

DOI:10.11937/bfyy.201711002

不同灌溉方式对北京春茬露地生菜的影响

徐厚成¹, 程明¹, 安顺伟¹, 孟范玉¹, 贾松涛², 田伟²

(1. 北京市农业技术推广站, 北京 100029; 2. 通州区农业技术推广站, 北京 102200)

摘要:为了探索适宜于北京春茬露地生菜的灌溉方式,以生菜品种“雷达”为研究对象,设置3个灌溉处理,以常规灌溉为对照,研究不同灌溉方式对生菜生长、品质和产量的影响。结果表明:常规灌溉处理的株高和叶片数显著低于微喷带和边缝式滴灌带处理;边缝式滴灌带处理的单方水产出最高,且其植株硝酸盐显著低于微喷带处理,维生素C含量要显著高于微喷带处理和常规灌溉处理,果实营养价值 and 安全性相对较高。综合考虑植株生长、品质、产量和单方水产出率等要素,边缝式滴灌带相对适宜春茬露地生菜的生产,其产量 667 m^2 达到了 $2\,797\text{ kg}$,单方水产出率达到 $31.3\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$,单方水产出率比微喷带处理和常规处理分别高 20.8% 和 233.0% 。试验还得出春茬露地生菜各生育时期的作物系数,能够为实现春茬露地生菜的高效生产提供一定的参考依据。

关键词:滴灌;微喷;露地生菜;产量;品质;作物系数

中图分类号:S 636.207⁺.1(21) **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)11-0008-05

生菜多用于生食,具有镇痛催眠、抗衰老和降血压等营养保健功能^[1-2]。近年来,中国的生菜栽培面积迅速扩大,生菜已基本实现了露地春茬、秋茬生产和设施越冬茬生产,逐渐成为我国重要的绿色蔬菜之一^[3]。大水大肥虽然在一定程度保证了生菜的产量,但却造成了水肥资源的浪费,又加重了土壤板结和地下水污染程度^[4]。与此同时,传统的灌溉方式束缚了人力资源和土地资源的利用效率。微灌技术能够定时定量地将水分和养分输送到植株的根系附近,在满足作物的水分养分需求的同时,有效地减少土壤水分的无效蒸发和深层渗漏,实现精量灌溉施肥^[5-7]。

目前,国内外学者对蔬菜灌溉的研究仍主要集中在设施作物上,尤其是黄瓜、番茄等设施果菜上,

对露地蔬菜尤其是露地叶菜的研究相对较少^[8-10]。为了筛选出露地生菜更适宜的灌溉方式,该试验以春茬露地生菜为研究对象,以常规畦灌为对照,通过设置3个不同的灌溉方式处理,比较植株生长生理指标及品质产量指标之间的差异,筛选出最适宜的灌溉方式,以期在京郊春茬露地生菜高效生产提供一定的科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于2016年3—5月在北京市通州区潞桥镇进行,试验地位于北京市东南郊,为暖温带半干旱季风区,试验地为砂壤土,质地适中,0~30 cm土层土壤干容重为 $1.42\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$,田间持水量(质量)为24%,有机质含量为2.7%,碱解氮 $86.3\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,速效磷 $22.6\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,速效钾 $108\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,土壤pH 8.16。根据全国第二次土壤普查推荐的土壤养分分级标准表可以判定,试验地土壤属于3级土,肥力中等,呈弱碱性。

1.2 试验材料

供试生菜“雷达”为美国品种,结球稳定。

1.3 试验方法

1.3.1 试验设计 试验以常规畦灌为对照,设置微喷带(WP)、边缝式滴灌带(BF)、薄壁内镶片式滴灌

第一作者简介:徐厚成(1989-),男,硕士,农艺师,现主要从事农业节水技术与推广等工作。E-mail: jsbhxhc@163.com.

责任作者:程明(1982-),男,硕士,高级农艺师,现主要从事农业节水技术与推广等工作。E-mail: chengmingtuiguang@163.com.

