

氮肥和密度对大穗型冬小麦冠层温度 日变化的调控效应

郝影宾¹,周春菊¹,王长发²,陈倩倩¹,张天娇¹,王林权³

(1.西北农林科技大学生命科学学院,陕西 杨凌 712100; 2.西北农林科技大学农学院,陕西 杨凌 712100;

3.西北农林科技大学资源环境学院,陕西 杨凌 712100)

摘要:通过大田试验,研究了氮肥和种植密度对大穗型冬小麦灌浆结实期冠层温度日变化、叶绿素相对含量(SPAD值)、产量及构成因素的影响及相关性。结果表明,增施氮肥(120~360 kg/hm²)对小麦的冠层温度有调控效应,上午8:00~10:00可增加小麦的冠层温度,下午14:00~18:00却降低小麦的冠层温度;不同氮肥量比较,N240、N360变幅较N120大,差异达显著水平。增施氮肥可减缓小麦田冠层温度的变化,而本试验设置的播种密度对冠层温度影响不大。除中午12:00外,灌浆结实各个时期的SPAD值、理论产量及其构成因素与其它观测时间点的冠层温度均呈显著或极显著的正相关或负相关,其中在16:00均达极显著水平,该观测时间测定的冠层温度在评价小麦产量上具有较高的可靠性,可作为指导田间施氮肥的一个指标应用。

关键词:氮肥;种植密度;冠层温度;日变化;产量及构成因素

中图分类号: S512.101 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2011)04-0099-06

小麦是我国重要的粮食作物,郭天财、王绍忠、庞红喜等^[1~3]研究表明,大穗型小麦品种具有穗粒重、根系活力强、光合物质生产优势明显、后期衰老缓慢和产量潜力大等显著特点,在栽培和育种上已受到越来越多的重视。氮肥和种植密度都能显著影响小麦的群体与个体性状,是小麦生产中非常重要的两大栽培措施。国内外大量研究表明,冠层温度与作物的经济产量及抗旱性和抗热性等密切相关^[4~7],并已经被应用于灌溉制度的制定^[8]。基于冠层温度的氮肥指标,Blad、Seligman、Hegde、Girma、周春菊、诸葛爱燕等^[9~14]研究发现,作物缺氮时,午后13:00~15:00的冠层温度升高,但关于氮肥对冠层温度日变化的影响目前尚少见。有关种植密度对小麦冠层温度影响的研究鲜有报道^[15]。本研究以大穗型小麦西农2718为材料,探讨不同种植密度下氮肥对小麦冠层温度日变化、SPAD值、产量及其构成因素的影响及相互关系,为利用冠层温度检测小麦氮素营养状况,预测小麦产量,指导农业生产,提高氮肥利用效率提供重要的理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

本试验继2008~2009年诸葛爱燕等^[14]试验的

基础上,于2009~2010年在西北农林科技大学西农校区农作一站同一田地继续进行,该地区为暖温带半湿润气候,属黄淮冬麦区。供试土壤为壤土,耕层(0~20 cm)土壤养分状况于2008年10月测得:土壤有机质18.8 g/kg,速效氮51.1 mg/kg,速效磷32.6 mg/kg,速效钾217.8 mg/kg,pH值为7.7。试验采用裂区设计,主处理为氮肥处理,设置4个水平,即0 kg/hm²、120 kg/hm²、240 kg/hm²、360 kg/hm²(文中分别以N0、N120、N240、N360表示)。副处理为种植密度,设3个水平:150万株/hm²、220万株/hm²和290万株/hm²(文中分别以低密度、中密度、高密度表示)。供试品种为本课题组选育的大穗型小麦品种西农2718,该品种具有穗大、粒大、冠层温度相对较低等特点,是一产量潜力大的品种。处理小区之间通过设垄(0.5 m)隔离,所有氮肥均采用基肥施入,磷肥于播前一次性基施(施入量均为100 kg/hm²)。主区面积36 m²,副区面积12 m²,重复3次,每小区8行,行长3 m,行距0.25 m。所有处理均采用随机区组排列,前作为空茬,播种前精选种子,于2009年10月13日开沟带尺点播。出苗后对缺苗严重处补种,按施肥试验要求进行田间管理,其余管理措施同一一般大田。

