

不同滴灌供水对春小麦农艺性状和产量结构的影响

曹军¹, 王冀川^{2*}, 徐翠莲², 高山²

(1. 塔里木大学后勤管理处, 新疆阿拉尔 843300; 2. 塔里木大学植物科学学院, 新疆阿拉尔 843300)

摘要 [目的] 研究不同滴灌供水条件下春小麦 (*Triticum aestivum* Linn.) 农艺性状、产量等指标。[方法] 滴灌水量根据实际生产条件设置: 高水 5 250 m³/hm²、适水 3 750 m³/hm²、少水 2 250 m³/hm² 和亏水 750 m³/hm²; 灌水次数与灌水定额根据小麦生育期需水特点、湿润层大小和地区气候特征设定, 全期共滴灌 7 水。[结果] 春小麦株高直线增长期在拔节中期~扬花期, 高秆品种(新春 19) 此期较长且增长速率较大。滴灌小麦的分蘖高峰期在拔节前, LAI 高峰期均在孕穗~扬花期, 主茎绿叶数在孕穗期达最大数目。滴灌供水不足造成个体生育期提前, 株高降低, LAI 高峰期前移, 且最高 LAI 值降低, 个体营养体弱小; 过量滴灌造成生育期延迟, 群体 LAI 过高, 麦株营养生长过旺, 影响穗部发育, 影响产量; 适量滴灌春小麦个体生长稳健, 产量结构优化, 产量高。[结论] 不同基因型品种对滴灌水量反应有差异, 矮秆品种新春 22 受水分调控较大, 故应注意保证适量供水以确保高产。

关键词 春小麦; 滴灌; 农艺性状; 产量中图分类号 S512.1⁺2 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2013)12-05240-04**Effects of Different Drip Irrigation Water Supplies on the Agronomic Characters and Yield Structure of Spring Wheat (*Triticum aestivum* Linn.)**

CAO Jun et al (Logistics Management Department, Tarim University, Alar, Xinjiang 843300)

Abstract [Objective] The aim was to study the agronomic characters, yield and the other indicators of spring wheat under different drip irrigation conditions. [Method] The irrigation water amount was designed according to actual production condition, thereinto, high, suitable, less and deficit irrigation water amount was 5 250, 3750, 2250, and 750 m³/hm², resp., and 7 times water irrigation and every quota were designed according to wheat water need traits during growth periods, water layer size and regional climatic characteristics. [Result] The results showed that the linear growth period of plant height of spring wheat was in the middle of elongation stage to the blooming stage and within this period, the long-stalked variety (Xinchun 19) had a longer duration and larger growth rate. The tillering peak appeared in jointing around and the LAI in booting to blooming. The number of the green leaf of the main stem reached maximum value in time of the booting stage. Individual growth period was advanced because of the shortage of water supply from drip irrigation, and plant height was reduced, the peak of LAI was advanced and the maximum value of LAI was decreased, individual was weak; The growth period would be delay in excessive irrigation treatments, the group LAI was too high, vegetative growth of spring wheat plant was exuberant, that influenced development of panicle and yield; Individual of spring wheat developed steady under appropriate drip, yield components was optimized, and yield was high. [Conclusion] Different genotypes had different response to different drip irrigation amount, dwarf varieties (Xinchun22) were sensitive to the moisture, so it is payed more attention to ensure adequate water supply promoting to obtain higher yield.