基金项目:北京市科委重大资助项目(D151100004115003);2016年北京市喷滴灌水肥一体化示范资助项目。

收稿日期:2017-02-22

带(BN)等3个不同的灌溉方式处理。常规畦灌灌溉施肥方式按照当地高产户经验来进行,而其余3个处理追施 N 、 P_2O_5 、 K_2O 各 $45\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,肥料采用圣诞树20-20-20型。生菜实际灌水和降雨情况统计如表1所示,由于露地采用移栽定植,定植水水量较大,保证活苗。

1.3.2 田间管理 试验生菜于2016年3月27日定

表1 实际灌水和降雨统计

Table 1 Statistical result of actual amount of irrigation and rainfall

编号 Number	处理 Treatment	定植		苗期		莲座期		结球期		汇总 Summation /mm
		Planting stage/mm		Seedling stage/mm		Rosette stage/mm		Heading stage/mm		
		灌水 Irrigation	降雨 Rainfall	灌水 Irrigation	降雨 Rainfall	灌水 Irrigation	降雨 Rainfall	灌水 Irrigation	降雨 Rainfall	
WP	微喷带 Micro-spray irrigation	47.8	0	41.7	5.7	16.1	16.9	19.6	17.9	166
BF	边缝式滴灌带 Side seam drip irrigation	46.7	0	17.2	5.7	14.2	16.9	15.4	17.9	134
BN	内镶片式滴灌带 Chip drip irrigation	47.2	0	16.1	5.7	15.0	16.9	16.5	17.9	135
CK	常规畦灌对照 Conventional irrigation	104.3	0	145.7	5.7	84.3	16.9	0.0	17.9	375

1.4 项目测定

定植前及每个生育期前后用烘干法测定0~20、20~40 cm处土壤水分;每个小区选择3株长势基本一致的植株,测定株高、开展度、叶片数(以叶面积大于 2 cm^2 计)、单株质量以及产量;在生菜收获后,测定其维生素C、可溶性糖、硝酸盐含量等品质指标,其中维生素C含量采用钼蓝比色法^[11]测定,可溶性糖含量采用蒽酮比色法^[11]测定,硝酸盐含量采用水杨酸法^[12]测定。

1.5 数据分析

试验数据采用Excel 2007软件和SPSS 18.0软件进行统计分析,通过邓肯氏新复极差法进行差异显著性检验,确定各个水平下植株各指标之间的差异显著程度。

植,4月25日进入莲座期,5月8日进入结球期,5月29日采收。生菜采用小高畦栽培,微灌处理和对照处理 667 m^2 平均密度分别为5500株和4500株。试验小区面积为 $33\text{ m}^2\times6\text{ m}^2$,共设4个小区,每个小区3次重复,各小区随机排列,每个小区之间至少留有50 cm的安全距离。各试验栽培管理措施均相同。

2 结果与分析

2.1 气象条件对生菜生长的影响

图1为2015、2016及历年气温及降雨统计图,与2015年相比,虽然2016年同期气温和地温均相对较低,但就平均气温而言,全生育期为 $17.2\text{ }^{\circ}\text{C}$,植株生长相对较为适宜^[13]。定植初期,气温较低,一定程度上影响了植株的缓苗,随着温度的升高,植株水分消耗也将逐渐增加。全生育期内有效降雨量为 40.5 mm ,且最大一次降雨发生在5月上旬,达到了 16.9 mm 。2016年降雨与常年降雨分布一致,相比于2015年降雨集中在4月,2016年降雨多集中在5月,此时植株正处于结球期,植株生长旺盛,需水量大,更利于植株的生长发育。

