

非耕地设施蔬菜科技进展

蒋卫杰 研究员
中国农科院蔬菜花卉研究所

2023年11月9日，湖南汉寿



中国农业科学院蔬菜花卉研究所
Institute of Vegetables & Flowers, CAAS



汇报内容

- 1、戈壁生态农业发展背景和概况
- 2、戈壁设施蔬菜无土栽培技术应用及效果

- 戈壁生态农业：**在戈壁滩、砂石地、盐碱地、沙化地、滩涂地等不适宜耕作的闲置土地上，进行设施栽培蔬菜等作物的新型生产方式。
- 重大战略意义：**高效利用非耕地闲置空间进行设施生产，有效缓解耕地资源紧张。
- 发展潜力：**发展戈壁生态农业**461**万亩，可替代、腾退**2000**万亩陆地蔬菜（播种面积）供粮食作物生产。

一、背景

- 2007年甘肃酒泉在中国农科院蔬菜花卉所的指导下，开展了设施非耕地无土栽培技术研究示范，先后建成了6个非耕地科技示范园区，并向周边县市延伸发展。
- 有机生态型无土栽培技术：不用营养液的无土栽培技术。

第一座戈壁日光温室（2007年）



温室建造原始场景



一、背景



2009年10月17日，大宗蔬菜产业技术体系在甘肃酒泉召开非耕地无土栽培技术现场会（17个省（市、区）的136位代表参会）。

一、背景

2010年10月17日，刘司长到酒泉非耕地无土栽培基地调研。





2010年12月2日



2011年7月2日

农业部科教司二次组织召开非耕地农业应用座谈会

2012-2016年，农业农村部行业科技“非耕地项目”实施

项目示范基地

甘肃： 酒泉市肃州区总寨镇日光温室示范基地
张掖市临泽县沙河镇日光温室示范基地
武威市天祝县华藏寺镇设施葡萄示范基地

内蒙古： 赤峰市松山区城子乡花匠沟门村
巴彦淖尔市五原县塔尔湖镇常丰五社
阿拉善盟左旗吉兰泰镇瑙干陶力嘎查

项目示范基地

- 新疆：吐鲁番现代农业科技示范园（亚尔乡亚尔果勒村）
塔城高寒区非耕地设施园艺示范基地（塔城二工镇）
喀什高温区非耕地设施园艺示范基地（英吉沙县艾古斯乡5村）
- 宁夏：中卫市沙坡头区西北部的腾格里沙漠东南缘
石嘴山市大武口区星海镇枣香村
- 青海：海西州德令哈市非耕地农业利用技术示范基地
- 西藏：拉萨城关区西藏设施园艺产业化示范基地

2017年，时任甘肃省人民政府省长唐仁健同志在酒泉调研后批示：“发展戈壁设施蔬菜产业，通过集成新兴技术，原来大量的、闲置无法利用的戈壁、沙漠、盐碱地将变为发展集约高效现代农业的宝地，这是变废为宝、点石成金的革命性创新，加上辐射中亚西亚南亚和中东欧的区位优势，前景十分广阔、潜力十分巨大。”

2017年甘肃省农业厅调研结论

河西走廊是我国荒漠化最严重的地区之一，也是典型的戈壁绿洲农业。东西绵延1200多公里，土地总面积27.54万平方公里，**现有耕地约1200万亩**，仅占土地面积的十万分之三。**据粗略测算，河西走廊现有适宜于设施农业建设的非耕地约1500万亩，如果科学利用，可以实现再造一个河西绿洲的梦想。**

甘肃戈壁生态农业规模

- 酒泉市肃州区从2007年开始向戈壁荒滩进军，通过示范推广有机生态无土栽培、非耕地日光温室建造等实用技术，大力发展非耕地设施农业。至2022年底，甘肃省河西五市新增戈壁设施农业**累计达36万亩**。酒泉**全市16.5万亩**戈壁设施农业中，日光温室8.5万亩，大棚8万亩。
- 目前，肃州区戈壁农业已成为该区农业增效、农民增收的支柱产业之一。