Key words Spring wheat; Drip irrigation; Agronomic characters; Yield

春小麦是新疆主要的粮食作物, 干旱缺水是造成新疆小麦产量长期低而不稳的主要原因^[1], 解决这一问题的关键途径之一是提高有限水资源的有效利用率。滴灌是目前新疆广泛应用的一种先进的节水灌溉技术, 它根据作物的需水特性进行灌溉, 最大限度地降低土壤水分蒸发和水的浪费, 可显著提高水分利用率, 并且可把肥料直接溶于水, 水与肥直接供于作物根部, 水肥利用效率得到最大效率的发挥。目前, 对于滴灌的研究主要集中在棉花、酱用番茄、玉米等中耕作物覆膜栽培条件下的生育规律、需水规律、滴灌灌溉制度等方面^[2-4], 而在密植作物小麦上研究较少, 其基础研究薄弱限制了麦田滴灌技术的运用和产量潜力的发挥^[5]。为此, 笔者研究南疆绿洲区春小麦在不同滴灌供水条件下和不同品种间在农艺性状和产量构成上的差异, 旨在为当地春小麦的节水栽培和品种筛选提供依据, 并为节水技术在新疆麦区的发展和推广奠定基础。

1 材料与方法

1.1 试验条件 试验于 2011 年在塔里木大学试验站网室中进行, 试验点属典型暖温带内陆型气候, 年平均气温 11.2℃, 年均降水量 45.7 mm, 年均蒸发量 1 988.4 mm, 年均相对湿度在 55% 以下。试验地土质为沙壤土, 0~40 cm 土层土壤容重为 1.32 g/cm³, 田间持水量 23.8% (重量含水量), 地下水位 3.0 m 左右, 土壤有机质含量 10.250 g/kg, 全氮含量 0.685 g/kg, 碱解氮含量 49.27 mg/kg, 速效磷含量 52.00 mg/kg, 速效钾含量 214.10 mg/kg。

1.2 试验设计 选用早熟矮秆品种新春 22 (新疆农垦科学院作物所提供) 和中早熟高秆品种新春 19 (石河子大学提供) 为供试材料, 播期为 3 月 8 日。按 15 cm 等行距播种, 滴灌小区每 6 行在第 3~4 行之间铺设 1 条滴灌带, 1 管 6 行模式, 种植密度为 570 万株/hm²。

滴灌水量根据实际生产条件设置: 高水 5 250 m³/hm² (D1)、适水 3 750 m³/hm² (D2)、少水 2 250 m³/hm² (D3)、和亏水 750 m³/hm² (D4); 灌水次数与灌水定额根据小麦生育期需水特点、湿润层大小和地区气候特征设定, 全期共滴灌 7 水, 具体见表 1。

3 次重复, 小区按随机区组排列, 每区种植 18 行, 面积 13.5 m², 小区用水表记录灌溉水量。各区之间用防渗板 (PVC

基金项目 国家自然科学基金项目 (30960188, 31260303); 新疆生产建设兵团绿洲生态农业重点实验室开放课题 (200803); 新疆兵团“科技人员服务南疆专项” (2010GG71)。

作者简介 曹军 (1966-), 男, 新疆阿克苏人, 助理农艺师, 从事作物栽培方面的研究。* 通讯作者, 副教授, 硕士生导师, 从事作物水分生理与信息化技术研究, E-mail: wjcwzy@126.com。

收稿日期 2013-04-12

聚酯板)隔开,以防渗漏。试验田施基肥尿素 225 kg/hm²、磷酸二铵 150 kg/hm²,拔节期随水滴施尿素 90 kg/hm²、KH₂PO₄

60 kg/hm²,扬花灌浆期滴施尿素 75 kg/hm²、KH₂PO₄ 60 kg/hm²。拔节前喷施 2,4D-丁酯 900~1 500 g/hm² 除草。

表 1 不同灌溉定额水分试验设置

m³/hm²

处理	灌溉定额	生育期						
		三叶	分蘖盛	拔节初	孕穗	扬花	灌浆	乳熟
D1	5 250	403.5	483	627.0	834.0	1 026.0	1 026.0	850.5
D2	3 750	288.0	345.0	438.0	595.5	732.0	732.0	607.5
D3	2 250	11.5	207.0	268.5	357.0	439.5	439.5	364.5
D4	750	172.5	69.0	90.0	118.5	147.0	147.0	121.5

