

麦棉套种共生期不同土壤水分对冬小麦生理特性 及产量与品质的影响

周新国, 陈金平, 刘安能, 黄仲冬

(中国农业科学院农田灌溉研究所, 新乡 453003)

摘 要: 冬小麦、棉花套种共生期包括小麦灌浆期和棉花的苗期, 这一时期对冬小麦生长及产量和品质形成具有重要意义。该文在 3-1 式和 4-2 式两种麦棉套种配置方式条件下, 研究了麦棉共生期土壤水分条件对小麦生理特性以及产量和品质的影响。试验结果表明, 土壤水分显著影响了小麦的光合蒸腾日变化动态。共生期较高的土壤水分不利于干物质向籽粒的运输和分配, 其产量以 70% 土壤含水率处理最高。较低的土壤水分有利于小麦籽粒蛋白质和湿面筋含量以及沉降值的提高。3-1 式小麦更容易受到土壤水分亏缺的抑制。

关键词: 土壤水分; 共生期; 麦棉套种; 小麦产量和品质

中图分类号: S152.7; S512.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2006)11-0022-05

周新国, 陈金平, 刘安能, 等. 麦棉套种共生期不同土壤水分对冬小麦生理特性及产量与品质的影响[J]. 农业工程学报, 2006, 22(11): 22-26.

Zhou Xinguo, Chen Jinping, Liu Anneng, et al. Effects of the different soil moistures on physiological characteristics, yield and quality of winter wheat during the intergrowth stage under the winter wheat and cotton relay intercropping[J]. Transactions of the CSAE, 2006, 22(11): 22-26. (in Chinese with English abstract)

0 引 言

麦棉套种共生期包括了小麦灌浆的大部分生育阶段, 因此共生期土壤水分对小麦的后期生长发育和籽粒充实具有重要的作用。水分条件对小麦灌浆期叶片光合蒸腾等生理指标的影响直接关系到产量的高低^[1], 同时也影响到了小麦籽粒的品质^[2]。对于小麦生理特性和产量的影响, 张喜英^[3]、马春英^[4]、刘庚山^[5]、石岩^[6]和吴海卿^[7]等从有限灌溉或水分胁迫的角度, 分别对小麦的生长、旗叶衰老、水分利用以及产量性状等进行了深入探讨。对于小麦品质的影响, 王晨阳^[8]等研究认为, 灌水和施氮对小麦品质的影响因小麦品种的不同而产生差异。马新明等^[9]研究指出, 60% 的土壤水分处理, 促进了小麦生育后期籽粒蛋白质和赖氨酸含量的提高, 改善了小麦蛋白质品质。邵俊红等^[10]指出, 在足墒播种的情况下, 不灌越冬水和返青水, 控制麦黄灌水, 仍可以达到小麦营养品质和加工品质均优的效果。许振柱等^[11]研究认为, 适度减少灌溉定额可改善品质。而王月福等^[12]则认为, 土壤水分含量过多或过少均不利于籽粒产量的提高, 而且导致籽粒营养品质和加工品质下降, 适宜的土壤水分含量既可增加产量, 又可改善品质。白莉平等^[13]研究指出, 随着灌水量和灌溉次数的增加, 不同品种小麦蛋白质含量均下降, 但是沉淀值的变化趋势则因小麦

品种不同而表现各异。目前, 一年两熟麦棉套种在我国黄淮海平原占有很大的面积, 而且仍有进一步扩大的趋势, 因此研究麦棉共生期土壤水分对小麦生理特性和产量与品质的影响就显得尤其重要。本试验在 3-1 式和 4-2 式两种麦棉套种方式的条件下, 对共生期不同水分条件的小麦光合、蒸腾日变化, 小麦的产量结构组成, 干物质积累与分配以及小麦籽粒的品质性状做了初步研究。

1 材料与方法

1.1 试验区自然条件

试验于 2003 年 10 月至 2004 年 9 月在河南省新乡市农田灌溉研究所作物需水量试验场内进行。试验区位于豫北平原, 属于半湿润气候区, 年降雨量 600 mm 左右, 无霜期 210 d, 多年平均气温 14.4℃; 日照时数 2398.8 h。土壤类型以潮土、褐土性潮土为主, 土壤质地以壤土为主, 容重 1.35 g/cm³, 田间最大持水量 24% (占干土重)。

