

立管悬钵静止水培缓冲能力研究

李 伟

(河北第二机械工业有限公司, 河北 石家庄 050031)

摘 要: 研究了立管悬钵静止水培在各种营养逆境下的缓冲能力。结果表明: 立管悬钵静止水培在营养液低氧、不良水质、营养液浓度异常等逆境条件下具有一定的缓冲能力。在营养液低氧条件下, 立管悬钵静止水培生菜的根长、开展度、叶长、叶宽、叶面积等指标分别比传统水培生菜高 11.37%、19.89%、23.10%、28.59% 和 44.42%, 地上部鲜重、根鲜重、总鲜重等指标分别比其高 68.06%、60.32% 和 66.01%。立管悬钵静止水培生菜的地上部鲜重、根鲜重、总鲜重分别比用地下水配制营养液栽培的生菜高 4.28%、8.70% 和 5.36%。当地下水营养液浓度在 1.5、2.0 剂量时, 立管悬钵静止水培方式在生菜形态指标、鲜重、叶绿素含量等指标的形成上表现出较强的缓冲能力。但是, 立管悬钵静止水培对于营养液缺素情况的缓冲效果不明显。

关键词: 立管悬钵静止水培; 缓冲能力; 水培

中图分类号: S 604⁺.7 文献标识码: A 文章编号: 1001-0009(2009)09-0126-05

根据国际无土栽培学的规定, 凡是不用土壤, 使用或不使用基质, 用营养液灌溉植物的根系, 或用其他施肥方式来种植作物的方法统称为无土栽培。无土栽培系统主要分为水培和基质培两大类。

水培可以创造良好的根际环境, 不仅有利于水分、养分的摄入, 更有利于根系的生长、发育, 植株生长迅速, 在株高、开展度、叶片数等指标上均明显高于其它栽培方式^[1]。此外, 水培方式便于统一管理, 大大节约了劳动力。但是, 水培对营养液配方的选用, 营养液的配制、浓度及 pH 值调控等的要求都非常严格, 要求管理人员必须具备较高技术水平。当作物根系处于缺氧状态时, 水分和养分的吸收减少, 从而影响地上部生长以及产量^[2]。

基质培与水培有较大的区别。在水培中营养液的浓度、营养元素的种类与配比是关键, 营养液是栽培的核心。在基质培中, 除营养液外, 基质的选择是栽培成功与否的关键^[3]。基质除了具有支持固定植物、保持水分、透气, 提供营养等作用外, 还具有良好的缓冲作用, 当营养液环境发生不利于作物的变化时, 缓冲作用会将这些危害减轻甚至化解^[4]。同时, 基质培成本低, 效果好、易操作推广、又能变废为宝, 因此基质培的研究是我国无土栽培的热点^[5]。

正是因为水培和基质培具有各自的优点, 因而前人一直在寻找一种综合二者优点的无土栽培方式, 于是发

明了鲁一 SC 栽培等一批栽培方法^[6]。该试验研制的立管悬钵静止水培方式克服了水培中根系供氧不良的缺点, 利用了基质的缓冲能力, 通过研究立管悬钵水培方式对各种营养逆境的缓冲能力, 试图为立管悬钵静止水培方式的广泛应用提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料

以美国大速生菜为试材, 种子由秦皇岛市蔬菜局技术服务站提供。

1.2 方法

试验分为 4 部分, 共 22 个处理, 每个处理 8 株。

1.2.1 立管悬钵静止水培对营养液低氧的缓冲能力

T1: 水培箱, 气泵通气, 正常配方, 用蒸馏水配制; T2: 水培箱, 静止不通气, 正常配方, 用蒸馏水配制; T3: 水培箱, 普通悬钵, 正常配方, 用蒸馏水配制; T4: 水培箱, 立管悬钵, 不通气, 正常配方, 用蒸馏水配制。

