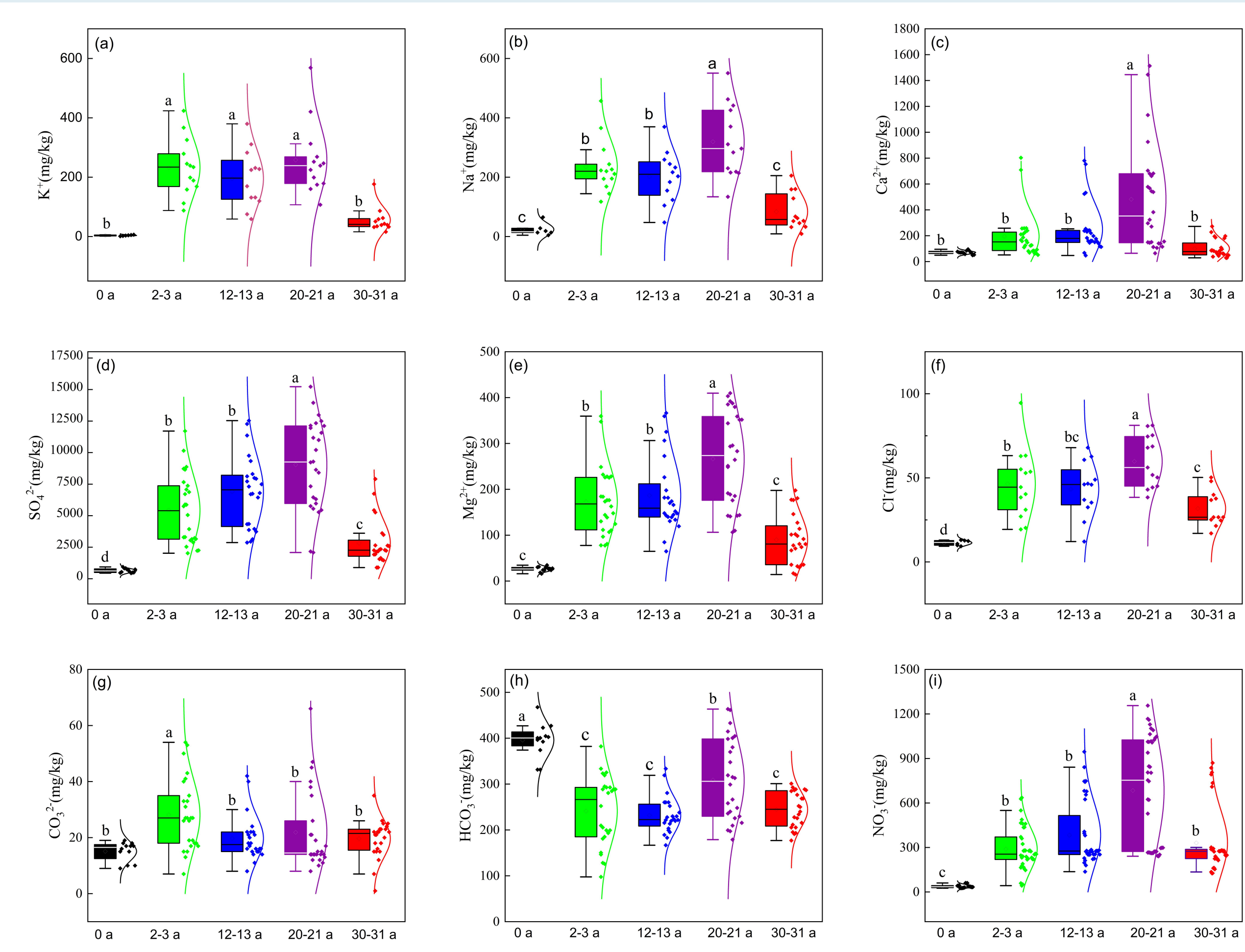


图3 日光温室盐基离子随种植年限变化

在种植前20年内，土壤全盐含量随着种植年限的延长逐渐增加，并在约第20年达到峰值，随后呈下降趋势。土壤表层盐渍化现象尤为显著。

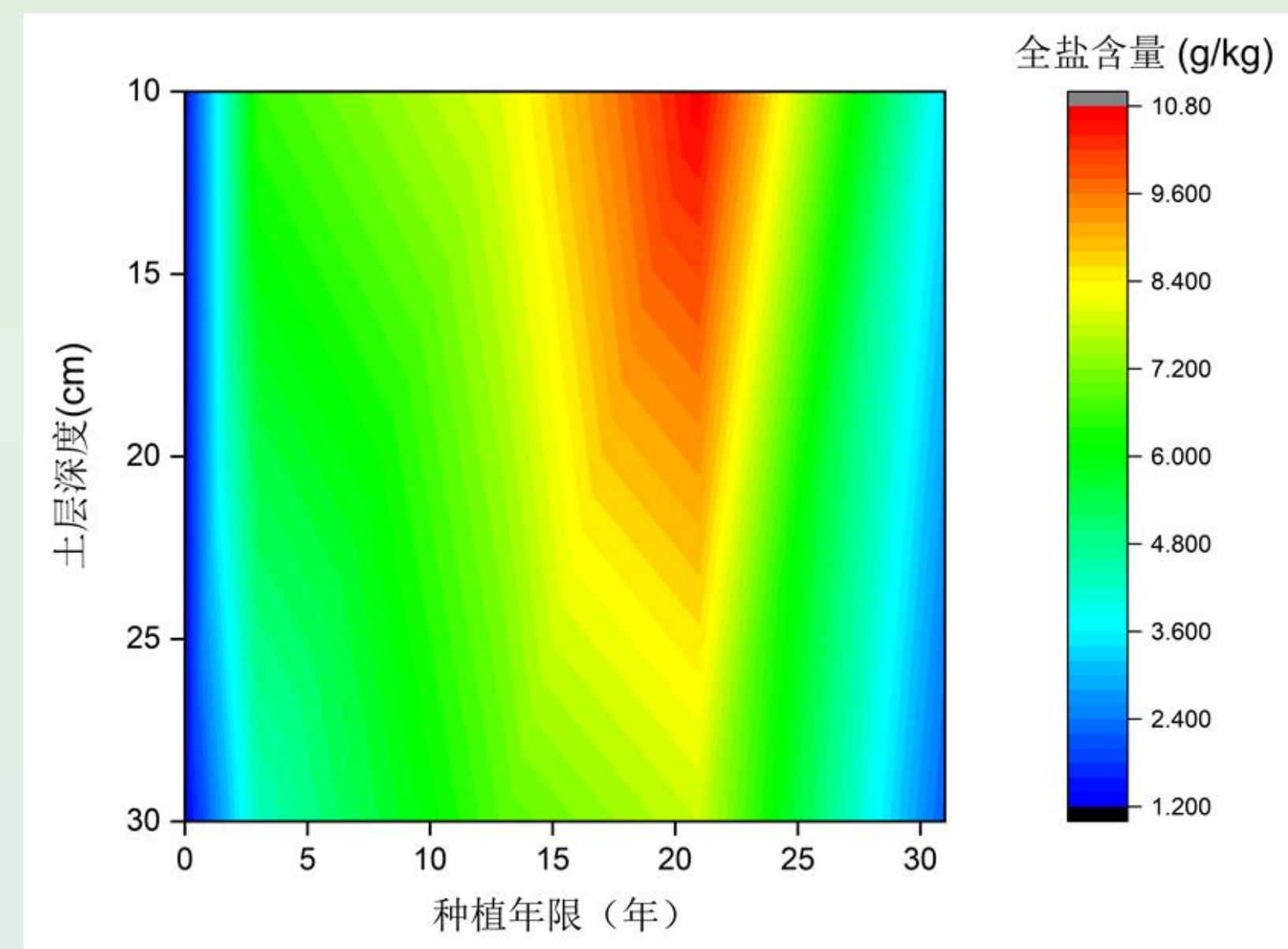


图4 全盐含量随种植年限变化