1.2 测定项目与方法

1.2.1 冠层温度的日变化 冠层温度的测定按农

收稿日期:2010-11-15

基金项目:国家自然科学基金(30470333);西北农林科技大学博士启动基金(01140501);西北农林科技大学基金(08080277)

作者简介:郝影宾(1983—),男,河北省定州市人,硕士研究生,主要从事作物生理方面研究。E-mail:yingbinhao_2008@126.com。

通讯作者:周春菊,山西临猗人,博士,副教授,主要从事小麦营养生理和光合生理方面的研究。E-mail:zhchjia@yahoo.com。

田小气候观测所要求的对称法进行。所用仪器为中外合资生产的 OPTRIS Minisight 非接触型红外测温仪,该仪器的分辨率为 0.1℃,测量精度为±0.2℃,响应时间 2~3 s,视场角 5℃,观测于晴天进行,时间 8:00~18:00,每两小时测量一次。观测时测温仪感应头距穗 20 cm,探棒倾角为 30℃。测点选择群体生长均匀一致且有代表性的部位,并注意避开裸土影响。往返观测值(共 12 次)的平均值作为该处理的当日观测值。测定时间为灌浆期,设定为每隔 6~7 d 测定 1 次,下雨天或阴天顺延,本试验测定日期为 2010 年 5 月 10 日(灌浆前期)、5 月 19 日(灌浆中期,因下雨推迟)和 5 月 23 日(灌浆后期),共测定 3 次。

1.2.2 SPAD 值测定 每小区选取 10 株长势和大小相近的旗叶,每片叶测定 3 个位置(叶尖、中部和根部),求平均值作为该叶的 SPAD 值。所用仪器为日本产 SPAD-502 型叶绿素计,该仪器测量精度为±1.0SPAD。测定时间为灌浆期,设定为每隔 6~7 d 测定 1 次,下雨天顺延,本试验测定日期为 2010 年 5 月 13 日、5 月 19 日、5 月 23 日和 6 月 3 日,共测定 4 次。

1.2.3 产量及构成因素 成熟期调查每小区 1.5 m² 的有效穗数并折算成公顷穗数,每小区取 30 株考种,测定千粒重、穗粒数,并计算理论产量。

1.3 数据处理

采用 SPSS17.0 软件进行数据统计分析,Origin 8.0 软件进行图表处理。

2 结果与分析

2.1 氮肥对大穗型小麦冠层温度日变化的影响

不同种植密度下氮肥对冬小麦冠层温度日变化的影响规律基本一致。表 1 为 3 种植密度的平均值,可以看出,小麦灌浆期冠层温度的日变化趋势是随着太阳辐射的不断增强逐渐升高,冠层温度最高值出现在 12:00~16:00,之后随太阳辐射的减弱而降低。氮肥对大穗型小麦冠层温度的影响,上、下午表现趋势不同。上午 8:00 和 10:00 施氮肥增加小麦的冠层温度,但不同氮肥处理的增加幅度不同,N240 和 N360 比 N120 增加幅度大,差异达显著水平,但 N240 和 N360 两种施肥处理无明显差异;施氮肥能降低小麦下午 14:00~18:00 的冠层温度,降低幅度 N120 为 0.5℃~2.7℃,N240 为 1.2℃~3.4℃,N360 为 1.0℃~4.1℃;以 14:00 和 16:00 下降幅度相对最大,即各施肥处理间冠层温度差异最大,

