

文章编号:1672-3317(2017)04-0072-05

低压滴灌条件下均匀度各指标相关关系试验研究

李文^{1,2}, 黄修桥¹, 韩启彪¹, 李浩¹, 孙秀路¹, 李宏燕¹, 南茜^{1,2}

(1. 中国农业科学院 农田灌溉研究所/河南省节水农业重点实验室, 河南 新乡 453002;

2. 中国农业科学院 研究生院, 北京 100081)

摘要:测试了4种滴灌带在30、60、90、120 m不同铺设长度时的滴头流量,分析了低压条件下的滴灌带不同均匀度计算指标的影响因素和变化规律,以及不同计算指标间的相关关系。结果表明,克里斯琴森均匀系数 CU 、变异系数 Cv 、分布均匀系数 DU 均随压力和铺设长度变化而变化,但压力对其变化影响不显著,铺设长度与 CU 、 DU 负相关,与变异系数 Cv 正相关;低压与常压下3个不同指标之间相关关系变化不显著,不同指标之间可用统一的线性相关关系描述,决定系数 R^2 达到了0.96以上。

关键词:滴灌; 均匀度; 铺设长度; 压力; 线性关系

中图分类号:S275.6

文献标志码:A

doi: 10.13522/j.cnki.gggs.2017.04.013

李文,黄修桥,韩启彪,等. 低压滴灌条件下均匀度各指标相关关系试验研究[J]. 灌溉排水学报, 2017, 36(4): 72-76.

0 引言

常规滴灌系统设计水头取值一般为100 kPa。为了减少能源的浪费或闲置,同时又能够满足灌溉要求,可适当降低滴灌系统运行压力进行低压滴灌^[1]。均匀度是评价滴灌灌水质量的重要指标^[2],很多学者对低压时滴灌均匀度的影响因素进行了研究^[3-5],重点考察了进口压力、铺设长度、坡度等因素对克里斯琴森均匀系数 CU 的影响。实际上,均匀度计算表征方法很多,常用的包括克里斯琴森均匀系数 CU 、变异系数 Cv 、分布均匀系数 DU ^[6-8]等,这些指标间存在一定联系,有学者研究了喷灌水量分布均匀性评价指标及其之间的相关关系^[9]和堵塞对不同指标的影响^[10]。然而,目前对于滴灌,低压时这些表征方式受哪些因素影响并有何关系的研究较少。为此,通过试验研究,考察4种滴灌带在不同压力和铺设长度下各评价指标的影响因素及变化规律,建立各指标之间的相关关系,以期为低压下滴灌均匀度评价提供一定的技术支撑。

1 材料与方法

1.1 试验材料

选取国内不同厂家生产的4种滴灌带进行试验,滴灌带相关参数见表1。

表1 试验用滴灌带规格

序号	种类	额定压力/kPa	额定流量/(L·h ⁻¹)	滴头间距/cm
A	单翼迷宫薄壁滴灌带	100	2.9	30
B	内镶片式滴灌带	100	2.6	30
C	内镶片式滴灌带	100	2.0	30
D	内镶片式滴灌带	100	2.0	30

1.2 试验装置与方法

试验于2015年6—8月在水利部节水灌溉设备质量检测中心喷滴灌大厅进行,试验装置如图1所示,水

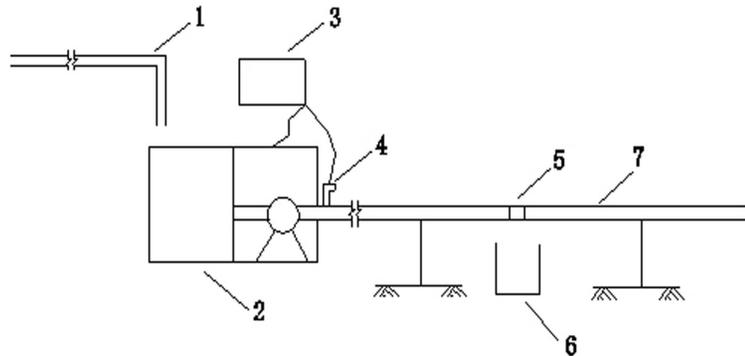
收稿日期: 2016-07-20

基金项目: “十三五”国家重点研发计划项目(2016YFC0400202); 国家自然科学基金项目(51309225); 中国农业科学院科技创新工程团队农田灌溉研究所项目