1.2 试验设计与安排

小麦品种选用新麦 13, 棉花品种选用标杂 A1, 小麦施底肥尿素 300 kg/hm², 二铵 300 kg/hm², 返青期追施尿素 110 kg/hm²。棉花施底肥尿素 225 kg/hm², 二铵 225 kg/hm²。试验设两种配置方式: T1: 4-2 式麦棉套作: 带宽 1.4 m, 内种 4 行小麦 2 行棉花。小麦行距 0.2 m, 带宽 0.6 m。预留行带宽 0.8 m。棉花为宽窄行, 行距 0.6 m、0.8 m, 5 月 11 日移栽棉花。T2: 3-1 式麦棉套作: 带宽 1 m, 内种 3 行小麦 1 行棉花。小麦行距 0.2 m, 小麦带宽 0.4 m, 预留行带宽 0.6 m。棉花行距 1 m。共生期土壤水分设 4 个下限水平, 即 S1 50% (相对含水率, 下同), S2 60%, S3 70%, S4 80%。由此共 8 个处理

收稿日期: 2005-11-28 修订日期: 2006-06-13

基金项目: 国家自然科学基金项目 (50379054); “十五”国家科技攻关项目 (2001BA508B02)

作者简介: 周新国 (1970-), 男, 河南淮滨人, 副研究员, 主要从事节水灌溉及环境效应研究。河南省新乡市建设路 173 号 中国农业科学院农田灌溉研究所, 453003。Email: zhouxg01@tom.com

组合: T1S1, T1S2, T1S3, T1S4; T2S1, T2S2, T2S3, T2S4。各处理组合重复 3 次, 小区面积 33.4 m^2 。试验在防雨棚下进行。

1.3 测试项目及方法

1.3.1 土壤水分观测 及生长指标观测

土壤水分测定深度 140 cm , 其中 $0\sim 20 \text{ cm}$ 用土钻取土, 用烘干法测定土壤含水率, $40\sim 140 \text{ cm}$ 用中子仪测定, 土壤水分每 10 d 测定一次。作物生长发育动态调查, 小麦出苗后, 每个处理选定 5 棵基本苗, 隔 10 d 进行一次生长发育调查, 主要包括株高(用钢卷尺量测), 叶片数、展开叶、未展开叶、绿叶数、黄叶数。

1.3.2 光合蒸腾测定

净光合速率 (P_n) 和蒸腾速率 (T_r) 采用英国 PP systems 公司生产的 CIRAS-1 型便携式光合测定系统, 选择生长性状一致的小麦旗叶于晴朗天气进行测定, 从 $8:00\sim 18:00$, 每隔 2 h 测定一次, 重复 3 次, 取其平均值。

1.3.3 小麦产量、品质测定

小麦收获后分小区进行测产、考种。小麦品质测定: 沉降值、湿面筋采用面筋指数测定仪 JJJM-115 按 GB/T 14608-93 测定; 蛋白质采用 DTD-40 型恒温消解仪按

国家标准中 GB 5009.5-85 食品中蛋白质的测定方法微量定氮法进行操作。

2 结果与分析

2.1 光合蒸腾日变化

图 1 为灌浆期麦棉套作 4-2 式与 3-1 式光合速率 (P_n) 的日变化特征。从图 1a 可以看出 4-2 式麦棉套作中, T1S1 和 T1S2 的 P_n 日变化呈单峰曲线, 且峰值同时出现在中午 $12:00$, T1S3 和 T1S4 表现为双峰曲线, 第一峰值均出现在中午 $12:00$, 第二峰值出现在下午 $16:00$ 。从上午 $8:00$ 至中午 $12:00$, 随着时间的推移不同处理间的差异在逐渐缩小, 最大差异出现在下午的 $16:00$ 。图 1b 显示, 在 3-1 模式麦棉套作中, T2S2、T2S3、T2S4 均呈双峰曲线, 仅最低水分处理的 T2S1 为单峰曲线。其中较高水分处理的 T2S4 和 T2S3 峰值与“午睡”低谷出现的时间一致, 峰值分别出现在上午 $10:00$ 和下午 $16:00$, 低谷出现在午后的 $14:00$ 。而 T2S2 的峰值分别出现在 $10:00$ 和 $14:00$, 低谷出现在 $12:00$ 。比较图 1a 和图 1b 可以看出, 3-1 式麦棉套作小麦更容易受到土壤水分的影响, 即土壤水分亏缺对 3-1 式小麦 P_n 的抑制作用明显高于 4-2 式。

