

冬小麦冠层温度及其生物学性状对施氮量的反映

诸葛爱燕,曲正伟,周春菊,何连帅,胡冰,郝影宾

(西北农林科技大学生命科学院,陕西 杨凌 712100)

摘 要:在大田试验下研究了 0 kg/hm²(N0)、120 kg/hm²(N120)、240 kg/hm²(N240)、360 kg/hm²(N360)四个氮肥处理对冷型小麦陕 229、暖型小麦 NR9405、不稳定型小麦小偃 22 三个品种拔节至成熟期间的冠层温度、产量及其构成因素、灌浆结实期蒸腾速率的影响及关系。结果表明:各个生育期 N0 冠层温度皆高于氮肥处理,随着生育期后延差异有上升趋势,在灌浆结实后期达最大。拔节期各施氮量间差异不显著;孕穗-开花期总体表现为 N240 处理冠层温度最低,N120 和 N360 差异不显著;灌浆结实前期为:N360>N120>N240,差异在 0.1~0.6℃之间,中、后期总体为 N120>N240>N360,差异在 0.1~1.5℃之间。三品种间差异也在灌浆结实后期达最大,但小麦冷暖型不随着施氮肥的增加而发生根本变化。灌浆结实各个时期蒸腾速率与冠层温度呈极显著负相关;拔节至灌浆结实期的冠层温度同理论产量皆呈极显著负相关,在灌浆结实后期相关性达最大;产量构成因素中,穗粒数、成穗数与各个时期的冠层温度均呈显著负相关,分别在拔节期和灌浆结实后期相关性达最大,千粒重与拔节期冠层温度呈极显著正相关,与孕穗期和开花期冠层温度呈显著正相关。灌浆结实中后期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:施氮量;不同温型小麦;冠层温度;产量及构成因素

中图分类号:S512.1*1 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-7601(2010)03-0148-07

氮素是植物需求量最大的矿质营养元素,其供应与小麦产量密切相关。我国是世界上小麦总产最高、消费量最大的国家,其种植面积占我国粮食作物总面积的 22% 左右,产量占粮食总产量的 20% 以上^[1]。小麦施氮量的监测诊断与动态调控是精确农业技术的重要内容和科学依据。随着红外测温技术和仪器的快速发展与开发,由于其快速、便捷、灵敏、误差较小和非破坏性等特征^[2],冠层温度已在判别作物水分状况^[3~5],抗旱、抗热等逆境基因型作物的筛选^[2,6]等方面取得了有价值的进展,在灌溉制度的制定以及品种选育方面已得到了广泛应用。关于氮肥对小麦冠层温度的影响已有少量研究,但所得结论不尽一致^[7~11]。本文以三种不同温度型小麦为材料,研究不同施氮量对冬小麦拔节以后各个生育期冠层温度与蒸腾速率、产量及构成因素的影响及其相互关系,为利用小麦冠层温度检测施氮量,预测小麦产量,指导农业生产,提高氮肥利用效率及精准农业管理体系的发展提供理论依据,具有重要的理论和实践意义。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于 2008~2009 年在西北农林科技大学西

农校区农作一站进行。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:土壤有机质 18.78 g/kg,速效氮 51.1 mg/kg,速效磷 32.56 mg/kg,速效钾 217.82 mg/kg,pH 值为 7.7。试验采用裂区设计,主处理为氮肥处理,设 4 个水平,即 N0 kg/hm²、N120 kg/hm²、N240 kg/hm²、N360 kg/hm²(文中分别以 N0、N120、N240、N360 表示);副处理为品种,选用本课题组多年来研究筛选的冠层温度持续偏低的品种陕 229(冷型小麦)、持续偏高的品种 NR9405(暖型小麦)和目前生产上大面积种植且多年来测定发现冠层温度不稳定的品种小偃 22(不稳定型小麦)共 3 个小麦品种。共计 12 个处理,每处理重复 3 次。主处理小区之间通过设垄(0.5 m)隔离,所有氮肥均采用 1/2 基肥+1/2 追肥(返青期)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,每小区 16 行,行长 3 m,行距 0.25 m,株距 0.03 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 2008 年 10 月 18 日开沟带尺点播,氮肥为尿素,磷肥为过磷酸钙,其余管理措施同一般大田。

