

局部控制地下浸润灌溉对叶用莴苣生长及水分利用效率的影响

郑 健¹, 蔡焕杰^{1*}, 胡笑涛¹, 康绍忠^{1,2}

(1. 西北农林科技大学旱区农业水土工程教育部重点实验室, 陕西 杨凌 712100; 2. 中国农业大学农业水问题研究中心, 北京 100083)

摘 要: 通过两年的盆栽试验, 对比研究了局部控制地下浸润灌溉和地表滴灌对作物根区土壤水分动态及叶用莴苣的光合速率、蒸腾速率、水分利用效率、产量和品质的影响。结果表明, 局部控制地下浸润灌溉的蒸发量明显小于地表滴灌处理, 莴苣产量高于地表滴灌处理; 水分利用效率是局部控制地下浸润灌溉处理最高, 达到了 42.42 kg/m^3 , 地表滴灌仅为 15.14 kg/m^3 ; 各处理光合速率和蒸腾速率日变化均呈“双峰”曲线, 且呈处理 1 > 处理 2 > 处理 3 > 处理 4 的趋势; 局部控制地下浸润灌溉处理的根冠比较高, 最大值达 0.187, 而地表滴灌处理的根冠比仅为 0.071; 局部控制地下浸润灌溉中莴苣的 Vc 含量达到了 14.62 mg/100g , 而地表滴灌处理仅为 12.82 mg/100g 。说明局部控制地下浸润灌溉能有效改善莴苣的光合产物分配, 调整根冠比关系, 提高莴苣的水分利用效率, 使作物产量与品质得到统一。

关键词: 局部控制地下浸润灌溉; 叶用莴苣; 光合作用; 根冠比; 品质

中图分类号: S636.2; S275.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2008)06-0070-06

我国设施农业发展很快, 主要种植各种反季节蔬菜、花卉和经济作物, 灌溉方式绝大多数采用传统的畦灌, 水的利用率只有 40%^[1], 由于灌水技术落后, 设施内的作物生长环境差, 病虫害严重。因此, 水分的合理控制对作物的生长发育、产量和品质的形成都有很大的影响。

近几年, 国内外在设施农业节水灌溉技术方面进行了大量的研究, 并取得了很多成果, 许多新的灌溉技术应用到温室大棚蔬菜生产中, 如滴灌、微喷灌、地下滴灌等, 并已取得了明显的节水效果和经济效益^[2]。Bell^[3] 研究结果表明: 与沟灌相比, 地下滴灌能显著降低莴苣立枯病的发病率和根部木栓化程度。Subbarao^[4] 通过对比地下滴灌和沟灌试验发现, 在滴灌每周灌水两次, 沟灌每周灌水一次的情况下, 采用地下滴灌莴苣发病率显著低于沟灌, 而且莴苣产量也比沟灌的高。

局部控制地下浸润灌溉是参考现有相似灌溉技术, 提出的具有较高节水潜力的适合于设施农业栽培的系统的节水灌溉技术, 它是利用地下水浸润灌溉的方式, 即将底部开孔的种植槽, 放置在一定深度的水槽中, 利用土壤的毛细管作用进行浸润灌溉的技术。局部控制地下浸润灌溉属于地下灌溉的范畴, 它总是湿润土体的下部并且灌水前后表层土壤

总处于相对干燥状态。目前对局部控制地下浸润灌溉的研究刚刚开始, 仅限于机理性的研究^[5]。

本文通过局部控制地下浸润灌溉与滴灌进行对比试验研究, 从光合速率、蒸腾速率、水分利用效率、产量和品质等几个方面探索其在生产实践中的应用, 为局部控制地下浸润灌溉技术的推广提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验在西北农林科技大学旱区农业水土工程教育部重点开放实验室的玻璃遮雨棚内进行。实验室位于东经 $108^{\circ}04'$, 北纬 $34^{\circ}20'$, 所处地理位置属半干旱偏湿润区, 年均日照时数 2 163.8 h, 无霜期 210 d。试验采用盆栽, 盆底部直径 10 cm, 上口直径 16 cm, 装土高度 14 cm, 在盆底部垫滤纸和纱网防止装土时土壤散漏。试验用土为瘠土, 自然风干, 过 2 mm 筛后备用。试验时按容重 (1.35 g/cm^3) 为分层填土。