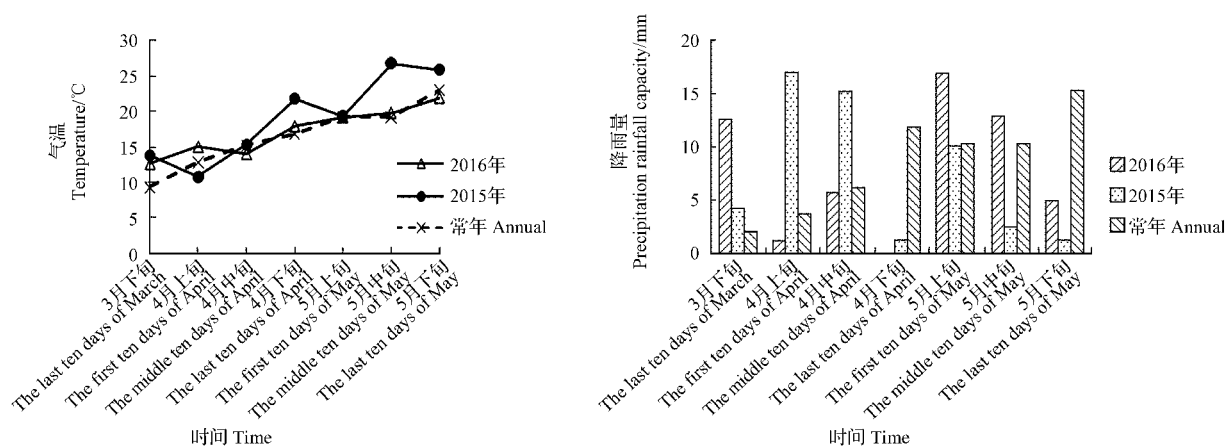


图1 2015、2016年与常年3—5月气温与降雨统计

Fig. 1 Temperature and rainfall statistics from March to May in 2015, 2016 and annual year

2.2 各处理植株耗水规律

参考作物需水量(ET_0)是灌溉系统规划中十分重要的一个因子,也是计算作物系数和评估作物需水量的关键因素^[14-15]。试验应用彭曼-蒙蒂斯公式计算出参考作物需水量,由图2可知,随着时间的推移,参考作物需水量呈现逐渐增大的趋势,平均气温和水汽压的上升导致了 ET_0 的增加^[16]。

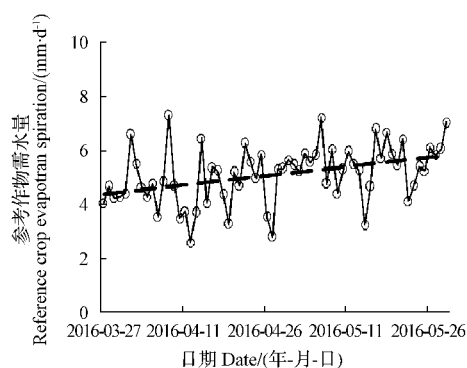


图2 参照作物需水量随时间变化

Fig. 2 Changes of reference crop water requirements over time

水分消耗是物理作用和生理作用综合影响的结果,其主要受气象因素、土壤特性以及作物特性3个方面影响,通过水量平衡公式计算得到作物田间耗水量,日均耗水量随生育期的变化情况如图3所示,可以看出各处理日均耗水量随生育进程的推移均呈现出先减小后逐渐增大的特征,且结球期的日均耗水量大于苗期日均耗水量。苗期时,生菜个体较小,养分和水分的需求均不剧烈,蒸腾消耗较少,此时的水量消耗主要来源于棵间蒸发,植株日均耗水量为 $1.8 \sim 1.9 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$;而在生菜结球期,较高的温度和旺盛的植株促使植株蒸腾及棵间蒸发加剧,植株生长发育耗水增大,其日均耗水量为 $2.6 \sim 2.7 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ 。结合彭曼-蒙蒂斯公式可以计算出春茬露地生菜各

