

滴头堵塞率及堵塞位置对灌水均匀度的影响

罗春艳¹, 牛文全^{1,2}

(1. 西北农林科技大学 水利与建筑工程学院, 陕西 杨凌 712100;
2. 中国科学院水利部水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 采用控制堵塞试验的方法, 在压力恒定的条件下, 分析了堵塞率、堵塞位置对灌水均匀度的影响规律。试验结果表明: 当压力在 4~10 m 变化时, 压力对于灌水均匀度的影响不显著, 其变化范围在 1% 以内, 生产实际中可以适当降低滴灌带的工作压力达到降低造价的目的; 堵塞率是影响灌水均匀度的主要原因, 堵塞率越高灌水均匀度越差, 当堵塞率超过 10% 时, 灌水均匀度 CU 已经远低于规范的最低值; 只有当堵塞率不大于 10% 时, 堵塞位置才对灌水均匀度有一定的影响, 当堵塞位置分布在滴灌带前三分之一段和全段时, 对灌水均匀度的影响较明显, 此时灌水均匀度最小。

关键词: 滴头; 堵塞; 堵塞率; 堵塞位置; 灌水均匀度
中图分类号: S275.6 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7601(2014)02-0196-05

Influence of emitter clogged ratio and clogged location to the irrigation uniformity

LUO Chun-yan¹, NIU Wen-quan^{1,2}

(1. College of Water Resources and Architecture Engineering, Northwest A&F University, Yangling 712100, China;
2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences/Ministry of Water, Yangling 712100, China)

Abstract: Using the method to control the clogged experiment, under the condition of constant working pressure, has analyzed the influence rule of the emitter clogged rate, clogged location to the irrigation uniformity. The test results showed that: When the working pressure was changed at the 4 to 10 m, the influence of pressure to the irrigation uniformity was not obvious, as the change range was less than 1%. So in the production practice, the working pressure of the trickle irrigation line can be properly decreased to achieve the purpose of reducing the cost. It is found that the emitter clogged rate was the main reason for affecting the irrigation uniformity, the higher emitter clogged rate, the poorer irrigation uniformity. When the emitter clogged rate is high than 10%, the irrigation uniformity CU will be more less than the minimal value in the code. So only the emitter clogged rate was less than 10%, the logged position will be a certain influence to the irrigation uniformity. When the emitter clogged position distributed at the first one-third section and along entire line, the influence to the irrigation uniformity will be rather obvious, right now the irrigation uniformity will be the minimum.

Keywords: emitter; clogged; clogged ratio; clogged location; irrigation uniformity

滴灌节水效率高, 灌水质量好, 是目前应用广泛的节水灌溉技术之一^[1]。灌水均匀度是评价灌溉工程及灌水方法质量好坏的重要指标, 是滴灌系统规划设计的重要参数^[2-3]。在实际工程中, 影响灌水均匀度的因素很多, 如灌溉水质量、灌水器质量、灌水器工作压力变化、灌水器堵塞状况、灌水器制造偏差、灌溉水温变化以及地面坡度和毛管布设方式等, 其中灌水器堵塞问题一直是制约滴灌发展的一大难题, 它直接决定着工程的使用寿命和应用效益^[4-6]。目前对于滴头堵塞的研究, 主要围绕基于堵塞不同成因的滴头堵塞过程^[7-8]以及滴头抗堵性能的改进^[9-11]。Bucks 等人将堵塞分为物理堵塞、化学

收稿日期: 2013-11-19
基金项目: 国家高技术研究发展计划(863 计划)“低能耗微灌技术与产品”(2011AA100507)
作者简介: 罗春艳(1988—), 女, 黑龙江佳木斯人, 硕士研究生, 研究方向为节水灌溉新技术。E-mail: yanzi2911@126.com。
通信作者: 牛文全(1972—), 男, 甘肃甘谷人, 研究员, 博士生导师, 主要从事水土资源高效利用与节水灌溉新技术研究。E-mail: nwq@vip.sina.com。

堵塞和生物堵塞三种类型,滴灌水质不同,其堵塞主导作用不同。堵塞发生会引起滴头流量的减小,进而影响滴灌灌水均匀度^[7]。但目前对于堵塞位置对灌水均匀度影响的研究还比较少,因此,研究堵塞位置对灌水均匀度的影响十分必要。

本试验通过设置不同堵塞率与不同堵塞位置,分析其对灌水均匀度的影响,为评价堵塞对滴灌系统灌水质量的影响提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料与装置

