

土壤水分胁迫与调控对冬小麦生育指标的影响

邵孝侯 朱成立 郝树荣 彭世彰

(淮海大学现代农业工程系 ,江苏 南京 210098)

摘要 针对干旱地区有限水资源和发展节水灌溉实际 ,采用田间试验方法探讨了土壤水分胁迫与调控对冬小麦矿质营养吸收、干物质累积、产量形成和籽粒营养品质等的影响 .试验结果表明 :在冬小麦各个生育期 ,土壤水分胁迫与调控均会影响冬小麦对矿质营养的吸收和干物质累积等 ;各个生育期相应的土壤水分胁迫指标(占田持的百分比) ,苗期为 60% ,返青期为 60% ,拔节—抽穗期为 65% ,抽穗—灌浆期为 65% ,灌浆—成熟期为 55% ;水分胁迫对冬小麦籽粒的 N、P、K、蛋白质、粗脂肪和淀粉等营养品质的影响不大 ,苗期、灌浆—成熟期水分胁迫对产量的影响最小 ,而拔节—抽穗期水分胁迫对产量的影响最大 ,故拔节—抽穗期为冬小麦缺水敏感期 ,水分胁迫应尽量避免 .

关键词 冬小麦 ;水分胁迫 ;水分调控 ;矿质营养吸收 ;产量 ;品质

中图分类号 S275 文献标识码 :A 文章编号 :1000-1980(2004)02-0155-04

我国对冬小麦水分胁迫和调控进行了较多研究 ,但由于农学、植物生理和农田水利各学科研究相互渗透和结合不够以及测试条件和分析手段受到限制 ,试验成果缺乏系统性和综合性^[1,2] .另外 ,我国对水分胁迫和调控补偿效应的研究也不能适应节水高效农业发展的需要^[3] .为此 ,笔者针对干旱地区有限水资源的实际 ,在分析国内外已有节水灌溉成果和理论的基础上就水分胁迫和调控对冬小麦矿质营养吸收、干物质累积、产量形成和籽粒营养品质等的影响进行了系统研究 .本文介绍试验方法及结果 ,并对试验结果进行分析 .

1 材料与方法

1.1 冬小麦试验方案

田间试验是在山西省洪洞县霍泉灌区西南部的李堡村进行的 .试区多年平均降雨量为 477.4 mm ,多年平均水面蒸发量为 1506.1 mm ,为多年平均降雨量的 5~6 倍 ;多年平均气温为 22℃ ,无霜期 200 d 左右 ,最大冻土层深 60 cm ,最大风速 13.9 m/s ,平均风速 1.9 m/s ,灌溉水源为机井 ,土质为壤土 ,土壤孔隙率为 45% ,最大持水率(占田持的百分比)为 24.6% ,土壤肥力中等 ,地下水埋深 15 m 左右 ,地下水对冬小麦生长没有影响 .

为了控制冬小麦各生育阶段的水分供应状况 ,将冬小麦的生育期分成播种—拔节、拔节—抽穗、抽穗—灌浆、灌浆—成熟 4 个阶段 ;以水分供应充足即丰产灌溉制度(各生育阶段控制土壤含水量的灌溉下限为田持的 70%)为对照 ,共 10 个处理 ,每个处理重复 3 次 .各处理控制的土壤含水量的下限指标见表 1 .

表 1 冬小麦控制的土壤含水量下限指标(占田持的百分比)

Table 1 Lower limit of soil moisture content of winter wheat(percentage to field water holding capacity)									
处理代号	生育阶段				处理代号	生育阶段			
	播种—拔节	拔节—抽穗	抽穗—灌浆	灌浆—成熟		播种—拔节	拔节—抽穗	抽穗—灌浆	灌浆—成熟
1	70	70	70	70	6	70	70	55	70
2	60	70	70	70	7	70	70	70	60
3	50	70	70	70	8	70	70	70	55
4	70	60	70	70	9	60	70	70	60
5	70	70	60	70	10	60	70	60	70

小区面积为 60 m² ,其长为 20 m ,宽为 3 m .小区之间用高 0.15 m、宽 0.2 m 的土埂隔开 ,田间试验小区随机

排列.除灌水外,各处理农业技术措施保持一致.