作者简介: 李文(1991-),女,河南三门峡人。硕士研究生,主要从事节水灌溉技术与设备研究。E-mail:liwen13373913727@163.com

通信作者: 黄修桥(1961-),男,湖北汉川人。研究员,主要从事节水灌溉理论与技术和水资源高效利用方面研究。E-mail:huangxq626@126.com

源为自来水,采用河北可道公司生产的智能微灌水箱提供压力和流量,水箱内置变频水泵、过滤器等,试验时可由控制软件系统设置所需压力,靠压力传感器测控进口压力,试验时每根滴灌带设置4种不同铺设长度(30、60、90、120 m),每个铺设长度测试8组不同压力(20、40、60、80、100、120、140、160 kPa)下的滴头流量,自滴灌带首端开始沿滴灌带分别等距设置30个测量点,采用水杯、量筒、秒表等观测并记录出流量及相应的出流时间后计算滴头流量,测试时间为6 min。



1—水源;2—水箱;3—控制软件;4—压力传感器;5—滴头;6—量筒;7—滴灌带
图1 试验装置示意图

1.3 测定指标与方法

参照相关规范^[8,11],选取克里斯琴森均匀系数 CU 、变异系数 Cv 、分布均匀系数 DU 计算均匀度。 CU 描述的是各测点水深与平均水深偏差的绝对值之和与总水深的比值,可以较好地表征整个系统水量分布与平均值偏差的情况,我国《微灌工程技术规范》推荐使用该指标。其计算公式为:

$$CU = \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n |h_i - \bar{h}|}{\sum_{i=1}^n h_i} \right), \quad (1)$$

式中: h_i 为第 i 测点的降水深(mm); \bar{h} 为各测点平均降水深(mm); n 为测点数。

Cv 是采用较多的一种表示均匀性的方法之一。其计算式形如:

$$Cv = \frac{s}{\bar{h}} = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (h_i - \bar{h})^2}{n}}}{\bar{h}}。 \quad (2)$$

与 CU 相比, DU 强调了降水深较小的水量,有利于保证作物获得必要的最小灌水量。因此,美国农业部推荐采用 DU 描述水量分布均匀性^[8]。文中,分布均匀系数 DU 采用1/4低值计算,考虑取整计算,计算 DU 时去掉首末2个测量点,选取了28个测点。其计算公式为:

$$DU = \frac{\bar{h}_{1/4}}{\bar{h}} \times 100\%, \quad (3)$$

式中: $\bar{h}_{1/4}$ 为大小排列的降水值的 $n/4$ 个测点数的降水深平均值(mm)。

2 结果与分析

2.1 平均流量与压力的关系

图2给出了4种不同规格滴灌带在铺设长度30、60、90、120 m时平均流量与压力的关系。从图2可以看出,压力水头在20~160 kPa之间变化时,不同类型的滴灌带平均流量随着压力的增加而增加,并且平均流量与压力之间符合良好的幂函数关系,B、C、D三种滴灌带的平均流量与压力幂函数关系的确定系数 R^2 均达到0.999,A型滴灌带在不同铺设长度下 R^2 也都达到了0.963以上。常规滴灌带在额定工作压力下滴头平均流量均在2~3 L/h之间,试验中所选取的4种类型滴灌带的平均流量在不同铺设长度和不同低压下的流量会有所降低,B、C、D三种类型滴灌带在铺设长度30~120 m、压力40~160 kPa之间运行时,滴头平均流量均在1~3 L/h之间,因此可以通过改变灌溉时间满足灌溉要求;同样A型滴灌带在压力20~100 kPa、铺