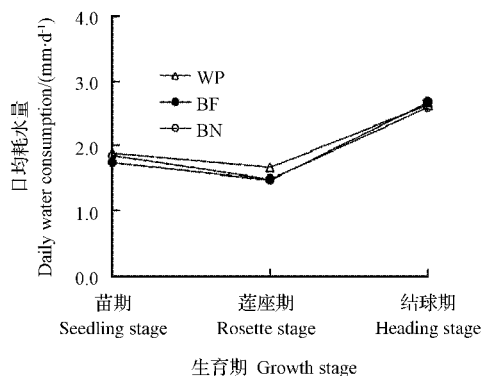


图3 日均耗水量随生育时期变化

Fig. 3 Changes of average daily water consumption with growth stages

表2 春茬露地生菜各生育时期作物系数

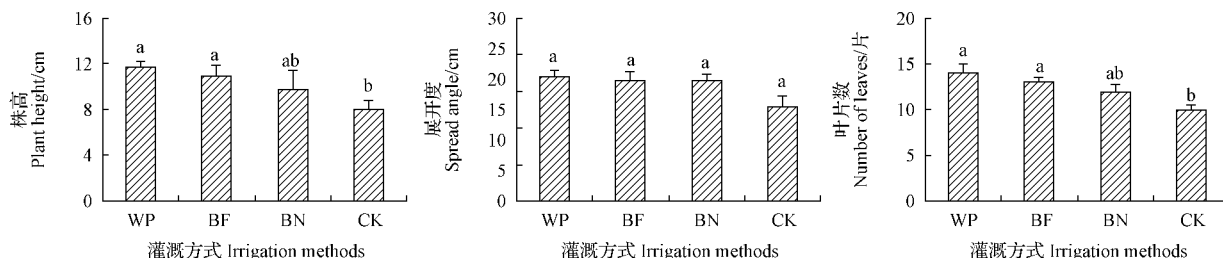
Table 2 Crop coefficient in different growth stages of lettuce by spring open cultivation

生育时期 Growth stage	苗期 Seedling stage	莲座期 Rosette stage	结球期 Heading stage
作物系数 Crop coefficient	0.43	0.20	0.50

生育时期的作物系数(表2)。

2.3 不同灌溉方式对生菜生长的影响

试验观测了定植32 d后,植株莲座中期不同处理的株高、展开度、叶片数等生物学指标,如图4所示,各灌溉方式处理间植株展开度无显著性差异,但常规灌溉处理的株高和叶片数显著低于微喷带和边缝式滴灌带处理。这可能是由于常规灌溉灌水频率小,土壤水分时间变异和空间变异均比较大,影响了植株对土壤中养分的吸收和利用^[17-19]。但定植60 d后,各处理植株球径并没有表现出显著性差异,如图5所示。这可能是较多的降水减小了各处理植株在水分需求上的差异,同时,促进了常规畦灌处理对土壤养分的吸收。



注:不同小写字母表示同一性状在 $P_{0.05}$ 水平上的统计显著性;误差线采用标准差。以下同。

Note: The statistical significance of the same character in the $P_{0.05}$ level is indicated by different lowercase letters. The error line is represented by standard deviation. The following is the same.

图4 不同灌溉方式对植株株高、展开度及叶片数的影响

Fig. 4 Effect of irrigation methods on the plant height, spread angle and number of leaves

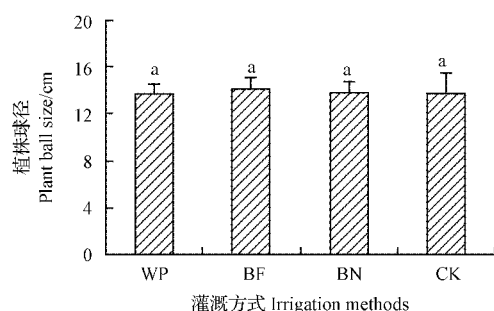


图5 不同灌溉方式对植株球径的影响

Fig. 5 Effect of irrigation methods on the plant ball size

2.4 不同灌溉方式对生菜品质的影响

维生素C、可溶性固形物以及硝酸盐含量是评价蔬菜营养价值、风味品质和健康安全的主要指标^[20]。由表3可知,各处理植株的硝酸盐含量远低于联合国世界卫生组织和粮农组织提出的蔬菜可食部分硝酸盐含量标准 $432 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,适宜生食。边缘式滴灌带处理植株维生素C含量显著高于微喷带

表3 灌溉方式对植株维生素C、可溶性固形物和硝酸盐含量的影响

Table 3 Effect of irrigation methods on the content of vitamin C, soluble solids and nitrate in lettuce of spring open cultivation

处理 Treatment	维生素C含量 Vitamin C content/($\text{mg} \cdot (100\text{g})^{-1}$)	可溶性固形物含量 Soluble solids content/($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)	硝酸盐含量 Nitrate content/($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)
WP	1.65a	23.61a	232.19b
BF	2.47b	27.46ab	190.22a
BN	1.95ab	24.71ab	215.14ab
CK	1.33a	29.10b	200.48a