土壤水分特征曲线是表征土壤水的能量和数量之间的关系, 是研究土壤水分保持和运移所用到的反映土壤水分基本特征的曲线^[6]。本文利用离心机法测定土壤水分特征曲线, 其土壤水分特征曲线方程为:

$$S = 1.0983 \theta^{-5.1219} \quad R^2 = 0.9498$$

收稿日期: 2008-03-10

基金项目: 国家自然科学基金项目 (50479051)

作者简介: 郑 健 (1981—), 男, 在读博士, 主要从事节水灌溉技术研究。E-mail: zhj16822@163.com。

* 通讯作者: 蔡焕杰 (1962—), 男, 教授, 主要从事农业节水和水资源高效利用研究。E-mail: huanjie@yaho.com。

式中, S 为土壤水吸力 (cm); θ 为土壤含水率 (cm^3/cm^3)。

试验材料为叶用莴苣(生菜), 品种为美国大叶速生菜, 试验分别于 2006 年 4 月 24 日和 2007 年 4 月 24 日开始, 定植时幼苗 2~3 片真叶, 高 2.5~3.0 cm, 每盆 2 棵, 定植后统一灌保苗水 500 ml。

1.2 试验装置及试验设计

试验装置由水箱、放置作物的水槽、水泵组成。作物需要灌水时打开水泵, 灌水完毕时, 关闭水泵, 打开阀门将水放回水槽。两年试验均设置 4 个处理, 处理 1、处理 2 和处理 3 为局部控制地下浸润灌

溉, 处理 4 为地表滴灌, 每处理设置 3 个重复。处理 1、处理 2 和处理 3 分别设置为高、中、低 3 种水分处理, 地表滴灌设置为中等水分处理。2007 年试验针对处理 1、处理 2 和处理 4 加设裸土蒸发, 用以测定蒸发量。其中高水分处理灌水下限设置为 $85\% \theta_f$, 中等水分处理设置灌水下限为 $75\% \theta_f$; 低水分处理设置灌水下限为 $65\% \theta_f$, 灌溉上限为 θ_f 。局部控制地下浸润灌溉处理设置淹没水深 7 cm。其中, θ_f 为田间持水量, 土壤容重为 $1.35 \text{ g}/\text{cm}^3$ 时 θ_f 为 $31.86\% (\text{cm}^3/\text{cm}^3)$ 。局部控制地下浸润灌溉试验装置构成如图 1 所示。

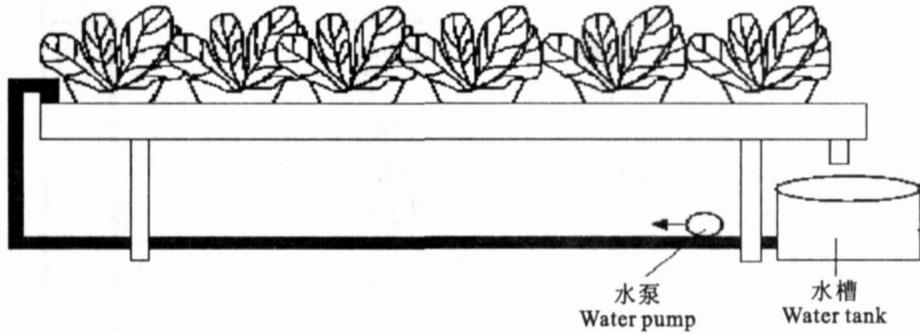


图 1 试验装置示意图

Fig.1 Schematic diagram of test equipment

1.3 测定项目与方法

土壤含水量采用 WET 三参数测定系统测定, 使用烘干法对仪器数据进行修正, 土壤含水率在生育阶段每天测定, 当土壤含水率降至控水下限时, 开始灌水。采用称重法测定蒸发量。采用 CIRAS-1 型便携式光合仪测定光合速率 (P_n)、蒸腾速率 (Tr)。用考马斯亮蓝 G-250 染色法和钼蓝比色法分别测定叶用莴苣中的可溶性蛋白及 Vc 含量。其中光合与蒸发量数据采用 2007 年, 产量品质数据均采用两年数据的平均值。数据分析采用 DPS 软件。