设长度 60 m 范围内,滴头平均流量均在 1~3 L/h 之间,也可满足,但在其他范围时,适应度会下降。因此,在低压运行时,常规滴灌带不建议使用 A 型等大流量灌水器。

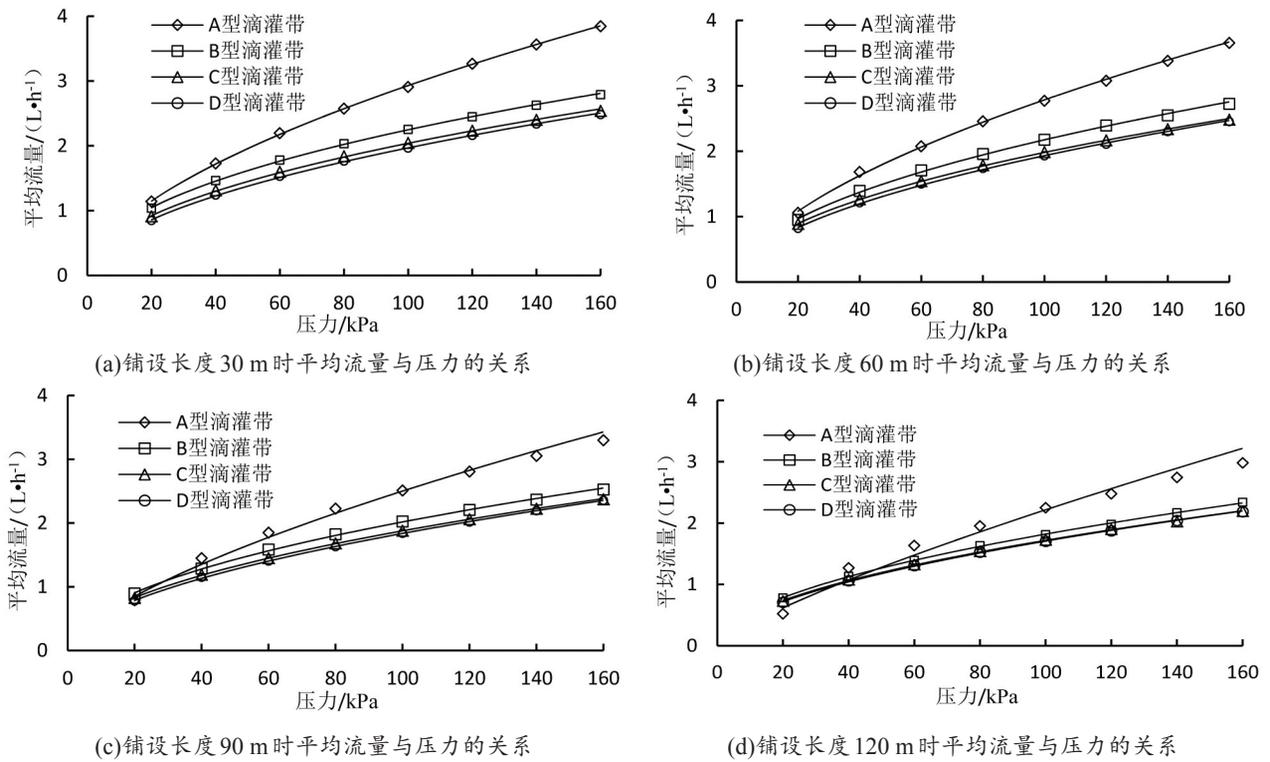


图 2 不同铺设长度时平均流量与压力的关系

2.2 不同均匀度指标影响因素分析

不同铺设长度条件下,各规格滴灌带的均匀指标变化趋势一致,兹仅以铺设长度 60 m 为例进行说明。图 3 给出了 4 种不同规格滴灌带在铺设长度 60 m 时不同压力下 3 种均匀度指标(克里斯琴森均匀系数 CU 、分布均匀系数 DU 、变异系数 Cv)的变化曲线。从图 3 可以看出,压力水头在 20~160 kPa 之间变化时, CU 、 DU 、 Cv 变化均不明显,除了 A 型滴灌带的 DU 变化最大值达到了 6.06%,其他类型滴灌带的各指标变化范围均在 5% 以内。说明压力变化对以上 3 个指标的影响均不大。因此,在低压滴灌系统中,可以适当降低工作压力而不影响灌溉均匀度,进一步降低运行成本。

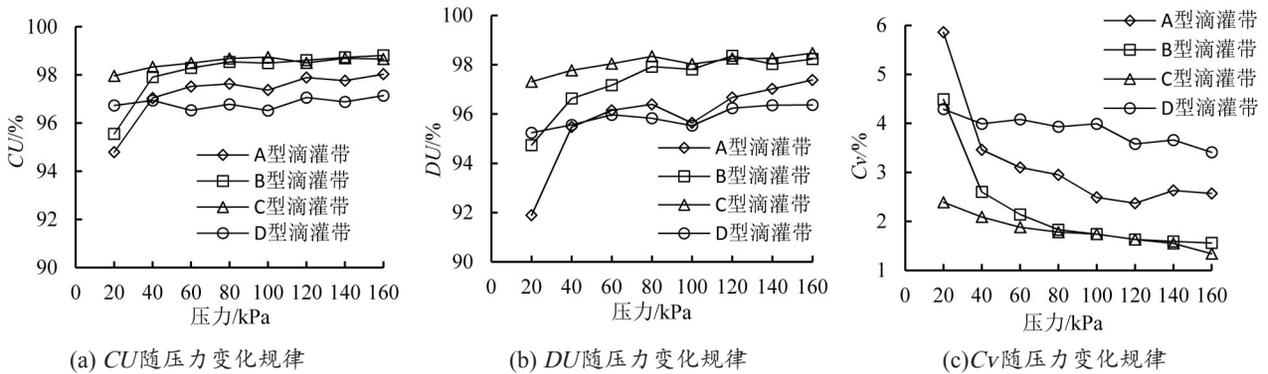


图 3 铺设长度 60 m 时不同压力下 3 种均匀度指标的变化规律

图 4 给出了 4 种不同规格滴灌带在压力水头 4 m 时不同铺设长度下 CU 、 DU 、 Cv 的变化曲线。由图 4 可知,铺设长度对滴灌带的各指标变化有显著影响,铺设长度在 30~120 m 变化范围内, CU 和 DU 随着铺设长度的增加而降低, Cv 随铺设长度的增加而增加。当铺设长度从 30 m 增至 120 m 时, CU 和 DU 降幅最大值分别是 13.48% 和 16.19%, Cv 增幅最大值为 13.27%;当铺设长度从 90 m 增至 120 m 时, CU 和 DU 降幅最大, Cv 增幅也最大,相较而言,A 型滴灌带变化的最明显, CU 的变化最大达到 9.48%, Cv 的变化最大达到 9%, DU 变化最大达到 10.7%,其余 3 种内镶式滴灌带的均匀度在铺设长度为 90~120 m 时均在 4% 以内,而且整体的微灌均匀系数均在 80% 以上,按照灌水均匀度的一般标准:90%~100% 为优秀;80%~90% 为良好;70%~80%