1.2 测定项目与方法

1.2.1 冠层温度 冠层温度的测定按农田小气候

收稿日期:2009-12-25

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:诸葛爱燕(1984—),女,江苏丹阳人,硕士研究生,主要从事小麦营养生理生态研究。

* 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:zhchju@yahoo.com.cn。

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℃,观测于晴天午后(13:00~15:00)进行。观测时测温仪感应头距穗 20 cm,探棒倾角为 30℃,按农田小气候观测的对称法进行,并注意避开裸土影响,往返观测值(共 12 次)的平均值作为品种的当日观测值。测定时间:2009 年 3 月 24 日(拔节期)开始,到 5 月 25 日(成熟期)为止,每隔 1~2 d 测定 1 次,如遇下雨天,测定日顺延,共观测 19 d。

1.2.2 蒸腾速率 用美国 LI-COR 公司生产的 LI-6400 便携式光合测定系统,自 5 月 5 日(灌浆结实前期)开始,每隔 10 d 定期测定 1 次旗叶的蒸腾速率,直至 5 月 25 日(灌浆结实末期)。时间为每天 9:00~11:00,往返取样,选取有代表性的旗叶进行测定,使用仪器的红蓝光源测定,每个品种的每个处理均取样 15 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,每处理每小区取 30 株考种,测定穗粒数、千粒重、成穗数,并计算理论产量。

1.3 数据处理

在 Microsoft Excel 中进行数据整理,采用 SPSS16.0 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 氮肥处理对不同温度型小麦各个生育期冠层温度的影响

表 1~表 3 中,每个品种 NO 处理的温度为实测值,其它三个氮肥处理的温度为与 NO 处理的温度差($t_{Nn} - t_{N0}$),表中平均值 1 表示为所有测定时期的平均值,平均值 2 为同一施肥处理下三种温度型小麦的平均值。根据实测温度作差异性分析,其中数据后不同小写字母表示不同施肥间 5% 水平的差异显著。

表 1 拔节期氮肥对不同温度型小麦冠层温度的影响(℃)

Table 1 The effect of nitrogen fertilization level on canopy temperature of wheat during jointing stage

品种 Variety	处理 Treatment	测定日期(月-日) Determination date(m-d)					平均值 1 Mean one
		03-27	03-30	04-01	04-03	04-07	
陕 229 Shaan229	N0	15.1	20.0	19.1	17.4	23.0	18.9a
	N120	-0.2	-1.0	-0.9	-0.5	-2.1	-0.9b
	N240	-0.5	-1.4	-1.3	-0.4	-1.8	-1.1b
	N360	-0.5	-1.5	-1.1	-0.2	-1.6	-1.0b
小偃 22 Xiaoyan22	N0	15.3	20.1	19.6	17.6	23.1	19.5a
	N120	-0.5	-0.8	-0.9	-0.3	-1.3	-0.7b
	N240	-0.7	-0.8	-0.9	-0.5	-1.5	-0.9b
	N360	-0.8	-0.9	-0.9	-0.4	-1.1	-0.8b
NR9405	N0	15.2	21.0	20.5	18.6	24.2	20.2a
	N120	-0.3	-0.8	-0.7	-0.6	-1.8	-0.9b
	N240	-0.3	-1.0	-0.7	-0.6	-1.8	-0.8b
	N360	-0.4	-1.3	-0.7	-0.6	-1.5	-0.9b
平均值 2 Mean two	N0	15.2	20.3	19.7	17.7	23.4	19.6a
	N120	-0.3	-0.9	-0.8	-0.5	-1.7	-0.8b
	N240	-0.5	-1.0	-1.0	-0.5	-1.7	-0.9b
	N360	-0.6	-1.2	-0.9	-0.4	-1.4	-0.9b

注:数据后不同字母表示同一品种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.

