

保水剂对基质栽培菜心生长及水分利用效率的影响^{*}

谢 勇, 杜建军, 李永胜

(仲恺农业技术学院 植物营养与肥料研究室, 广州 510225)

摘 要:在基质中加入不同用量的保水剂,测定基质物理性状,并进行不同水分处理条件下菜心盆栽试验,研究保水剂对菜心光合特性及水分利用效率的影响。结果表明:在每 1 L 基质分别加入 1,2,4,8 g 保水剂时,与对照(未加保水剂)相比,基质持水量分别增加 16.35%,34.00%,61.29%和 135.16%,容重分别降低 3.61%,5.37%,9.42%和 14.64%;在基质相对持水量分别为 60%,80%及 100%3 种处理下的菜心水分试验中,每 1 L 基质施用 2 g 保水剂时,与对照(未加保水剂)相比,光合特性和水分利用效率随水分胁迫程度加重而明显提高。

关键词:保水剂;基质;菜心;光合特性;水分利用效率

中图分类号:S157.4,S625.5

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2008)04-0228-03

Effects of Water Retaining Agent on Growth and Water Use Efficiency of Chinese Cabbage Under Substrate Culture

XIE Yong, DU Jian-jun, LI Yong-sheng

(Lab of Plant Nutrition and Fertilizer, Zhongkai University of Agriculture and Technology, Guangzhou 510225 China)

Abstract: The physical characteristics of the substrate were measured and the effects of water retaining agent (WRA) on photosynthesis characteristics and water use efficiency of Chinese Cabbage were studied under different water treatments conducted the pot experiments. The results showed that the water holding capacity of the substrate was significantly increased along with the increase of WRA rates of application. As compared with control treatment (no addition of WRA), at the rates of 1,2,4,8 g WRA per liter of substrate, water holding capacity was increased by 16.35%, 34.00%, 61.29% and 135.16% respectively. And the bulk density was decreased by 3.61%, 5.37%, 9.42% and 14.64%, respectively. Under the water stress, when relative moisture content in the substrate was 60%, 80%, 100% and the dosage of WRA was 2 g/L, as compared with control, photosynthesis characteristics and water use efficiency was increased as water stress became serious.

Key words: water retaining agent; substrate; Chinese cabbage; photosynthesis characteristics; water use efficiency

1 引 言

保水剂(Water Retaining Agent, WRA)是近 30 a 来迅速发展起来的一种新型高分子材料,由于分子结构交联,它能吸收自身重量几百倍甚至上千倍的水分,而且其保持的水分 85%以上可供作物吸收利用^[1-3]。国内外的大量研究表明:保水剂能促进作物出苗,提高成活及存活率,增加作物干物质积累^[4-9]。使用保水剂还可以改善土壤的通气性、减少水分蒸发,促进土壤团粒结构的形成,增加土壤水分入渗率,减少水土流失,因而保水剂具有特殊的抗旱节水、保水保肥等作用^[10-15],在农业生产中逐步得到广泛应用。保水剂在土壤中的应用研究近年来成为节水农业研究的热点,但在无土基质栽培中的应用研究较少^[16-18]。目前国内无土基质栽培

的水分供应多是以经验性的过量滴灌进行,经常造成水分、肥料的浪费。因此,发展节水型无土栽培,经济有效地利用水、肥资源,是一项具有重大意义的研究课题。本试验拟将保水剂的保水、节水技术引入无土基质栽培为合理、高效利用水资源,提高无土基质栽培中水分利用效率提供理论依据,以促进节水型无土栽培工作的开展。

2 材料与方法

2.1 供试材料

基质:沙+锯木屑(体积比为 4:6),其物理性状:容重为 0.87 g/cm³;总孔隙度为 56.79%;通气孔隙度为 10.41%;持水孔隙度为 46.39%;气水比 1:4.46;持水量为 533.25 g/kg。

保水剂:聚丙烯酰胺型保水剂,由珠海得米化工有限公司

^{*} 收稿日期:2008-01-31

基金项目:广东省科技计划项目(2003C20510);广州市科技计划项目(2004Z3-E0111);广东省教育厅自然科学研究项目(Z03053)