表4 灌溉方式对植株产量及单方水产出率的影响

Table 4 Effect of irrigation methods on yield and unilateral water efficiency in lettuce of spring open cultivation

处理 Treatment	单球质量 Mean fruit weight/g	商品率 Commodity rate/%	667 m ² 产量 Yield of 667 m ² /kg	灌水量 Irrigation amount/mm	耗水量 Water consumption/mm	单方水产出率 Unilateral water efficiency/($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)
WP	580ab	90	2 866a	166	136	25.9
BF	580ab	88	2 797b	134	130	31.3
BN	570b	88	2 772c	135	133	30.8
CK	610a	86	2 341c	375	—	9.4

3 结论与讨论

该试验通过研究不同的灌溉方式对生菜生长发育的影响后发现,常规灌溉处理的株高和叶片数显著低于微喷带和边缘式滴灌带处理,但其球径却没有表现出显著性差异;边缘式滴灌带处理植株硝酸盐显著低于微喷带处理,而维生素C含量要显著高于微喷带处理和常规畦灌处理,其果实营养价值和安全性相对较高。同时,研究还发现,虽然边缘式滴灌带处理植株的产量略低,但其单方水产出率超过其它各个处理,达到了 $31.3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ 。

处理和常规畦灌处理,果实营养价值较高,且其硝酸盐含量最小,仅为 $190.22 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,显著低于微喷带处理,果实健康安全。说明微灌方式能够一定程度上能够改善植株的品质。对照处理植株可溶性固形物含量较高,这可能是由于该处理植株生长发育过程中受到了胁迫,增加了干物质的积累,这与齐红岩等^[21]、刘明池等^[22]的研究结果类似。

2.5 不同灌溉方式对生菜产量的影响

由表4可以看出,就单球质量而言,除薄壁内镶片式滴灌带处理和常规畦灌处理外,其余各处理均差异性不显著。常规畦灌的大水大肥虽然获得了较大的单球质量,但其产量和单方水产出率最低,这主要是一方面,由于大水灌溉造成了裂球和烂心等现象,影响了植株的商品性;另一方面,常规畦灌使得土地利用效率较低,约为微灌方式的82%。边缘式滴灌带单方水产出率最高,达到了 $31.3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$,比微喷带处理($25.9 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$)和常规处理($9.4 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$)分别高20.8%和233.0%。

综合考虑植株生长、品质、产量和单方水产出等要素,采用边缘式滴灌带进行灌溉,相对适宜春茬露地生菜的生产,其产量 667 m^2 达到了 $2 797 \text{ kg}$ 。然而,滴灌技术与机械移栽技术的配套问题,尤其是移栽后保证幼苗成活率的问题仍然是一个亟需解决的难点^[23]。随着水资源矛盾的加剧、劳动力成本的提升和人们对蔬菜绿色安全的重视,大水大肥的传统农业已不适应以技术、集约、绿色安全为特征的现代都市型农业的发展需要,进一步研究和推广以滴灌技术为核心的先进灌溉技术是未来农业的发展方向。

