

不同播期和灌溉水平下青稞需水规律

侯亚红

(西藏自治区农牧科学院农业研究所, 西藏 拉萨 850002)

摘要:为探明西藏青稞的需水规律, 2016–2017 年间采用青稞不同播种时期不同灌水条件下的田间试验, 研究了青稞不同生育期灌水处理下, 青稞的需水规律及其对产量的影响。基于试验结果, 提出青稞生育期适宜的灌水时间和灌水量, 这对于干旱缺水的西藏农区实现青稞节水与高产的统一有重要意义。

关键词:青稞; 播期; 灌水处理; 产量

中图分类号:S512.3 **文献标识码:**A

Water Requirement Rules of Highland Barley in Different Sowing Time and Irrigation Levels

HOU Ya-hong

(Agricultural Research Institute, Tibet Academy of Agricultural and Animal Husbandry Sciences, Tibet Lhasa 850002, China)

Abstract: The present paper was conducted to explore the water requirement rules and its effect on production of highland barley under irrigation treatments of different growth stages according to the data of highland barley in different sowing time in field trial of the year 2016 and 2017. Based on the experimental results, the optimal irrigation scheduling and optimal irrigation amount in the growth period of highland barley were proposed, which was of great significance to the unification of water saving and high yield of highland barley in the arid area of Tibet.

Key words: Highland barley; Sowing time; Irrigation treatment; Production

青稞是西藏重要的传统农作物之一, 是西藏人民的主要粮食来源。随着近几年青稞产品价值的开发, 青稞种植面积渐增的趋势, 对青稞的产量及品质的要求越来越高^[1-2], 但由于地理位置及气候的限制, 水资源出现季节性匮乏及时效性差是造成西藏青稞产量长期低而不稳的主要因素之一。了解这一地区青稞的作物需水量, 尤其是生育期内的需水规律, 对于现有条件下科学、合理地利用有限水资源, 稳定及提高粮食产量具有较为重要的指导作用。

西藏青稞灌溉, 当地农民有“头水浇、二水赶、三水、四水紧相连的传统栽培习惯, 青稞一生灌水次数多, 灌水成本逐年加大, 水效率低。针对水资源日趋匮乏的实际, 已有学者对西藏青稞需水状况进行

了研究^[3-5], 但由于缺乏系统的定点观测与有效的计算方法, 所得结果较为粗略。本研究在西藏自治区农科院农业资源与环境研究所内灌溉试验站对青稞进行定点需水量研究, 用水量平衡的方法计算青稞各生育期需水量, 旨在为优化当地灌溉制度和种植结构提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2016 年 4 月至 2017 年 8 月在西藏自治区农牧科学院农业资源与环境研究所灌溉试验站进行。该试验场位于拉萨河谷谷地, 河滩地, 土层厚度 50 cm, 土壤质地为沙壤土, 土壤肥力中等, 田间持水量 20.41%, 土壤容重 1.45 g/cm³。试验所在地属内陆高原半干旱气候区, 雨热同季。据拉萨市气象站资料显示, 平均温度 7.6℃, 多年月平均最高气温 10.1℃, 月平均最低气温 -9.7℃。平均降雨量

收稿日期: 2018-02-03

基金项目: 西藏自治区财政 2016–2017 年专项“麦类作物抗御季节性干旱技术与示范”项目

作者简介: 侯亚红, 女, 研究方向为旱作农业、节水灌溉, E-mail: 947553590@qq.com。

428.9 mm,雨季主要集中在 6-9 月,降雨量占年降水量的 80 % ~90 % 以上,多年平均蒸发量 2355.6 mm。

1.2 试验材料

青稞供试品种为藏青 2000,采用随机区组试验设计,3 次重复,播种量为 12.5 kg,小区面积 26.5 m²。灌水量以水表控制,灌水方法采用注灌。

1.3 数据来源及分析方法

降雨量测定由试验站内小型气象站提供降雨量数据。青稞土壤水分测定用土壤烘干法测定,青稞需水量根据水量平衡法计算。

1.4 2016-2017 年青青稞不同播期不同灌水量试验设计

2016 年青稞试验分为不同播期不同灌水量试验。第 1 播期试验于 2016 年 4 月 1 日播种,2016 年 8 月 2 日收获,青稞播种至收获全生育期内有效降雨量为 339.8 mm;第 2 播期于 2016 年 4 月 15 日播种,2016 年 8 月 22 日收获,播种至收获全生育期内有效降雨量为 361.1 mm;第 3 播期于 2016 年 4 月 30 日播种,8 月 27 日收获。青稞播种至收获全生育期内有效降雨量为 394.1 mm。根据 2016 年降水量与降水开始时间为 5 月 8 日,每个播种期设置了拔节期灌水与不灌水处理(表 1)。