为一般;0%~70%为差^[8],基本保持在良好水平。因此在实际生产应用中滴灌带的铺设长度不宜超过90 m,以保证较高的灌水均匀度和灌水质量。

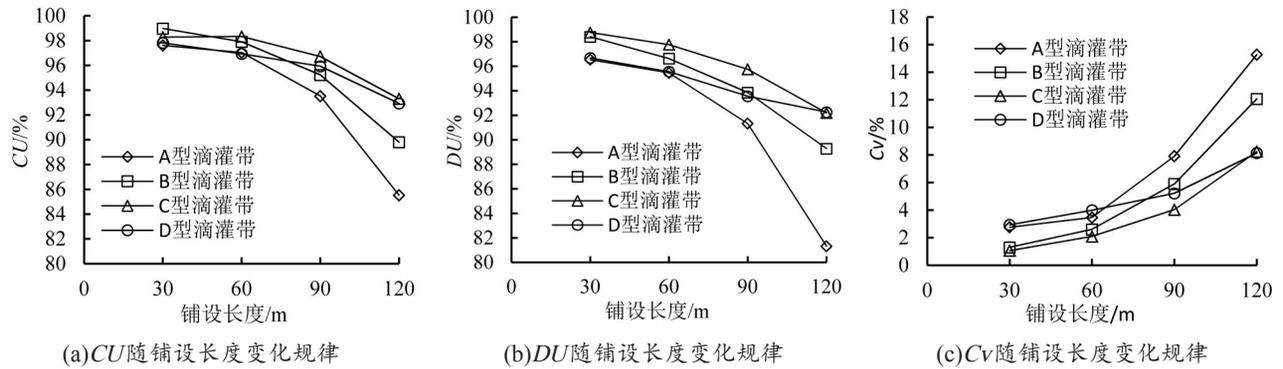


图4 压力水头4 m时不同铺设长度下3种均匀度指标的变化规律

2.3 低压条件下均匀度各指标间相关关系分析

图5给出了CU与DU及Cv在低压(20~80 kPa)与常压(80~160 kPa)下的相关关系。从图5可以看出,无论低压还是常压,CU均随DU的增大而增大,呈明显的线性正相关关系,随Cv的增大而减少,呈明显的线性负相关关系,而且DU均小于CU,这与已有研究结果^[9]一致。此外,不考虑压力的影响,DU在80%~99%之间,且大部分集中分布于95%左右,均匀度都较高,仅有极少数在90%以下;Cv大部分在8%以内,只有少数测点当铺设长度内120 m时在8%~16%之间变化。低压和常压下,3个参数间的线性相关关系区别不大,因此在考察其相关关系时可以不考虑压力的影响,采用统一的相关关系式($CU=ax+b$,其中x代表DU或Cv,a和b为拟合参数)描述,即 $CU=0.817DU+18.43(R^2=0.964)$ 和 $CU=-0.888Cv+100.2(R^2=0.989)$ 。可见,3个指标之间存在良好的线性相关, R^2 都达到0.96以上,可用于不同指标间的换算推求。