□ 至今，甘肃已累计发展戈壁生态农业37.5万亩

□ 新疆戈壁生态农业面积达13.33万亩

□ 内蒙古沙漠生态农业约有2200亩



二、戈壁设施蔬菜无土栽培技术及效果

1、戈壁农业一条路：无土栽培

- ❑ 缺水：水资源短缺但利用率不高。
- ❑ 缺基质：基质资源短缺但用量大且寿命短。
- ❑ 缺乏适宜的基质栽培管理技术。



基质栽培是无土栽培主要方式



岩棉基质成本超2万/亩



戈壁滩缺水、缺土

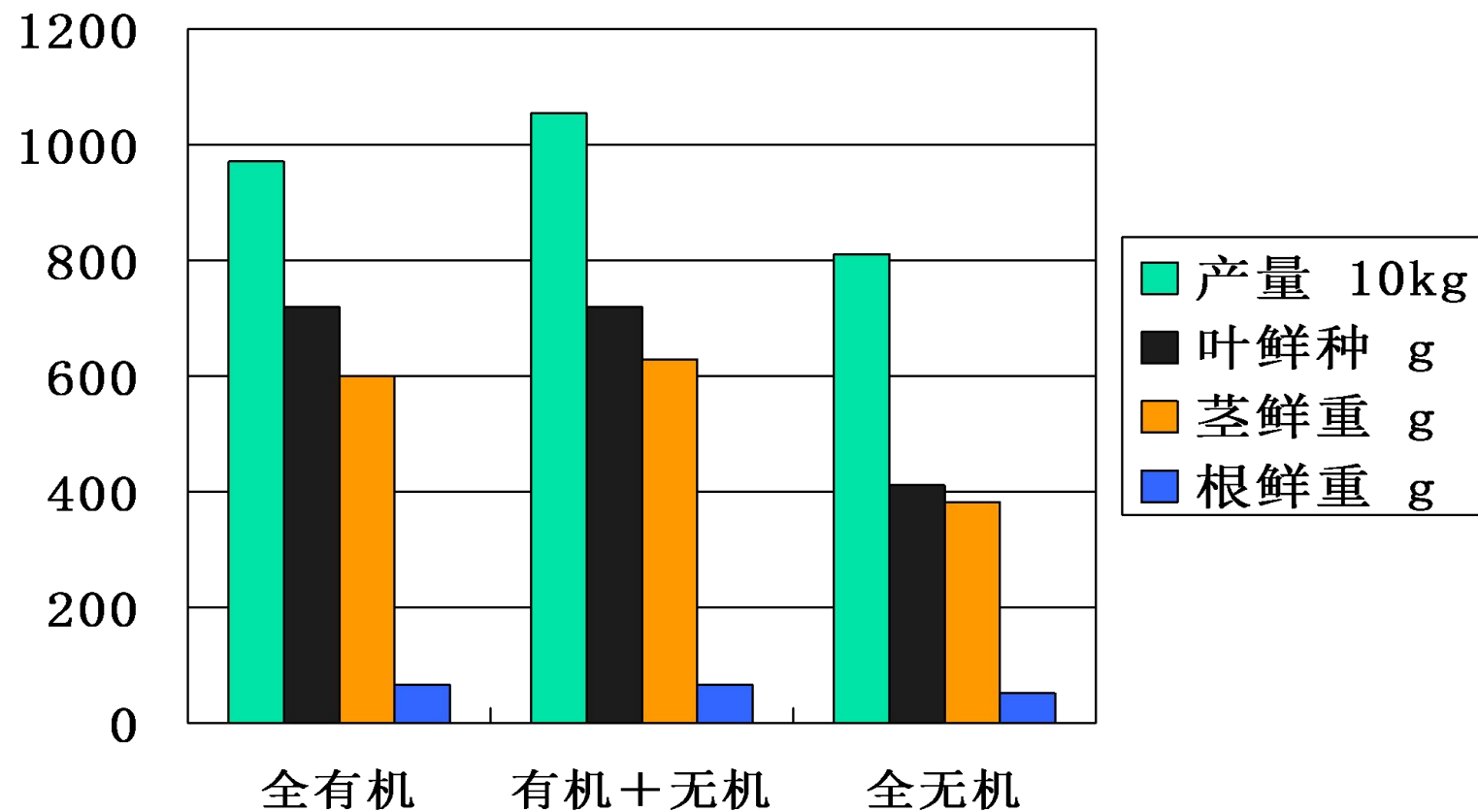
2、核心技术—有机生态无土栽培技术

- 有机生态型无土栽培技术：不用营养液的无土栽培技术。
- 该技术每亩可消纳农作物秸秆、畜禽粪便等50-60方，实现了戈壁与农业废弃物资源化利用的有机结合；成本较传统营养液降低40%以上，栽培基质较传统基质降低成本50%以上。

3、研发基于有机肥的蔬菜营养配方

研制基于有机肥的设施蔬菜基质栽培有机、无机营养配方，创建了全固态肥施肥技术及化学营养液减量无土栽培技术。大量元素和微量元素化学肥料投入较全量营养液分别减少35%和70%以上，成本较全量营养液降低28%。

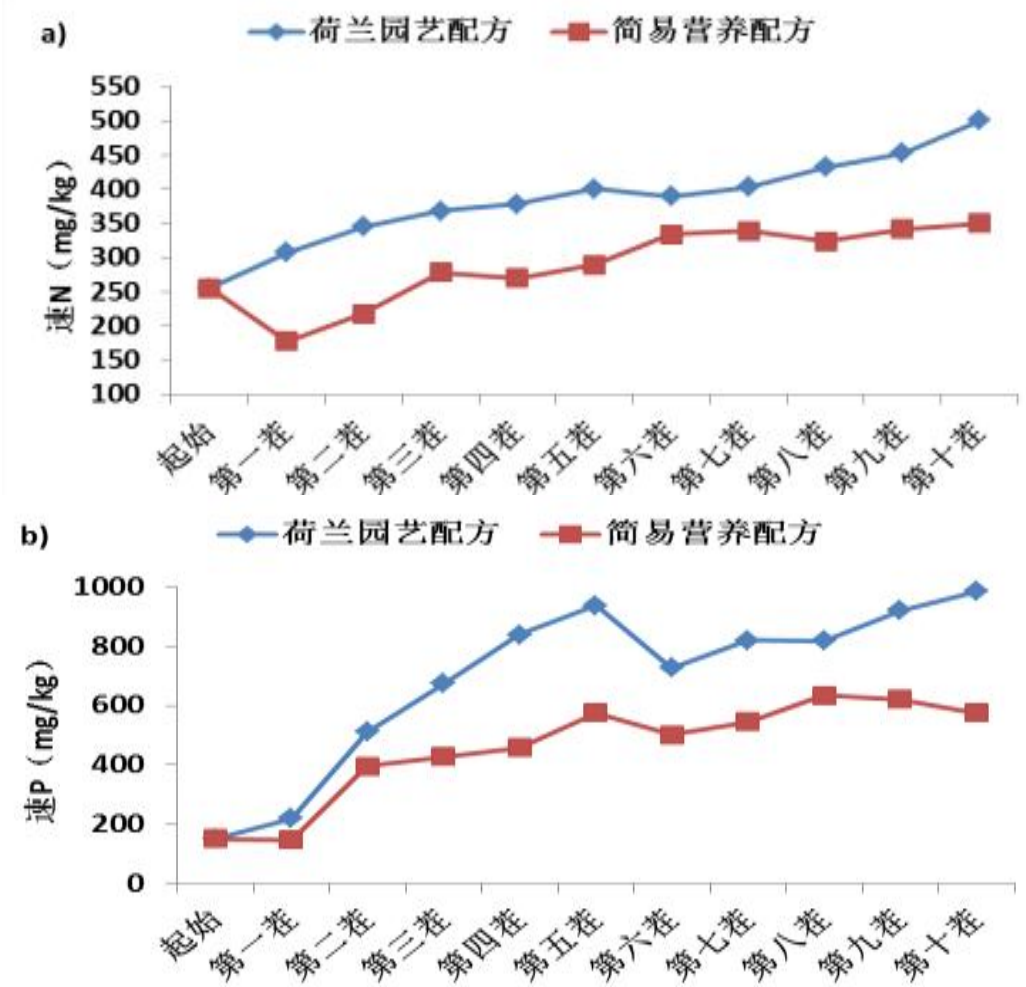
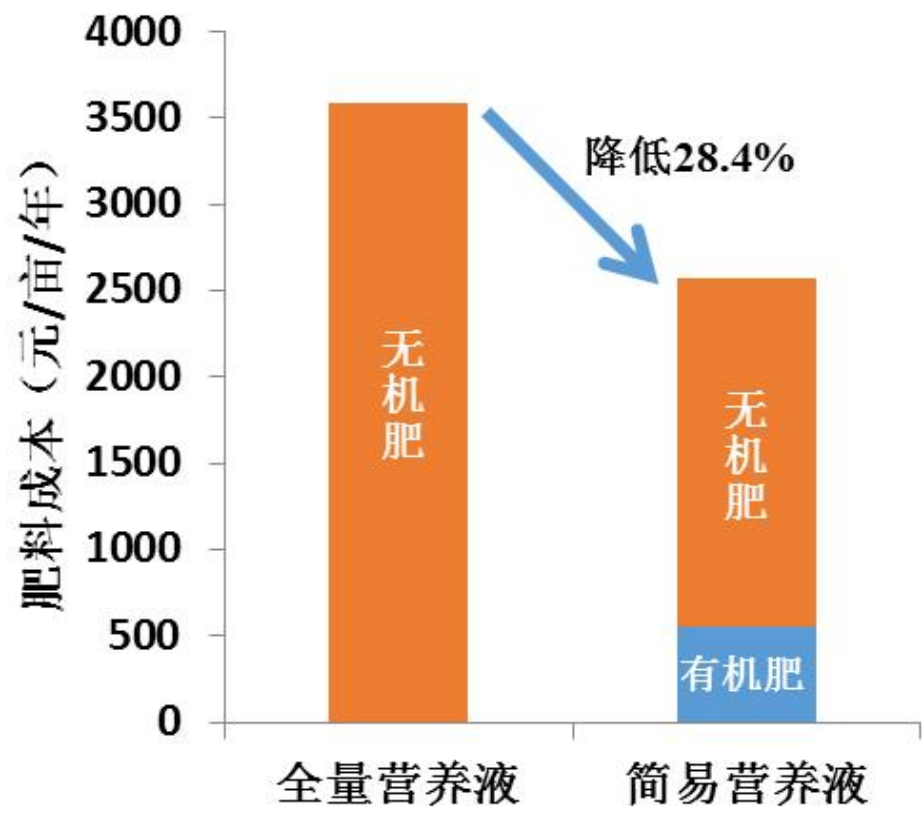
3、完全采用固态肥