1.3 测定项目及方法 出苗后每隔 4 d 定点观察春小麦生育进程,记录株高、叶片数;各生育时期每区取有代表性植株 5 株,按长宽系数法测定绿叶面积(叶面积 = 叶长 × 叶宽 × 0.7),然后分器官称鲜重后放入 105 °C 烘箱中杀青 15 min,80 °C 烘 48 h 至恒重称干重。成熟时每区选择 3 个有代表性的取样点割取 1 m² 的植株,脱粒考种计产,然后称取烘干重。

1.4 数据处理与统计分析 采用 DPS 7.5 统计分析软件对试验数据进行差异显著性检验,采用 Origin Pro 7.5 软件进行方程拟合,用 Microsoft Excel 2003 软件作图。

2 结果与分析

2.1 不同灌水量处理对春小麦生育进程的影响 从表 2 可

以看出,新春 19 和新春 22 在不同滴灌水量处理下均表现不同的生育进程,滴灌水量越少,生育进程表现越快,且其差异主要表现在拔节以后,造成幼穗分化和灌浆时期缩短,影响产量形成,如新春 22 在滴灌量 750 m³/hm² 时的生育期较滴灌量 5 250 m³/hm² 时缩短 9 d,其中拔节后缩短 6 d。不同供水对不同品种生育期影响有所不同,从 4 个试验处理下的生育期变化的变异系数(CV)来看,新春 19(4.7%) > 形成 22(2.9%),表明高秆品种生育期对水分更敏感。

2.2 不同滴灌水量处理下春小麦株高变化 从图 1 可以看出,在不同土壤水分控制下,新春 19 和新春 22 的株高变化趋势基本一致,即在拔节前株高增长较慢,随着生育进程的

表 2 新春 19 号和新春 22 号的生育进程

处理	出苗		分蘖		拔节		开花		完熟		生育期//d	
	新 19	新 22	新 19	新 22								
D1	03-31	03-30	04-13	04-13	04-28	04-26	05-25	05-22	06-28	06-25	89	87
D2	03-31	03-31	04-13	04-13	04-27	04-25	05-23	05-20	06-26	06-23	87	84
D3	03-31	03-31	04-13	04-13	04-27	04-24	05-22	05-18	06-25	06-20	86	81
D4	03-31	03-31	04-13	04-12	04-25	04-23	05-19	05-16	06-22	06-17	83	78

推进,株高呈指数增长趋势,直到进入开花期(5 月 22 日)以后,植株高度增长缓慢,至籽粒形成期(5 月 30 日左右)达到最大值后趋于稳定。由于品种特性,2 个品种最终株高存在差异,丰水条件下高秆品种新春 19 的平均株高为 91.1 cm,矮秆品种新春 22 平均株高为 79.6 cm。不同滴灌供水对株高有较大影响,2 个品种最终株高大小顺序为 D4 < D3 < D2

< D1,说明土壤水分越少,株高越低。2 个品种最终株高对土壤水分反应的敏感程度不同,各处理间新春 22 株高变异幅度较大,变异系数达 21.55%,是新春 19 株高变异系数的 1.23 倍,说明矮秆品种株高对土壤水分更敏感,水分过低,株高大幅度下降,严重影响个体营养体生长,水分过多,造成株高过高,失去了矮秆品种的经济生长优势,产量下降。

