



# 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绿色发展。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（ $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ ）。

### 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。

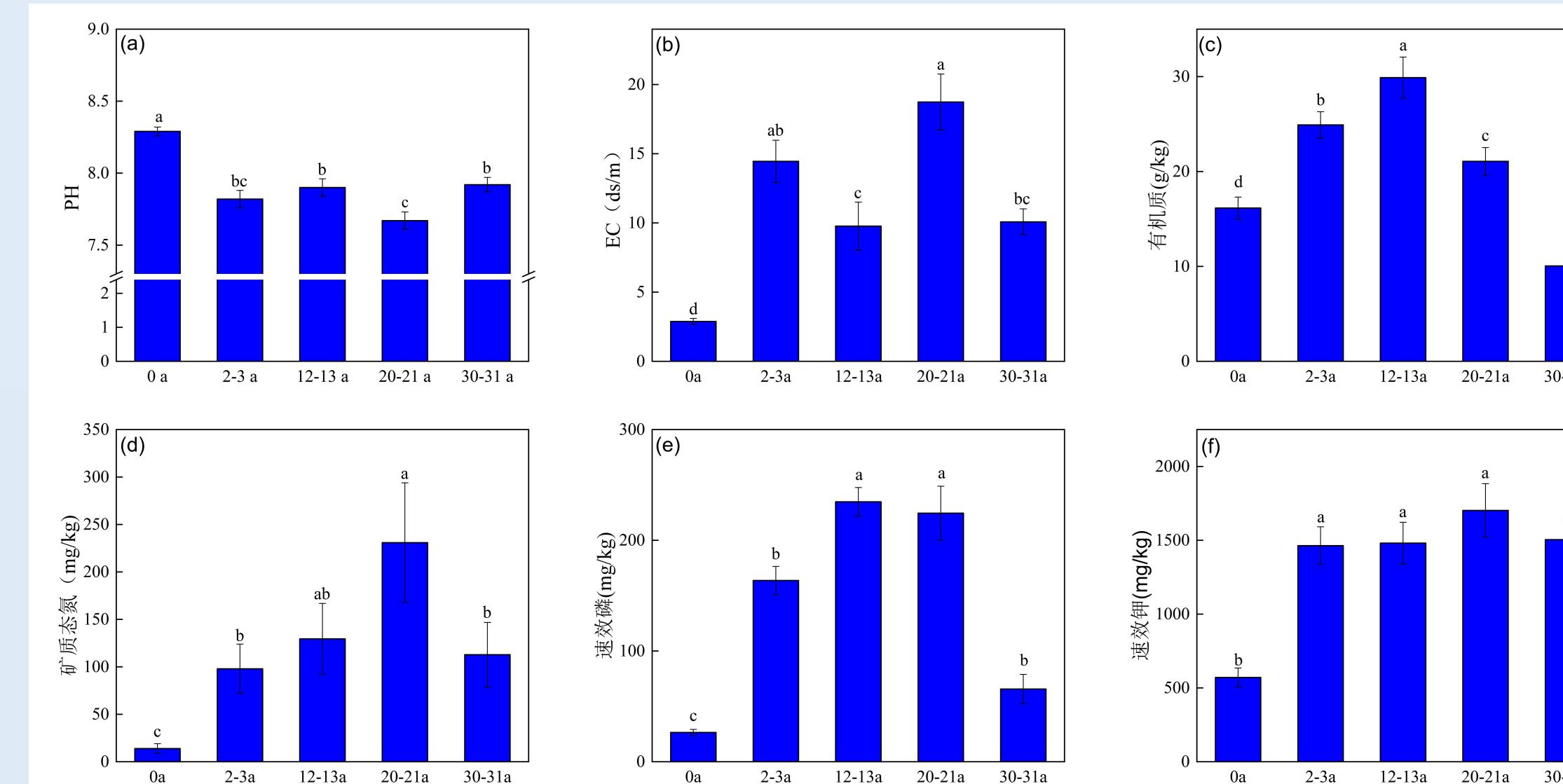


图1 日光温室土壤理化性质

#### 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
$\text{K}^+(\text{mg/kg})$	$11.71 \pm 1.89\text{ c}$	$232.71 \pm 27.01\text{ ab}$	$195.10 \pm 28.30\text{ ab}$	$257.75 \pm 33.67\text{ a}$	$55.75 \pm 12.15\text{ c}$
$\text{Na}^+(\text{mg/kg})$	$23.70 \pm 8.79\text{ d}$	$235.16 \pm 25.37\text{ bc}$	$201.80 \pm 25.08\text{ bc}$	$319.37 \pm 33.89\text{ a}$	$83.67 \pm 18.11\text{ d}$
$\text{Ca}^{2+}(\text{mg/kg})$	$70.58 \pm 5.40\text{ b}$	$195.07 \pm 50.26\text{ b}$	$249.37 \pm 57.65\text{ b}$	$481.66 \pm 114.97\text{ b}$	$100.79 \pm 20.22\text{ b}$
$\text{Mg}^{2+}(\text{mg/kg})$	$25.88 \pm 2.16\text{ e}$	$173.03 \pm 20.95\text{ bc}$	$186.40 \pm 23.91\text{ b}$	$266.45 \pm 29.19\text{ a}$	$90.05 \pm 15.51\text{ de}$