不同营养类型固态肥对番茄生长和产量的影响

4、提出消毒畜禽有机肥在基质无土栽培中应用方法，创建了化学营养液减量无土栽培技术。

无土栽培肥料成本较全量无机营养液降低28%，并克服了基质次生盐渍化，提高了基质使用年限。



4、基于有机肥料的简易营养液配方

茄子基于有机肥的简易营养液配方 (mg/kg)

	硝态氮	铵态氮	钾	钙	镁
定植-门茄瞪眼	71.2	2.3	100.8	50.0	16.0
门茄瞪眼-2个月	142.3	4.7	201.5	100.0	32.0
2个月后	213.5	7.0	302.5	150.0	48.0

番茄基于有机肥的简易营养液配方 (mg/kg)

	硝态氮	铵态氮	钾	钙	镁
定植-第3花序	63.0	2.3	120.3	61.7	14.0
3-5花序	126.0	4.7	240.5	123.3	28.0
5花序后	189.0	7.0	360.8	185.0	42.0

4、基于有机肥料的简易营养液配方

黄瓜基于有机肥的简易营养液配方

	硝态氮	铵态氮	钾	钙	镁
定植-1个月	73.5	2.3	104.0	56.7	11.0
1-2月	147.0	4.7	208.0	113.3	22.0
2月后	220.5	7.0	312.0	170.0	33.0

甜（辣）椒基于有机肥的简易营养液配方

	硝态氮	铵态氮	钾	钙	镁
定植-门椒现蕾	71.2	1.2	97.5	60.0	12.0
门椒现蕾-门椒采收	142.3	2.3	195.0	120.0	24.0
门椒采收后	213.5	3.5	292.5	180.0	36.0