试验采用甘肃大禹节水股份有限公司生产的薄壁迷宫流道滴灌带,该滴灌带的主要技术参数为:滴头间距为 30 cm,内径为 16 mm,额定流量为 2.1 L·h⁻¹,壁厚为 0.4 mm。受试验场地大小的限制,试验先采用 80 m 长度的滴灌带进行压力试验,其他试验滴灌带长度为 36 m。试验时,将整段滴灌带按照三部分考虑,毛管进口三分之一为第 1 段、中间三分之一为第 2 段,剩余部分为第 3 段,每段有 40 个滴头。

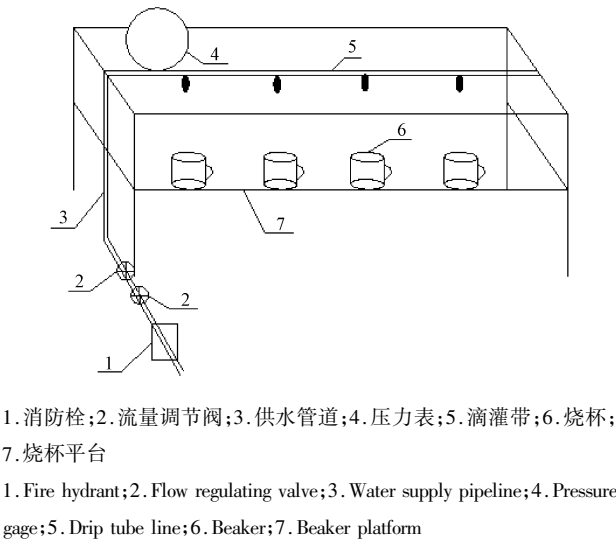


图 1 试验装置图

Fig. 1 Picture of the experimental installation

试验在西北农林科技大学灌溉水力学试验大厅内进行,测试装置由供水装置、压力调节装置、水量收集装置组成。试验装置如图 1 所示,通过消防栓为系统提供水源,并通过调节球阀,控制毛管进口的压力水头;毛管铺设在由钢架焊接的平台上,下端有安放烧杯的烧杯平台。

1.2 试验方法

试验毛管进口压力水头分别设置为 4、6、8、10 m 四个处理,由于研究的是低压灌溉,最大压力设置为

10 m;堵塞率分别设置为 0%、5%、10%、20%、30% 五个处理;堵塞位置分为前 1/3 段、中间 1/3 段、后 1/3 段及整条滴灌带四个处理。试验采用全试验组合,共 80 组。

滴头堵塞控制方法采用二合一胶堵塞滴头,假定本次试验所涉及堵塞都是完全堵塞,堵塞后的滴头流量为 0。从毛管进水口第 1 个滴头开始观测并记录各滴头的出水量,每次试验测试时间为 15min。为保证试验结果的可靠性,每组试验重复 3 次(同一条滴灌带测量三次),取其平均值进行数据分析。

2 堵塞程度评价指标与方法

滴灌灌水均匀度是评价灌水质量优劣的一个主要技术指标,通常采用灌水均匀系数来表示。我国的《微灌工程技术规范》规定:微灌工程的灌水均匀系数不得低于 0.8^[12]。对于滴灌等局部灌溉,可用灌水器的出流量计算均匀系数 CU ^[13],计算公式如下:

$$CU = (1 - \frac{\sum_{i=1}^n |q_i - \bar{q}|}{\sum_{i=1}^n q_i}) \times 100\% \tag{1}$$

式中, q_i 为第 i 个灌水器流量(L·h⁻¹); $\bar{q}$ 灌水器平均流量(L·h⁻¹)。

Keller (1990)^[14] 等提出用分布均匀系数 EU 来衡量灌水均匀度,计算公式如下:

$$EU = \frac{q_n}{q_a} \times 100\% \tag{2}$$

式中, q_n 为大小排列的实测滴头流量低值的 $n/4$ 个测点数的滴头流量平均值(L·h⁻¹); q_a 为实测滴头流量平均值(L·h⁻¹)。

3 试验结果与分析

在灌水器制造过程中,由于各种偶然因素,造成同一批滴头的尺寸大小、结构形状不同,同一批滴头在同一压力作用下的流量也不相同,这种由于制造因素产生的流量偏差现象可以用流量偏差系数 CVm 来表示, CVm 越小,制造偏差对灌水均匀度的影响越小。本试验产品的制造偏差系数为 0.029,小于 0.04,可以忽略其对灌水均匀度的影响。