1.2.2 立管悬钵静止水培对地下水水质的缓冲能力

T5: 水培箱, 气泵通气, 正常配方, 用蒸馏水配制; T6: 水培箱, 气泵通气, 正常配方, 用地下水配制; T7: 水培箱, 立管悬钵, 不通气, 正常配方, 用地下水配制; T8: 水培箱, 普通悬钵, 正常配方, 用地下水配制。

1.2.3 立管悬钵静止水培对地下水配方营养液剂量的缓冲能力

(正常浓度为 1 剂量), 0.5 剂量: T9: 水培箱, 气泵通气, 0.5 剂量调整配方, 用地下水配制。1 剂量: T10: 水培箱, 立管悬钵, 不通气, 0.5 剂量调整配方, 用地下水配制; T11: 水培箱, 气泵通气, 1 剂量调整配方, 用地下水配制; T12: 水培箱, 立管悬钵, 不通气, 1 剂量调整配方, 用地下水配制。1.5 剂量: T13: 水培箱, 气泵通气,

作者简介: 李伟(1981-), 女, 本科, 助理园艺师, 现从事花卉、蔬菜无土栽培及城市绿化研究工作。E-mail: Liw-8128@tom.com。

收稿日期: 2009-04-10

1.5 剂量调整配方,用地下水配制; T14: 水培箱, 立管悬钵, 不透气, 1.5 剂量调整配方,用地下水配制。2.0 剂量: T15: 水培箱, 气泵通气, 2.0 剂量调整配方,用地下水配制; T16: 水培箱, 立管悬钵, 不透气, 2.0 剂量调整配方,用地下水配制。2.5 剂量: T17: 水培箱, 气泵通气, 2.5 剂量调整配方,用地下水配制; T18: 水培箱, 立管悬钵, 不透气, 2.5 剂量调整配方,用地下水配制。

1.2.4 立管悬钵静止水培对营养液缺素的缓冲能力
T19: 水培箱, 气泵通气, 正常配方, 用蒸馏水配制; T20: 水培箱, 立管悬钵, 不透气, 清水; T21: 水培箱 立管悬钵, 不透气, 0.3%复合肥溶液; T22: 水培箱, 立管悬钵, 不透气, 0.3%复合肥溶液+正常配方微量元素用量。

1.3 栽培装置

1.3.1 立管悬钵静止水培装置 装置由立管、悬钵、水培箱等三部分组成。立管由直径 6 cm PVC 排水管截成长 25 cm 短节。在管壁下端切割 3 个长 4 cm, 宽 1 cm 的排水缝隙, 以供营养液进出, 在距管壁下端 10 cm 处钻一小孔用来通气。选用直径 5 cm 的定植钵 用规格为 52 cm×28 cm×10 cm 的泡沫箱做栽培箱。

1.3.2 传统水培装置 栽培箱规格同上, 在箱盖上打 2 行直径 1 cm 的圆孔, 每行 4 个, 间距 7 cm。

1.3.3 普通悬钵水培装置 栽培箱规格同上, 在箱盖上打 2 行直径 5 cm 的圆孔, 每行 4 个, 间距 7 cm, 用以安插定植钵。

1.4 管理

1.4.1 营养液配方的确定 正常配方: 用日本园试配方配营养液。配方如下: 四水硝酸钙(Ca(NO₃)₂·4H₂O) 945 mg/L、硝酸钾(KNO₃) 809 mg/L、磷酸二氢铵(NH₄H₂PO₃)153 mg/L、七水硫酸镁(MgSO₄·7H₂O) 493 mg/L、EDTA-Fe 40 mg/L、硼酸(H₃BO₄) 3 mg/L、硫酸锰(MnSO₄)₂ mg/L、硫酸锌(ZnSO₄)0.22 mg/L、硫酸铜(CuSO₄)0.08 mg/L、钼酸铵((NH₄)₂Mo₂O₂)0.5 mg/L。调整配方: 四水硫酸钙(Ca(NO₃)₂·4H₂O)472 mg/L、硝酸钾(KNO₃) 267 mg/L、硝酸铵(NH₄NO₃) 53 mg/L、磷酸二氢钾(KH₂PO₃)100 mg/L、硫酸钾(K₂SO₄) 116 mg/L、七水硫酸镁(MgSO₄·7H₂O)246 mg/L、EDTA-Fe 40 mg/L、硼酸(H₃BO₄)3 mg/L、硫酸锰(MnSO₄) 2 mg/L、硫酸锌(ZnSO₄)0.22 mg/L、硫酸铜(CuSO₄) 0.08 mg/L、钼酸铵((NH₄)₂Mo₂O₂)0.5 mg/L。此配方是根据对当地地下水进行水质分析(地下水含 Ca: 5.47 μg/mL; Mg: 1.23 μg/mL; pH 7.30, EC 1.228 mS/cm), 由前述正常配方调整而来。