$\text{SO}_4^{2-}(\text{mg/kg})$	$643.61 \pm 65.20\text{ e}$	$5434.79 \pm 770.45\text{ bc}$	$6913.43 \pm 831.69\text{ b}$	$9038.84 \pm 992.95\text{ a}$	$2823.68 \pm 523.49\text{ de}$
$\text{NO}_3^-(\text{mg/kg})$	$38.21 \pm 4.93\text{ d}$	$289.03 \pm 40.35\text{ bc}$	$383.28 \pm 64.66\text{ bc}$	$683.86 \pm 103.70\text{ a}$	$331.08 \pm 63.81\text{ bc}$
$\text{Cl}^-(\text{mg/kg})$	$11.35 \pm 0.64\text{ e}$	$46.39 \pm 5.76\text{ bc}$	$43.27 \pm 4.70\text{ bcd}$	$59.80 \pm 4.29\text{ a}$	$31.71 \pm 3.05\text{ cd}$
$\text{HCO}_3^-(\text{mg/kg})$	$395.99 \pm 14.14\text{ a}$	$241.11 \pm 20.85\text{ c}$	$231.80 \pm 11.33\text{ c}$	$308.68 \pm 24.36\text{ b}$	$244.42 \pm 10.60\text{ c}$
$\text{CO}_3^{2-}(\text{mg/kg})$	$15.08 \pm 1.32\text{ b}$	$28.12 \pm 3.42\text{ a}$	$19.71 \pm 2.32\text{ ab}$	$21.88 \pm 3.24\text{ ab}$	$19.63 \pm 1.88\text{ ab}$
全盐量 ( $\text{g}/\text{kg}$ )	$1.42 \pm 0.06\text{ e}$	$6.59 \pm 0.77\text{ bc}$	$8.04 \pm 0.65\text{ b}$	$10.75 \pm 0.89\text{ a}$	$3.45 \pm 0.39\text{ de}$