蔬菜全生育期变量均衡营养管理技术

应用基于有机肥的复合基质栽培主要蔬菜（番茄、黄瓜、辣椒等）不同生育期、不同生长季节的简易营养液配方。

春茬番茄不同生育期简易营养液配方（单位：mmol/L）

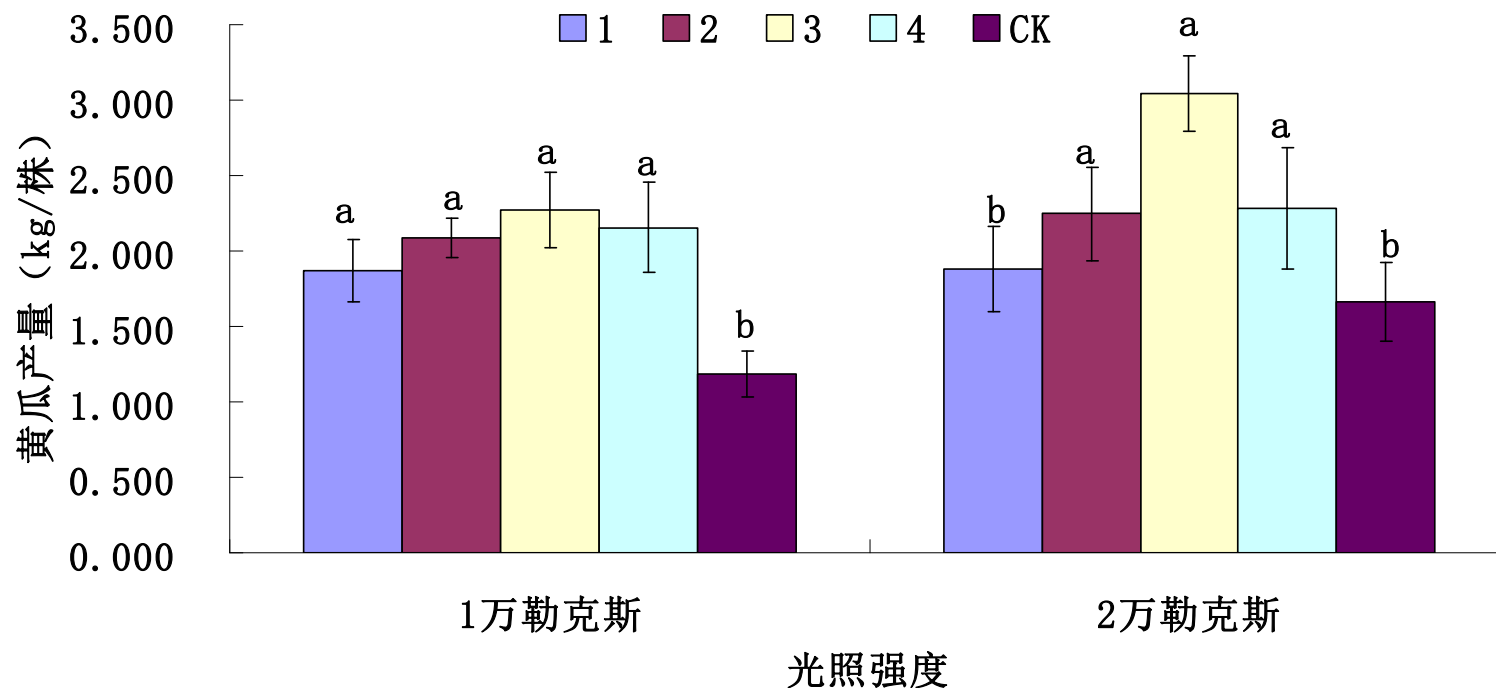
肥料离子 种类	前期 （定植～第3穗花）	中期 （第3穗花～第6穗花）	后期 （第6穗花以后）
NO ₃ ⁻	7.70～8.51	8.98～9.92	10.26～11.34
NH ₄ ⁺	0.29～0.32	0.33～0.37	0.38～0.42
K ⁺	2.64～2.91	7.03～7.77	10.55～11.66
Ca ²⁺	2.20～2.43	3.52～3.89	4.39～4.86
Mg ²⁺	0.67～0.74	1.33～1.47	1.50～1.65

番茄高品质稳定生产技术

- 营养液电导率 (EC) 调控：结果期提高营养液电导率 (EC) 2~3 ms/cm, 平均可提高生食果蔬可溶性固形物含量13.3%;
- 营养液添氯 (Cl^-) 调控：营养液中添加 Cl^- 浓度1~2 mmol/L, 提高番茄果实可溶性固形物含量13.2%;

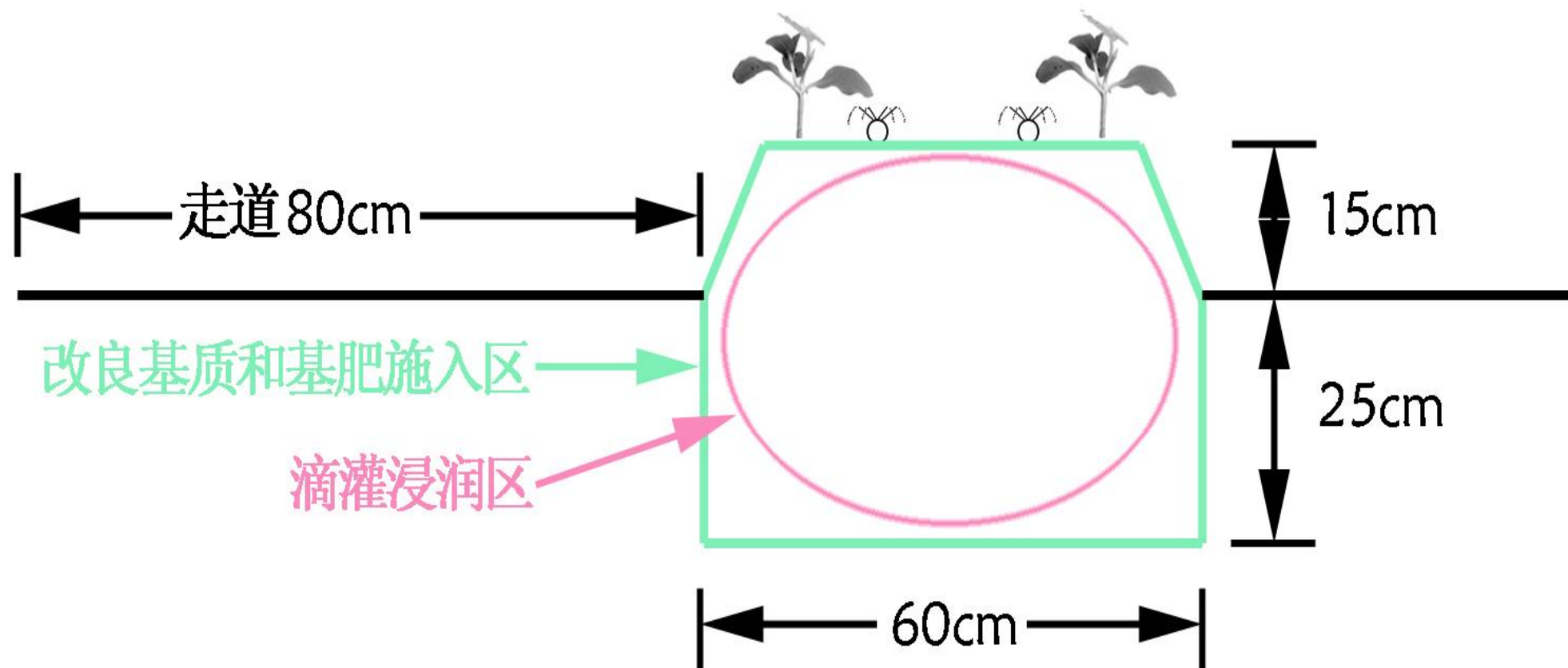


5、肥水一体化技术



- ❑ 在光照强度高于20,000 Lex时开始滴灌的黄瓜产量优于在10,000 Lex开始滴灌。
- ❑ 在20,000 Lex开始灌水：适宜起始灌水量为200 mL/株·d，每间隔10天增加50 mL/株·d，最大量为1150 mL/株·d。