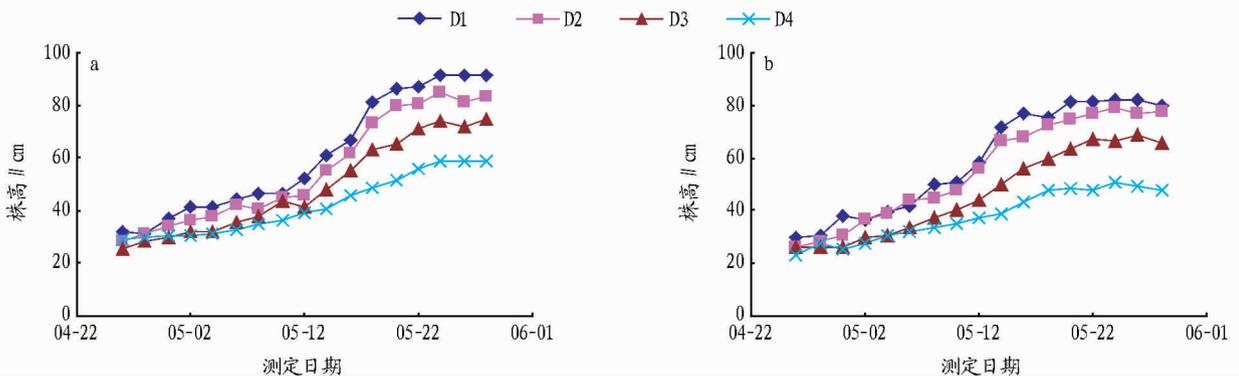


图 1 不同滴灌水量对新春 19 号(a)和新春 22 号(b)株高动态的影响

株高增长动态符合“S”曲线变化,可用 $y = c/[1 + e^{-(a+bx)}]$ 方程拟合,对各处理株高进行方程模拟,获得 a 、 b 、 c 等参数,通过 $x = -a/b$ 、 $V_{\max} = -bc/4$ 、 $x_1 = [\ln(2 + 1.732 05) - a]/b$ 、 $x_2 = [\ln(2 - 1.732 05) - a]/b$ 、 $GT = V_{\max}(x_1 - x_2)$ 等公式^[19] 计算株高增长速率最大期、株高增长最大速率、直线

增长始期、直线增长终期、直线增长期的增长量等(表 3)。从表 3 可以看出,春小麦在南疆种植株高增长最快时期在抽穗期,拔节中期~扬花期为株高直线增长期,高秆品种(新春 19)直线增长期较长,增长速率较大,矮秆品种(新春 22)直线增长期较短,且增长速率较小。不同滴灌水量对株高增长

影响不同,总的趋势是滴灌水量越少,株高增长速率最大期越前移,直线增长长期越短,株高增长积累量越少,从而造成个

体株高下降,其中矮秆品种株高增长特征值在不同水量处理下的变化大于高秆品种,进一步表明矮秆品种对水分敏感。

表3 株高增长特征值

处理	增长速率最大期		最大增长速率		直线增长始期		直线增长终期		直线增长长期积累量	
	新19	新22	新19	新22	新19	新22	新19	新22	新19	新22
D1	55.43	50.72	2.13	1.99	37.46	22.28	65.39	59.17	59.48	73.34
D2	52.99	48.99	2.65	1.96	38.33	23.27	63.64	58.72	67.13	69.41
D3	46.17	47.22	2.45	1.92	44.18	32.18	58.15	52.25	34.22	38.47
D4	35.94	43.03	0.75	0.96	25.83	15.97	46.05	50.08	15.24	32.65

2.3 不同滴灌水量处理下春小麦单株分蘖数动态变化 春小麦在南疆滴灌条件下分蘖力较弱,一般在拔节前分蘖达高峰,随后迅速下降,丰水条件下至成熟时仅有0.13~0.22个分蘖成穗。不同品种的分蘖动态有差异,分蘖高峰期高秆品种在拔节稍前,矮秆品种在拔节稍后;无效分蘖死亡高峰

期高秆品种在孕穗期,矮秆品种在抽穗期,表明矮秆品种分蘖力较强,且生长具有延迟性。滴灌供水量越少,单株分蘖数越少,但D1处理和D2处理之间差异不明显,D1处理与D3、D4处理差异较大,表明供水小于 $2\ 250\ \text{m}^3/\text{hm}^2$ 将明显影响分蘖,影响程度以矮秆品种为甚。