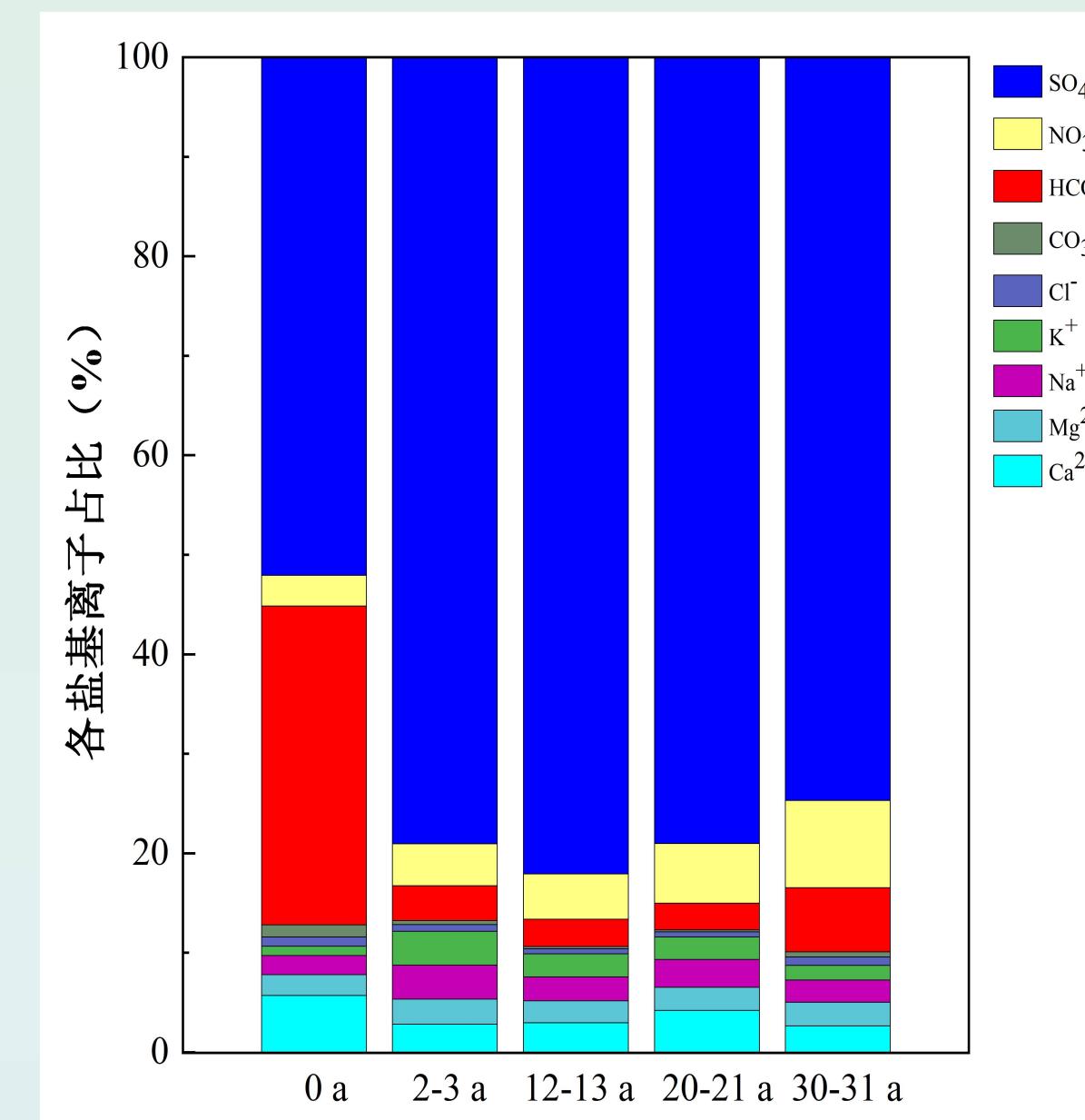


图2 日光温室各盐基离子占比

#### 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 $\text{K}^+$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{NO}_3^-$ 和 $\text{Cl}^-$ 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 $\text{HCO}_3^-$ 和 $\text{CO}_3^{2-}$ 的含量则在整个种植年限范围内变化不显著。