1.4.2 栽培方法 营养液 pH 5.5~6.5。电导率(EC)保持在 1~3 mS/cm。从定植到收获可补充 1~2 次营养液。生菜于 4 月 8 日育苗, 5 月 3 日定植, 6 月 8 日采收。将草炭和蛭石按 1:1 混合制成复合基质。立管悬

钵静止水培在生菜定植后, 营养液液面先调至浸住杯底 1~2 cm, 当根系向下伸展, 即降低液面, 使部分根露在空气中。水培生菜定植时将根从基部用长 10 cm、宽 3 cm 的无纺布裹住, 再用长 5 cm、宽 2 cm、厚 0.5 cm 的海面裹住基部定植到箱盖孔中。使无纺布伸到营养液中便于根系吸收。营养液装满水培箱。普通悬钵水培在生菜定植后, 将液面先调至浸住杯底 1~2 cm, 当根系向下伸展后, 可降低液面。

1.5 测量指标

定植后 35 d 每箱取 8 株分别测量各指标。

1.5.1 形态指标 形态指标包括株高、开展度、叶长、叶宽、叶面积、根长等。株高测量从植株基部到最高点; 开展度用垂直交叉测得 2 个数据求平均值得到; 采集充分展开的生菜叶片测量叶长、叶宽、叶面积, 叶面积用透明方格板法测; 根长测量从植株根的基部到根尖部位的长度。

1.5.2 鲜重 将生菜采收后连根洗净, 用滤纸吸干测量地上部鲜重、根鲜重、总鲜重。

1.5.3 叶绿素含量 用直径为 1 cm 的打孔器取样, 采用混合采样, 取充分展开的生命力旺盛的叶片, 尽量避开叶脉, 取样后用 80%丙酮浸提 12 h(置于阴暗处), 用 721 型分光光度计测量 OD₆₄₅、OD₆₆₃, 并用下列公式求叶绿素含量: 叶绿素含量(mg/g)=(20.3 OD₆₄₅+8.04 OD₆₆₃)×提取液总量(mL)/[叶片重量(g)×1 000]。

2 结果与分析

2.1 立管悬钵静止水培对营养液低氧的缓冲能力

2.1.1 不同栽培方式对低氧营养液生菜形态指标的影响 由表 1 可以看出, 不同的栽培方式在生菜的根长、株高、开展度、叶长、叶宽、叶面积等指标上有显著差异。其中 T4 的根长、叶长、叶面积分别比 T3 高 16.93%、8.57%和 34.93%; T4 的根长、开展度、叶长、叶面积分别比 T2 高 11.37%、19.89%、23.10%和 44.42%; T4 的根长、株高、叶面积分别比 T1 低 19.74%、18.44%和 13.76%。这说明, 低氧营养液对传统水培生菜的生长有抑制作用^[7], 而立管悬钵静止水培对于低氧营养液造成的逆境有一定的缓冲能力。这是因为, 立管悬钵静止水培中基质有较好的透气性^[8], 可以很好的协调水气关系, 为植物根系提供良好的水气环境。