2.1.1 拔节期 从表 1 可以看出,增施氮肥可降低拔节期小麦的冠层温度 0.2℃~2.1℃,平均降低 0.9℃。不同测定日期冠层温度下降幅度有差异,可能与当天的气候及温度状况有关联。三个品种比较,陕 229 降低的幅度最大(平均降低 0.9℃~

1.1℃),NR9405 次之(平均降低 0.8℃~0.9℃),小偃 22 降低幅度最小(平均降低 0.7℃~0.9℃)。三种施氮量比较,无明显规律可循且差异较小,仅在 0℃~0.5℃之间,平均 0.1℃。品种间冠层温度在不同氮肥处理下表现一致,均为 NR9405 最高,小偃

22 次之,陕 229 最低;施氮后品种间冠层温度差异较不施氮相比略有增加,不施氮处理品种间最大差异为 1.4℃,施氮后最大差异在 N240 处理下达 2℃。

2.1.2 孕穗期与开花期 孕穗期与开花期(表 2),除个别天外,N0 冠层温度比施氮肥处理高 1.0℃以上,最高相差 2.3℃,平均高出 1.2℃。三个施氮量比较,总体表现为 N240 处理冠层温度最低,平均比其它两处理低 0.3℃,最高相差 1.0℃左右,N120 和 N360 差异不显著。三品种比较,测定期内下降幅度

表现不一致,但总体为陕 229 降低的幅度最大(最大下降了 2.3℃,平均降低 1.4℃),小偃 22 次之(最大下降 1.8℃,平均降低 1.2℃),NR9405 相对最小(最大下降 2.0℃,平均降低 1.0℃),三种施氮量比较,仍以冠层温度较低的基因型陕 229 差异较大,说明陕 229 对氮肥处理表现相对较为敏感。不同温度型小麦冠层温度之间的差异仍表现为 NR9405 最高,小偃 22 次之,陕 229 最低,品种间最大差异在 N240 处理下为 2.2℃。

表 2 孕穗期与开花期氮肥对不同温度型小麦冠层温度的影响(℃)

Table 2 The effect of nitrogen fertilization level on canopy temperature of wheat during booting and flowering stage

品种 Variety	处理 Treatment	测定日期(月-日) Determination date(m-d)					平均值 1 Mean one
		04-10	04-11	04-13	04-16	04-20	
陕 229 Shaan229	N0	22.7	21.6	27.5	21.6	23.9	23.5a
	N120	-1.0	-0.4	-1.1	-1.9	-2.1	-1.3b
	N240	-1.2	-0.6	-2.1	-2.2	-2.3	-1.7c
	N360	-1.0	-0.5	-1.4	-1.8	-1.8	-1.3b
小偃 22 Xiaoyan22	N0	23.4	22.0	28.1	21.8	24.1	23.9a
	N120	-1.3	-0.2	-1.3	-1.3	-1.4	-1.1b
	N240	-1.3	-0.3	-1.5	-1.8	-1.4	-1.3b
	N360	-1.3	-0.2	-1.4	-1.3	-1.4	-1.1b
NR9405	N0	23.8	22.9	28.1	22.9	24.8	24.5a
	N120	-1.5	-0.2	-0.2	-1.7	-1.1	-0.9b
	N240	-1.2	-0.9	-0.5	-2.0	-1.1	-1.1b
	N360	-1.2	-0.2	-0.2	-1.7	-1.0	-0.9b
平均值 2 Mean two	N0	23.3	22.2	27.9	22.1	24.3	23.9a
	N120	-1.3	-0.3	-0.9	-1.6	-1.5	-1.1b
	N240	-1.2	-0.6	-1.4	-2.0	-1.6	-1.4c
	N360	-1.2	-0.3	-1.0	-1.6	-1.4	-1.1b

注:数据后不同字母表示同一品种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.