万方数据

N120、N240 和 N360 平均比不施肥分别降低 1.8℃、2.5℃和 3.0℃左右,差异均达显著水平;下午 18:00 不同处理间冠层温度差异幅度和上午 8:00 几乎一致,但趋势正好相反。从每两小时冠层温度的变化幅度来看,施氮肥后冠层温度变幅较小,与刘学著、张连根等^[16]报道的日出后随着太阳辐射的增加,湿润麦田冠层温度以比干旱麦田较低的速率上升的结论一致。

2.2 种植密度对大穗型小麦冠层温度日变化的影响

由表 2 可以看出,大穗型小麦灌浆结实前期不同种植密度对冠层温度影响不显著。到灌浆中期,只有在午后 14:00 和 16:00 时中密度的冠层温度较低,但各观测时间点均无明显差异;到灌浆后期,上午 10:00 中、高密度比低密度的冠层温度升高(分别升高 0.4℃和 0.3℃),下午 16:00 正好相反,比低密度分别降低 0.4℃和 0.3℃,但各观测时间点均无显著差异。

2.3 氮肥和密度对大穗型小麦旗叶 SPAD 值的影响

由图 1 可知,在不同种植密度下氮肥水平对小麦旗叶 SPAD 值的影响规律一致。随着小麦生育期的后延旗叶 SPAD 值逐渐降低,尤其在灌浆结实后期 N0、N120 水平处理的 SPAD 值下降明显。不同施氮量比较,N0 水平处理的 SPAD 值在整个灌浆结实期都最低,其它 3 种施氮量比较,灌浆前期表现为 N360 与 N240 氮肥水平处理的 SPAD 值差异不显著,但都大于 N120,中后期则表现为 N360>N240>N120。灌浆结实各个时期除 12:00 外,其它时间点的冠层温度与 SPAD 值分别呈极显著正相关或负相关(表 3)。

2.4 大穗型小麦产量及其构成因素与冠层温度的关系

由表 4 可以看出,在 3 种植密度下,大穗型小麦理论产量均随着施氮量增加而增大,氮肥处理间均达极显著水平;增施氮肥均能增加千粒重、穗粒数与公顷穗数,千粒重和穗粒数均表现为 N240>N360>N120>N0,公顷穗数随着施氮量的增加而增大,即表现为 N360>N240>N120>N0。从灌浆结实不同时期冠层温度的日变化值与产量及其构成因素的相关分析可以看出(表 3),除了中午 12:00 外,其余各观测时间均呈显著或极显著相关(个别例外),上午表现为正相关,下午为负相关,在下午 16:00 时整个灌浆结实期均达极显著负相关。

表 1 大穗型小麦灌浆结实期不同氮肥处理冠层温度日变化(℃)