3.1 毛管进口压力对灌水均匀度的影响

选取长度为 80 m 的滴灌带进行压力试验,通过测定堵塞率为 0 时滴灌带 270 个滴头的流量,利用克里斯琴森公式计算出其灌水均匀系数 CU 及凯勒公式计算 EU ,绘制出该滴灌带毛管灌水均匀系数 CU 、分布均匀系数 EU 与进口压力的关系曲线,见

图 2。

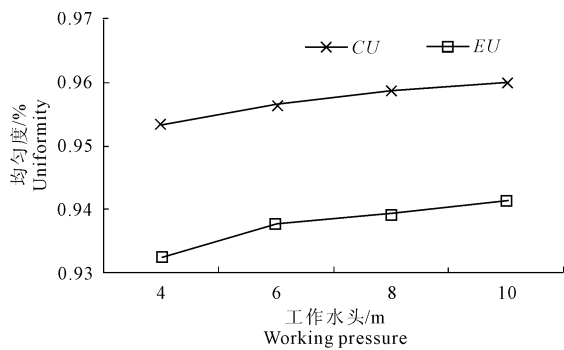


图 2 灌水均匀度 CU 及 EU 随压力变化曲线

Fig.2 The curve of CU and EU with the working pressure change

由图 2 可以看出,当滴灌带的铺设长度为 80 m,压力在 4~10 m 变化时,灌水均匀度 CU 随着压力的升高而略有增大,当压力升高到 10 m 时达到最大值,但总体上灌水均匀度随压力变化的影响不显著,变化范围在 1% 以内,均保持在 95% 左右。压力对于分布均匀系数 EU 的影响与对 CU 的影响类似,也呈现随压力的增加而增大的趋势,整体保持在 94% 左右。由此可以看出,适当降低毛管入口压力对于灌水均匀度 CU 和 EU 的影响不大。从图 2 还可以看出灌水均匀度 CU 的数值要大于分布均匀度 EU 的数值,这是因为 EU 的计算公式是滴头流量低值的 $n/4$ 的均值与所有滴头流量均值的比值,其强调的是低值的流量对于灌水均匀度的影响。当滴灌带长度不大于 80 m 时,均匀度随着压力升高而增大程度不是非常显著,受试验条件的限制,因此堵塞率与堵塞位置对于灌水均匀度的影响采用的滴灌带长度为 36 m。

3.2 堵塞位置对于灌水均匀度的影响

堵塞位置不同将会导致压力沿毛管的变化趋势发生一定的变化,其它未堵塞滴头流量将发生重新分配,进而可能引起灌水均匀度的变化。图 3 为压力水头 H 为 10 m,分别在毛管前三分之一段、中间三分之一段、后三分之一段、全段四种位置分别发生 5%、10%、20%、30% 的堵塞率时,灌水均匀度 CU 和分布均匀度 EU 的变化柱状图。

从图 3 可以看出,当堵塞率较小时,发生堵塞的位置对均匀度有一定的影响,当堵塞率大于 10% 后,发生堵塞的位置对灌水均匀度几乎没有影响。当堵塞率为 5% 时,在后段发生堵塞时,灌水均匀度 CU 较大,而当在前、中段及全部发生时较小,堵塞发生在前、中三分之一段和全段时的灌水均匀度 CU 要比堵塞发生在后三分之一段小 1% 左右,堵塞

发生在全段时灌水均匀度 CU 数值最小。当堵塞率增加到 10% 时,堵塞位置对于灌水均匀度的影响与堵塞率为 5% 时类似。而当堵塞率大于 10% 时,无论堵塞发生位置在何处,灌水均匀度均小于 80%, 低于规范的最低值,堵塞发生的位置对灌水均匀度影响不明显。说明发生堵塞的位置基本上对灌水均匀度影响不大,只有在堵塞率较小时(不大于 10%) 时,在毛管前段或者全段发生堵塞时才对均匀度产生一定的影响,而当堵塞率大于 10% 时,堵塞位置几乎对灌水均匀度不产生影响,总体而言堵塞发生在前三分之一和全段时对于灌水均匀度的影响最大,堵塞发生在后三分之一段对于灌水均匀度的影响最小。这是由于在压力保持不变条件下,滴灌带内的水流流速不变,当靠近毛管进口的前三分之一的滴头发生完全堵塞时,后面三分之二的滴头的流量会适当的增大,使得灌水均匀度 CU 的数值最小;当滴灌带的后三分之一的滴头发生完全堵塞时,不会显著影响前三分之二的滴灌带的滴头流量,故而其灌水均匀度 CU 数值最大(图 3a)。