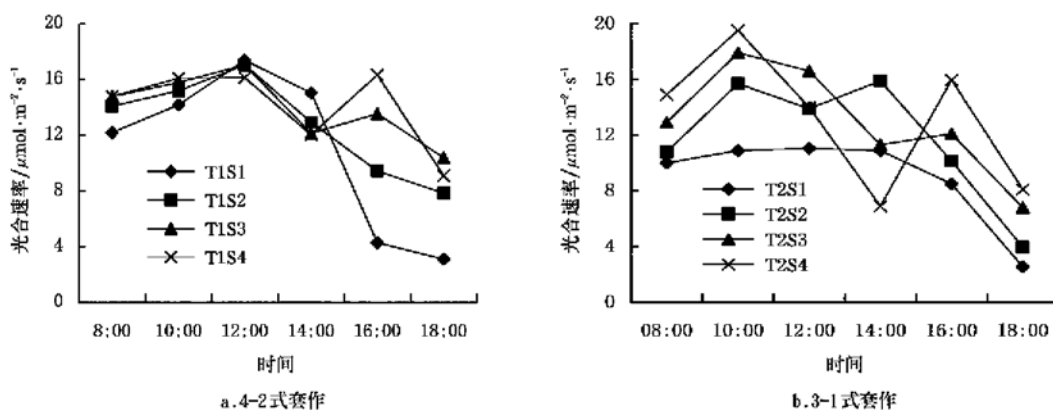


图 1 灌浆期麦棉套作 4-2 式与 3-1 式光合速率日变化特性

Fig. 1 Daily change trait of the photosynthetic rate at the grain filling stage of winter wheat under the wheat-cotton relay intercropping in pattern 4-2 and pattern 3-1

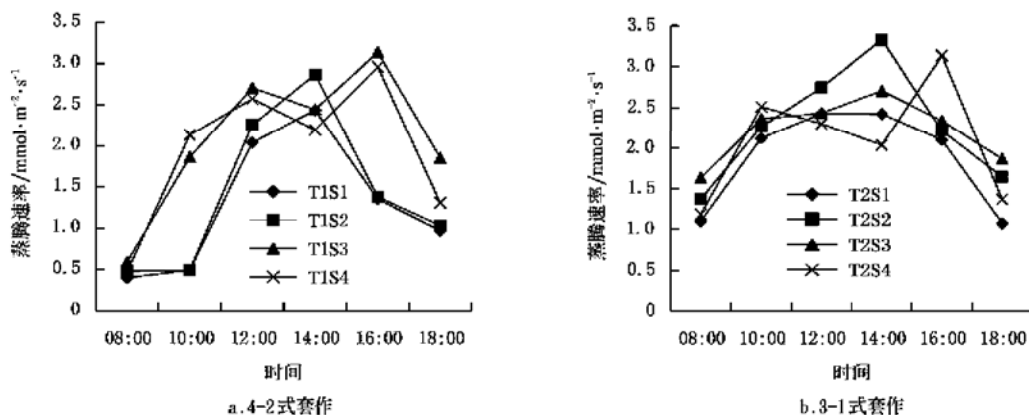


图 2 麦棉套作 4-2 式与 3-1 式灌浆期蒸腾速率日变化特性

Fig. 2 Daily change trait of the transpiration rate at the grain filling stage of winter wheat under the wheat-cotton relay intercropping in pattern 4-2 and pattern 3-1