表 1 2016 年青青稞不同时间不同灌水量表

		灌水时间	总灌水量(m ³ /667m ²)
第 1 播期		播种水 + 拔节期灌水	120.00
		播种水	60.00
第 2 播期		播种水 + 拔节期灌水	120.00
		播种水	60.00
第 3 播期		播种水 + 拔节期灌水	120.00
		播种水	60.00

表 2 2017 年青青稞不同时间不同灌水量表

		灌水时间与灌水量				总灌水量(m ³ /667m ²)
		抽穗	播种	分蘖	拔节	
第 1 播期						
1	60	60	60	60	60	240
2	60	50	50	50	50	210
3	60	40	40	40	40	180
第 2 播期						
1	60		60	60	60	180
2	60		50	50	50	160
3	60		40	40	40	140
第 3 播期						
1	60		60			120
2	60		50			110
3	60		40			100

2017 年青稞试验第 1 播期试验于 2017 年 4 月 1 日播种,2017 年 8 月 1 日收获,青稞播种至收获全生育期内有效降雨量为 317.8 mm;第 2 播期于 2017 年 4 月 15 日播种,2017 年 8 月 18 日收获,播种至收获全生育期内有效降雨量为 402.2 mm;第 3 播期于 2017 年 4 月 30 日播种,8 月 25 日收获,青稞播种至收获全生育期内有效降雨量为 471.6 mm。根据 2016 年降水开始,每个播期分 3 个为同灌水量的处理(表 2)。

2 结果与分析

2.1 春青稞降水分布特征

2016 年降雨量丰沛,全年降雨量为 551.6 mm,3 个播期青稞全生育期降雨量分别为 339.8、361.1、394.1 mm。雨季从 5 月中旬开始,降雨量分布较为均匀,适宜青稞的生长发育。从春青稞各生育期降雨量变化可以看出,在春青稞抽穗期至成熟期,降雨量可以满足春青稞生长所需要的水分,但在苗期至拔节期降雨量稀少,需进行补充灌溉才能满足春青稞生长需求(图 1)。

2017 年降水也较为丰富,全年降雨量为 550.6 mm,与 2016 年全年降水量相当,但降雨较为集中。3 个播期青稞全生育期降雨量分别为 317.8、402.2、471.6 mm。雨季从 5 月中下旬有零星降水,从 6 月中旬降水量开始密集。从春青稞不同播种时期的各生育期降雨量变化可以看出,在春青稞抽穗期至成

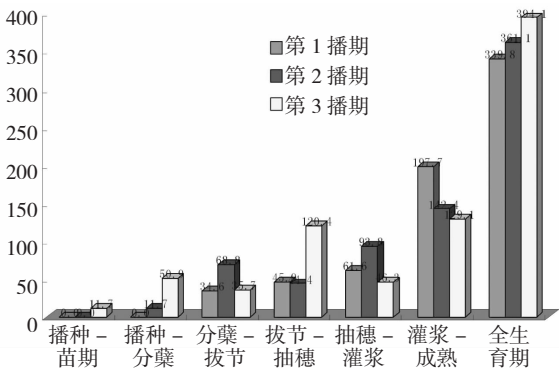


图 1 2016 年不同播种时期青稞各生育期降雨量 (mm)

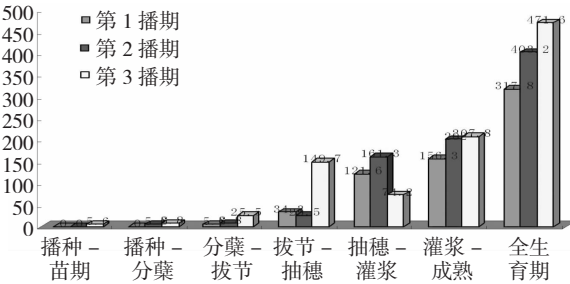


图 2 2017 年不同播种时期青稞各生育期降雨量 (mm)