1.2 主要观测项目及测量方法

- a. 土壤含水量的监测.在各小区进行定点定位观测.测量深度分别为 0~20 cm 20~40 cm 40~60 cm 60~80 cm 80~100 cm,测量仪器为中子仪.一般 5 d 测量 1 次,生育期始末及灌水、降雨前后增加测次.
- b. 灌水量的测量.从机井中抽水后通过低压输水管道对各小区进行畦灌.支管首部的水量由水表计量,当畦面水流到达畦田全长的 85% 左右时改水并记录灌水量.
- c. 地上部分干物质的测定.按生育期采集各处理 10~30 株植株,80℃杀青,在 60℃烘箱中烘 6~8 h 后测定茎、叶、穗干物质质量.
- d. 小麦植株中氮、磷、钾的测定.对典型处理各生育期的小麦植株样品(茎、叶、穗)用 H₂SO₄ 做消化处理,氧化剂为 H₂O₂,待测液中的氮用凯氏蒸馏法测定,磷用钒钼黄比色法测定,钾用火焰光度法测定.
- e. 籽粒蛋白质、淀粉、粗脂肪的测定.蛋白质含量由籽粒 N 含量乘以 5.70 获得,淀粉用斐林-碘量法测定,脂肪用索氏称量法测定.
- f. 产量测定和考种.各小区小麦单打单收,先测定估产小区的净面积并对小麦进行考种,然后分别测定小麦各节间长度、穗长、株高、每公顷穗数、每穗粒数和千粒质量,计算理论产量并与实际产量进行比较.
- g. 其他项目的测定.测定各生育期冬小麦的株高、分蘖数、次生根、叶色、叶龄、节间长度、卷叶出现的时间等.

2 试验结果与分析

2.1 土壤水分胁迫与调控对冬小麦干物质累积及矿物质营养吸收的影响

2.1.1 苗期

从表 2 可看出,土壤 3 种含水量下限控制处理的冬前分蘖数及分蘖率,土壤含水量控制在田间持水量(以下简称田持)70% 的处理为最高,60% 的处理次之,50% 的处理最低,而小麦根干质量则相反,土壤含水量低的处理根干质量较大,小麦根冠质量比与土壤含水量呈显著负相关.同时,土壤含水量较低时,小麦次生根的数目较多,根系下扎深度较深.试验结果还表明,冬灌前虽然小麦地上部分 N、P、K 的浓度随着土壤水分的降低而提高,而地上部分对 N、P、K 的吸收量(养分浓度×地上部分干物质质量)则以土壤含水量控制在田持 70% 的处理为最高.冬灌以后,由于各处理 0~60 cm 土壤含水量差异较小,处理之间的根冠质量比逐渐趋于一致,地上部分对矿质营养的吸收差别也较小.

表 2 土壤含水量对小麦苗期干物质累积和矿质营养吸收的影响

Table 2 Effect of soil moisture content on dry matter accumulation and mineral nutrient intake of winter wheat at seedling stage												
时段	土壤含水量 下限指标 (占田持)/%	地上部分 干物质量 (g·株 ⁻¹)	根干质量 (g·株 ⁻¹)	根质量 /冠质量	次生根 数/条	主根下 扎深/cm	地上部分矿质营养浓度/%			地上部分矿质营养吸收量/(mg·株 ⁻¹)		
							N	P	K	N	P	K
冬灌前	70	0.56	0.23	0.408	10	3.3	3.56	2.05	4.01	19.97	11.50	22.50
	60	0.43	0.20	0.465	12	4.2	4.01	2.56	4.28	17.28	11.03	18.45
	50	0.36	0.25	0.694	16	5.8	4.35	2.72	4.52	15.66	9.79	16.27
冬灌后	70	1.26	0.22	0.175	12	5.6	3.20	2.21	3.85	40.32	27.85	48.51
	60	1.23	0.25	0.203	13	7.2	3.29	2.28	3.78	40.47	28.04	46.49
	50	1.15	0.28	0.243	16	8.0	3.40	2.60	4.01	39.10	29.90	46.12

从表 2 还可看出,苗期水分胁迫条件下冬小麦根冠质量比、次生根的条数和主根下扎深度有所增加.这表明苗期水分亏缺不仅有助于根系的下扎和根系深层水分的利用,而且有助于抗旱能力的提高.

2.1.2 返青—拔节期

冬小麦返青后有一较长时间的恢复生长期.该时期的水分供应主要集中在根系的生长,因此适宜的水分条件可以巩固壮蘖、协调群体与个体的发育^[13].笔者于 1998 年 3 月初(小麦拔节初期)对各处理的根冠质量比、干物质累积、茎蘖动态和矿质营养吸收进行了测定分析,结果列于表 3.从表 3 可以看出,冬灌水量越少,土壤表层含水量较低的处理,根冠质量比较大,根较长.这说明较干的土壤有利于根系生长和向下层的伸展.但从表 3 也可以看出,如果不冬灌,则会严重影响根冠的绝对质量,造成麦株矮小,分蘖较少,干物质累积较低,从而影响矿质营养的吸收和后期的生长发育.