表 1 不同处理对生菜形态指标的影响

处理	根长/cm	株高/cm	开展度/cm	叶长/cm	叶宽/cm	叶面积/cm ²
T1	37.69aA	26.36aA	31.04aA	22.35aA	17.58aA	262.63aA
T2	26.81cB	20.38bB	24.08bB	16.15cB	12.54bB	125.88dD
T3	25.13cC	21.75bB	28.59aAB	19.26bAB	13.20bAB	147.38cC
T4	30.25bB	21.50bB	30.06aA	21.00abA	17.56abA	226.50bB

注: F_{0.05}=2.95, F_{0.01}=4.57, 小写字母不同表示差异显著, 大写字母不同表示差异极显著 下同。

2.1.2 不同栽培方式对低氧营养液生菜鲜重的影响

不同栽培方式下生菜的鲜重存在显著差异。其中 T4 的地上部鲜重、根鲜重、总鲜重极显著的高于 T3、T2, 其各指标分别比 T3、T2 高 24. 50%、50. 45%、31. 36% 和 68. 06%、60. 32%、66. 01%。T4 各指标分别比 T1 低 39. 43%、4. 63%、32. 96%, 且差异极显著。这说明, 低氧营养液对水培生菜鲜重的形成有抑制作用, 而立管悬钵静止水培方式对营养液低氧有一定的缓冲能力, 立管悬钵静止水培中悬钵内基质含有一定的氧, 可以减缓营养液缺氧造成的不利影响。

表 2 不同处理对生菜鲜重的影响

处理	地上部鲜重/g	根鲜重/g	总鲜重/g
T1	118. 30aA	26. 98aA	145. 28aA
T2	22. 89dD	10. 21bB	33. 10dD
T3	54. 10cC	12. 75bB	66. 85cC
T4	71. 66bB	25. 73aA	97. 39bB

2. 1. 3 不同栽培方式对低氧营养液生菜叶绿素含量的影响 由图 1 可见, T2 的叶绿素含量比 T1 低 0. 282, 而 T4 的叶绿素含量比 T1 高 0. 031 mg/L。这说明, 营养液缺素对生菜叶绿素形成起抑制作用, 立管悬钵静止水培比传统水培方式更有利于生菜叶绿素的形成。

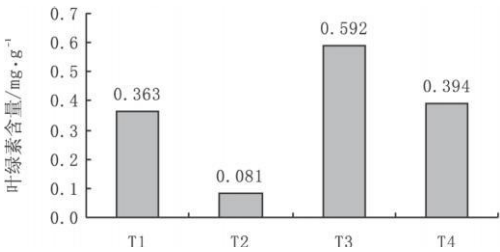


图 1 不同处理对生菜叶绿素含量的影响

2. 2 立管悬钵静止水培对地下水水质的缓冲能力

2. 2. 1 不同栽培方式对地下水营养液栽培生菜形态指标的影响 不同水质营养液对生菜根长、株高、开展度、叶长、叶宽、叶面积等形态指标的影响有显著差异(表 3)。其中 T7 开展度、叶长显著地高于 T6; T7 的根长、株高、开展度、叶面积又显著或极显著地高于 T8; 但 T7 的根长、株高、叶长、叶宽、叶面积显著或极显著的低于 T5。这说明, 不同水质的营养液对生菜的株高、开展度、叶长等形态指标的形成有较大的影响, 立管悬钵静止水培对不良水质有一定的缓冲能力。由于北方地区水质酸碱度偏高, 水质偏硬^[9], 地下水中的钙、镁、钠等含量均较高^[10], 依然使用正常配方, 对于生菜各种形态指标的形成会产生一定的影响。立管悬钵静止水培中悬钵内盛有基质草炭和蛭石, 它们都具有较高的阳离子代换量, 可以吸附钙离子、镁离子、钠离子等离子^[11], 因而即使使用地下水配制营养液, 生菜受到的不良影响也较轻。