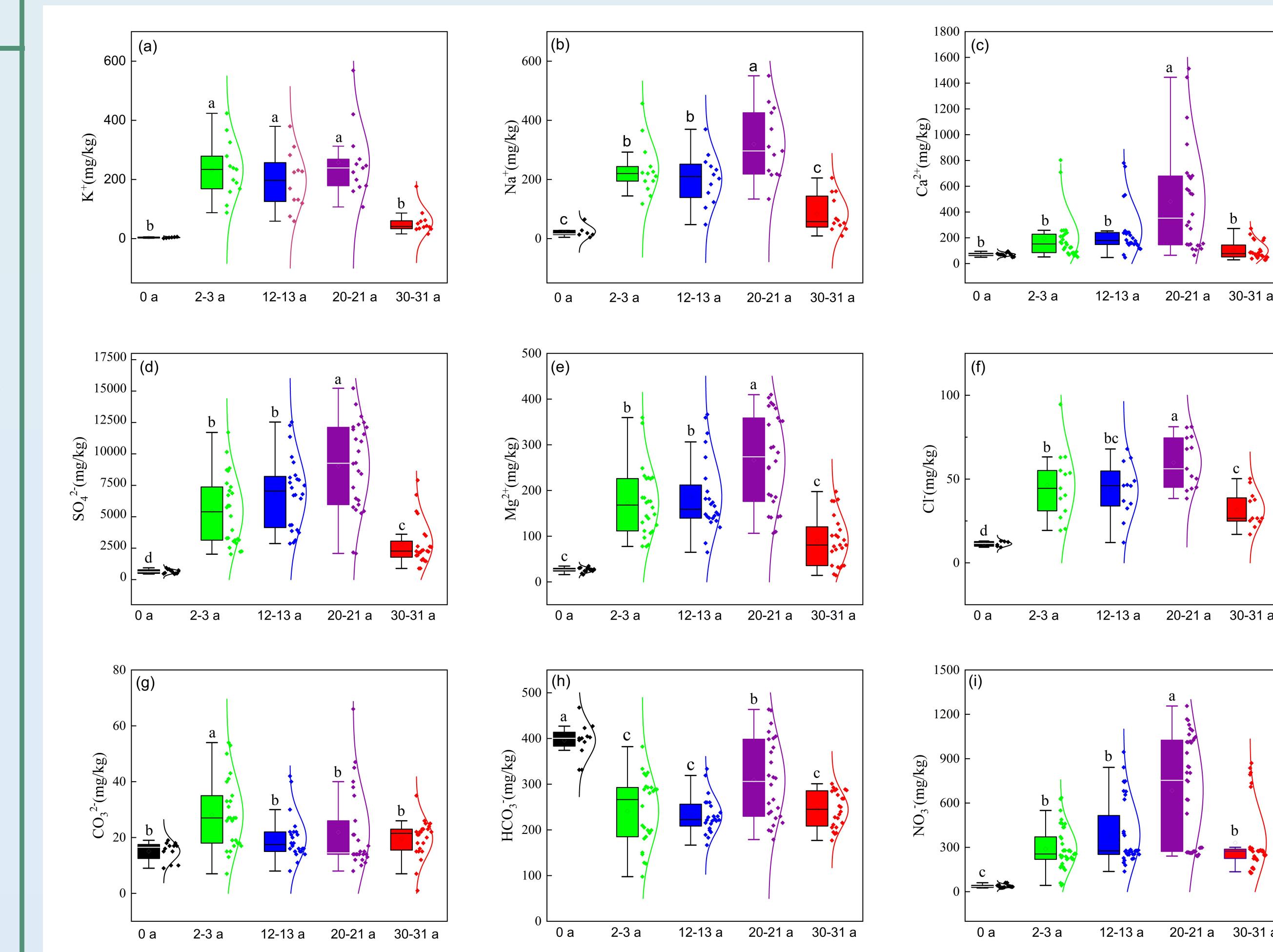


图3 日光温室盐基离子随种植年限变化

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。

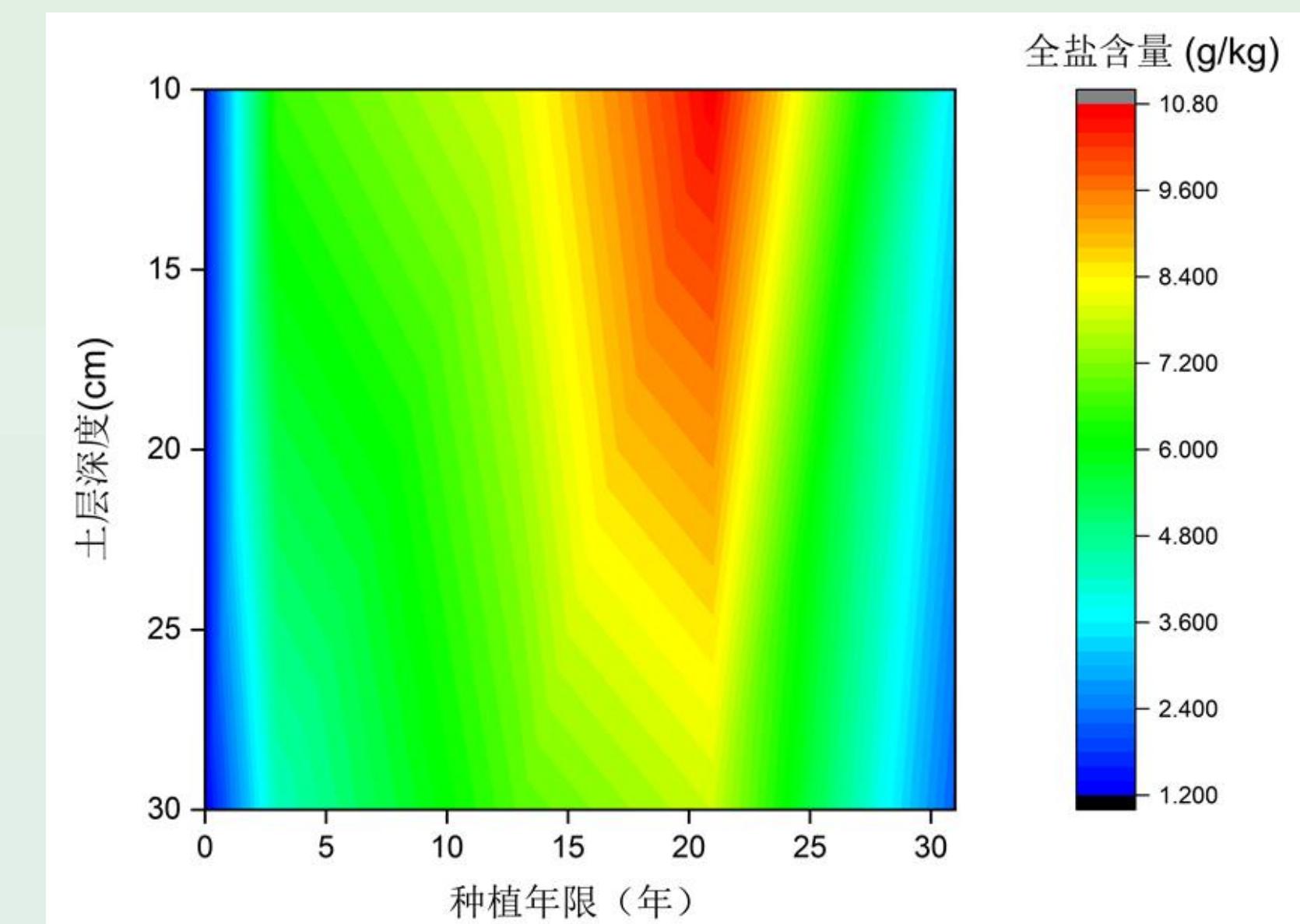