沙培局部改良水肥一体自控种植模式



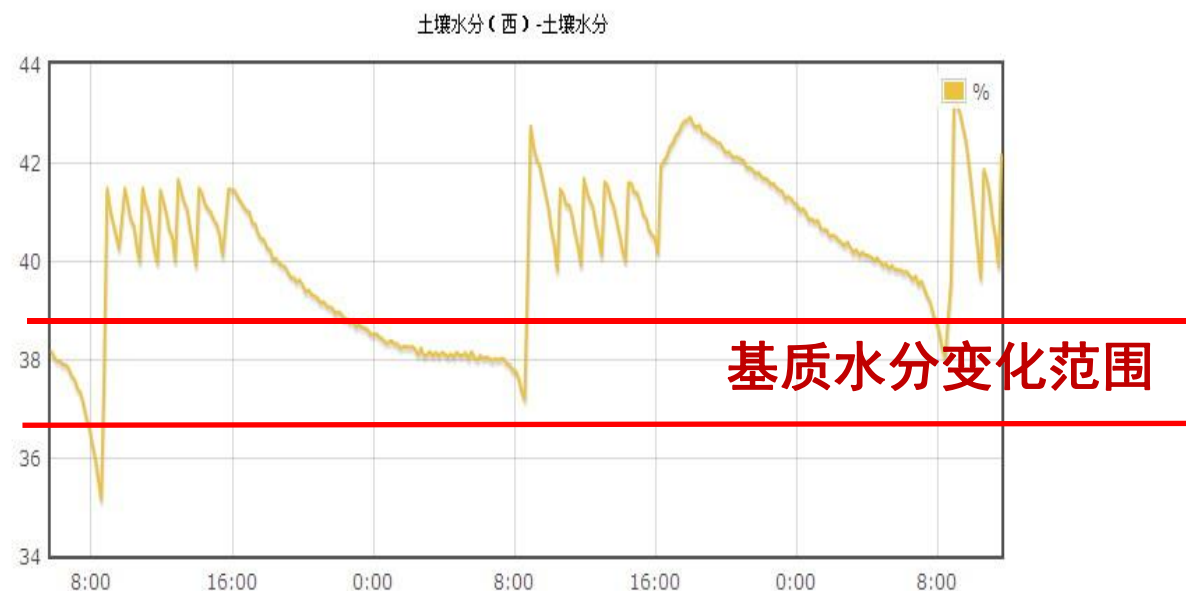
在保证产量不降的前提下，基肥节省超过65%，用水节省超过50%。

光照强度及根区湿度双因子控制精准灌溉技术

□ 主要参数：水分采集间隔15~30分钟；水分下限阈值：春茬65-70%，秋茬60-65%，光照下限阈值 $\geq 20000\text{Lex}$ ；单次灌水时长4min；时段：春9:30-16:30，秋10:00-15:00。较传统人工控制灌水省工50%，节水超25%。



水肥精准控制与人工灌溉番茄春茬用水量比较



精准智能化灌溉条件下基质水分变化曲线

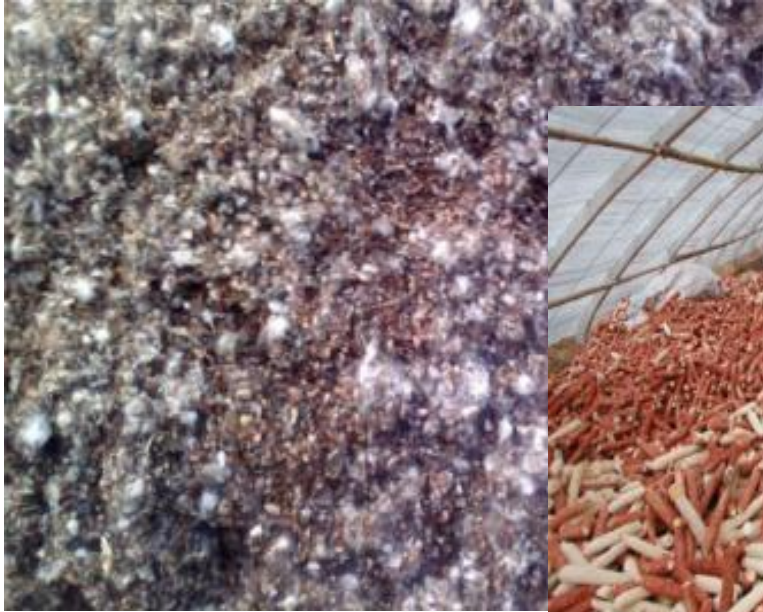
示范棚与对照棚的比较

项目	示范棚	对照棚	较对照棚节省
有机基质（立方米）	4. 48	0	—
有机肥用量（吨）	2. 24	6. 45	65. 27%
灌水人工（个）	4	8	50. 00%
用水量（吨）	487. 5	1078. 0	54. 78% (590. 5方)
平均产量（公斤/畦）	41. 2a	42. 4a	差异不显著

示范棚除一次性多使用4. 48立方米有机基质用于局部改良作物根区沙子的理化性质外，有机肥用量仅为2. 24吨，较对照棚6. 45吨节省65. 27%，用水量仅为487. 5吨，较对照棚1078. 0吨节省54. 78%，灌水用工较对照棚节省50%。