2. 2. 2 不同栽培方式对地下水营养液栽培生菜鲜重的影响 在正常配方条件下, 不同的水质对于生菜的鲜重有一定的影响(表 4)。T7 的地上部鲜重、根鲜重、总鲜重都显著或极显著的高于 T6、T8, 其各指标分别比 T6、T8 高 4. 28%、8. 70%、5. 36% 和 33. 08%、57. 52%、36. 00%; T7 的各指标又显著或极显著的低于 T5, 各指标分别比 T5 低 35. 35%、9. 11%、30. 46%。这说明, 地下水影响生菜鲜重的积累, 立管悬钵静止水培中基质由于具有较强的阳离子代换量, 所以对地下水的不良影响有一定缓冲能力。

表 3 不同处理对生菜形态指标的影响

处理	根长/cm	株高/cm	开展度/cm	叶长/cm	叶宽/cm	叶面积/cm ²
T5	34. 56aA	27. 94aA	28. 69abAB	23. 44aA	18. 85aA	259. 63aA
T6	23. 94bCB	20. 94bCB	25. 63bB	18. 96bAB	17. 41abAB	228. 75bB
T7	26. 63bB	23. 44bA	30. 69aA	20. 85abAB	15. 03bB	205. 00cC
T8	22. 44cB	18. 20cB	27. 56bAB	16. 85bB	12. 31bB	131. 38dD

表 4 不同处理对生菜鲜重的影响

处理	地上部鲜重/g	根鲜重/g	总鲜重/g
T5	115. 98aA	26. 55aA	142. 53aA
T6	71. 77cC	22. 03bA	93. 80bB
T7	74. 98bB	24. 13abA	99. 11bB
T8	50. 18dD	10. 25cB	60. 43dD

2. 2. 3 不同栽培方式对地下水营养液栽培生菜叶绿素含量的影响 由图 2 可见, T6 的叶绿素含量最高, 分别比 T7、T8、T5 高 0. 005、0. 073、0. 260 mg/g。说明, 使用地下水配制的营养液时, 立管悬钵静止水培对于生菜叶绿素的形成有一定缓冲能力。

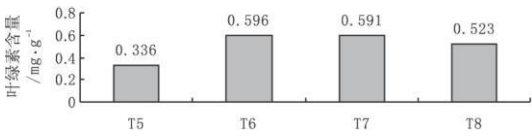


图 2 不同处理对生菜叶绿素含量的影响

2. 3 立管悬钵静止水培对地下水营养液剂量缓冲能力

2. 3. 1 不同栽培方式对地下水营养液不同剂量条件下生菜形态指标的影响 以 1. 0 剂量为参照, 当地下水营养液浓度降低到 0. 5 剂量时, T9 各形态指标比 T10 提高较多, 立管悬钵静止水培与传统水培相比其优越性表现不明显; 当地下水营养液浓度升高到 1. 5 剂量时, T11 的形态指标比 T12 提高较少, 甚至不如 T12; 在 2. 0 剂量时, 趋势与 1. 5 剂量时相同; 当地下水浓度升高到 2. 5 剂量时, 生菜不同指标表现不一致, 立管悬钵静止水培优越性表现不明显(表 5)。这说明, 在浓度过低或过高时, 立管悬钵静止水培方式对营养液浓度异常表现的缓冲效果不明显; 当浓度在 1. 5、2. 0 剂量时, 立管悬钵静止水培表现出较强的缓冲能力, 栽培效果要比传统水培好。

表 5 不同栽培方式对生菜各种形态指标的影响

处理		根长	比立管悬	株高	比立管悬	开展度	比立管悬
		/cm	钵提高/%	/cm	钵提高/%	/cm	钵提高/%
0.5 剂量	T9	33.25	28.93	28.19	-9.97	252.38	38.04
	T10	23.63	-	31.00	-	156.38	-
1.0 剂量	T11	37.19	28.91	30.31	-6.40	258.75	26.34
	T12	26.44	-	32.25	-	190.60	-
1.5 剂量	T13	27.88	12.11	27.13	-1.15	219.00	19.69
	T14	24.50	-	27.44	-	175.88	-
2.0 剂量	T15	27.06	6.24	23.38	-12.83	190.88	19.65
	T16	25.38	-	26.38	-	153.38	-
2.5 剂量	T17	32.63	18.01	29.13	17.81	170.38	13.13
	T18	26.75	-	23.94	-	148.00	-