蒸腾速率作为作物水分生理的重要生理指标,明显地受到土壤水分的影响。图2为两种麦棉套作模式的小麦蒸腾日变化特征。图2a显示,T1S3和T1S4的蒸腾日变化与其光合日变化趋势基本一致,但低水分处理(T1S1和T1S2)虽然也为单峰曲线,但其峰值均出现在午后的14:00,相对于其光合(图1a)具有相对滞后的现象。可见,在较低的田间土壤水分条件下,4-2式套作小麦最大光合并不是和最高的蒸腾同时出现,而是出现在蒸腾最大值出现之前,这也同时为4-2式套作小麦进行节水灌溉、减少奢侈蒸腾、提高作物的水分利用效率提供了理论基础。图2b显示,3-1式麦棉套作模式中,除了最高水分处理(T2S4)蒸腾日变化呈双峰曲线且与其光合趋势一致外,其他3个水分处理均呈单峰曲线,且峰值出现在午后的14:00。说明3-1式套作小麦蒸腾与光合的关系与4-2式是相同的,不同点只在于3-1式小麦对于土壤水分更为敏感。

2.2 干物质分配动态

在黄淮海平原,一般棉花移栽于预留行的时间为5

月中上旬,维持共生期至少在25天左右的时间,以保证麦收前棉花能够渡过缓苗期,从而可以消除麦收后由于冠层环境的突变对棉花造成的光、温胁迫。试验中的移栽时间为5月11日。图3为小麦棉花共生期两种套作模式下土壤水分对小麦灌浆特性与干物质积累与分配的影响。从图3a(4-2式)和图3d(3-1式)可以看出,两种套作模式的小麦穗湿重与茎湿重的比值随着共生期时间的推移变化趋势是不一样的,对于4-2式,不同水分生理之间的差异非常明显,整个共生期进程中T1S1表现最高,在共生期的第14d以前T1S2、T1S3和T1S4变化随着时间有交错,但在共生期的第14d表现为T1S1最高,其次为T1S2,第三为T1S3,T1S4最低。在整个共生期进程中,T1S4一直呈逐渐升高的趋势,而其他水分处理则在第14d以前呈上升趋势,然后则有下降的趋势。对于3-1式套作的小麦,其穗湿重与茎湿重的比值在整个共生期都呈逐渐上升的趋势,特别是在共生期的第14d以后上升趋势更为明显,但不同水分处理间没有明显的差异。

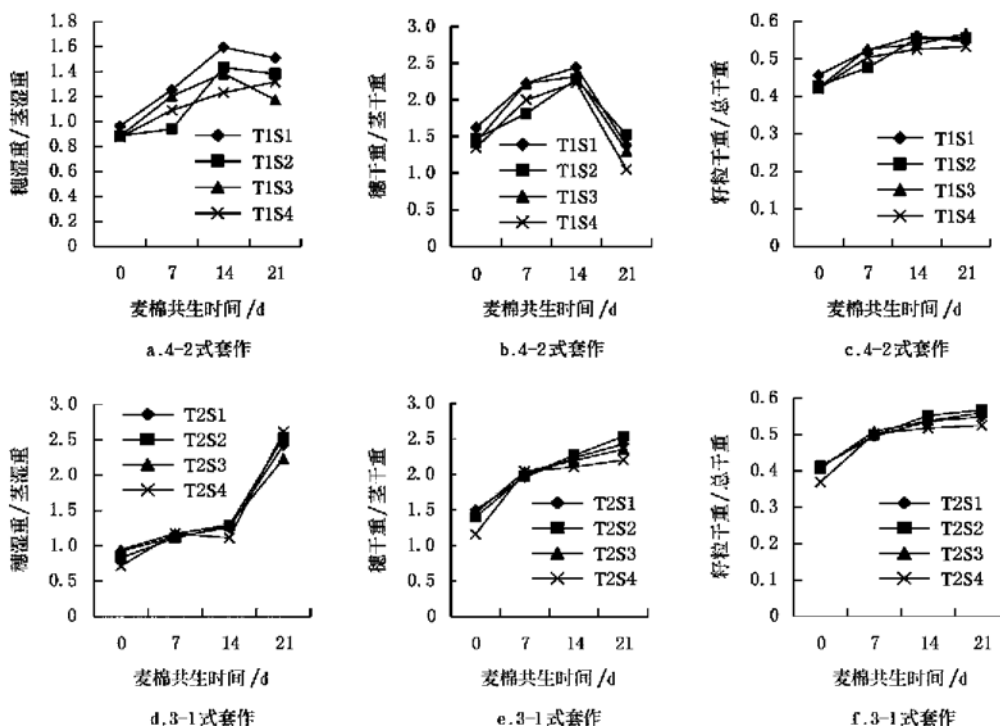


图3 麦棉共生期土壤水分对小麦干物质积累与分配的影响

Fig. 3 Effects of soil moisture on the accumulation and distribution of the dry matters at the intergrowth stage under the wheat-cotton relay intercropping