2 结果与分析

2.1 不同处理灌水前后土壤水分动态变化及蒸发量的变化

水分是影响作物生长发育的主要因素之一, 不同的灌溉方式和频率对作物的生理生态指标都会造成较大的影响。本试验采用盆栽且在玻璃遮雨棚下进行, 不受降雨的影响, 因此, 试验中不同处理的土壤水分差异是由灌溉方式的不同所引起的。图 2 为不同处理条件下一个灌水周期的土壤含水率变化情况, 可以看出, 局部控制地下浸润灌溉(处理 1 和处理 2)土壤含水率变化规律相似, 土壤含水率变化缓慢, 土壤含水率到达设计灌水下限的时间需要 4 d 而

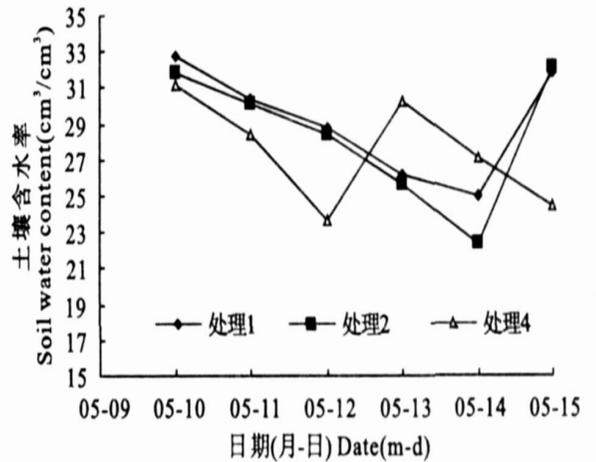


图 2 不同处理灌水周期土壤水分变化

Fig.2 The dynamic change of the soil water content under different treatments

地表滴灌(处理 4)土壤含水率变化较快到达灌水下限的时间为 3 d。图 3 是不同处理条件下蒸发量的变化情况, 从图中可以看出各处理的蒸发量变化与温度具有较好的一致性; 地表滴灌处理的蒸发量明显大于局部控制地下浸润灌溉。形成这种情况的主要原因是因为处理 1 和处理 2 是利用局部控制地下浸润灌溉, 于表层土下的水分向上运移至于表层土