处理		叶长	比立管悬	叶宽	比立管悬	叶面积	比立管悬
		/cm	钵提高/%	/cm	钵提高/%	/cm ²	钵提高/%
0.5 剂量	T9	18.28	27.91	26.03	20.08	21.31	5.16
	T10	13.18	-	20.80	-	20.21	-
1.0 剂量	T11	19.34	21.07	24.54	5.30	20.65	4.36
	T12	15.26	-	23.24	-	19.75	-
1.5 剂量	T13	18.04	19.06	14.23	-30.32	19.28	14.59
	T14	14.60	-	18.54	-	16.46	-
2.0 剂量	T15	13.98	4.47	15.74	-8.26	16.39	-6.71
	T16	13.35	-	17.04	-	17.49	-
2.5 剂量	T17	15.10	7.78	15.99	7.19	19.24	10.46
	T18	13.93	-	14.84	-	17.23	-

2.3.2 不同栽培方式对地下水营养液不同剂量条件下生菜鲜重的影响 由表 6 可见,以 1.0 剂量为参照,当地下水营养液浓度降低到 0.5 剂量时,T9 的地上部鲜重、根鲜重和总鲜重等指标比 T10 提高较多,立管悬钵静止水培与传统水培相比优越性表现不明显;当地下水营养液浓度升高到 1.5 剂量时,T11 的各指标比 T12 提高较少,甚至不如 T12;在 2.0 剂量时,趋势与 1.5 剂量时相同;当地下水浓度升高到 2.5 剂量时,趋势与 0.5 剂量时相同,立管悬钵静止水培优越性表现不明显。这说明,当地下水营养液浓度在 1.5、2.0 剂量时,立管悬钵静止水培可对生菜生长表现出很强的缓冲能力。

表 6 不同栽培方式对生菜鲜重的影响

处理		地上部	比立管悬	根鲜重	比立管悬	总鲜重	比立管悬
		鲜重/g	钵提高/%	/g	钵提高/%	/g	钵提高/%
0.5 剂量	T9	90.19	37.99	23.63	9.79	113.81	32.14
	T10	55.93	-	21.31	-	77.24	-
1.0 剂量	T11	97.58	32.95	22.44	3.90	120.01	27.52
	T12	65.42	-	21.56	-	86.98	-
1.5 剂量	T13	51.19	9.33	11.50	-58.70	62.69	-3.15
	T14	46.41	-	18.25	-	64.66	-
2.0 剂量	T15	34.35	-31.99	15.63	-21.60	49.98	-28.74
	T16	45.34	-	19.00	-	64.34	-
2.5 剂量	T17	37.21	37.45	20.25	18.52	57.46	30.78
	T18	23.28	-	16.50	-	39.78	-

2.3.3 不同栽培方式对地下水营养液不同剂量条件下生菜叶绿素含量的影响 由图 3 可见,0.5、1.0、1.5 剂量时,T10、T12、T14 的叶绿素含量分别高于 T9、T11、T13;而在 2.0、2.5 剂量时,T16、T18 的叶绿素含量分别低于 T15、T17。即当营养液浓度在 0.5、1.0、1.5 剂量

时,立管悬钵静止水培方式与传统水培方式相比,叶绿素含量前者高于后者;当营养液浓度在 2.0、2.5 剂量的时候,立管悬钵静止水培方式与传统水培方式相比,叶绿素含量前者低于后者。