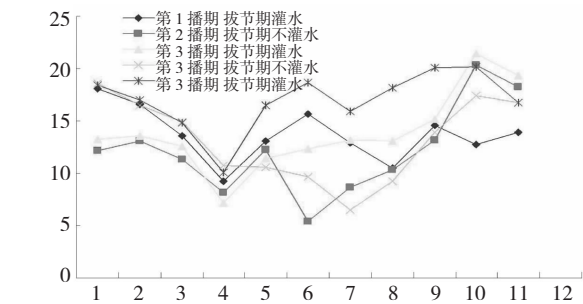


图3 2016 年不同播期青稞土壤含水量 (%)

熟期,降雨量可以满足春青稞生长所需要的水分,但青稞在苗期至拔节期降雨量稀少,需进行补充灌溉才能满足春青稞生长需求,同时从不同播种时期的各生育期降水量来看,第3播期在拔节至抽穗期降水量过多,达到147.9 mm,尤其是6月20日降雨量为44.9 mm,6月22日降雨量50.5 mm的强降雨,使青稞在抽穗期便出现大面积倒伏现象,导致第3播期青稞减产(图2)。

2.2 不同时间不同灌水量下春青稞各生育期的土壤含水量变化

图3为2016年不同播期青稞每10 d的土壤含水量情况。2016年西藏雨季从5月8日开始,且降雨量丰沛,除了在分蘖期之前,无降雨量,青稞土壤含水量持续下降至田间持水量(20.41%)的40%以下,拔节期至成熟持续雨水补充,土壤含水量平均在田间持水量的60%以上,基本上保证了青稞生长发育所需的水分。从青稞不同播期土壤含水量上

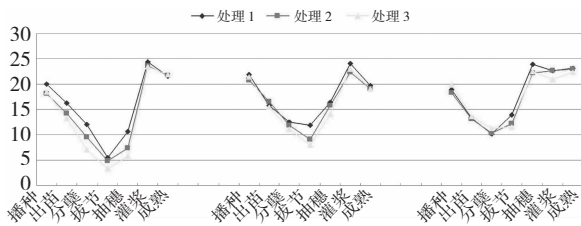


图4 2017 年不同播期青稞土壤含水量 (%)

看,第1和3播期的土壤含水量要高于第2播期,第2播期青稞的生长温度要高于第1和3播期的温度,土壤蒸发加剧,土壤水分及青稞的蒸发蒸腾相应也会增加,土壤的储水量降低。

图4为2017年不同播期青稞各生育期的土壤含水量情况。青稞从播种后到拔节期土壤没有灌水及降雨的补充,土壤含水量持续下降,在分蘖至拔节期随着湿度上升幅度的增加,土壤蒸发加剧,土壤含水量急剧下降,至拔节期土壤含水量降至最低点。2017年西藏雨季从6月中上旬开始,降雨量丰沛,从播种到拔节青稞土壤含水量持续下降,从拔节开始随着灌水及降雨对土壤含水量的补充,土壤含水量持续上升,除了第1播期青稞拔节期土壤含水量持续下降至田间持水量(20.41%)的40%以下,拔节期至成熟持续雨水补充,土壤含水量随着降雨量的增加而增加,在青稞灌浆期达到最大,甚至超过田间持水量,尤其是第3播期在抽穗期田间持水量已达到饱和,抽穗期的强降雨造成青稞的严重倒伏,影响了青稞籽粒的灌浆。

表3 2016 年青稞各生育期阶段需水量表 (m³/667m²)

2016 年	青稞各生育期阶段需水量							全生育期
	灌水量	播种 - 苗期	苗期 - 分蘖	分蘖 - 拔节	拔节 - 抽穗	抽穗 - 灌浆	灌浆 - 成熟	
第1播期	120	15.20	18.54	94.18	78.99	62.23	54.05	323.19
	60	22.24	28.32	64.48	59.45	41.99	76.81	293.29
第2播期	120	28.23	31.40	71.51	75.45	43.68	74.49	324.76
	60	26.83	34.11	81.02	52.66	50.37	56.99	301.98
第3播期	120	26.70	40.38	109.11	59.91	51.05	90.51	377.66