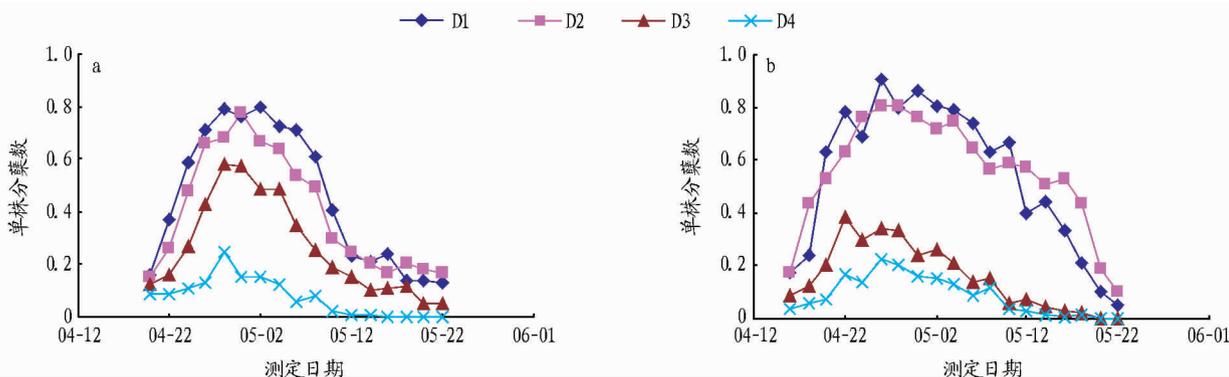


图2 不同滴灌水量对新春19号(a)和新春22号(b)单株分蘖动态的影响

2.4 不同滴灌水量处理下春小麦叶面积指数(LAI)变化 从图3可以看出,2个品种LAI高峰期均出现在孕穗~扬花期(5月14日前后),D2处理的LAI高峰值略有后移。滴灌供水量明显影响群体叶面积生长,D3、D4处理由于持续受旱,群体叶面积始终低于其他处理,D1处理的土壤水分全期保持较高水平,造成群体生长旺盛,LAI最大,D2处理全期

保持较适宜的土壤水分,麦株生长稳健,LAI虽然低于D1处理,但其峰值在孕穗期~籽粒形成期保持较高水平,后期下降缓慢,有利于同化物的合成与积累。2个品种群体叶面积生长对土壤水分反应不同,新春22对土壤水分更敏感(LAI变化总的变异系数 $CV=39.0\%$,较新春19的 $CV=17.1\%$ 大)。

2.5 不同滴灌水量处理下春小麦主茎绿叶数变化 主茎绿

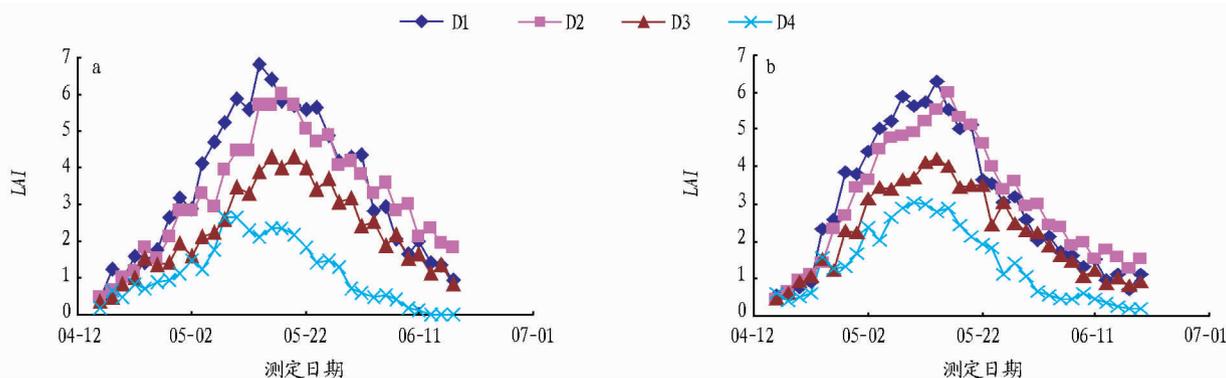


图3 不同滴灌水量对新春19号(a)和新春22号(b)叶面积指数动态的影响

叶数反映了个体生长势大小,春小麦在南疆种植主茎绿叶数一般在孕穗期保持5~6片叶的最大数目,随后由于下部叶逐渐衰老,主茎绿叶数开始下降,至籽粒形成期保持4片绿叶左右。高秆品种和矮秆品种主茎绿叶数动态变化有所不同,一般高秆品种主茎绿叶数下降较缓慢,而矮秆品种主茎