图3b和图3e为套作模式小麦在共生期穗干重和茎干重比值的变化动态,从图3b可以看出,4-2式套作小麦穗干重和茎干重的比值在共生时间的第14d最大,14d以前比值逐渐升高,14d以后则呈下降趋势,且在最后T1S4的比值明显低于其他水分处理,T1S2的比值最高,其次为T1S1和T1S3。对于3-1式套作模式的小麦,从图3e可以看出,在整个共生期小麦的穗干重和茎干重的比值一直呈上升趋势,但是其最终的大

小顺序和4-2式一样。这说明,虽然土壤水分对于不同套作配置方式的小麦在共生期的干物质积累与分配速率所产生的影响有差异,但其最终在不同器官中的沉淀和累积的比率是基本一致的。

图3c和图3f为共生期两种套作方式小麦的籽粒干重与株总干重的比值(收获系数或经济系数),可以看出,两种套作方式的变化趋势基本上是一致的,都是随着共生期时间的延长而呈现逐步升高的情况,并且在高

水分(80%)的条件下都表现为较低,而其他3个水分处理则比较接近。结合图3b和图3e穗干重和茎干重的比值变化趋势可以看出,在共生期较高的土壤水分是不利于小麦干物质向产品器官的累积和分配的,在这一方面两种配置方式的小麦表现一致。

2.3 对小麦产量构成因素的影响

表1为麦棉套作不同配置方式与共生期水分处理的小麦产量结构分析,可以看出,对于不同的配置方式,4-2式套作小麦在株高、穗长、穗粒数、以及有效穗数方面都略低于3-1式,在千粒重方面却略高于3-1式,其理论产量和实际产量均略低于3-1式,但差异不明显。对于不同水分处理而言,4-2式套作小麦的株高和穗长以及千粒重均随着土壤水分的增加而增加,说明在共生期,土壤水分对小麦植株个体的生长仍具有明显的促进作用,并有利于麦粒个体的灌浆。穗粒数却是70%含水率表现最高,土壤水分继续增加反而有减少的趋势,说明穗长的增加与穗粒数间并不呈正相关,可能是首先受粉发育的籽粒得到了水分和营养的优先供给,从而抑制了后来籽粒的受粉和发育。两种套种方式

均以70%土壤含水率处理的小麦产量最高,水分升高或下降都不利于产量的提高。

2.4 对小麦品质的影响

表2为共生期麦棉套种不同土壤水分条件下的小麦品质情况。可以看出,3-1式套作小麦籽粒的蛋白质、磷、湿面筋含量以及沉降值和出粉率等分别比4-2式小麦高3.2%、5.2%、6.6%、5.8%、2.6%,在相同的储存时间内其含水率也高于4-2式。说明对于4-2式和3-1式两种套作方式的小麦,3-1式不但有利于矿质元素向籽粒的运移和积累,更有利于提高小麦的品质和出粉率。同时由于籽粒含较多的矿质元素和有机营养成分,使其吸潮性有所提高。共生期土壤水分对小麦籽粒各成分含量的影响表现不一致,对于两种套种方式的小麦籽粒,蛋白质含量、沉降值随着土壤含水率的升高而下降,磷、钾含量则随着土壤水分的升高而增加。可见,在麦棉套作的共生期间,土壤水分对两种套作模式小麦籽粒所含成分的影响趋势和程度是不同的,因此在生产上也应该根据小麦的用途以及要改善哪一个品质指标进行水分控制。

表1 麦棉套作不同配置方式与共生期水分处理的小麦产量结构分析

Table 1 Yield of the different soil moistures and intercropping patterns during the intergrowth stage under the wheat-cotton relay intercropping