Table 1 The effect of nitrogen fertilization level on daily variation of canopy temperature of heavy-ear wheat during milk filling															
日期 Date (M-d)	处理 Treatments	8:00	—N0	10:00	—N0	12:00	—N0	14:00	—N0	16:00	—N0	18:00	—N0	平均 Mean	—N0
05—10	N0	14.1±0.4c	0.0	18.2±0.3b	0.0	23.2±0.4a	0.0	24.3±0.5a	0.0	26.1±0.2a	0.0	23.3±0.3a	0.0	21.5±4.1	0.0
	N120	14.6±0.3b	0.5	18.5±0.2b	0.3	22.4±0.5b	−0.7	23.8±0.3a	−0.5	24.0±0.4b	−2.1	22.3±0.1b	−1.0	21.0±3.4	−0.5
	N240	15.3±0.2a	1.2	19.3±0.1a	1.1	22.5±0.2b	−0.6	23.0±0.4b	−1.3	23.1±0.4c	−3.1	22.1±0.2b	−1.2	20.9±2.8	−0.6
	N360	15.3±0.2a	1.2	19.3±0.1a	1.1	22.2±0.2b	−1.0	23.3±0.3b	−1.0	22.9±0.2c	−3.3	21.7±0.3c	−1.6	20.8±2.8	−0.7
05—19	N0	14.4±0.1b	0.0	18.1±0.1c	0.0	23.5±0.3b	0.0	27.3±0.4a	0.0	26.7±0.3a	0.0	24.4±0.2a	0.0	22.4±4.7	0.0
	N120	15.1±0.1b	0.7	19.0±0.2b	0.9	23.7±0.4ab	0.1	25.0±0.4b	−2.3	25.3±0.5b	−1.3	23.7±0.3b	−0.7	22.0±3.7	−0.4
	N240	15.8±0.1a	1.4	19.9±0.4a	1.9	23.6±0.4ab	0.1	23.9±0.0c	−3.4	24.3±0.3c	−2.4	23.1±0.2c	−1.3	21.8±3.0	−0.6
	N360	15.7±0.1a	1.3	19.9±0.3a	1.9	24.0±0.3a	0.4	23.2±0.1d	−4.1	24.3±0.2c	−2.4	23.1±0.2c	−1.3	21.7±3.0	−0.7
05—23	N0	16.9±0.3c	0.0	22.2±0.3c	0.0	29.3±0.2b	0.0	30.2±0.1a	0.0	30.2±0.3a	0.0	26.8±0.1a	0.0	25.9±4.9	0.0
	N120	18.0±0.2b	1.1	22.2±0.2b	0.0	29.5±0.3ab	0.2	28.1±0.1b	−2.1	27.5±0.3b	−2.7	25.8±0.2b	−1.0	25.2±3.9	−0.7
	N240	18.6±0.2a	1.7	23.0±0.2a	0.8	29.2±0.1b	−0.1	28.1±0.1b	−2.1	27.1±0.3b	−3.0	25.4±0.1bc	−1.3	25.3±3.6	−0.6
	N360	18.4±0.2a	1.5	23.4±0.3a	1.2	29.9±0.1a	0.5	26.6±0.1c	−3.7	26.6±0.2c	−3.6	25.1±0.0c	−1.6	25.0±3.6	−0.9
平均 Mean	N0	15.1±1.3	0.0	19.5±1.9	0.0	25.3±2.9	0.0	27.3±2.5	0.0	27.6±1.8	0.0	24.8±1.5	0.0	23.3±4.5	0.0
	N120	15.9±1.5	0.8	19.9±1.7	0.4	25.2±3.1	−0.1	25.6±1.8	−1.7	25.6±1.5	−2.0	23.9±1.4	−0.9	22.7±3.6	−0.6
	N240	16.6±1.5	1.5	20.7±1.7	1.3	25.1±2.9	−0.2	25.0±2.2	−2.3	24.8±1.7	−2.8	23.5±1.4	−1.3	22.6±3.1	−0.7
	N360	16.4±1.4	1.3	20.8±1.8	1.4	25.3±3.3	0.0	24.3±1.6	−2.9	24.6±1.5	−3.1	23.3±1.5	−1.5	22.5±3.0	−0.8

注:同一天同一列中不同字母表示差异达 5% 显著水平。下同。
Note: Different letters in same column on the same day represent significant difference at $P<0.05$ level. They are the same in the follows.

表 2 大穗型小麦灌浆结实期不同种植密度的冠层温度日变化(℃)