作者简介:谢勇(1964-),男,主要从事植物营养与无土栽培等方面的教学与科研工作。E-mail:teacherxieyong@163.com

通信作者:杜建军

司生产,吸水倍率为 230.0,粒径 0.27~0.4 mm,含水率 9%,酸碱性和中性。

供试作物:菜心,品种为迟花 8 号油绿菜心(亚蔬园艺种苗有限公司生产)。

营养液:华南农业大学叶菜 B 配方^[19]。

2.2 试验方法

2.2.1 保水剂对基质物理性状的影响

保水剂用量设 5 个水平,分别按每 1 L 基质加入 0,1,2,4 和 8 g 保水剂。量取 500 ml 基质,与相应量的保水剂混匀,以浸水称重法^[20]测定基质持水量、通气孔隙、湿容重。每个处理重复 4 次。

2.2.2 保水剂对菜心生长的影响

保水剂用量设 2 个水平,分别按每升基质加入 0 g 和 2 g。基质持水量设高、中、低 3 个水平,分别控制为基质最大持水量的 100%,80%和 60%。将 5 L 基质与相应量的保水剂混匀,淋水至饱和并排除重力水,然后装入上口径为 250 mm、下口径为 200 mm,高 200 mm 塑料盆中,菜心种子浸种后直播于盆中(每盆 6 粒),每天定时称重确定补充水分或营养液的量(各处理营养液等量供应),使基质含水量分别保持在基质最大持水量的 100%(控制范围 95%~105%)、80%(控制范围 75%~85%)和 60%(控制范围 55%~65%)。出苗后当第一片真叶完全展开时每盆定苗 3 株。

栽培试验在仲恺农业技术学院塑料大棚内进行,每个处理设 5 个重复,随机排列,2005 年 4 月 13 日播种,5 月 12 日以美国 CI-310 光合速率分析仪在上午 10 时测定净光合速率、蒸腾速率、气孔导度、胞间 CO₂ 浓度等指标,5 月 23 日采收,称取鲜质量,置于烘箱中 95℃杀青 20 min,然后在 65℃烘干,称干质量。

3 结果与分析

3.1 保水剂用量对基质物理性状的影响

保水剂加入到基质中后,由于保水剂具有很强的吸水能力,因而对基质的物理性状产生了不同的影响(见表 1)。可以看出,随着保水剂用量的增加,基质持水量也随之增加,各处理间基质持水量差异全部达到显著性水平。当保水剂用量分别为 1,2,4,8 g/L 时,相对于对照(未加保水剂)来讲,持水量分别增加 87.16,181.32,326.83 和 720.72 g/kg,增加幅度分别为 16.35%,34.00%,61.29%和 135.16%。对基质持水量与保水剂用量进行回归分析,结果表明基质持水量(y)与保水剂用量(x)间呈现极显著线性正相关($y=89.37x+528.35, r=0.9986^{**}$)。

无土栽培中常以容重作为基质的疏松程度和通透性的指标,反映在实际使用中,有时湿容重可能较干容重更为合理些^[21]。从表 1 可以看出,随着保水剂用量的增加,基质湿容重降低,且多数处理间湿容重的变化达到显著性差异。当保水剂用量分别为 1,2,4,8 g/L 时,相对于对照(未加保水剂)来讲,湿容重分别降低 0.049,0.073,0.128,0.199 g/cm³,降低幅度分别为 3.61%,5.37%,9.42%和 14.64%。这是因为加入保水剂后,由于保水剂吸水膨胀,使基质变得

疏松,因而湿容重减少。

表 1 不同保水剂用量时的基质物理性状

保水剂用 量/(g·L ⁻¹)	持水量 /(g·kg ⁻¹)	湿容重 /(g·cm ⁻³)	通气孔隙 /%
0	533.25 ±3.22e	1.359 ±0.027a	10.41 ±0.43a
1	620.41 ±5.90d	1.311 ±0.015ab	10.27 ±0.20a
2	714.57 ±13.85c	1.286 ±0.007b	10.19 ±0.42a
4	860.08 ±3.33b	1.231 ±0.022c	10.64 ±0.57a
8	1253.97 ±21.36a	1.160 ±0.002d	10.42 ±0.44a