表4 2016 青稞各生育期日需水量表 (m³/667m²)

2016 年	青稞各生育期阶段需水量							全生育期
	灌水量	播种 - 苗期	苗期 - 分蘖	分蘖 - 拔节	拔节 - 抽穗	抽穗 - 灌浆	灌浆 - 成熟	
第1播期	120	1.01	1.32	4.28	4.65	4.15	1.29	2.59
	60	1.48	2.02	3.07	3.50	2.80	1.92	2.42
第2播期	120	2.17	2.24	3.25	4.44	2.91	2.36	2.68
	60	2.06	2.44	3.86	3.10	3.36	1.27	2.38
第3播期	120	2.05	2.88	4.95	3.52	3.40	2.01	2.93

表 5 2017 年青稞各生育期阶段需水量表 (m³/667m²)

2017 年	青稞各生育期阶段需水量							
	灌水量	播种 - 苗期	苗期 - 分蘖	分蘖 - 拔节	拔节 - 抽穗	抽穗 - 灌浆	灌浆 - 成熟	全生育期
第 1 播期处理 1	240	14.36	16.50	89.01	62.68	87.73	115.39	385.68
第 1 播期处理 2	210	15.42	17.58	72.26	62.87	68.19	111.67	347.98
第 1 播期处理 3	180	19.99	24.04	58.36	53.30	52.75	110.15	318.58
第 2 播期处理 1	180	23.45	16.31	68.54	59.02	77.95	151.64	396.92
第 2 播期处理 2	160	16.66	17.70	67.11	40.71	82.36	147.36	371.90
第 3 播期处理 3	140	23.32	20.23	58.33	33.61	72.77	149.57	357.83
第 3 播期处理 1	120	25.95	17.51	62.76	60.98	54.26	136.80	358.26
第 3 播期处理 2	110	23.62	16.52	59.97	61.21	47.29	137.53	346.14
第 3 播期处理 3	100	27.50	15.18	55.57	57.78	55.55	132.82	344.40

表 6 2017 青稞各生育期日需水量表 (m³/667m²)

2017 年	青稞各生育期日需水量							
	灌水量	播种 - 苗期	苗期 - 分蘖	分蘖 - 拔节	拔节 - 抽穗	抽穗 - 灌浆	灌浆 - 成熟	全生育期
第 1 播期处理 1	240	0.8	1.27	4.05	3.13	5.85	2.35	3.16
第 1 播期处理 2	210	0.86	1.35	3.28	3.14	4.55	2.28	2.85
第 1 播期处理 3	180	1.11	1.85	2.65	2.66	3.52	2.25	2.61
第 2 播期处理 1	180	1.38	1.09	4.03	3.93	5.2	3.37	3.18
第 2 播期处理 2	160	0.98	1.18	3.95	2.71	5.49	3.27	2.98
第 2 播期处理 3	140	1.37	1.35	3.43	2.24	4.85	3.32	2.86
第 3 播期处理 1	120	1.85	1.35	2.99	3.59	3.62	3.18	2.91
第 3 播期处理 2	110	1.69	1.27	2.86	3.6	3.15	3.2	2.81
第 3 播期处理 3	100	1.96	1.17	2.65	3.4	3.7	3.09	2.8

2.3 不同播期不同灌溉条件下青稞的需水规律

由表 3 ~ 6 显示,从 2016 - 2017 年不同水分条件下青稞需水规律来看,在相同灌水条件,不同雨水分配下,降雨越多,青稞耗水越多,同时青稞需水越大,即从青稞不同生育期的灌水量和降雨量分析,青稞补充的水分越多,青稞通过蒸发蒸腾及土壤蒸发

的耗水量越大,青稞的需水量也就越大;季节越干旱青稞消耗的水量越大,需水量也越大,同时越干旱灌水量也越大,但水分利用率越低,降雨可以提高土壤的水分利用率。

2.4 不同播期不同灌溉条件下对青稞产量影响

表 7 2016 年青稞产量及水分利用率

		降雨量 (mm)	总灌水量 (m³/667m²)	耗水量 (m³/667m²)	产量 (kg/667m²)	水分利用率 (kg/m³)
第 1 播期	拔节期灌水	339.8	120	323.19	252.90	0.78
第 2 播期	拔节期不灌水	361.1	60	283.29	262.28	0.93
	拔节期灌水		120	324.76	331.48	1.02
第 3 播期	拔节期不灌水	394.1	60	301.98	365.90	1.21
	拔节期灌水		120	357.66	218.37	0.61