处理组合	株高 /cm	穗长 /cm	穗粒数 /粒·穗 ⁻¹	千粒重 /g	有效穗数 /穗·hm ⁻²	理论产量 /kg·hm ⁻²	实际产量 /kg·hm ⁻²
T1S1	67.2	7.9	39.0	43.6	4288557	7291.5	6396.0
T1S2	71.6	8.2	39.4	43.5	4195463	7189.5	6574.5
T1S3	72.8	8.2	42.7	44.3	4182884	7912.5	6960.0
T1S4	73.2	8.4	39.4	44.5	4204547	7372.5	6859.5
T1	71.2	8.2	40.1	43.9	4217937	7441.5	6697.5
T2S1	71.2	8.7	37.5	43.0	4240836	6838.5	6415.5
T2S2	72.0	8.9	41.3	43.0	4220621	7495.5	6733.5
T2S3	73.4	8.9	45.6	43.4	4184780	8281.5	7045.5
T2S4	75.5	8.8	42.4	44.6	4246379	8029.5	6696.0
T2	73.0	8.8	41.7	43.5	4223154	7662.0	6723.0

表2 共生期麦棉套作配置方式与土壤水分对小麦品质的影响

Table 2 Effects of different soil moistures and intercropping patterns on the quality of wheat grain during the intergrowth stage under the wheat-cotton relay intercropping

处理组合	含水率/%	蛋白质/%	磷/mg·(100g) ⁻¹	钾/%	粗脂肪/%	湿面筋/%	沉降值/mL	出粉率/%
T1S1	13.50	16.1	334	0.37	1.02	35.2	52.1	67.80
T1S2	13.30	15.9	336	0.37	1.17	35.3	50.0	71.70
T1S3	13.00	15.6	348	0.38	1.31	34.2	48.2	71.80
T1S4	12.40	15.1	352	0.39	0.88	34.0	43.8	67.80
T1	13.05	15.7	343	0.38	1.10	34.7	48.5	69.78
T2S1	13.00	16.8	351	0.35	1.18	36.6	54.2	73.60
T2S2	13.40	16.8	360	0.35	1.20	37.0	52.8	71.70
T2S3	13.80	15.9	364	0.36	1.26	37.3	50.5	68.80
T2S4	13.50	15.6	368	0.37	1.44	36.9	47.8	72.30
T2	13.43	16.2	361	0.36	1.27	37.0	51.3	71.60

3 结论与讨论

由本试验可知,在黄淮海平原麦棉套作区,共生期的土壤水分条件显著影响了小麦旗叶的光合蒸腾日变

化动态。前人研究指出,在小麦整个灌浆过程中,籽粒中的同化物主要来自花后形成的光合产物^[14,15],而旗叶是花后光合产物生产与输出的主要源器官。试验结果显示,虽然土壤水分对3-1式和4-2式两种套种方式

的小麦旗叶光合蒸腾日变化的影响有所不同,但均以 70% 土壤含水率处理的光合与蒸腾表现较好,其最后产量结果也证明了这一点。共生期土壤水分高于 70% 会造成产量的下降,其干物质积累与分配动态显示土壤水分过高时并不利于光合产物向籽粒的运输与沉积。陈红卫等^[16]研究指出,3-1 式套种小麦比净作增产 1.16%,4-2 式减产 20.82%。本试验结果显示,两种套种方式的小麦产量并没有明显的差异,这可能是预留棉带宽度差异造成的,也可能是播种密度不同的原因,还有待于进一步试验验证。对于两种套种方式,在共生期 3-1 式套种方式对土壤水分更为敏感。

本试验同时表明,在较低的土壤水分条件下,小麦籽粒蛋白质含量和沉降值明显较高,这与赵广才^[12]、马新明^[9]等的结果基本一致,但对矿质元素 P 和 K 的沉淀与累积则明显低于高水分处理。对于两种不同套种方式,3-1 式小麦籽粒的蛋白质和湿面筋含量以及对 P 的累积都明显优于 4-2 式。

[参 考 文 献]