上部时,以水汽扩散的形式穿过干表层土进入大气,而地表滴灌处理的表层土处于湿润状态,土壤表层的蒸发量大于其他的处理。说明局部控制地下浸润

灌溉能减小土表蒸发,具有较好的持水性能,能降低作物的灌水频率。

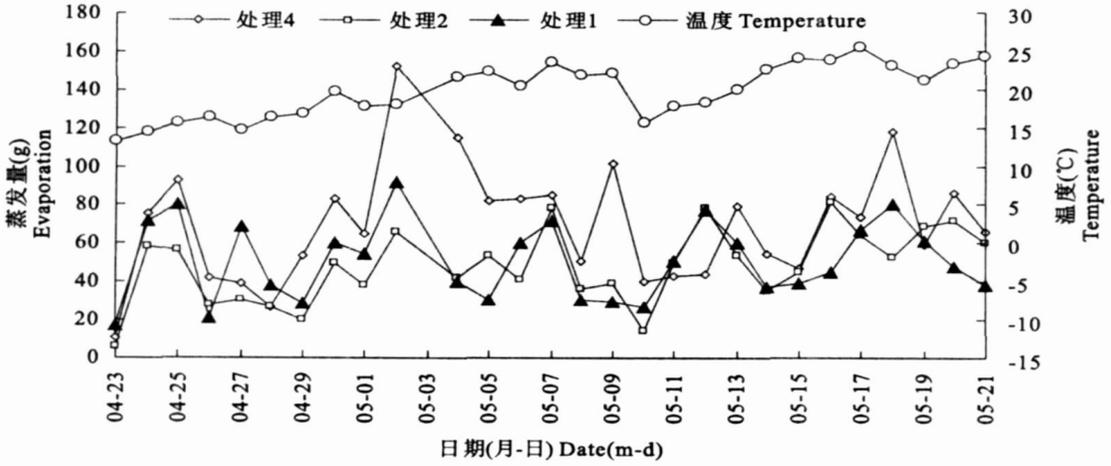


图 3 不同处理条件下蒸发量的变化情况

Fig.3 The dynamic change of the evaporation under different treatments

2.2 不同处理对莴苣光合作用 (P_n) 及蒸腾速率 (T_r) 的影响

光合作用是绿色植物获取生物学产量和经济产量的主要源泉。在不同供水条件下,研究作物的光合生理指标的日变化特征及其机理,对提高作物水分利用效率和寻求增产新途径具有一定意义^[7]。通过分析不同处理对莴苣光合日变化的影响(如图4),可以看出光合速率的变化为局部控制地下浸润灌溉处理的光合速率高于地表滴灌处理,莴苣叶片光合速率日变化呈近似“双峰”曲线,两个波峰分别出现在上午 10:00 和下午 14:00 左右。8:00 由于光强较弱、气温较低,光合速率较低,随着气温和光照强度的上升,气孔开放,光合速率增高,在 10:00 左右达到日高值。此后气温、光照强度继续升高,空气相对湿度下降,蒸腾急剧上升,光合速率急剧减小,至午时 12:00 左右出现低谷,这说明生菜叶片光合日变化存在“午休”。

从图 4 中我们可以看出蒸腾速率处理 1 > 处理 2 > 处理 3 > 处理 4,局部控制地下浸润灌溉处理的蒸腾速率高于地表滴灌处理,莴苣的蒸腾速率变化呈现“单峰”型曲线,自早上 8:00 开始,随着光照的增强,气孔受到光的刺激后慢慢张开,并逐渐增大,到中午 12:00 时达到最大值,植株的蒸腾随着气孔的张开和光照的增强而增加。此后,为维持体内的水分平衡,迫使气孔慢慢减小,蒸腾也慢慢减小,形成单峰曲线。

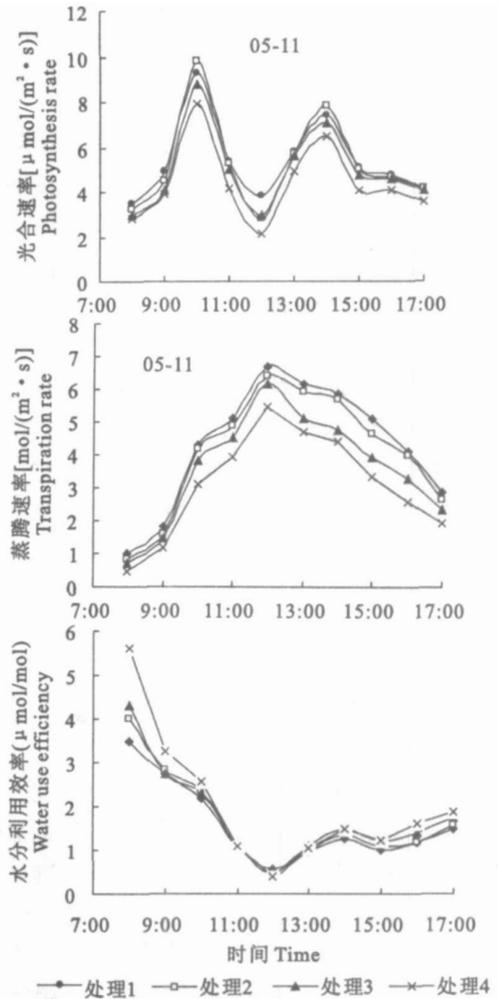


图 4 不同处理对叶用莴苣光合速率、蒸腾速率及单叶水分利用效率的影响

Fig.4 Diurnal variations of photosynthesis rate, transpiration rate and leaf water use efficiency under different treatments

叶片的水分利用效率取决于光合速率与蒸腾速率的比值,是干旱气候环境下确定栽培植物的种类、种植方式和评定其水分生产力的重要指标,它的大小也决定了植物节水能力和水分生产力水平^[8]。植物叶片瞬时水分利用效率作为植物生理活动过程中消耗水分形成有机质的基本效率,它除受物种基因外,还受制于叶片截获的光能、光合酶的活性和再生能力等。水分利用效率上午 8:00 左右是处理 4 > 处理 3 > 处理 2 > 处理 1, 下午 12:00 时处理 4 的最小,而后一直处在上升状态;4 个处理之间下午时水分利用效率是处理 4 > 处理 3 > 处理 2 > 处理 1。局部控制地下浸润灌溉处理的供水较其它处理充分,植株生长旺盛,气孔导度大,碳同化能力高,光和作用强,水分散失快,蒸腾作用强烈,水分利用效率相对要低一些,这与汪光义的研究结果一致^[9]。从单叶日平均水分利用效率看,地表滴灌处理高于局部控水地下浸润灌溉处理。