表 8 2016 年不同播种期与不同水分条件下对青稞产量的影响

	总灌水量 (m³/667m²)	株高 (cm)	穗长 (cm)	穗粒数	千粒重 (kg)	产量 (kg/667m²)
第 1 播期	120	112.37	5.40	41.36	37.10	252.90
第 2 播期	60	74.50	5.28	40.87	48.23	262.28
	120	109.42	5.52	41.83	49.28	331.48
第 3 播期	60	104.46	6.31	41.65	48.74	365.90
	120	118.89	6.22	46.55	31.20	218.37

表 9 2017 年青稞产量及水分利用率

2017 年	降雨量 (mm)	总灌水量 (m ³ /667m ²)	需水量 (m ³ /667m ²)	产量 (kg/667m ²)	水分利用率 (kg/m ³)
第 1 播期处理 1	317.8	240	385.68	300.68	0.78
第 1 播期处理 2		210	347.98	313.46	0.90
第 1 播期处理 3		180	318.58	251.18	0.79
第 2 播期处理 1	402.6	180	396.92	365.13	0.92
第 2 播期处理 2		160	371.90	349.24	0.94
第 2 播期处理 3		140	357.83	295.90	0.83
第 3 播期处理 1	471.6	120	358.26	232.14	0.65
第 3 播期处理 2		110	346.14	204.30	0.59
第 3 播期处理 3		100	344.40	220.43	0.64

表 10 2017 年不同播种期与不同水分条件下对青稞产量的影响

	灌水量 (m ³ /667m ²)	株高 (cm)	穗长 (cm)	穗粒数 (粒)	千粒重 (g)	产量 (kg/667m ²)
第 1 播期处理 1	240	116.00	6.96	47.52	47.00	300.68
第 1 播期处理 2	210	108.04	6.87	44.75	48.99	313.46
第 1 播期处理 3	180	93.87	6.49	40.93	49.08	251.18
第 2 播期处理 1	180	116.56	6.94	46.39	49.03	365.13
第 2 播期处理 2	160	110.71	7.33	48.26	49.67	349.24
第 2 播期处理 3	140	111.57	7.27	41.43	46.16	295.90
第 3 播期处理 1	120	107.21	6.87	38.30	30.14	232.14
第 3 播期处理 2	110	113.45	7.23	40.10	29.43	204.30
第 3 播期处理 3	100	110.54	6.91	39.32	31.25	220.43

从表 7~8 可以看出,根据 3 个不同播期、不同灌水量的比较,2016 年雨水较丰富且雨季提前的条件下,第 2 播期即 4 月 15 日播种较为适合青稞的生长。从田前生长情况来说明,第 1 播期 4 月 1 日播种灌拔节水和第 2 播期拔节期不灌水,青稞前期生长土壤水分较低,影响了青稞植株的生长及分蘖,但在抽穗后期雨季来临,青稞生长水分得以补充,同时由于前期青稞植株较低及分蘖少,青稞生长不太旺盛,雨季来临后没有造成青稞的倒伏现象,虽然产量较第 2 播期灌拔节水的产量低,但青稞籽粒饱满,色泽光亮透明,品质好。第 2 播期灌拔节水,植株较高及分蘖旺盛,抽穗后控水,雨水来临,有少量的倒伏现象,但是产量及水分利用率高。第 3 播期 4 月 30 日播种,青稞在拔节期及抽穗期避开了干旱时期,青稞前期生长旺盛,植株高、分蘖强,抽穗初期雨水较大,青稞茎秆脆弱易伏。因此,青稞第 3 播期,灌水和不灌水的处理在抽穗初期雨季来临时,青稞大面积产生倒伏现象,籽粒生长受到影响,籽粒干瘪,出粉率低。