表 3 土壤含水量对拔节初期小麦根冠质量比、干物质累积、矿质营养和茎蘖动态的影响

Table 3 Effect of soil moisture content on root-shoot ratio , dry matter accumulation ,mineral nutrient intake and tillering of winter wheat at first jointing stage										
处理	冬灌水量 ($\text{m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$)	0~40 cm 平均含水量 (占田持)%	根干质量 ($\text{g}\cdot\text{株}^{-1}$)	冠干质量 ($\text{g}\cdot\text{株}^{-1}$)	地上部分 干物质质量 ($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)	根质量 /冠质量	主根长 /cm	分蘖数 ($\text{个}\cdot\text{株}^{-1}$)	茎蘖数 ($\text{万个}\cdot\text{hm}^{-2}$)	地上部分 吸收 N 量 ($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)
1	787.5	90	0.32	2.50	26730	0.14	15.0	3.5	1069	60.4
2	750.0	80	0.50	2.52	47955	0.20	15.5	5.5	1903	62.3
3	744.0	75	0.65	4.05	54060	0.16	16.0	6.0	1335	75.2
4	511.5	68	0.48	2.08	26730	0.23	16.4	5.0	1285	58.2
6	462.0	65	0.49	2.17	27885	0.22	17.0	4.7	1235	50.3
8	0	50	0.55	1.25	11730	0.44	19.0	2.5	938	35.2
10	300.0	60	0.38	1.48	17685	0.26	18.0	4.0	1195	40.1

2.1.3 拔节—抽穗期

拔节—抽穗期是小麦一生中生长速率最快、生长量最大的时期。由于生长量迅速增加，植株对水分的要求也更为迫切，反应也更敏感。此阶段应协调好植物冠层的结构，使之既不遮光又能发挥最大光合作用。3 个年度的田间试验结果(见表 4)表明，拔节—抽穗阶段，土壤含水量高低对小麦地上部分干物质产量和矿质营养的吸收有着极为显著的影响，土壤含水量控制为田持 60% 的处理较控制为田持 70% 的处理干物质产量低 42% ,N、P、K 吸收量分别低 21%、18%、30%。如果此阶段不灌溉，这种不良效应会一直延续至抽穗—灌浆阶段，并会导致旗叶叶尖发黄，植株矮小，灌浆缓慢，粒重变轻。

表 4 土壤含水量对拔节—抽穗阶段小麦干物质累积和矿质营养吸收的影响

Table 4 Effect of soil moisture content on dry matter accumulation and mineral nutrient intake of winter wheat at jointing-earing stage								
土壤含水量下限 指标(占田持)%	地上部分干物质质量		地上部分矿质营养浓度/%			地上部分矿质营养吸收量($\text{mg}\cdot\text{株}^{-1}$)		
	($\text{g}\cdot\text{株}^{-1}$)	($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)	N	P	K	N	P	K
70	2.98	28722	2.82	1.65	2.72	91.65	53.62	88.40
60	2.28	16576	3.01	1.92	2.70	68.63	43.78	61.56

2.1.4 抽穗—灌浆期

从表 5 可以看出，抽穗—灌浆阶段，土壤水分对小麦干物质累积和矿质营养吸收有着极为显著的影响。该阶段，土壤含水量控制为田持的 75% 有利于小麦干物质累积和 N、P、K 的吸收；土壤含水量控制为田持的 60% 左右则不利于干物质累积和矿质营养的吸收；土壤水分过多，即其含量为田持的 80% 左右时也会对干物质累积和 N、P、K 的营养吸收产生不利影响。

表 5 土壤水分对抽穗—灌浆阶段小麦干物质累积和矿质营养吸收的影响

Table 5 Effect of soil moisture content on dry matter accumulation and mineral nutrient intake of winter wheat at earing-filling stage										
0~80 cm 平均 土壤含水量 (占田持)%	地上部分干 物质总量 ($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)	矿质营养吸收量($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)								
		N			P			K		
		茎	叶	穗	茎	叶	穗	茎	叶	穗
80	18532	49.1	75.0	120.2	2.4	3.6	6.0	10.2	7.5	21.3
75	22410	56.3	82.1	141.2	3.0	4.2	7.3	15.6	8.0	25.4
68	20352	50.2	76.3	125.2	2.7	3.8	6.5	13.2	7.4	22.3
60	17232	42.0	64.1	100.5	2.0	3.2	5.3	8.6	6.2	15.4

2.2 土壤水分控制与冬小麦籽粒产量和品质的关系

不同生育期土壤水分胁迫对冬小麦产量和籽粒营养品质的影响见表 6。从作物最终产量来看，由于各年降雨量不同，产量变化趋势略有差异，但从 3 年平均结果可以看出，水分胁迫不会增加作物产量。其中苗期和灌浆—成熟期，水分胁迫对产量的影响最小，灌浆—成熟期合适的水分亏缺反而会提高产量。拔节—抽穗期，水分胁迫对产量的影响最大，因此该阶段属于缺水敏感期，水分胁迫应尽量避免。此外，从土壤水分胁迫对籽粒矿质营养品质的影响也可看出，水分胁迫虽然对籽粒的 N、P、K、蛋白质、粗脂肪和淀粉影响不大，但总体上并不利于小麦籽粒品质的提高。