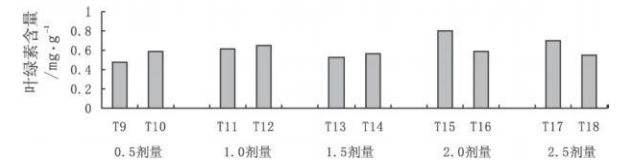


图 3 不同剂量条件下生菜叶绿素含量的影响

2.4 立管悬钵静止水培对营养液缺素的缓冲能力

2.4.1 不同栽培方式对营养液缺素情况下生菜形态指标的影响 T20、T21、T22 的根长、开展度、叶长、叶宽、叶面积都显著或极显著的低于 T19(表 7)。其中,T20、T21、T22 的根长、开展度、叶长、叶宽、叶面积等指标分别比 T19 低 10.17%、32.56%、11.71%、18.23%、36.18%、42.46%、53.54%、49.31%、16.05%、34.90%、47.93%、64.11%和 55.09%、51.03%、24.95%、37.68%、47.16%、64.58%。这说明,营养液缺素对生菜形态指标有较大影响,立管悬钵静止水培对清水、0.3%肥液和 0.3%肥液加微量元素等营养液缺素的处理缓冲能力较小。其中,T20 的根长、开展度、叶长、叶宽、叶面积高于 T21,高于 T22,是因为 0.3%肥液及 0.3%肥液加微量元素等不标准供养方式中营养元素含量或配比不适宜,而立管悬钵静止水培中基质所用草炭和蛭石不足以弥补养分的缺乏和养分的不均衡,因此,上述不标准供养方式不是立管悬钵静止水培所能解决的,所以立管悬钵静止水培没有表现出较强的缓冲能力,生菜各指标表现较差。

表 7 不同处理对生菜形态指标的影响

处理	根长/cm	株高/cm	开展度/cm	叶长/cm	叶宽/cm	叶面积/cm ²
T19	28.39aA	29.10aA	28.81aA	23.39aA	19.35aA	239.63aA
T20	25.50aA	19.63bB	25.44bAB	19.13bAB	12.35bB	137.88bB
T21	13.19bB	14.75cC	24.19bB	15.23cB	10.08bB	86.00cC
T22	12.75bB	14.25cC	21.63cB	14.58cB	10.23bB	84.88cC

2.4.2 不同栽培方式对营养液缺素情况下生菜鲜重的影响 T20、T21、T22 的地上部鲜重、根鲜重、总鲜重都显著或极显著的低于 T19(表 8)。其中,T20、T21、T22 的各指标分别比 T19 低 82.39%、30.11%、73.11%、77.53%、74.91%、77.06%和 78.60%、75.80%、78.10%。说明立管悬钵静止水培对清水、0.3%肥液和 0.3%肥液加微量元素等不标准供养方式的缓冲能力较差。

2.4.3 不同栽培方式对营养液缺素情况下生菜叶绿素含量的影响 由图 4 可见,T19、T20、T21、T22 的叶绿素含量依次升高。其中 T19 的叶绿素含量分别比 T20、

T21、T22 低 0.221、0.376、0.437 mg/g。0.3%肥液和0.3%肥液加微量元素等不标准供养方式反而刺激了生菜叶绿素的形成,其含量高于标准栽培方式。

表 8 不同处理对生菜鲜重的影响

处理	地上部鲜重/g	根鲜重/g	总鲜重/g
T19	122.31aA	26.40aA	148.71aA
T20	21.54C	18.45bB	39.99bB
T21	27.49bB	6.63cC	34.11cC
T22	26.18bB	6.39cC	32.56cC