Table 2 The effect of planting density level on daily variation of canopy temperature of heavy-ear wheat during milk filling							
日期 Date (M-d)	处理 Treatments	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00
05—10	低密度 Low density	14.9±0.6a	18.8±0.4a	22.8±0.6a	23.6±0.7a	24.1±1.4a	22.2±0.6a
	中密度 Medium density	15.0±0.3a	18.8±0.6a	22.6±0.4a	23.5±0.3a	24.0±1.3a	22.4±0.5a
	高密度 High density	14.7±0.7a	18.9±0.5a	22.4±0.5a	23.8±0.7a	24.0±1.3a	22.5±0.7a
05—19	低密度 Low density	15.3±0.5a	19.2±0.8a	23.6±0.4a	25.0±1.5a	25.2±1.0a	23.5±0.6a
	中密度 Medium density	15.3±0.6a	19.3±0.8a	23.9±0.2a	24.6±1.3a	24.8±0.9a	23.7±0.6a
	高密度 High density	15.3±0.6a	19.2±0.9a	23.6±0.5a	25.0±1.8a	25.4±1.1a	23.6±0.5a
05—23	低密度 Low density	17.9±0.7a	22.5±0.4a	29.5±0.3a	28.3±1.4a	28.1±1.4a	25.9±0.7a
	中密度 Medium density	18.1±0.5a	22.9±0.4a	29.6±0.2a	28.3±1.3a	27.7±1.2a	25.7±0.6a
	高密度 High density	18.0±0.8a	22.8±0.7a	29.4±0.3a	28.2±1.3a	27.8±1.6a	25.8±0.6a
平均 Mean	低密度 Low density	16.0±1.3	20.1±1.7	25.3±3.0	25.6±2.0	25.8±1.7	23.8±1.5
	中密度 Medium density	16.1±1.4	20.3±1.9	25.3±3.0	25.4±2.1	25.5±1.6	23.9±1.4
	高密度 High density	16.0±1.4	20.3±1.7	25.1±3.1	25.6±1.9	25.7±1.5	23.9±1.4

3 讨论与结论

孙旭生、赵海波等^[17,18]研究表明,小麦旗叶的光合速率日变化为双峰曲线,峰值分别出现在10:00左右和 15:00 左右,随施氮量增加,小麦的光合特性逐渐增强,光合“午休”现象有一定程度的减缓。周春菊、诸葛爱燕等^[13,14]发现在小麦开花前后期以及

灌浆结实期,增施氮肥能显著降低小麦 14:00 左右的冠层温度。本试验研究表明氮肥的使用能显著影响小麦灌浆结实期冠层温度的日变化,但上下午表现趋势不同,上午 8:00~10:00 增施氮肥可增加小麦的冠层温度,下午 14:00~18:00 却降低小麦的冠层温度;不同氮肥量比较,N240、N360 变幅较 N120 大,差异达显著水平;下午的表现趋势与前人研究结

果一致^[13,14]。上、下午表现不同的原因可能是施用氮肥后使小麦在灌浆生育期具有了相对较强的自身调控能力,使其在外界较低的温度下,保持相对较高的生理温度,相反当外界温度大幅升高时,又能保持相对较低的生理温度,使其在一天中能够在一相对稳定的适宜的温度范围内进行生长和发育。但关于上下午冠层温度变化的进一步机制还有待深入研究。

研究表明适当增施氮肥,可促进小麦的分蘖能力和穗的发育,使单位面积穗数和穗粒数增加;也可

提高叶片叶绿素相对含量(SPAD 值)和光合效率,提高籽粒淀粉合成相关酶的活性,促进籽粒淀粉的积累,从而提高籽粒淀粉含量,进而提高粒重及小麦最终产量^[19,20]。刘克扎、孙旭生等^[21,22]认为施氮量在适量范围内,籽粒产量随施氮量的增加而增加,施氮量过大,籽粒产量随施氮量增加而降低。本试验表明在0~240 kg/hm²的范围内,千粒重和穗粒数随着施氮量的增加而增大,当施氮量为 360 kg/hm² 时,千粒重和穗粒数反而降低,增施氮量能显著增加 SPAD 值和公顷穗数。