图4 全盐含量随种植年限变化

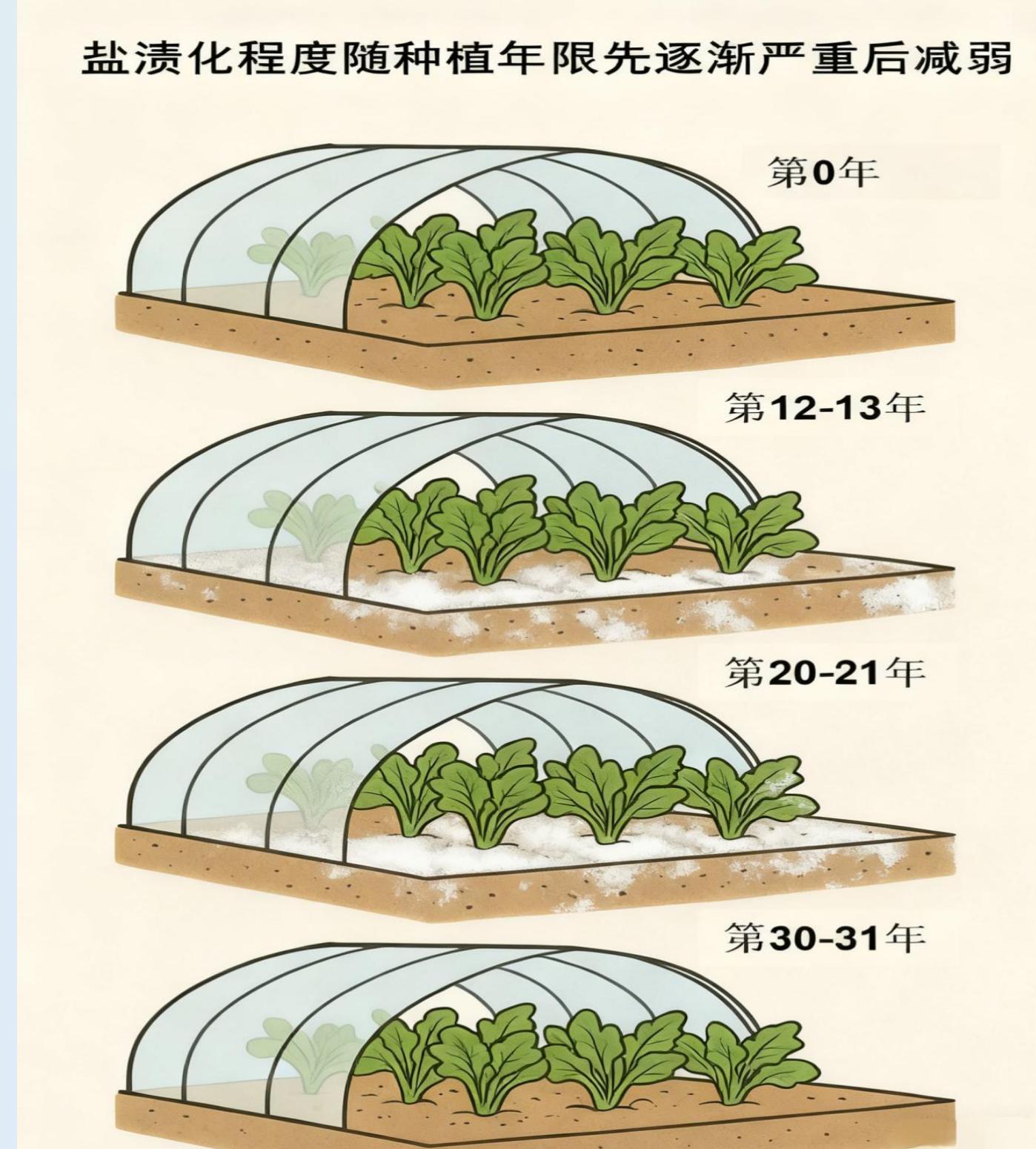
### 结论与对策

#### 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 $>2\text{ g}/\text{kg}$ )。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， $\text{SO}_4^{2-}$ 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