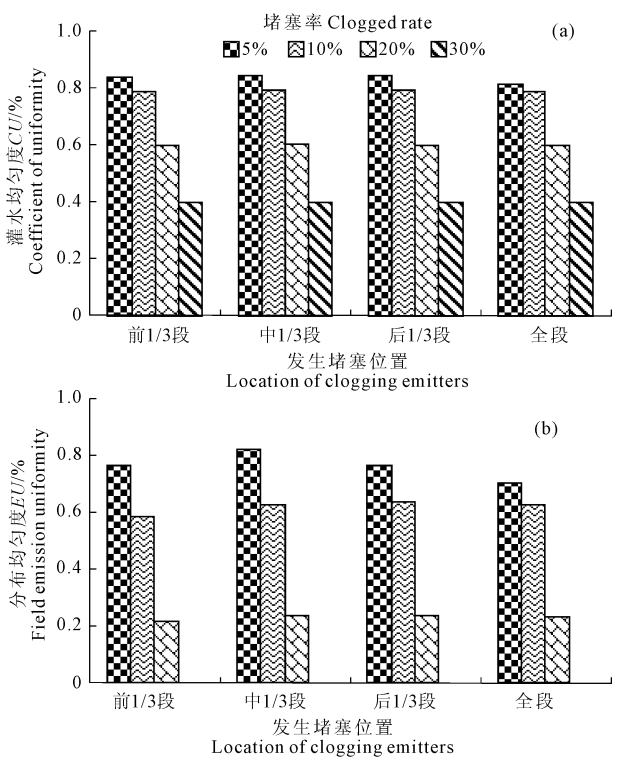


图 3 堵塞位置对灌水均匀度 CU(a)及 EU(b)的影响

Fig.3 Influence of the clogged location to the uniformity CU(a) and EU(b)

从图 3 可知,堵塞位置对于分布均匀度 EU 的影响与对灌水均匀度 CU 的趋势一致,都是堵塞发生在前三分之一段和全段时对于分布均匀度 EU 最为敏感,发生在后三分之一段时最不敏感,堵塞位置

只有在堵塞率不大于 10%时才对 EU 产生一定的影响,当堵塞率升高到 30%时,其分布均匀度的数值不随堵塞的位置变化而发生改变,均为 0(图 3b)。

3.3 滴头堵塞数对灌水均匀度的影响

通过试验发现,在不同位置发生堵塞时,均匀度随堵塞率变化的趋势基本一致,而且受压力大小的影响非常小,不同压力下均匀度 - 堵塞率关系曲线几乎重合。为了便于分析,以工作水头为 10 m 时,滴灌带中段发生堵塞后灌水均匀度 CU 与分布均匀度 EU 的变化为例进行分析,结果如图 4 所示。

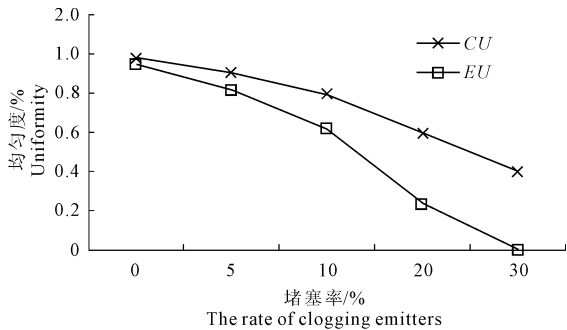


图 4 灌水均匀度 CU 及分布均匀度 EU 随堵塞率变化曲线
Fig.4 The curves of the irrigation uniformity CU and EU with the logged rate change

从图 4 可以看出:随着堵塞率的增加灌水均匀度 CU 呈线性下降,当堵塞率由 0%增加到 5%时,灌水均匀系数下降了 7%左右,当堵塞率达到 10%时,灌水均匀系数下降到 80%左右,接近《微灌工程技术规范》最低均匀度要求。而当堵塞率增加到 30%时,灌水均匀系数仅仅为 39.94%,已经远远低于规范最低值。说明堵塞率是影响灌水均匀度 CU 的一个重要因素。