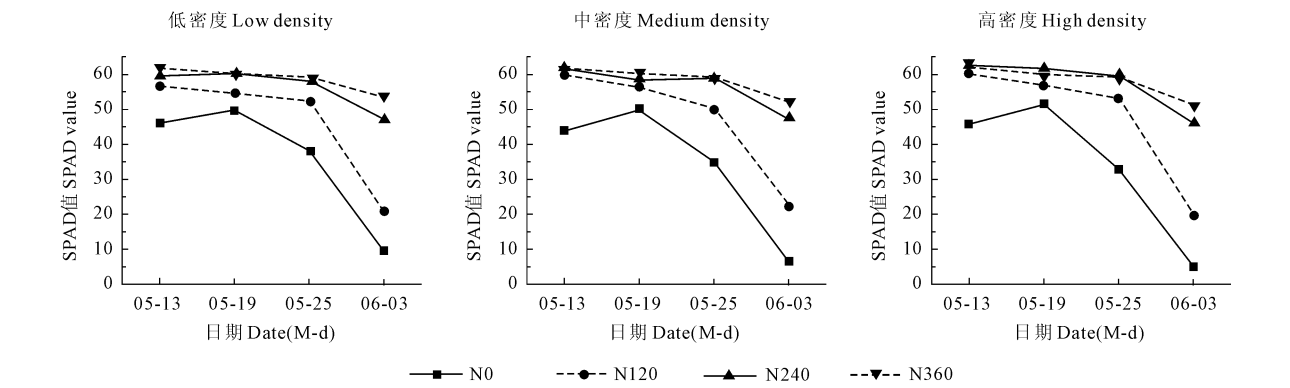


图 1 氮肥和密度对大穗型小麦旗叶 SPAD 值的影响

Fig.1 The effect of nitrogen and density on leaf SPAD value of heavy — ear winter wheat

表 3 小麦产量及其构成因素、SPAD 值与灌浆结实期冠层温度日变化的相关性 (n=12)

Table 3 The correlation between daily variation of canopy temperature and yield , yield components and SPAD value during grain filling (n=12)

生育期 Stage	时间 Time	千粒重 1000-kernel weight	穗粒数 Kernel number per spike	公顷穗数 Spike number per hectare	理论产量 Theoretical yield	SPAD
灌浆结实前期 Early grain filling	8:00	0.648 *	0.745 * *	0.684 *	0.780 * *	0.763 * *
	10:00	0.705 *	0.808 * *	0.703 *	0.832 * *	0.809 * *
	12:00	−0.637 *	−0.502	−0.676 *	−0.636 *	−0.628
	14:00	−0.660 *	−0.681 *	−0.562	−0.664 *	−0.678 *
	16:00	−0.756 * *	−0.908 * *	−0.827 * *	−0.926 * *	−0.949 * *
	18:00	−0.594 *	−0.848 *	−0.731 * *	−0.836 * *	−0.891 * *
灌浆结实中期 Middle grain filling	8:00	0.859 * *	0.927 * *	0.755 * *	0.916 * *	0.928 * *
	10:00	0.750 * *	0.869 * *	0.815 * *	0.925 * *	0.901 * *
	12:00	0.097	0.148	0.504	0.378	0.267
	14:00	−0.748 * *	−0.881 * *	−0.864 * *	−0.947 * *	−0.939 * *
	16:00	−0.748 * *	−0.889 * *	−0.829 * *	−0.925 * *	−0.900 * *
	18:00	−0.708 *	−0.886 * *	−0.675 *	−0.831 * *	−0.879 * *
灌浆结实后期 Late grain filling	8:00	0.807 * *	0.883 * *	0.812 * *	0.913 * *	0.919 * *
	10:00	0.529	0.525	0.766 * *	0.733 * *	0.620 * *
	12:00	−0.191	0.096	0.427	0.273	0.232
	14:00	−0.611 *	−0.811 * *	−0.837 * *	−0.886 * *	−0.902 * *
	16:00	−0.762 * *	−0.898 * *	−0.883 * *	−0.957 * *	−0.971 * *
	18:00	−0.761 * *	−0.867 * *	−0.876 * *	−0.940 * *	−0.939 * *

注：* 和 * * 分别表示 5% 和 1% 的显著水平。

Note：* and * * mean significant correlation at 5% and 1% probability level , respectively .