注:表中数据为 4 次重复的平均值 ±标准误,同列数据具有相同字母表示差异不显著(DMRT 法, $p=0.05$)。

通气孔隙度也是衡量基质物理性状的重要指标。从表 1 可以看出,随着保水剂用量的增加,基质通气孔隙变化不大,各处理间差异不显著。这可能是加入保水剂后虽然能使基质变得膨胀疏松,但增加的孔隙主要是持水孔隙,基质液相比比例增加,而使通气孔隙变化不明显。

3.2 保水剂对菜心生物量的影响

表 2 是不同水分胁迫和保水剂用量条件下菜心的生物量。可以看出,无论是否加入保水剂,随着基质持水量的降低,植物鲜质量与干质量都显著下降,这说明水分胁迫影响生物量的形成。但在相同水分处理条件下,都是施用保水剂的处理鲜质量、干质量大于未加保水剂的处理,差异达 5%显著性水平。当相对持水量分别为 100%,80%和 60%时,施用保水剂处理较未施保水剂处理鲜质量增加量分别为 24.14,35.56,59.66 g,增幅分别为 28.14%,56.94%和 201.49%,干质量增加量分别为 1.82,3.33,5.15 g,增幅分别为 25.56%,64.66%和 211.93%。可见,随着水分胁迫程度的增加,保水剂对提高植株鲜质量和干质量的作用也随之增大,因此,在水分胁迫条件下,使用保水剂对提高植株生物量有着非常显著的作用。

表 2 不同水分和保水剂处理条件下菜心的生物量

指标	保水剂用 量/(g·L ⁻¹)	基质相对持水量/%		
		100	80	60
鲜质量/ (g·盆 ⁻¹)	0	85.95 ±4.82b	62.45 ±5.31b	29.61 ±5.05b
	2	110.14 ±5.61a	98.01 ±7.55a	89.27 ±6.42a
干质量/ (g·盆 ⁻¹)	0	7.12 ±0.29b	5.15 ±0.35b	2.43 ±0.30b
	2	8.94 ±0.47a	8.48 ±0.36a	7.58 ±0.62a

注:表中数据为 5 次重复的平均值 ±标准误,相同指标中同列数据具相同字母表示差异不显著(t 检验, $p=0.05$)。

3.3 保水剂对菜心光合特性的影响

水是光合作用的原料,不同水分胁迫和保水剂用量下生物量的差异必然与光合特性有关。从表 3 可以看出,未加保水剂时,净光合速率、蒸腾速率和气孔导度随基质相对持水量的减少而降低。在基质相对持水量 100%处理与基质相对持水量 60%处理间有显著性差异,其它处理间差异不显著。加入保水剂后,基质相对持水量为 80%的处理净光合速率、蒸腾速率和气孔导度最大,不同水分处理净光合速率差异不显著,说明保水剂可缓解水分胁迫对净光合速率的影

响。蒸腾速率和气孔导度在 80 % 水分处理时与 100 % 和 60 % 的处理差异显著,水分 100 % 和 60 % 处理间差异不显著。胞间 CO₂ 浓度在相同保水剂用量条件下差异不显著。

表 3 不同水分处理对菜心光合特性的影响

指标	基质相对持水量/ %	保水剂用量/(g · L ⁻¹)	
		0	2
净光合速率/ (μmol · m ⁻² · s ⁻¹)	100	12.88 ±0.11a	14.38 ±0.80a
	80	12.18 ±0.32ab	14.80 ±0.46a
	60	11.18 ±0.50b	13.33 ±0.31a
蒸腾速率/ (mmol · m ⁻² · s ⁻¹)	100	1.94 ±0.09a	2.01 ±0.11b
	80	1.78 ±0.05ab	2.70 ±0.05a
	60	1.60 ±0.07b	2.09 ±0.09b
气孔导度/ (mmol · m ⁻² · s ⁻¹)	100	64.32 ±2.84a	65.11 ±2.88b
	80	60.28 ±3.00ab	79.35 ±2.56a
	60	51.33 ±2.61b	62.51 ±2.95 b
胞间 CO ₂ 浓度 (μmol · mol ⁻¹)	100	427.43 ±1.82a	487.30 ±0.87a
	80	424.91 ±2.48a	489.57 ±2.98a
	60	419.14 ±3.16a	491.32 ±0.92a