从图 4 还可以看出:堵塞率对于分布均匀度 EU 的影响也极其显著,随着堵塞率的增大,分布均匀度呈线性减小趋势。当堵塞率由 0%增加到 10%时,分布均匀度由未发生堵塞的 95.2%下降到 58.1%,当堵塞率达到 20%时,分布均匀度 EU 减小了 74%,而当堵塞率增加到 30%时,分布均匀度 EU 达到最小值 0,由此可以看出堵塞率显著影响着分布均匀度 EU ,而且相同条件下,计算的 EU 数值均小于 CU ,并随着堵塞率的增加,它们两者之间差值越来越明显,当堵塞率为 0 时,两者之间差值为 2%,而当堵塞率为为 30%时,其差值增大为 40%,这是由于 EU 考虑的主要是小滴头流量对于灌水质量的影响。

4 结论与讨论

进口口压力的高低决定了滴灌带各滴头的工作

压力而决定各滴头出流量,会对灌水均匀度产生一定的影响,但压力对灌水均匀度影响,在一定范围内不是十分显著。

1) 进口压力的高低决定了滴灌带各滴头工作压力而决定出流量,对灌水均匀度会产生一定的影响,随着进口压力的增加,滴头灌水均匀度呈上升趋势,但总体上一定范围内压力对灌水均匀度 CU 和 EU 影响不是十分显著,这与王建众^[15]、张天举^[16]、张林^[17]等对进口压力变化对于灌水均匀度的影响得出的结论较为一致。如图 2 所示,当毛管长度不大于 80 m,压力在 4~10 m 变化时,灌水均匀度 CU 从 0.953 上升到 0.96,分布均匀度 EU 从 0.93 增大到 0.94,变化范围在 1%以内,即适当降低滴灌带的工作压力不会造成灌水均匀度显著下降。当保证一定灌水质量时,可适当降低进口压力达到在一定程度上缩减滴管系统减工程造价目的,这也为低压滴灌的发展提供了一定的科学依据。

2) 堵塞问题一直是滴灌发展的最大障碍,堵塞问题解决的好坏直接决定着工程的使用寿命和应用效益。堵塞率作为衡量堵塞程度的重要指标之一对灌水均匀度 CU 和分布均匀度 EU 有着十分重要的影响,随着堵塞率的增加灌水均匀度会适当降低。如图 4 所示,灌水均匀度随堵塞率的增加呈线性降低趋势,当堵塞率大于 10%时,灌水均匀度 CU 远小于规范要求的 80%,当堵塞率超过 30%时,分布均匀度 EU 达到最小值 0。由此可见堵塞率是影响滴管系统灌水质量的一个重要因素,研究堵塞问题有利于滴灌系统更广泛的发展。

3) 堵塞位置不同会引起未堵塞滴头的流量分布发生变化,进而影响灌水均匀度。如图 3 所示,只有当堵塞率不大于 10%时,发生堵塞的位置才对灌水均匀度有一定的影响,当堵塞率大于 10%时,发生堵塞的位置对灌水均匀度不产生影响。当堵塞发生在滴灌带的前三分之一段和全段时,对于均匀度的影响较明显,其灌水均匀度数值最低;当堵塞发生在滴灌带的后三分之一段时,对均匀度的影响最小,其均匀度数值最大。这与 Sietan Chieng 等^[5]对堵塞对于灌水均匀度的影响得出的结论相似。

上述结论是由实验室单条毛管试验获得,因此还需要大田小区试验结果进行修正或者验证。

参 考 文 献:

[1] 曹建生,张万军.微灌节水技术与机理研究[J].节水灌溉,2000,(6):5-7.
[2] 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,1999:197.

[3] 陈学敏,陈大雕,袁 达.坡地喷灌灌水量分布计算模型及其应用[J].水利学报,1989,(7):12-19.

[4] Nakayama F S, Bucks D A. mitter clogging effects on trickle irrigation uniformity[J]. Trans ASAE,1981,24(7):77-80.

[5] Chieng S, Ghaemi A. Uniformity in a micro – irrigation with partially clogged emitters[C]//2003ASAE Annual International Meeting. Michigan: ASAE,2003:1 – 11.

[6] 翟国亮,吕谋超,王 辉.微灌系统的堵塞及防治措施[J].农业工程学报,1999,15(1):144-147.

[7] Bucks D A, Nakayama F R. Trickle irrigation water quality and preventive maintenance [J]. Agricultural Water Management,1979,2(2): 149-162.