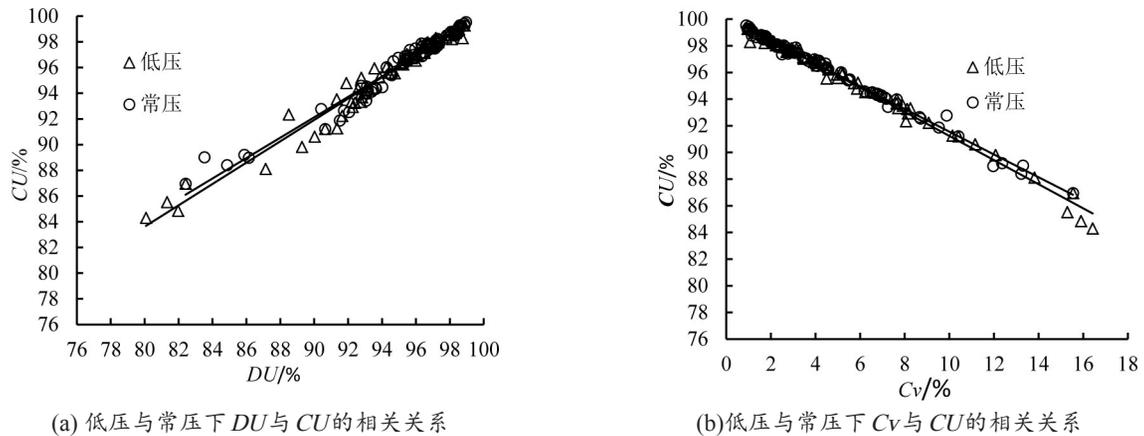


图5 CU与DU及Cv指标间的相关关系

3 结论

低压条件下,滴灌带均匀度的3个评价指标(CU、DU、Cv)均随着压力的变化而变化,但是压力对其变化影响不显著。相较而言,铺设长度对其变化影响显著,在铺设长度从30 m增至120 m时,变化幅度最大达到16.19%,尤其在铺设长度从90 m增至120 m时变化最为显著。因此,在低压滴灌系统建设中,可以考虑降低压力以减少建设成本;同时考虑到铺设长度的影响较大,实际应用时铺设长度建议不超过90 m,这样可保证较高的灌水均匀度和灌水质量;CU、DU、Cv随压力、铺设长度发生变化的变化趋势一致,有良好的相关性,试验也给出了3个指标间的线性关系式。

由于试验采用的滴灌带种类有限,其相关关系等有待进一步深入研究。

参考文献:

- [1] 牛文全,吴普特,范兴科,等. 低压滴灌系统研究[J]. 节水灌溉,2005(2):29-32.
- [2] 牛文全,吴普特,范兴科,等. 微灌系统综合流量偏差率的计算方法[J]. 农业工程学报,2004,20(6):85-88.
- [3] 马晓鹏,龚时宏,王建东,等. 低压条件下滴灌带灌水均匀系数试验研究[J]. 灌溉排水学报,2010,29(4):6-10.

- [4] 张林,范兴科,吴普特. 低压条件下滴灌灌水均匀度试验研究[J]. 灌溉排水学报, 2008, 27(5):22-24.
- [5] 朱德兰,吴普特,张青峰,等. 微地形影响下滴灌均匀度设计指标研究[J]. 排灌机械工程学报, 2006, 24(1):22-26.
- [6] 韩文霆. 喷灌分布均匀系数研究[J]. 节水灌溉, 2008(7):4-8.
- [7] 李远华. 节水灌溉理论与技术[M]. 武汉:武汉水利电力大学出版社,1999.
- [8] 美国国家灌溉工程手册[M]. 北京:水利电力出版社,1998.
- [9] 李久生,饶敏杰. 喷灌水量分布均匀性评价指标的试验研究[J]. 农业工程学报, 1999, 15(4):78-82.
- [10] 罗春艳. 滴灌灌水均匀度影响因素及计算方法[D]. 杨凌:西北农林科技大学, 2014.
- [11] 中华人民共和国水利部. 微灌工程技术标准[M]. 北京:中国水利水电出版社, 1995.

Correlation Between Indexes of Uniformity in Low-Pressure Drip Irrigation

LI Wen^{1,2}, HUANG Xiuqiao¹, HAN Qibiao¹, LI hao¹, LI Hongyan¹, SUN Xiulu¹, NAN Xi¹

(1. Farmland Irrigation Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences/
Key Laboratory of Water Saving Agriculture of Henan Province, Xinxiang 453002, China;
2. Graduate School of Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: Four drip-irrigation tapes under low pressure were tested under four laying lengths: 30 m, 60 m, 90 m and 120 m. The factors that affected and the variations of the uniformity indexes were analyzed and correlations between the indexes were calculated. The results showed that the uniformity coefficient varied with the pressure as well as the length of the laying, but the impact of the pressure was insignificant. Both Christiansen uniform coefficient and distribution-uniform coefficient depended negatively on the laying length, while the variation coefficient was positively related to the laying length. There was a close linear relationship between the three indexes with the coefficient of determination higher than 0.96, remaining almost unchanged under both low pressure and normal pressure.

Key words: drip irrigation; uniformity; laying length; low pressure; relevant relations

责任编辑:刘春成