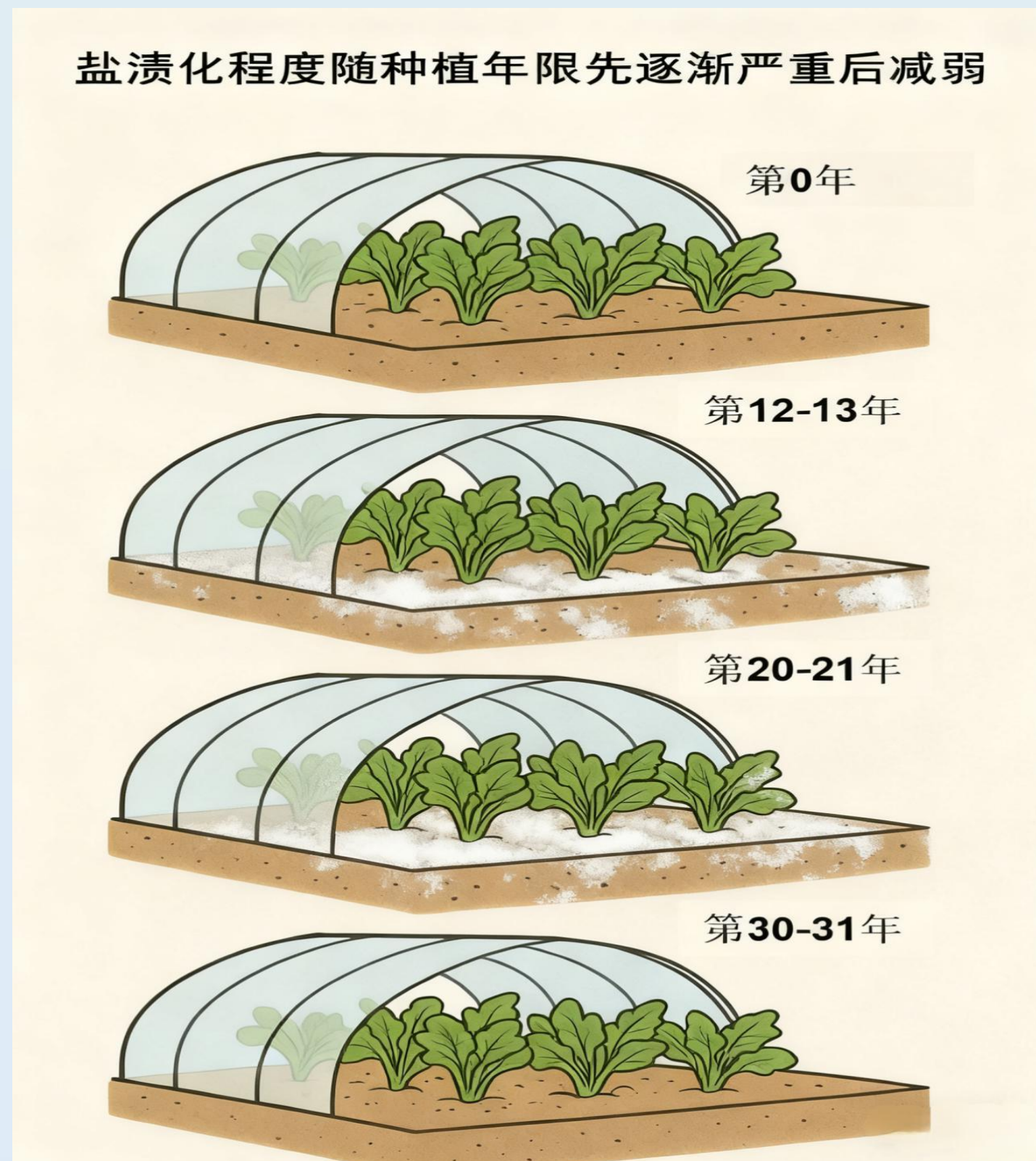
结论与对策

➤ 结论：

- 日光温室种植显著降低了土壤pH值，同时提高了电导率（EC）以及矿质态氮、速效磷和速效钾的含量。
- 不同种植年限的日光温室土壤均出现了次生盐渍化现象(全盐含量 $>2 \text{ g/kg}$)。在种植2~20年期间，次生盐渍化程度随种植年限增加而加剧，之后呈减弱趋势。
- 陕西泾阳县日光温室土壤的次生盐渍化类型以硫酸盐型为主， SO_4^{2-} 的比例超过70%。

➤ 改良对策：

通过水肥一体化智能管控减少水肥过量投入、施用微生物菌剂修复土壤、施用腐殖酸专用肥料等措施缓解修复日光温室菜地盐渍化障碍问题。



致谢

感谢全国大学生创新创业项目资助（202510712250）
感谢资源环境学院邓小芳和李晋波老师的辛勤指导
科创团队成员张琼尹，傅昱，杜昊霖，褚陈浩