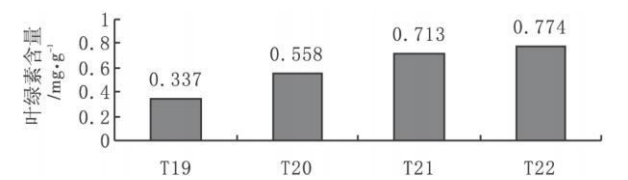


图 4 不同处理对生菜叶绿素含量的影响

3 讨论与小结

立管悬钵静止水培对营养液低氧、不良水质、营养液浓度异常等逆境具有一定的缓冲能力。在营养液低氧条件下,立管悬钵静止水培生菜的根长、开展度、叶长、叶宽、叶面积等指标分别比传统水培生菜高11.37%、19.89%、23.10%、28.59%和44.42%,地上部鲜重、根鲜重、总鲜重等指标分别比其高68.06%、60.32%、66.01%。立管悬钵静止水培生菜的地上部鲜重、根鲜重、总鲜重分别比用地下水配制营养液栽培的生菜高4.28%、8.70%和5.36%。当地下水营养液浓度在1.5、2.0剂量时,立管悬钵静止水培方式在生菜形态指标、鲜重、叶绿素含量等指标的形成上表现出较强的缓冲能力。但是,立管悬钵静止水培对于营养液缺素的缓冲效果不明显。总之,对营养液低氧,地下水水质,地下水配

方营养液剂量的缓冲效果都较明显,可以有效降低上述各种营养逆境对生菜各种形态指标、鲜重、叶绿素含量等的影响。但立管悬钵静止水培虽对生菜无土栽培营养液缺素缓冲效果不太明显。

立管悬钵静止水培综合了水培高产、营养液便于调控、便于管理等优点以及基质栽培缓冲能力较强的优点。但是,其栽培作物商品产量依然明显低于营养液栽培,所以,对于基质的选择,营养液的配置仍然需要进一步研究和探讨,尤其在综合利用地下水配制营养液的栽培方法上,利用立管悬钵静止水培对地下水配方的缓冲能力,结合各地区水质,研制出适合各地地下水水质的配方,进一步的完善立管悬钵静止水培。

参考文献

[1] 沈关兴 陈龙勋 马春芳.生菜无土栽培与土壤栽培比较试验[J].上海蔬菜,1994(4):21.
[2] 徐志毫 张德威,Adams P.改善水培作物根际氧气供给的原理和实践[J].浙江农业学报,1994(1):44-48.
[3] 徐永艳.我国无土栽培发展动态研究[J].云南林业科技,2002(3):90-94.
[4] 刘士哲.现代实用无土栽培技术[M].北京:中国农业出版社,2001.
[5] 黄科,吴秋云.无土栽培现状与展望[J].福建农业科技,2001(2):14-16.
[6] 王久兴 王子华 贺桂欣.蔬菜无土栽培实用技术[M].北京:中国农业大学出版社,2000.
[7] 黄亦明 姚乃华,黄小东,等.静止营养液栽培法[J].上海农业学报,1994,10(1):78-82.
[8] 刘兴发.蔬菜无土栽培现状及前景[J].土壤肥料,2002(6):24-25.
[9] 郑光华 蒋为杰,刘伟.我国北方水质与无土栽培系统的选择[J].中国蔬菜,1996(3):31-34.
[10] 卑咏花 张德威,程前,等.利用地下水进行无土栽培的营养液配方研究[J].浙江农业学报,1996(3):132-134.
[11] 郭世荣.无土栽培学[M].北京:中国农业出版社,2003.

Study on Buffer Ability of the Stand Tube Hydrponics

LI Wei

(Hebei Second Mechanical Industry Limited Company, Shijiazhuang, Hebei 050031, China)

Abstract: Studied the buffer ability of the stand tube hydrponics that under every kind of adverse nutrient solution. The results indicted that the stand tube hydrponics has the certain buffer ability if under the low oxygen nutrient solution, bad water quality or abnormal consistency of nutrient solution. Root's length, unfold degrees, leaf's length, leaf's width, leaf area of lettuce was higher 11.37%, 19.89%, 23.10%, 28.59% and 44.42% than normal Hydrponics if used the stand tube hydrponics. The upper ground weight, root weight, total weight was high 68.06%, 60.32% and 66.01%. The upper ground weight, root weight and total weight of lettuce used the Stand Tube Hydrponics was higher 4.28%, 8.70% and 5.36% than normal Hydrponics. It would have strong buffer ability under 1.5 and 2.0 consistency of nutrient solution use ground water. Yet it was unobvious if nutrient solution of the Stand Tube Hydrponics is lack nutrition.

Key words: Stand tube hydrponics; Buffer ability; Nutrient solution