[8] Nakayama FR, Bucks D A. Water quality in drip/trickle irrigation:a review[J]. Irrigation Science,1991,12(4):187-192.

[9] 魏正英,赵万华,唐一平,等.滴灌灌水器迷宫流道主航道抗堵设计方法研究[J].农业工程学报,2005,21(6):1-7.

[10] 李云开,杨培岭,任树梅.滴灌灌水器流道设计理论研究若干问题的综述[J].农业机械学报,2006,37(2):145-149.

[11] 牛文全,吴普特,喻黎明.基于含沙量等值线的迷宫流道结构抗堵塞设计与模拟[J].农业工程学报,2010,26(5):14-20.

[12] 中华人民共和国住房和城乡建设部.GB/T 50485 – 2009.中国标准书号[S].北京:中国计划出版社,2009.

[13] Christiansen J E. Irrigation by sprinkling[R]. California Agricultural Experient Station, sacramento, California, 124, 1942.

[14] Keller J, Bliesner R. Sprinkler and trickle irrigation. Anavi Book [M]. New York :van Nostrand Reinbold, 1990.

[15] 张天举,仵 峰,邓 忠,等.不同坡度下压力对滴灌毛管均匀度的影响试验[J].水利水电科技进展,2007,27(3):24-26.

[16] 王建众,牛文全,吴普特,等.滴灌毛管灌水均匀度试验研究[J].人民黄河,2008,30(3):57-59.

[17] 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.

(上接第 150 页)

作物产量形成的物质基础是干物质的积累及分配状况,本文用开花后天数作为自变量对干物质积累的动态进行了 Logistic 模型的拟合。该模型已应用于分析水稻、小麦、玉米和大豆等作物的干物质积累动态变化特征^[11-13],本文将该模型用于芸豆干物质积累动态变化特征的研究,得到不同干旱胁迫处理曲线的特征参数,并进行了参数分析。因相关文献报道较少,因此本模型还需进一步完善。

参 考 文 献:

[1] 闫志利,牛俊义.作物对于旱胁迫的响应机制研究进展[J].河北农业科学,2009,13(4):6-10.

[2] 王 程,刘 兵,金 剑,等.调节大豆籽粒生育的生理生态因素[J].农业系统科学与综合研究,2009,25(2):133-136.

[3] 张卫星,朱德峰,林贤青.干旱胁迫对不同超级稻种植株形态和干物质积累的影响[J].福建农业学报,2010,25(1):47-52.

[4] 孟凡超,刘 明,于吉琳.水分胁迫对玉米产量及干物质分配的影响[J].江苏农业科学,2011,39(3):96-98.

[5] 华劲松.花荚期土壤水分胁迫对芸豆光合生理及产量性状的影响[J].作物杂志,2013,(2):111-114.

[6] 张法全,王小燕,于振文.公顷产 10 000 kg 小麦氮素和干物质积累与分配特性[J].作物学报,2009,35(6):1086-1096.

[7] 王玉杰,王永华,韩 磊.不同栽培管理模式对冬小麦花后干物质积累与分配特征及产量的影响[J].麦类作物学报,2011,31(5):894-900.

[8] Hunt R. Plant Growth Analysis[M]. London: Edward Arnold Publishers, 1982.

[9] 冯 妍.太阳辐射减弱下冬小麦生物量变化的大田试验与模拟研究[D].南京:南京信息工程大学,2011.

[10] 李国强,汤 亮,张文字.不同株型小麦干物质积累与分配对氮肥响应的动态分析[J].作物学报,2009,35(12):2258-2265.

[11] 吴奇峰,相吉山,董志新.大豆植株不同冠层籽粒干物质积累动态及产量分布[J].大豆科学,2011,30(4):596-601.

[12] Royo C, Blanco R. Growth analysis of five spring and five winter Triticale genotypes[J]. Agron J, 1999,91:305-311.

[13] 侯玉虹,陈传永,郭志强.作物高产群体干物质积累动态模型的构建及生长特性分析[J].玉米科学,2008,16(6):90-95.

[14] 闫志利.豌豆对水分胁迫的响应及复水效应研究[D].兰州:甘肃农业大学,2009.

[15] 赵 姣,郑志芳,方艳茹.基于动态模拟模型分析冬小麦干物质积累特征对产量的影响[J].作物学报,2013,39(2):300-308.

[16] 胡展育.植物受虫害后的补偿作用[J].文山师范高等专科学校学报,2007,20(4):106-109.