注:表中数据为 4 次重复的平均值 ±标准误,相同指标同列数据具有相同字母表示差异不显著(DMRT 法,p=0.05)。

表 4 是不同保水剂用量对菜心光合特性的影响,可以看出,在相同基质相对持水量条件下,都是处理(加入保水剂)的净光合速率、蒸腾速率、气孔导度和胞间 CO₂ 浓度大于对照(未加保水剂),其中只有基质相对持水量 100 % 时,处理与对照净光合速率、蒸腾速率、气孔导度差异不显著,其它水分条件下各项指标值差异显著。这说明在水分供应充足时,保水剂对植株光合作用的影响相对较小,而在水分胁迫条件下,保水剂对提高植株光合作用效果明显。

表 4 不同保水剂用量对菜心光合特性的影响

指标	保水剂用量/(g · L ⁻¹)	基质相对持水量/ %		
		100	80	60
净光合速率 (μmol · m ⁻² · s ⁻¹)	0	12.88 ±0.11a	12.18 ±0.32b	11.18 ±0.50b
	2	14.38 ±0.80a	14.80 ±0.46a	13.33 ±0.31a
蒸腾速率/ (mmol · m ⁻² · s ⁻¹)	0	1.94 ±0.09a	1.78 ±0.05b	1.60 ±0.07b
	2	2.01 ±0.11a	2.70 ±0.05a	2.09 ±0.09a
气孔导度/ (mmol · m ⁻² · s ⁻¹)	0	64.32 ±2.84a	60.28 ±3.00b	51.33 ±2.61b
	2	65.11 ±2.88a	79.35 ±2.56a	62.51 ±2.95a
胞间 CO ₂ 浓度/ (μmol · mol ⁻¹)	0	427.43 ±1.82b	424.91 ±2.48b	419.14 ±3.16b
	2	487.30 ±0.87a	489.57 ±2.98a	491.32 ±0.92a

注:表中数据为 4 次重复的平均值 ±标准误,相同指标同一列中具相同字母表示差异不显著(t 检验,p=0.05)。

3.4 保水剂对菜心水分利用效率的影响

水分利用效率(water use efficiency,WUE)指植物消耗单位水量所产生的干物质量,它反映了植物生产过程中水分吸收利用的程度,也是农业水资源利用效果的一个重要评价指标。表 5 的数据表明:未施用保水剂时,菜心水分利用效率随基质相对持水量降低而降低,这是因为在水分胁迫条件下,植株干物质量减少,因而水分利用效率降低。加入保水剂后,菜心水分利用效率则随基质相对含水量降低而增加,

这是因为加入保水剂后,基质持水量显著增加,可供植株吸收利用的水分增多,产生的干物质量增加,因而水分利用效率提高。在基质相对持水量为 100 % 时,处理与对照间水分利用效率差异不显著,而在基质相对持水量分别为 80 % 和 60 % 时,处理与对照间水分利用效率差异显著,增幅分别为 42 % 和 171 %,这表明,在水分胁迫严重的条件下,保水剂对提高菜心的水分利用率的作用较大。

表 5 不同水分和保水剂处理条件下

菜心的水分利用效率 g/kg

保水剂用量/(g · L ⁻¹)	基质相对持水量/ %		
	100	80	60
0	1.949 ±0.056a	1.509 ±0.054b	0.830 ±0.061b
2	1.874 ±0.052a	2.145 ±0.069a	2.250 ±0.100a