绿叶数上升和下降速率较快,这也是高秆品种群体LAI较大的原因之一。从图4可以看出,供水对主茎绿叶数有较大影响,供水越少,主茎绿叶数越少,且后期下降越快,如D4处理的主茎绿叶数在孕穗期为4.60片,至籽粒形成期下降到2.05~3.00片,表现为长势衰退过快,而D1处理孕穗期主茎绿叶

数为 5.46~5.89 片,籽粒形成期为 4.13~5.12 片,表现为长势过旺,有贪青趋势;D2 处理由于供水适宜,个体长势稳健,主茎

绿叶数孕穗期为 5.12~5.44 片,随后下降缓慢,籽粒形成期保持 4.30 片左右,利于群体后期通风透光,增加光合性能。

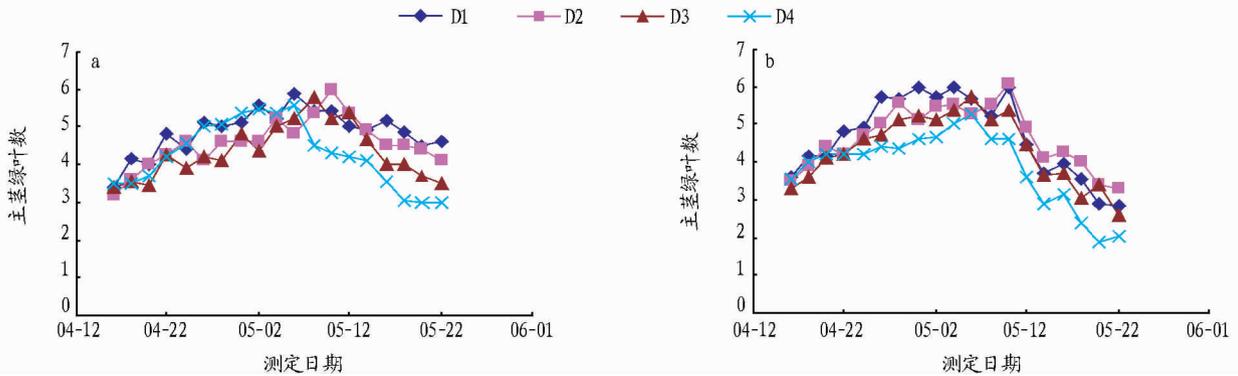


图 4 不同土壤水分处理新春 22(a) 和新春 19(b) 的 LAI 动态变化

2.6 不同滴灌水量处理对春小麦生长与产量性状的影响 从表 4 可以看出,各处理间新春 19 和新春 22 的产量存在明显差异,不同供水处理中以 D2 处理的平均产量最高,分别为 6 606.15 和 6 455.4 kg/hm²,但其与 D1 处理差异并未达到显著水平,与 D3、D4 处理差异达到极显著水平 ($P < 0.01$),可见采取适量滴灌措施后 (D2) 能起到明显增产节水效果;丰水处理 (D1) 虽然也能取得较高产量,但水分利用率下降,且群体贪青晚熟,后期倒伏严重;干旱明显降低了春小麦的分蘖成穗率,田间收获穗数大大降低,同时影响了穗粒