2.3 不同处理对莴苣产量及水分利用效率的影响

植物水分利用效率实质上反映了植物耗水与其干物质生产之间的关系,是评价植物生长适宜程度的综合生理生态指标。从表 1 中可以看出不同处理下莴苣的产量及水分利用效率之间存在显著性差异。莴苣产量表现为局部控水地下浸润灌溉较地表滴灌处理的高,处理 1 > 处理 2 > 处理 3 > 处理 4,而水分利用效率却是处理 2 的最高,达到了 42.42 kg/m³,处理 1 为 42.15 kg/m³,处理 3 为 27.06 kg/m³,处理 4 最低。

表 1 不同处理对莴苣产量及水分利用效率的影响

Table 1 Effect of different treatments on leaf lettuce yield and water use efficiency

处理 Treatment	产量 Yield (kg/m ²)	灌水量 Irrigation water (m ³)	水分利用效率 Water use efficiency (kg/m ³)
1	4.05 _{aA}	0.096 _{aA}	42.15 _{aA}
2	3.69 _{bB}	0.087 _{bAB}	42.42 _{aA}
3	2.76 _{cC}	0.102 _{bcBC}	27.06 _{bB}
4	1.78 _{dD}	0.118 _{cC}	15.14 _{cC}

注:a,b,c 分别表示 $P=0.05$ 水平下的显著性差异;A,B,C 分别表示 $P=0.01$ 水平下的显著性差异。下同。

Note: a, b, c show significant difference in DSL ($P=0.05$); A, B, C show significant difference in DSL ($P=0.01$). The same as blow.

2.4 不同处理对莴苣干物质和根冠比的影响

表 2 表明,局部控水地下浸润灌溉与地表滴灌处理之间莴苣的根、叶与根冠比之间存在显著差异。处理 2 的根冠比明显大于其他的 3 个处理,达到了 0.187,而处理 4 的根冠比仅有 0.071。主要是由于

处理 4 灌水勤,湿润深度较浅,其根多分布在上层土壤中,而土壤表层蒸发大,限制了根系的生长。这说明局部控制地下浸润灌溉能够使作物的根系分布、气孔开闭、水分分布和生长发育更加和谐,从而提高蒸腾效率和光合产物的积累。

表 2 不同处理对莴苣根冠比的影响

Table 2 Effect of different treatments on leaf lettuce ration of root-shoot

处理 Treatment	叶干重 Leaf weight (g)	根干重 Root weight (g)	根冠比 Ration of root-shoot
1	2.31 _{aA}	0.27 _{aA}	0.117 _{aA}
2	2.835 _{bB}	0.53 _{bB}	0.187 _{bB}
3	2.11 _{cC}	0.189 _{bcB}	0.089 _{cC}
4	1.73 _{dD}	0.123 _{cB}	0.071 _{dC}

2.5 不同处理对莴苣品质的影响

从表 3 中可以看出,局部控制地下浸润灌溉和地表滴灌处理对 Vc 和可溶性蛋白两项品质指标均有显著影响。局部控水地下浸润灌溉的 Vc 含量高于地表滴灌处理,其中处理 2 的 Vc 含量达到了 14.62 mg/100g,而地表滴灌处理的 Vc 含量为 12.82 mg/100g;地表滴灌可溶性蛋白含量高于局部控水地下浸润灌溉处理,但结合作物的产量指标和商品价值,局部控制地下浸润灌溉能够较好的协调作物品质与产量的关系。

表 3 不同处理对莴苣品质的影响

Table 3 Effect of different treatments on fruit quality leaf lettuce

处理 Treatment	产量 Yield (kg/m ²)	Vc Vitamin C (mg/100g)	可溶性蛋白 Soluble protein (mg/g)
1	4.05 _{aA}	13.32 _{aA}	1.28 _{aA}
2	3.69 _{bB}	14.62 _{bB}	1.40 _{abA}
3	2.76 _{cC}	13.11 _{cB}	1.43 _{bA}
4	1.78 _{dD}	12.82 _{dC}	1.50 _{cB}

3 讨论与结论

水是植物光合作用的原料,水分的多少影响着光合速率的变化,水分亏缺会使光合速率下降,水分过多又会使根系通气不良,从而影响植株的正常发育,间接地影响了植株的光合作用,同时也影响了蒸腾速率和作物的单叶水分利用效率。从图 3 中可以看出,地表滴灌处理的单叶水分利用效率最高;而表 1 表明局部控制地下浸润灌溉的水分利用效率高。这主要是由于地表滴灌处理的光合速率和蒸腾速率都较小,使得其单叶水分利用效率较高;但地表滴灌处理的产量低且灌水量高使得其整个生育期的水分