注:表中数据为 5 次重复的平均值 ±标准误,同列数据具相同字母表示差异不显著,(t 检验,p=0.05)。

4 结论与讨论

保水剂由于有很强的吸水能力,能吸持大量的水分,另外,基质中加入保水剂后,能增加基质的持水孔隙,因而可显著提高基质的持水量。基质持水量与保水剂用量呈现极显著线性正相关,随着保水剂用量的增加,基质持水量显著提高,从而为作物生长提供更多的水分。保水剂可有效改善基质的物理性状。保水剂加入到基质中后,湿容重降低,从而有效调节基质的松紧度,改善作物根际环境,有利于作物根系生长。保水剂对基质通气孔隙影响不大,这主要是因为加入保水剂后虽然能使基质变得膨胀疏松,但增加的孔隙主要是持水孔隙,基质液相比增加,因此通气孔隙变化不明显。

在水分胁迫条件下,加入保水剂有利于菜心植株光合作用的进行。净光合速率、蒸腾速率、气孔导度和胞间 CO₂ 浓度都是处理高于对照。总的来看,在水分供应充足时,保水剂对提高植株光合作用能力的影响相对较小,而在水分胁迫条件下,保水剂对植株光合作用能力有显著提高。在相同水分处理条件下,保水剂处理的菜心鲜质量、干质量大于未加保水剂的处理,处理(加入保水剂)与对照(未加保水剂)间无论是鲜质量还是干质量的差异全部达到显著性水平。随着水分胁迫程度的增加,保水剂对提高植株鲜质量和干质量的作用也就越大。在水分胁迫条件下,加入保水剂能显著提高菜心水分利用效率,水分胁迫越严重,保水剂对提高菜心的水分利用率的作用越大。

综合实验结果,保水剂的应用一方面可以增加基质的持水量,从而减少灌溉次数和水分的浪费,提高水分利用效率,节省人力、物力和财力;另一方面在水资源不足时,保水剂的应用可缓解水分胁迫对作物造成的不良影响,为作物正常生长提供一定程度的保障。由此可见,保水剂应用于无土基质栽培中是可行的。当然,无土基质栽培中保水剂的应用仍有一些问题尚待解决,如保水剂的适宜用量,保水剂与营养液或肥料的相互作用,应用保水剂后作物配套的水肥管理措施等,这些问题都有待进一步的研究。

(下转第 233 页)

定,钻孔倾角为 25°,钻孔孔径 mm,锚索孔内自孔底一次性压满 M35 水泥砂浆,注浆压力 0.35 MPa,每束锚索设计施加拉力为 1 000 kN。框架梁之间采用植草绿化防护。

(4) 高边坡自身稳定性验算。本设计开肩堡滑坡高边坡由于岩石风化破碎严重,地表水的渗入易产生次生滑动面,为防止边坡从半坡剪出的情况,本设计中作了一个假定:岩土体为均质、各向同性、弹性半无限体。

边坡稳定性分析方法采用经典土力学中的 Fellenius 法。假设条件:滑动面为圆弧形,作用于各条块侧面上的作用力的合力方向平行于条块底面,且大小相等,也就是不考虑条块间的作用力。力学分析中只考虑滑体重量作用于滑面上的抗剪力对滑动圆弧中心 O 的力矩平衡。

根据清方后的地面线进行反算,得到开挖边坡自稳安全系数 $K_0=0.895$ 。为防止坡面被水侵蚀及风化,提高坡体力学强度,增强上部边坡整体稳定性,以防滑坡出现上部剪出,在抗滑桩桩顶以上第 5、6、7 级边坡按 1:1.5 放缓,坡面采用中空锚杆挂网喷射混凝土进行防护。中空注浆锚杆采用 25 长 12 m,150×150 菱形布置。经计算得边坡稳定安全系数 $K=1.371$,满足相关要求。

(5) 截水沟设计。在边坡坡口线外侧 5 m 设置环形截水

沟,以阻断来自自然坡面的水流入边坡。

4 结 论

本滑坡为高速公路深路堑边坡永久性支护,考虑到该工程的重要性及场区内地质条件的复杂性,必须对滑坡做施工期监测及公路运营期的长期监测。对该滑坡治理采用清方减载、锚索抗滑桩支挡、坡面框架梁锚索锚固以及中空注浆锚杆封顶的综合处治措施进行治理。在工程建设中注重对地质条件的研究,认真分析滑坡的形成机理及受力模式,把握治理原则,选择合理的工程措施。该滑坡在治理 2 a 后,稳定性好,可在其它类似的滑坡治理中进行推广。