数和粒重,严重影响群体产量;另外,各处理中以 D2 处理的千粒重和穗粒数最高,平均高出 D1 和 D4 处理 3.41%~3.77%、24.8%~27.4% 和 2.72%~4.14%、34.7%~79.7%,表明适度的滴灌可提高和优化产量构成。从 2 个品种处理间产量差异的变异系数大小可以看出,新春 22 对水分反应更敏感,其主要表现为穗粒数的水分敏感度,即水分亏缺对穗粒数影响巨大,故生产上注意保证适量水分,以利于高产潜力的挖掘。

表 4 各处理产量构成因素

小区	分蘖成穗率//%		千粒重//g		收获穗数//万穗/hm ²		穗粒数		产量//kg/hm ²	
	新 19	新 22	新 19	新 22	新 19	新 22	新 19	新 22	新 19	新 22
D1	0.13	0.16	42.30	43.01	613.20	645.15	24.17	22.14	6 268.80 aA	6 143.4 aAB
D2	0.17	0.22	43.74	44.63	600.00	636.00	25.17	22.743	6 606.15 aA	6 455.4 aA
D3	0.05	0	42.83	40.83	522.00	612.00	22.50	21.961	5 029.65 bB	5 487.6 bB
D4	0	0	34.33	35.77	363.00	402.00	14.01	16.884	1 746.30 cC	2 427.9 cC
CV//%	118.24	87.56	10.67	9.39	21.92	20.11	12.99	23.71	35.98	45.13

注:同列数据后无相同大写字母表示在 0.01 水平上有差异 ($P < 0.01$),无相同小写字母表示在 0.05 水平上有差异 ($P < 0.05$)。

3 结论

春小麦株高呈典型的“S”型曲线动态变化,其增长最快时期在抽穗期,拔节中期~扬花期为株高直线增长期,高秆品种 (新春 19) 直线增长期较长,增长速率较大,矮秆品种 (新春 22) 直线增长期较短,且增长速率较小。分蘖高峰期在拔节前后, LAI 高峰期均在孕穗~扬花期,主茎绿叶数在孕穗期达到 5~6 片叶的最大数目,籽粒形成期保持 4 片绿叶左右。

滴灌供水不足或过多均对春小麦生长不利, D1 处理的小麦营养体生长过旺,生育延迟,群体大,后期倒伏严重,产量虽然较高,但用水不经济; D4 处理持续的缺水严重影响小麦的生长发育,地上部分早衰现象严重; D2 处理由于水分适宜,小麦的个体发育合理,产量形成期间功能叶面积持续时间长,群体结构良好,产量最高。

不同基因型小麦品种对滴灌水分反应有差异^[6],矮秆品种新春 22 受水分调控较大,滴灌供水能明显地调节株高、

LAI 和产量,故在生产上注意保持合适的土壤水分以便发挥其增产潜力。

参考文献

- [1] 兰林旺,周殿玺. 小麦节水高产研究[M]. 北京:中国农业大学出版社, 1995.
- [2] BASAL H, DAGDELEN N, UNAY A, et al. Effects of deficit drip irrigation ratios on cotton (*Gossypium hirsutum* L.) yield and fibre quality[J]. J Agronomy & Crop Science, 2009, 195: 19-29.
- [3] 闫映宇,赵成义,盛钰,等. 膜下滴灌对棉花根系、地上部分生物量及产量的影响[J]. 应用生态学报, 2009, 20(4): 970-976.
- [4] 郭松年,张芮. 膜下调亏滴灌对制种玉米耗水规律及产量的影响[J]. 灌溉排水学报, 2009, 28(3): 31-34.
- [5] 王冀川,高山,徐雅丽,等. 新疆小麦滴灌技术的应用与存在问题[J]. 节水灌溉, 2011(9): 25-29.
- [6] 胡梦芸,张正斌,徐萍,等. 亏缺灌溉下小麦水分利用效率与光合产物积累运转的相关研究[J]. 作物学报, 2007, 33(11): 1884-1891.
- [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(2): 186-190.
- [8] 高山,王冀川,徐雅丽,等. 不同土壤水分对滴灌春小麦生长? 干物质积累与分配的影响[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(9): 5151-5153, 5240.