在肥水一体化的条件下，节水就是节肥！

6、创建了**作物秸秆基质化技术**，提高了基质性能，解决了低成本无土栽培基质来源问题。



棉籽壳



玉米芯



玉米秸秆

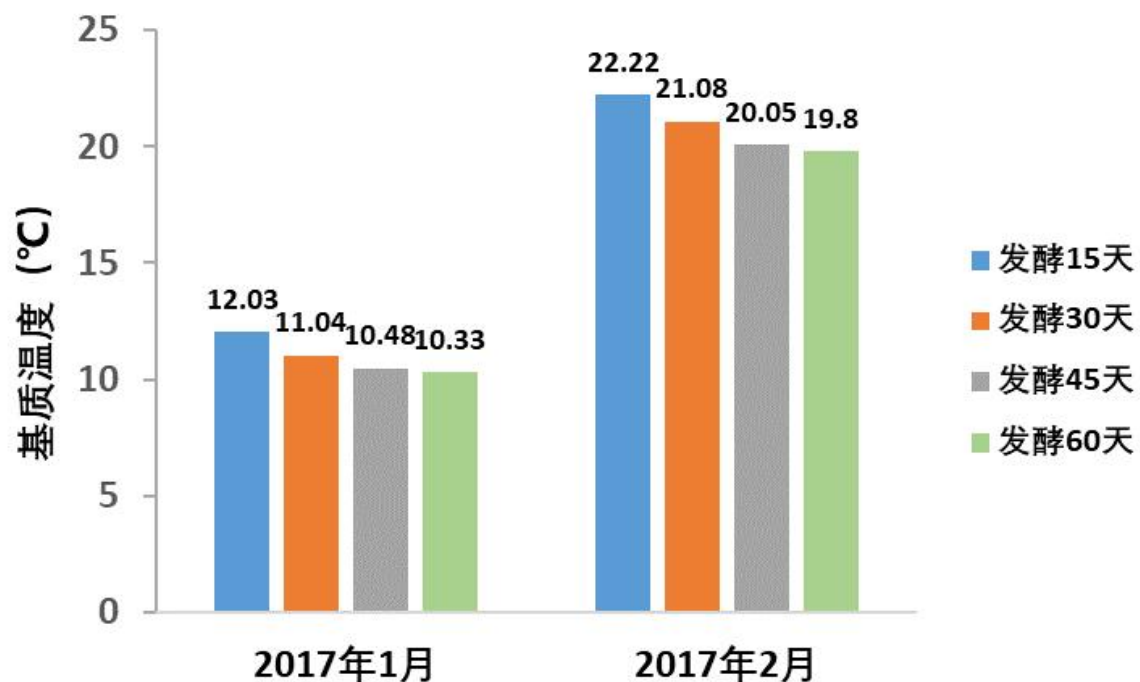


花生壳

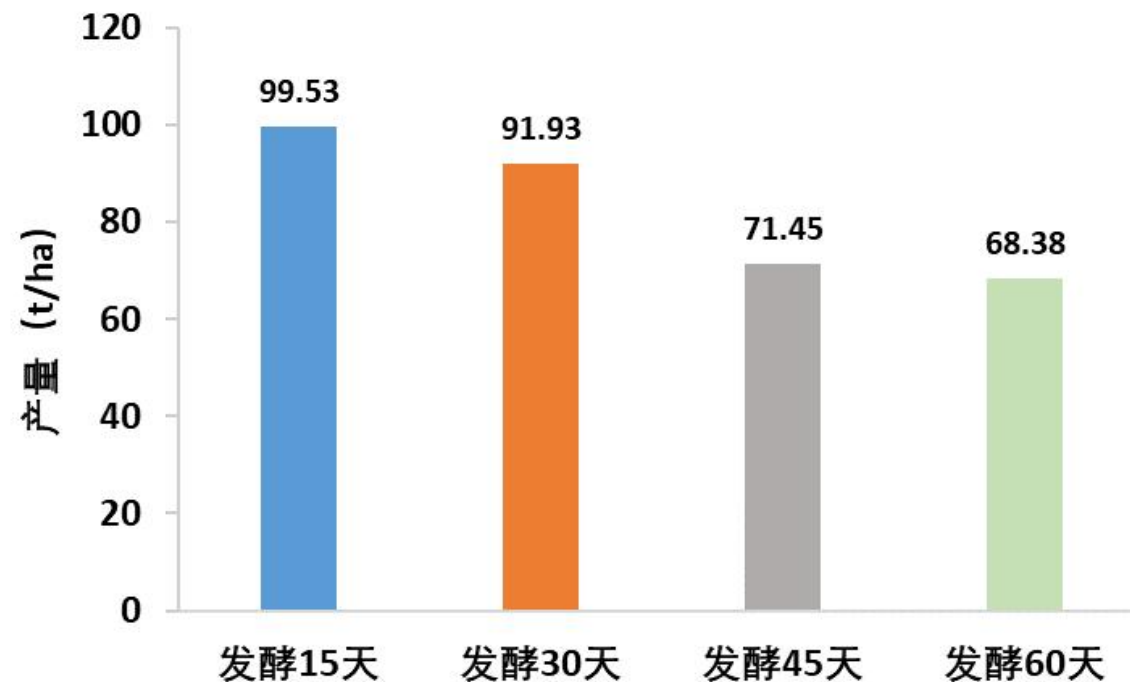
农业废弃物作无土栽培基质：成本低

栽培基质的有机原料适度发酵技术

- 提升基质持水孔隙度和通气孔隙度。
- 提升冬季根际温度 $2-3^{\circ}\text{C}$ ，促进根系生长。
- 提高蔬菜产量20%以上。提升基质原料性能！