参考文献:

[1] 工程地质手册(3 版)[M]. 北京:中国建筑工业出版社. 1992.
[2] 工程地质手册(4 版)[M]. 北京:中国建筑工业出版社. 2007.
[3] 梁炯望. 锚固与注浆技术手册[M]. 北京:中国电力出版社. 1999.
[4] 赵明阶. 边坡工程处治技术[M]. 北京:人民交通出版社. 2003.

(上接第 230 页)

参考文献:

[1] 刘效瑞,伍克俊,王景才,等. 土壤保水剂对农作物的增产增收效果[J]. 干旱地区农业研究,1993,11(2):32-35.
[2] 汪立刚,武继承,王林娟. 保水剂有效使用的土壤水分条件及对小麦的增产效果[J]. 土壤,2003,35(1):80-82.
[3] 尹艳,余红英,尹国强,等. 大田超甜玉米施用保水剂效应的研究[J]. 湖北农业科学,2004(5):46-48.
[4] 黄占斌,万会娥,邓西平,等. 保水剂在改良土壤和作物抗旱节水中的效应[J]. 水土保持学报,1999,5(4):52-55.
[5] 赵永贵. 保水剂的开发及应用进展[J]. 中国水土保持,1995(5):52-54.
[6] 蔡典雄,王小彬,Keith Saxton. 土壤保水剂对土壤持水特性及作物出苗的影响[J]. 土壤肥料,1999(1):13-16.
[7] Woodhouse J, Johnson M S. Effect of super absorbent polymers on survival and growth of crop seedling [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 1990, 35:1196-1200.
[8] Ingram D L, Yeager T H. Effects of irrigation frequency and a water - absorbing polymer amendment on Ligustrum growth and moisture retention by a container medium[J]. Journal of Environmental Horticulture, 1987, 5:19-21.
[9] 肖海华,张毅功,方正等. 不同保水剂对基质保水性和黄瓜幼苗生长的影响[J]. 河北农业大学学报,2002,25(3):45-48.
[10] 芦海宁,韩烈保,苏德荣. 保水剂在草坪中的应用研究进展[J]. 节水灌溉,2005(1):14-17.
[11] 杜建军,廖宗文,冯新,等. 高吸水性树脂在赤红壤及砖红壤上的保水保肥效果研究[J]. 水土保持学报,2003,17(2):137-140.
[12] Norton L D. Stopping erosion with gypsum and PAM [J]. Agricultural Research, 1997, 45(9):18-20.
[13] Trout T J, Sojka R E, Lentz R D. Polyacrylamide effect on furrow erosion and infiltration[J]. American Society of Agricultural Engineer,1995,38(3):761-765.
[14] Taylor K C, Halfacre R G. The effect of hydrophilic polymer on media water retention and nutrition availability to Ligustrum lucidum [J]. Horticultural Science,1986,21(5):1159-1161.
[15] 杜建军,王新爱,廖宗文,等. 不同肥料对高吸水性树脂吸水倍率的影响及养分吸持研究[J]. 水土保持学报,2005,19(4):27-31.
[16] 李永胜,杜建军,谢勇,等. 聚丙烯酰胺型保水剂对基质持水性和菜心生长的影响[J]. 中国农学通报,2005,21(10):402-404.
[17] 李永胜,杜建军,刘士哲,等. 保水剂对番茄生长及水分利用效率的影响[J]. 生态环境,2006,15(1):140-144.
[18] 李永胜,杜建军,谢勇,等. 保水剂对基质持水保肥力及番茄生长的影响[J]. 长江蔬菜,2006(8):57-58.
[19] 连兆煌. 无土栽培原理与技术[M]. 北京:中国农业出版社,2000:59.
[20] 刘士哲. 现代实用无土栽培技术[M]. 北京:中国农业出版社,2001:151-153.
[21] 郭世荣. 无土栽培学[M]. 北京:中国农业出版社,2003:136.