利用效率降低。这说明局部控水地下浸润灌溉能够有效利用土壤中的水分提高水分利用效率,达到节水高产的目的,而地表滴灌在设置的灌溉下限由于因为地表的强烈蒸发,使得在盆栽莴苣的生长过程中长时间处于一定程度的水分胁迫状态。

作物作为整体,根和冠是对其最基本的划分,根、冠关系不仅与作物和环境间物质和能量的交换有关,而且与作物本身许多过程有关,是一个涉及面广、相当复杂的问题,可视为环境因素对其作用后,经过作物体内许多基本变化过程及自适应、自调节后最终所表现出的综合效应^[9]。不同水分条件下根、冠的生长特征及其调节能力,影响到农田水分调控措施的合理制定与实施。Brouwer^[10]指出,当根、冠结构与功能处于均衡态时,二者生长比例协调,产量和资源利用效率较高。根据作物器官功能平衡理论^[11,12],不良水分条件下光合产物在作物中的分配比例发生明显变化。在作物的生长发育过程中,根冠之间的关系表现为既互相依赖、互相促进,又互相竞争、互相制约的时间演进进程。这种关系对水分条件是敏感的,具有通过自组织达到自适宜的反应机制,即资源捕获器官——根与物质合成器官——冠。在水分条件有利的时候,各自的功能较充分发挥,相互促进;在水分条件不利的时候则相反^[13],故不同的水分条件会使得光合产物在作物中的分配比例发生变化。从表 2 中可以看出,局部控水地下浸润灌溉的根冠比明显大于地表滴灌处理,说明局部控制地下浸润灌溉这种灌溉方式更有利于光合产物的形成,能有效调节根、冠比,提高了作物对土壤中水分的利用率,同时使同化物在根系和冠层之间的分配保持协调、平衡,保证作物处于较好的生长状态。

经济的快速发展使得人们在追求作物高产高效的同时更加关注作物的品质状况,而水分是实现作物品质改善的媒体和介质。设施农业中作物的品质对其商品价值影响很大,因此在研究新的灌溉技术和灌溉制度的同时,必须要研究其对作物产品品质的影响,寻找出既可以满足作物高产又可以提高作物品质和水分利用效率的最佳控制模式。研究结果表明,局部控制地下浸润灌溉这种灌溉方式在提高作物产量的同时能够保持和提高作物的品质。

本试验的研究结果表明,局部控制地下浸润灌溉具有以下优势:(1)能有效提高水分利用效率减少土壤的蒸发量,降低作物的灌水频率;(2)能有效改善作物的光合产物分配,调整根冠比关系;(3)能有效提高作物的水分利用效率;(4)能在高产的情况下保证其作物的品质。因此,局部控制地下浸润灌溉是一种值得在设施农业生产和工厂化农业中推广的灌溉方式。

参考文献:

- [1] 杨培岭,任树海.发展我国设施农业节水灌溉技术的对策研究[J].节水灌溉,2001,(2):7-9.
- [2] 康绍忠,蔡焕杰.作物根系分区交替灌溉和调亏灌溉的理论与实践[M].北京:中国农业出版社,2002.
- [3] Bell A A. Mechanisms of subsurface drip irrigation mediated suppression of Lettuce drop caused by *Sclerotinia minor* [J]. *Phytopathology*, 1998, 88(33): 252-259.
- [4] Subbarao K V. Comparison of diseases and yield under subsurface drip and furrow irrigation [J]. *Phytopathology*, 1998, 88(33): 877-883.
- [5] 郑健,胡笑涛,蔡焕杰,等.局部控制地下浸润灌溉土壤入渗特性试验研究[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2007,35(3):227-232.
- [6] 雷志栋.土壤水动力学[M].北京:清华大学出版社,1988.
- [7] 黄占斌,山仑.不同供水下作物水分利用效率和光合速率日变化的时段性及其机理研究[J].华北农学报,1999,14(1):47-52.
- [8] 巩玉霞,贺康宁,朱艳艳,等.黄土半干旱区元宝枫叶片气体交换参数对土壤水分的响应[J].水土保持研究,2007,14(1):242-245.
- [9] 冯广龙,罗远培.土壤水分与冬小麦根、冠功能均衡关系的模拟研究[J].生态学报,1999,19(1):96-103.
- [10] Brouwer R. Functional equilibrium; sense or nonsense [J]. *Netherland Journal of Agricultural Science*, 1983, 31: 335-348.
- [11] Turner N C. Further progress in crop water relation [J]. *Advances in Agronomy*, 1997, 58:293-338.
- [12] Tian G M, Wang F E, Chen Y X, et al. Effect of different vegetation systems on soil erosion and soil nutrients in red soil region of southeastern China [J]. *Pedosphere*, 2002, 13(2): 121-128.
- [13] Magnani F, Mencuccini M, Grace J. Age-related decline in stand productivity: the role of structural acclimation under hydraulic constraints [J]. *Plant, Cell and Environment*, 2000, 23: 251-263.