参考文献

- [1] 宋晓晓,邹志荣,曹凯,等.不同有机基质对生菜产量和品质的影响[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2013,41(6):153-160.
- [2] 吴文强,贺建得,曲明山,等.钾对生菜产量和品质的影响[J].华北农学报,2006,21(增刊):119-121.
- [3] 徐岩,于海业.水肥耦合对日光温室生菜品质和产量影响效应的研究[J].中国农学通报,2011,27(8):162-166.
- [4] 蒋树芳,万书勤,康跃虎,等.华北地区滴灌控制基质势对生菜产量和水分利用的影响[J].水资源与水工程学报,2011,22(6):72-76.
- [5] 孔清华,李光永,王永红,等.不同施肥条件和滴灌方式对青椒生长的影响[J].农业工程学报,2010,26(7):21-25.
- [6] 杨晓宏,严程明,张江周,等.中国滴灌施肥技术优缺点分析与对策[J].农学报,2014,4(1):76-80.
- [7] 薛丽华,胡锐,赛力汗,等.滴灌条件下不同冬小麦品种物质生产特性的差异[J].华北农学报,2013,28(2):186-190.
- [8] 高艳明,李建设,曹云娥.日光温室番茄滴灌营养液土培试验研究[J].西北农业学报,2006,15(6):121-126.
- [9] 王克武,程明,肖长坤,等.滴灌施肥强度对温室生菜生长、产量和品质的影响[J].北方园艺,2010(11):55-58.
- [10] 樊兆博,刘美菊,张晓曼,等.滴灌施肥对设施番茄产量和氮素表现平衡的影响[J].植物营养与肥料学报,2011,17(4):970-976.
- [11] 高俊凤.植物生理学实验指导[M].北京:高等教育出版社,2005:144-148.
- [12] 王学奎.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2006:122-123.
- [13] 宋云鹏,刘凯歌,龚繁荣.不同生菜品种苗期耐热性的综合评价[J].浙江农业学报,2015,27(2):176-181.
- [14] 郝振纯,安贵阳,王加虎,等.淮河中上游参考作物腾发量趋势变化及其成因[J].生态环境学报,2013,22(9):1528-1533.
- [15] 刘晓英,李玉中,王庆锁.几种基于温度的参考作物蒸散量计算方法的评价[J].农业工程学报,2006,22(6):12-18.
- [16] WANG W G, PENG S Z, YANG T, et al. Spatial and temporal characteristics of reference evapotranspiration trends in the Haihe River Basin, China[J]. Journal of Hydrologic Engineering, 2011, 16: 239.
- [17] 裴云.不同灌水处理对生菜生长和品质的影响[D].武汉:华中农业大学,2007.
- [18] 张恒嘉,李晶.绿洲膜下滴灌调亏马铃薯光合生理特性与水分利用[J].农业机械学报,2013,44(10):143-151.
- [19] 王振华,郑旭荣,姜国军.不同灌水量对滴灌春小麦生长与生理指标的影响[J].核农学报,2015,29(3):538-548.
- [20] 徐厚成,程明,安顺伟,等.北京地区无土栽培越冬茬番茄品种筛选[J].北方园艺,2016(15):47-49.
- [21] 齐红岩,李天来,张洁,等.亏缺灌溉对番茄蔗糖代谢和干物质分配及果实品质的影响[J].中国农业科学,2004,37(7):1045-1049.
- [22] 刘明池,小岛孝之,程航.亏缺灌溉对草莓果实特性、植株生长和产量形成的影响[J].园艺学报,2001,28(3):307-311.
- [23] 于晓旭,赵匀,陈宝成,等.移栽机械发展现状与展望[J].农业机械学报,2014,45(8):44-53.

Effects of Different Irrigation Methods of Lettuce of Spring Open Cultivation in Beijing

XU Houcheng¹, CHENG Ming¹, AN Shunwei¹, MENG Fanyu¹, JIA Songtao², TIAN Wei²

(1. The Agricultural Technology Extending Station of Beijing, Beijing 100029; 2. Tongzhou Agricultural Technology Extending Station, Beijing 102200)

Abstract: To determine the suitable irrigation method of lettuce in Beijing spring open cultivation, lettuce 'Leida' was used as test material, three different treatments were carried out to research the effects on the growth, quality and yield of lettuce based on the conventional irrigation treatment, with normal irrigation as control. The results showed that the plant height and number of leaves of the conventional irrigation treatment were significantly lower than those in the micro-spray and side seam drip irrigation treatments. Compared with the micro-spray method, the nitrate content was lower while vitamin C was higher in side seam drip irrigation treatment, which suggested that the nutritive value and safety of fruit in side seam drip irrigation treatment was more excellent. Although the treatment of side seam drip irrigation yielded the second-highest harvest (2 797 kg per 667 m²), its output of unilateral water was the maximum (31.3 kg · m⁻³), which was 20.8% and 233.0% higher than those in micro spray treatment and conventional irrigation treatment. According to the current data, side seam drip irrigation method was more suitable for lettuce in Beijing spring open cultivation. Crop coefficients of lettuce in different growing stages were also calculated in this test.

Keywords: drip irrigation; micro spray; lettuce of open cultivation; yield; quality; crop coefficient