表 4 氮肥和密度对大穗型小麦理论产量及其构成因素的影响

Table 4 The effect of nitrogen and density on the theoretical yield and yield components of heavy-ear winter wheat

项目 Items	处理 Treatments	种植密度 Planting density		
		低密度 Low density	中密度 Medium density	高密度 High density
千粒重 1000-kernel weight (g)	N0	48.92±1.09c	49.85±1.28b	49.60±1.26b
	N120	50.81±1.38b	52.79±1.14a	50.72±1.34b
	N240	53.12±1.78a	53.11±1.61a	53.35±1.70a
	N360	51.00±1.24b	52.11±1.41a	51.77±1.49ab
穗粒数 Kernel number per spike (No./ear)	N0	41.50±4.17d	35.75±3.34c	31.85±6.57c
	N120	51.56±3.44c	53.46±1.19b	52.85±3.13b
	N240	57.67±1.49a	57.75±2.17a	58.13±3.19a
	N360	55.25±2.69b	54.79±3.73ab	53.92±4.38b
每公顷穗数 Spike number per hectare (10 ⁶ /hm ²)	N0	1.22±0.07c	1.77±0.06c	1.88±0.11c
	N120	1.93±0.11b	2.31±0.08b	2.62±0.10b
	N240	2.03±0.10b	2.43±0.10b	2.67±0.03b
	N360	2.51±0.22a	2.76±0.12a	2.81±0.10a
理论产量 Theoretical yield (kg/hm ²)	N0	2477.9±65.5d	3146.1±81.1d	2965.8±75.3d
	N120	5065.2±140.0c	6525.1±145.7c	7012.4±181.6c
	N240	6224.9±191.7b	7310.4±202.1b	8294.5±259.8b
	N360	7078.2±196.9a	8016.5±206.9a	7853.1±225.3a

注:数据后不同字母表示不同施肥间差异显著;小写字母表示 5% 显著水平。

Note: Different letters following figures mean significant difference among the fertilization treatments, while the small letters indicate difference at 5% level.

李向阳等^[23]研究发现,整个灌浆期间产量主要构成因素大部分与 14:00 左右的冠层温度呈负相关,与穗粒数仅在灌浆始期和中期呈微弱的正相关。本试验结果表明,大穗型小麦在灌浆结实期除 12:00 外,其它各观测时间的冠层温度与千粒重、穗粒数、公顷穗数和理论产量均呈显著或极显著的正相关或负相关(个别例外),其中在测定的灌浆三个时期 16:00 均达极显著负相关。该观测时间测定的冠层温度在评价小麦产量上具有较高的可靠性,可作为指导田间施氮肥的一个指标应用。

参 考 文 献:

[1] 郭天财,朱云集,沈天民,等.重穗型小麦品种窄行密植公顷产量超 10t 配套栽培技术探讨[J].河南农业科学,2006,(3):25—28.

[2] 王绍中,赵虹,王西成,等.小麦超高产品种筛选的研究初报[J].作物学报,1998,24(6):870—875.

[3] 庞红喜,宋哲民,杨智全.大穗小麦部分生理特性研究[J].西北植物学报,1998,18(3):411—416.

[4] 张嵩午,王长发,冯佰利,等.灾害性天气下小麦低温种质的性状表现[J].自然科学进展,2001,11(10):1068—1075.

[5] 张嵩午,王长发,冯佰利,等.冠层温度多态性小麦的性状特征[J].生态学报,2002,22(9):1414—1419.

[6] Rashid A, Stark J C, Tanveer A, et al. Use of canopy temperature measurements as a screening tool for drought tolerance in spring wheat

[J]. J Agron and Crop Sci, 1999,182(4):231—237.

[7] 刘云,字振荣,孙丹峰,等.冬小麦遥感冠层温度监测土壤含水量的试验研究[J].水科学进展,2003,15(3):352—356.

[8] 石培华,梅旭荣,冷石林,等.冠层温度与冬小麦农田生态系统水分状况的关系[J].应用生态学报,1997,8(3):332—334.

[9] Blad B L, Bauer A, Hatfield J L, et al. Influence of water and nitrogen levels on canopy temperatures of winter wheat grown in the North American Great Plains [J]. Agric Forest Meteorol, 1988, 44: 159—173.