基质适度发酵技术可提高基质温度



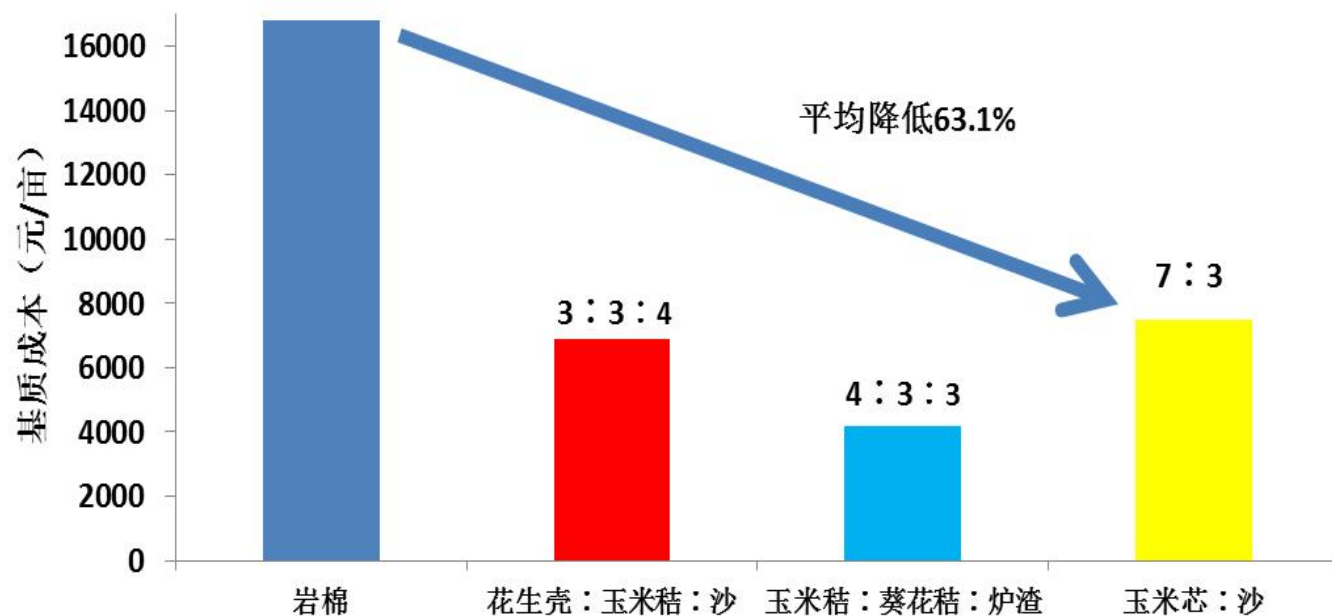
基质适度发酵技术可提高黄瓜产量

6、研制作物秸秆等农产废弃物作为主要原料的复合基质

□以玉米秸秆为主的基质配方：玉米秸秆：炉渣（或沙）=1:0.5~1。

□以葵花秸秆为主的基质配方：葵花秸秆：炉渣（或沙）=1:0.5~1。

□以菇渣为主的基质配方：菇渣：炉渣（或风化煤）=6:4。



栽培基质成本较岩棉降低60%以上

□ 提出复合基质理化性质指标

- 有机物占50~70%
- 无机物占30~50%
- 有机质40~50%
- 容重0.30~0.65 g/cm³
- 总孔隙度68%~85%
- C/N≤35
- pH5.8~7.0
- EC≤2.0 mS/cm
- 不含有害物质

6、针对戈壁地区作物秸秆资源不足

- ❑ **研发基质减量化技术：**研究不同基质用量条件下植株根系对肥水供给的响应，基质用量从每亩80 m³减到20 m³。
- ❑ **在沙漠地区，研发以沙为主要原料的栽培基质配方，**为非耕地高效利用提供了技术支撑。

沙子：棉花秸秆	沙子：风化煤	沙子：棉花秸秆：风化煤
9：1	9：1	8：1：1



每株只需要8升基质，
基质用量20 m³/亩。



窄槽基质用量30-35 m³/亩

基质减量化技术

- 基于水肥精准智能化控制手段，栽培基质减量技术：
窄槽单行和袋培双株方式，**基质用量从每亩70-80立方减到20-35立方。**



15L



12L



8L



传统宽槽双行方式基质用量70-80 m³/亩



窄槽单双技术基质用量30-35 m³/亩

8升/株的基质用量即可满足作物生长的需要，**基质用量20-25 m³/亩。**

渔菜共作技术

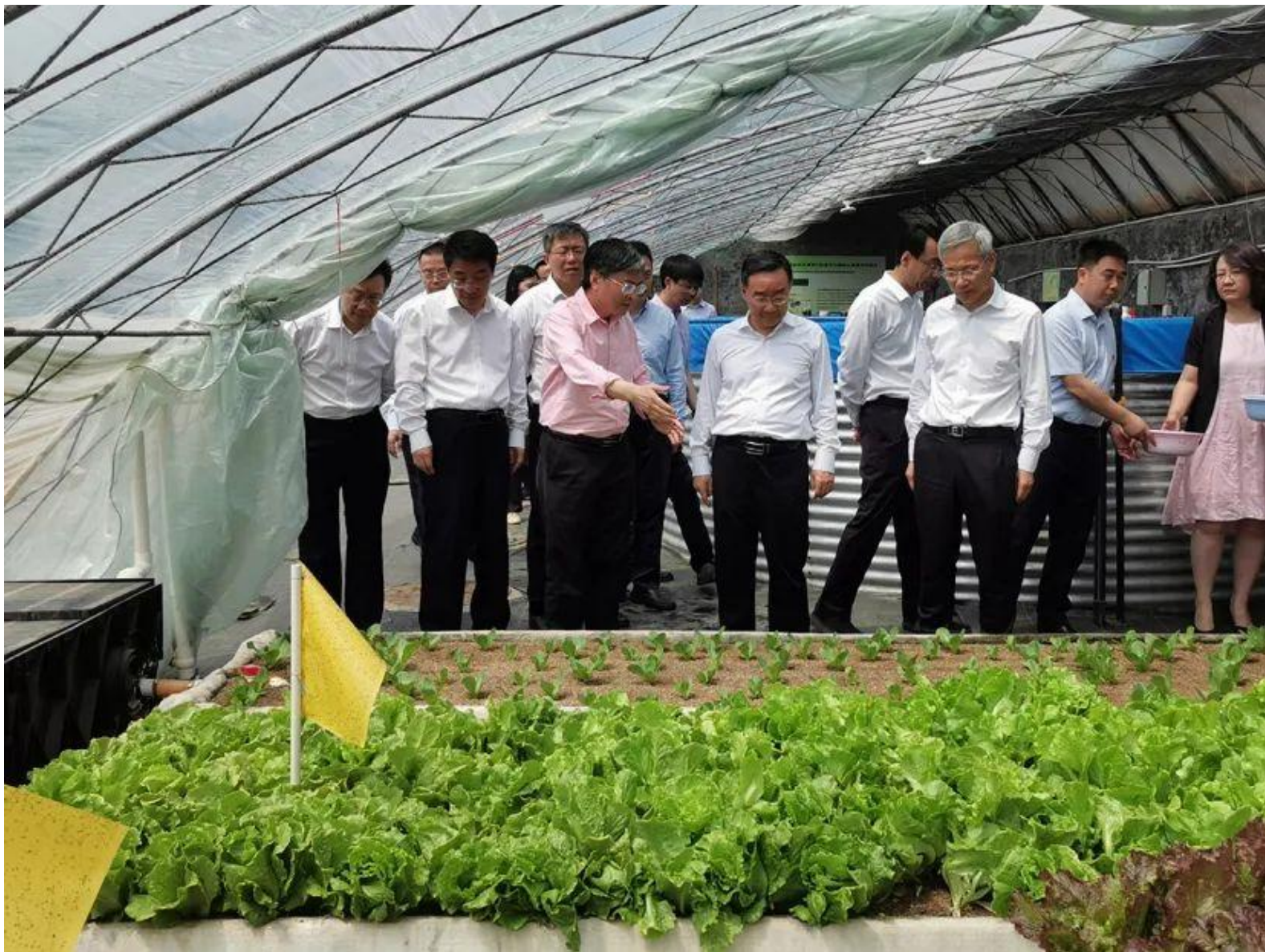
□ 渔菜共作系统通过利用养殖鱼的排泄物种菜，通过自动水循环系统
闭合循环。能极大提高水的利用效益和产值！