- [1] 刘桂茹,张荣生,卢建祥. 冬小麦抗旱性鉴定指标的研究[J]. 华北农学报, 1996, 11(4): 84-88.
- [2] 赵广才,何中虎,刘利华,等. 肥水调控对强筋小麦中优 9507 品质与产量协同提高的研究[J]. 中国农业科学, 2004, 37(3): 351-356.
- [3] 张喜英,由懋正,王新元. 不同时期水分调亏及不同调亏程度对冬小麦产量的影响[J]. 华北农学报, 1999, 14(2): 1-5.
- [4] 马春英,李雁鸣,任月同. 土壤水分胁迫对小麦产量的影响及节水灌溉的可行性[J]. 河北农业大学学报, 2003, 26(增): 1-4.
- [5] 刘庚山,郭安红,任三学,等. 人工控制有限供水对冬小麦根系生长及土壤水分利用的影响[J]. 生态学报, 2003, 23(11): 2342-2352.
- [6] 石岩,于振文,位东斌,等. 土壤水分胁迫对小麦根系与旗叶衰老的影响[J]. 西北植物学报, 1998, 18(2): 196-201.
- [7] 吴海卿,段爱旺,杨传福,等. 冬小麦对不同土壤水分的生理和形态响应[J]. 华北农学报, 2000, 15(1): 92-96.
- [8] 王晨阳,马冬云,朱云集,等. 小麦不同水氮运筹对面条煮制品质的影响[J]. 中国农业科学, 2004, 137(2): 256-262.
- [9] 马新明,李琳,廖祥正. 不同水分处理对小麦生育后期光合特性及子粒品质的影响[J]. 河南农业大学学报, 2004, 38(1): 13-16.
- [10] 邵俊红,廖祥政,廖先静. 灌水对强筋小麦品质及产量的影响[J]. 安徽农业科学, 2003, 31(2): 258.
- [11] 许振柱,于振文,王东,等. 灌溉条件对小麦籽粒蛋白质组分积累及品质的影响[J]. 作物学报, 2003, 29(5): 682-687.
- [12] 王月福,陈建华,曲健磊,等. 土壤水分对小麦籽粒品质和产量的影响[J]. 莱阳农学院学报, 2002, 19(1): 7-9.
- [13] 白莉平,林而达,饶敏杰. 不同试点灌溉方式对冬小麦产量和品质的影响[J]. 生态学报, 2005, 25(4): 917-922.
- [14] 王振林,贺明荣,傅金民. 源库调节对灌溉与旱地小麦花后光合产物生产和分配的影响[J]. 作物学报, 1999, 25(2): 162-168.
- [15] 郭文善. 灌浆期高温对小麦光合产物运转的影响[J]. 核农学报, 1998, 12(1): 21-27.
- [16] 陈红卫,吴国梁. 黄淮海平原麦棉套种不同模式小麦生理生态效应研究[J]. 中国农学通报, 2002, 18(4): 28-30.

Effects of the different soil moistures on physiological characteristics, yield and quality of winter wheat during the intergrowth stage under the winter wheat and cotton relay intercropping

Zhou Xinguo, Chen Jinping, Liu Anneng, Huang Zhongdong

(Farmland Irrigation Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Xinxiang 453003, China)

Abstract: The intergrowth stage is a key stage of the winter wheat and cotton relay intercropping, which is not only important for the crop growth and yield but also for the quality of winter wheat. The effects of soil moisture on the yield and quality of wheat in the intergrowth were researched with the wheat and cotton relay intercropping in pattern 3: 1(three lines winter wheat intercrop one line cotton) and pattern 4: 2(four lines winter wheat intercrop two lines cotton). The research results reveal that the soil moisture prominently impacts the daily variation kinesis of transpiration rate and the daily net photosynthetic rate of wheat leaves. The highest yield of the winter wheat is produced from the 70% soil moisture. If the soil moisture is higher than 70%, it is helpless for the accumulation and distribution of the dry matters to the seed. Also the lower soil moisture treatment promotes the protein and wet gluten content of the wheat grain. The winter wheat of pattern 3: 1 is easy to be restrained from the deficit of water.

Key words: soil moisture; intergrowth; winter wheat and cotton relay intercropping; yield and quality of wheat