[10] Seligman N G, Loomis R S, Burk J, et al. Nitrogen nutrition and canopy temperature in field grown spring wheat [J]. J Agric Sci, 1983, 101: 691—697.

[11] Hegde D M. Effect of irrigation and N fertilization on water relation, canopy temperature, yield, Nuptake and water use of onion [J]. Indian J Agric Sci, 1986, 56: 858—867.

[12] Gimra, Kefyalew KL, Martin RH, et al. Mid-Season prediction of wheat grain yield potential using plant, soil, and sensor measurements [J]. Journal of Plant Nutrition, 2006, 29: 873—897.

[13] 周春菊,张嵩午,王林权,等.不同施肥条件下冷、暖型小麦冠层温度的差异[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2006,34(10):45—48.

[14] 诸葛爱燕,曲正伟,周春菊,等.冬小麦冠层温度及其生物学性状对施氮量的反映[J].干旱地区农业研究,2010,28(3):148—153.

[15] 田智慧,潘晓华.氮肥运筹及密度对超高产水稻中优 752 的产量及产量构成因素的影响[J].江西农业大学学报,2007,29(6):894—898.

[16] 刘学著,张连根.不同水分胁迫条件下冬小麦冠层温度日变化差异性研究[J].北京农业大学学报,1994,20(2):229—232.

[17] 孙旭生,林 琪,刘义国,等.不同施氮量对超高产小麦灌浆期光合日变化的影响[J].华北农学报,2008,23(1):158—162.

[18] 赵海波,林 琪,刘义国,等.氮磷肥配施对超高产冬小麦灌浆期光合日变化及产量的影响[J].应用生态学报,2010,21(10):2545—2550.

[19] 蔡 剑,邹 薇,陈 和,等.施氮水平对啤酒大麦叶片光合、SPAD 和叶绿素荧光特性的影响[J].麦类作物学报,2007,27(1):97—101.

[20] 王月福,于振文,李尚霞,等.氮素营养水平对小麦开花后碳素同化、运转和产量的影响[J].麦类作物学报,2002,22(2):55—59.

[21] 刘克礼,高聚林,张永平,等.旱作春小麦籽粒形成与灌浆特性[J].麦类作物学报,2003,23(4):71—74.

[22] 孙旭生,林 琪,等.氮素对超高产小麦生育后期光合特性及产量的影响[J].植物营养与肥料学报,2008,14(5):840—844.

[23] 李向阳,朱云集,郭天财.不同小麦基因型灌浆期冠层和叶面温度与产量和品质关系的初步分析[J].麦类作物学报,2004,24(2):88—91.

Regulation effect of nitrogen and planting density on canopy temperature diurnal change of heavy-ear winter wheat

HAO Ying-bin¹, ZHOU Chur-ju¹, WANG Chang-fa², CHEN Qian-qian¹,
ZHANG Tian-jiao¹, WANG Lin-quan³

(1. College of Life Science, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;
2. College of Agronomy, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;
3. College of Resoruces and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: A field experiment was carried out to study the effect of nitrogen and planting density on canopy temperature (CT) and diurnal change of canopy temperature depression (CTD), yield, yield component elements and SPAD of heavy-ear winter wheat in the grain-filling stage. The results show that nitrogen fertilization (120~360 kg/hm²) may change CT, it increases CT during 8:00~10:00 in the morning but decreases CT during 14:00~18:00 in the afternoon. Among different fertilization rate, N240~N360 changes CT more significantly than N120. The CT has a stable tendency with the increase of nitrogen fertilizer application, but there are no significant differences among the planting densities in this field experiment. The theoretical yield, 1000-grain weight, grain number per spike and spike number have positive or negative correlation with CT, and the correlation at 16:00 is very significant. It is suggested that CT at 16:00 can be used as a parameter to estimate yield and can be used as an indicator of N fertilizer application.

Keywords: nitrogen fertilization; planting density; canopy temperature; daily variation; yield and its components