Effect of water-controlled partial wetting irrigation on the growth and water use efficiency of leaf lettuce

ZHENG Jian¹, CAI Huan-jie^{1*}, HU Xiao-tao¹, KANG Shao-zhong^{1,2}

(1. College of Water Resources and Architectural Engineering, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. Center for Agricultural Water Research in China, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract: Through two-year potted experiment, study was made on the soil water status around crop root-zone, photosynthetic rate, transpiration rate, water use efficiency, yield and quality under water-controlled partial wetting irrigation and drip irrigation without covering. The results showed that the evaporation capacity under water-controlled partial wetting irrigation was obviously less than drip irrigation; moreover, the yield of leaf lettuce under it was higher than drip irrigation. The water-controlled partial wetting irrigation has the highest water use efficiency (reached 42.42 kg/m^3), which was more than drip irrigation (just 15.14 kg/m^3). The photosynthetic rate and transpiration rate showed a split-clip curve among all treatments, and displayed a trend of treatment 1 > treatment 2 > treatment 3 > treatment 4. The root/shoot of leaf lettuce under water-controlled partial wetting irrigation (0.187) was also higher than drip irrigation (0.071). The ascorbic acid content of water-controlled partial wetting irrigation treatment reached $14.62 \text{ mg}/100\text{g}$, and the drip irrigation treatment was only $12.82 \text{ mg}/100\text{g}$. The results all indicated that water-controlled partial wetting irrigation can improve the distribution of photosynthetic product in leaf lettuce, harmonize the relationship between roots and shoot, increase water use efficiency, and unify the yield and quality of leaf lettuce.

Keywords: water-controlled partial wetting irrigation; lettuce; photosynthesis; ration of root-shoot; quality

(上接第 46 页)

[5] 慕平, 尚勋武. 甘春 20 号高产优质栽培因子优化组合研究初探[J]. 麦类作物学报, 2005, 25(2): 72-75.

[6] 裴雪霞, 党建友, 张定一, 等. 晋南中肥力地冬小麦高产栽培对钾锌锰配套措施优选[J]. 干旱地区农业研究, 2002, 20(2): 36-38.

[7] 樊萍, 田丰, 刚存武. 施肥对紫花苜蓿产量的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2007, 25(5): 31-34.

[8] 唐启义, 冯明光. 实用统计分析及其 DPS 数据处理系统[M]. 北京: 北京科学出版社, 2002.

Study on optimizing combination of high yield and quality cultivation factors of spring wheat variety Ganchun 20 in Chaidamu area

XIAO Ai-guo

(Wulan Agricultural Technology Popularizing Station, Qinghai 817100, China)

Abstract: By using regressive experiment method of orthogonal conic substitution with three factors, the regression relationship between seed dosage and N and P applying amount and grain yield, protein content and protein yield was studied on spring wheat variety Ganchun No. 20 in Chaidamu area. The result showed that there is significant regression relationship between seed dosage and N and P applying amount and the three indexes mentioned above. The significance of the effect of cultivation factors on grain yield, protein content and protein yield are in the order of: N applying amount, seed dosage and P applying quantity. The optimizing combination of cultivation factors on spring wheat variety Ganchun No. 20 in this area are seed dosage ($404.5 \text{ kg}/\text{hm}^2$), N (pure N $240 \text{ kg}/\text{hm}^2$) and P (P_2O_5 $195 \text{ kg}/\text{hm}^2$), so it is suggested that the seed dosage should be reduced and P applying quantity should be increased properly.

Keywords: spring wheat; cultivation technology; Chaidamu area