从表 9~10 可以看出,2017 年,根据 3 个不同

播期、不同灌水量 2 年的比较,第 2 播期在每次灌水量 50~60 m³/667m² 时较为适合青稞的生长,第 3 播期 4 月 30 日播种,青稞在抽穗期遇到强降雨,加之青稞前期生长旺盛,植株高、分蘖强,抽穗初期雨水较大,青稞茎秆脆弱易伏。因此,根据青稞 3 个不同播期的试验,青稞雨水充沛的年份要时当早播,灌好分蘖水和拔节水,同时控制抽穗水的灌溉。

3 结论与讨论

青稞耗水由降水、灌溉水和土壤水 3 部分组成,试验研究表明:青稞灌溉水越多青稞消耗的水越多,需水量越大;青稞总需水量与灌溉量呈正相关。青稞在不同时期不同灌水条件下需水总量在 293.29~396.92 m³/667m²,日均需水量在 2.42~3.18 m³/667m²,播种至苗期需水量在 14.36~27.5 m³/667m²,苗期至分蘖期需水量在 15.18~28.32 m³/667m²,分蘖至拔节需水量在 55.57~109.11 m³/667m²,拔节至抽穗需水量在 52.66~89.01 m³/667m²,抽穗至灌浆需水量在 41.99~87.73 m³/667m²,灌浆至成熟需水量在 54.05~149.57 m³/

667m²。2016 年拉萨青稞最适播种期 4 月 30 日,灌水量为 60 m³/667m²,产量 365.9 kg/667m²,水分利用率为 1.21 kg/m³;2017 年拉萨青稞最适播种期 4 月 15 日,灌水量为 180 m³/667m²,产量 365.1 kg/667m²,水分利用率为 0.94 kg/m³。从播种的时期、灌水量与降雨量对青稞生长的影响来看,水分对青稞的株高程正相关关系,但是青稞穗粒数和千粒重与青稞种植时期、灌水及降雨无相关关系,从 2016-2017 年 2 年的不同水分试验中可以看出,青稞在 4 月 15 日左右播种,青稞的穗粒数和千粒重比较高,青稞抽穗、灌浆期降雨量过多会影响青稞籽粒的

形成。

参考文献:

[1] 强小林,冯继林. 中国小杂粮产业发展报告[M]. 北京:中国农业科技出版社,2007:71-83.
[2] 楼惠新. 青藏高原青稞生产发展与对策[J]. 柴达木开发研究, 2000(2):28-31.
[3] 杜军,普布卓玛,索朗欧珠. 西藏青稞需水关键期降水的气候变化特征[J]. 干旱地区农业研究,2004(3):23-27.
[4] 李春,许燕. 拉萨地区麦类作物需水状况及适宜灌溉探讨[J]. 西藏科技,总 86 期,1999:28-34.
[5] 尹志芳,欧阳华,张宪州. 西藏地区春青稞耗水特征及适宜灌溉制度探讨[J]. 自然资源学报,2010(10):1666-1675.

《西藏农业科技》常用法定计量单位及其符号

分 类	名 称	符 号	分 类	名 称	符 号
土地面积	平方公里	km ²	压强	帕(斯卡)	Pa
	公顷	hm ²	长度	千米(公里)	km
	平方米	m ²		米	m
	亩	667m ²		厘米	cm
量浓度	摩[尔] 每升	mol/ L		毫米	mm
	摩[尔] 每公斤	mol/kg		微米	μm
微量浓度	毫克每公斤	mg/kg		纳米	nm
	微克每克	μg/g	电流	安(培)	A
	微克每公斤	μg/kg	摄氏温度	摄氏度	℃
质量浓度	公斤每升	kg/ L	热力学温度	开(尔文)	K
	克每升	g/ L	热量	焦(尔)	J
	毫克每升	mg/ L		千焦	kJ
时间	小时	h		兆焦	MJ
	分	min	光照度	勒(克斯)	lx
	秒	s	功率	千瓦	kW
	天	d		瓦	W
	年	a	体积	升	L(l)
质量	吨	t		毫升	mL
	公斤	kg		立方米	m ³
	克	g		立方毫米	mm ³
	毫克	mg	旋转速度	转每分	r/ min
	微克	μg		米每秒	m/ s
单位质量	吨每公顷	t/ hm ²		公里每小时	km/ h
	公斤每公顷	kg/ hm ²	平面角	度	°
	公斤每平方米	kg/ m ²		分	'
	克每平方米	g/ m ²		秒	"