表6 不同土壤水分调控对冬小麦产量和品质的影响

Table 6 Effect of soil moisture content control on yield and quality of winter wheat

处理	调控生育阶段	平均产量 ($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)	减产幅度 /%	N含量 /%	P含量 /%	K含量 /%	蛋白质含量 /%	淀粉含量 /%	粗脂肪含量 /%
1	对照	5687.94	0	2.02	0.192	0.053	11.51	63.02	2.82
2	苗期	5536.49	2.7	2.07	0.174	0.042	11.80	62.28	2.68
3	苗期	5190.20	8.8	1.96	0.198	0.044	11.17	59.08	2.75
4	拔节—抽穗	5016.61	11.8	1.95	0.193	0.047	11.12	68.44	2.78
5	抽穗—灌浆	5278.51	7.2	1.86	0.193	0.048	10.60	68.41	2.58
6	抽穗—灌浆	4612.52	18.9	1.90	0.201	0.048	10.83	69.44	2.64
7	灌浆—成熟	5631.48	1.0	1.75	0.189	0.049	9.98	63.70	2.78
8	灌浆—成熟	5563.88	2.2	1.81	0.188	0.046	10.32	67.92	2.88
9	苗期、灌浆—成熟	5741.77	-0.9	1.84	0.185	0.045	10.49	67.10	2.76
10	苗期、抽穗—成熟	4891.17	14.0	1.86	0.186	0.048	10.60	67.20	2.89

3 结 论

- a. 在冬小麦的各个生育期,水分胁迫均会影响冬小麦对矿质营养的吸收和干物质的累积等.各个生育期相应的水分胁迫指标(占田持),苗期为60%,返青期为60%,拔节—抽穗期为65%,抽穗—灌浆期为65%,灌浆—成熟期为55%.
- b. 水分胁迫对冬小麦籽粒的N、P、K、蛋白质、粗脂肪和淀粉等营养品质的影响不大.苗期和灌浆—成熟期水分胁迫对产量的影响最小.灌浆—成熟期,适当的水分亏缺反而会提高产量.拔节—抽穗期,水分胁迫对产量的影响最大,因此该阶段属于冬小麦缺水敏感期,水分胁迫应尽量避免.

参考文献:

[1] 康绍忠,蔡焕杰. 农业水管理学[M]. 北京: 中国农业出版社,1996.1—88.

[2] 邵孝侯,俞双恩,马绍川,等. 拔节孕穗期受渍对小麦干物质产量、矿质营养和品质的影响[J]. 灌溉排水,1995,14(3):16—19.

[3] 邵孝侯,俞双恩,姜翠玲,等. 土壤基质势对冬小麦矿质营养吸收、干物质产量和籽粒产量的影响[J]. 河海大学学报,1996,24(4):44—48.

[4] 邵孝侯,郭相平,戴振伟,等. 塑料暗管排灌对麦田土壤水分调控的试验研究[J]. 河海大学学报(自然科学版),2000,28(2):32—35.

Effect of soil water stress and control on upgrowth indexes of winter wheat

SHAO Xiao-hou , ZHU Cheng-li , HAO Shu-rong , PENG Shi-zhang

(Dept. of Modern Agricultural Engineering , Hohai Univ. , Nanjing 210098 , China)

Abstract : In consideration of the limited water resources and the reality of water-saving irrigation development in arid areas , field experiments are performed for study of the effect of soil water stress and control on the mineral nutrient intake , dry matter accumulation , yield , and quality of winter wheat . Some conclusions are drawn : soil water stress and control have certain effects on the mineral nutrient intake , dry matter accumulation , and so on during different upgrowth periods of winter wheat ; the soil water content stress indexes (percentage to field water holding capacity) are 60% , 60% , 65% , 65% , and 55% for the seedling stage , regreen stage , jointing-earing stage , earing-filling stage , and filling-ripening stage respectively ; the soil water stress has little influence on the nutrient quality of N , P , K , protein , coarse fat , and amyllum of winter wheat grain ; the soil water stress has the least influence on the yield at the seedling stage and filling-maturing stage , but the influence is the most obvious at the jointing-earing stage , therefore , it is a sensitive stage for water shortage of winter wheat , and the soil water stress should be avoided .

Key words : winter wheat ; water stress ; water control ; mineral nutrient intake ; yield ; quality