鱼：三分之一面积；



菜：三分之二面积



2023年5月16日，农业农村部党组书记、部长唐仁健到大华山镇挂甲峪村了解中国农科院蔬菜花卉所无土栽培组示范推广的集约化循环水渔菜共作生产技术。



丛斌：
全国人大常委、
宪法和法律委员
会副主任，九三
学社中央副主席、
中国工程院院士

总结了渔菜共作技术的“十大特点”

小规模、低成本、低消耗、零排放、高科技、
高品质、高效益、见效快、无污染、可推广。

7、经济效益

- 日光温室有机基质槽培、袋培及一般设施农业种植番茄的纯收益分别为每亩10873元、5613元和1883元。
- 基质槽培每亩化肥比土壤栽培减少81%，基质袋培不使用化肥。基质袋培每亩农药投入250元，比土壤栽培减少37.5%。

酒泉市戈壁生态农业日光温室蔬菜经济效益表

单位(元/亩)

技术模型选择		戈壁生态农业				设施农业(对照)	
		基质槽培		基质袋培		土壤栽培	
		番茄	黄瓜	番茄	黄瓜	番茄	黄瓜
销售收入		29000	25000	23000	25000	16000	15000
	种子种苗	1500	1200	1200	900	1500	1200
	有机肥	540	700	200	200	300	300
	化肥	170	170	/	/	900	800
	农药	400	500	250	300	400	450
	棚膜	1800	1800	1800	1800	1500	1500
生产成本	基质*	1200	1200	1500	1500		
	雇工	3000	3000	3000	3000		
	年用水	600	650	520	600	600	650
	固定资产投资折旧	7917	7917	7917	7917	7917	7917
	*						
	其他成本	1000	1500	1000	1000	1000	1000
纯利润		10873	6363	5613	7783	1883	1183

酒泉市塑料大棚番茄经济效益表

单位(元/亩)

- 塑料大棚有机基质槽培番茄纯收益可达5210元/亩，比土壤栽培增加38. 6%。
- 有机基质槽培化肥投入比土壤栽培减少44. 4%；农药投入比土壤栽培减少25%；年用水量450方/亩，比土壤栽培减少25%。
- 不仅经济效益显著提高，在“两节”（节约耕地、节约用水）和“两减”（减少农药、减少化肥）上也有明显的优势。

技术模型选择		戈壁农业	设施农业(对照)
		基质槽培	土壤栽培
销售收入		18500	16000
	种子种苗	1500	1500
生产成本	有机肥	500	300
	化肥	500	900
	农药	300	400
	棚膜	1500	1500
	基质*	1000	
	雇工	4000	3000
	年用水	450	600
	固定资产投资折旧*	3040	3040
	其他成本	500	1000
纯利润		5210	3760

7、效益和用水情况（酒泉）

品种	生产形式	全年有效生产期	亩均产量 (公斤)	亩均效益 (元)	用水量 (方)	节水量 (方)
番茄	大田	5个月（5月初-9月底）	6000	4200	1200	0
	拱棚	7个月（4月初-10月底）	8500	9500	900	300
	日光温室	大茬10个月（9月初-次年6月底）	9800	31000	600	600
	袋培	大茬10个月（9月初-次年6月底）	7800	27000	450	750

8、行业带动

- 先后累计投资38.65亿元，吸纳215家农业企业、368家专业合作社、1.6万多种植户参与设施农业建设，配套建成年产10万立方米以上的有机基质厂8个、年产有机基质100万立方米，建成300万株以上的育苗中心12个、年育苗能力达10亿株，带动番茄、辣椒为主的高效蔬菜种植面积达54.5万亩，年可向市场提供400多万吨果蔬商品，实现了蔬菜生产“四季不断档、常年有鲜菜”。

9、生态影响

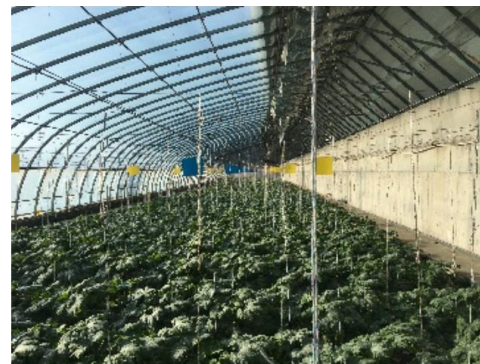
- 戈壁设施农业不会破坏戈壁地貌。设施农业集群化、规模化有效阻挡了风沙，促进了绿洲形成，具有显著的**水土保持效应**。



石头墙体温室



装配式砂石墙体温室



水泥墙体温室



空心砖墙体温室



EPS 模块墙体温室



“口”字形砖墙体温室

酒泉戈壁农业建设坚持“不新打一口井”，不增加现有的用水总量，完全依靠农田高效节水、完善输配水设施、立足用好地表水，严格控制地下水。





沙漠沙培番茄

2022年中国农科院对戈壁生态农业的生态环境影响、技术经济效益、推广价值进行科学系统评估，形成四份报告：

1. 《戈壁生态农业评估报告》
2. 《戈壁生态农业技术经济评估》
3. 《基于水资源承载力北方三省戈壁农业发展潜力及其生态环境评估》
4. 《甘肃省戈壁生态农业推广价值评估报告》

立足大食物观，向戈壁要耕地、向节约要水源、向科技要产量的
现代高效戈壁设施农业发展思路

2023年中央一号文件

在保护生态和不增加用水总量前提下，探索科学利用戈壁、沙漠等发展设施农业。

谢谢！

感谢农业农村部、中国农科院大力支持！
感谢甘肃省农业农村厅、酒泉市政府大力支持！