2.1.3 灌浆结实期 灌浆结实期 N0 的冠层温度依旧高于氮肥处理(表 3),除个别天外,总体上高 2.0℃以上,最大相差 3.9℃,平均高出 2.4℃。氮肥处理间比较,不同生育期表现不同,灌浆结实前期(前 3 次测定日)表现为 N360 最高,N120 其次,N240 最低,差异在 0.1℃~0.6℃之间;灌浆中、后期表现基本一致,总体为 N120 最高,N240 次之,N360 最低,差异在 0.1℃~1.5℃之间;总平均值与灌浆中后期趋势一致,N120 冠层温度最高,平均比其它两处理高 0.3℃~0.4℃,其它两处理灌浆前期 N240 低于 N360,灌浆后期却正好相反,因此总平均值 N240 与 N360 之间差异不明显。品种间仍以陕 229 对氮肥处理表现相对最为敏感,氮肥处理下冠层温

度差异最大。不同温度型小麦冠层温度之间的差异依然表现为 NR9405 最高,小偃 22 次之,陕 229 最低,灌浆结实后期品种间冠层温度差异最大达 2.5℃。

2.2 不同温度型小麦灌浆结实期蒸腾速率

随着小麦生育期的后延,灌浆结实期的蒸腾速率逐渐降低(表 4)。N0 的蒸腾速率在整个灌浆结实期都最低,其它三种施氮量比较,灌浆前期表现为 N240>N120>N360,中后期则表现为 N360>N240>N120;灌浆结实各个时期的冠层温度与蒸腾速率均呈极显著负相关(表 6),灌浆前期相关系数最大,达 -0.911**。

表 3 灌浆结实期氮肥对不同温度型小麦冠层温度的影响(℃)

Table 3 The effect of nitrogen fertilization level on canopy temperature of wheat during milk filling

品种 Variety	处理 Treatment	测定日期(月-日) Determination date(m-d)							平均值 1 Mean one
		04-26	05-02	05-05	05-15	05-18	05-20	05-25	
陕 229 Shaan229	N0	24.0	27.6	29.0	25.5	24.0	29.6	29.6	27.0a
	N120	-2.6	-2.8	-1.7	-2.0	-2.4	-2.4	-2.8	-2.4b
	N240	-3.2	-2.9	-1.8	-2.1	-3.0	-3.1	-3.4	-2.8c
	N360	-2.4	-2.6	-1.3	-2.2	-3.4	-3.9	-3.8	-2.8c
小偃 22 Xiaoyan22	N0	24.1	28.0	29.8	26.0	24.8	29.9	30.0	27.5a
	N120	-2.4	-2.6	-1.7	-1.5	-2.6	-1.8	-2.0	-2.1b
	N240	-2.5	-2.7	-1.8	-1.7	-3.0	-2.3	-2.5	-2.4c
	N360	-2.3	-2.3	-1.5	-1.8	-3.1	-2.8	-2.6	-2.3bc
NR9405	N0	24.4	28.6	30.1	26.7	25.6	31.5	31.2	28.3a
	N120	-2.1	-2.0	-1.4	-1.5	-2.9	-2.5	-2.7	-2.2b
	N240	-2.5	-2.3	-1.5	-1.7	-3.2	-3.0	-3.4	-2.5c
	N360	-2.0	-1.9	-1.1	-1.6	-3.1	-3.3	-3.6	-2.4bc
平均值 2 Mean two	N0	24.2	28.1	29.6	26.1	24.8	30.3	30.3	27.6a
	N120	-2.4	-2.5	-1.6	-1.7	-2.6	-2.2	-2.5	-2.2b
	N240	-2.7	-2.6	-1.7	-1.8	-3.1	-2.8	-3.1	-2.6c
	N360	-2.2	-2.3	-1.3	-1.9	-3.2	-3.3	-3.3	-2.5c

注:数据后不同字母表示同一品种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.

表 4 灌浆结实期三种温度型小麦的
蒸腾速率[mmol/(m²·s)]

Table 4 The transpiration rate of three different kinds
of temperature wheat during milk filling

品种 Variety	处理 Treatment	测定日期(月-日) Determination date(m-d)			平均值 1 Mean one
		05-05	05-15	05-25	
陕 229 Shaan229	N0	3.04	1.08	0.48	1.53
	N120	3.25	1.91	0.37	1.84
	N240	3.48	2.26	0.56	2.10
	N360	3.24	3.51	1.14	2.63
小偃 22 Xiaoyan22	N0	3.20	1.69	0.46	1.78
	N120	4.38	2.56	1.90	2.95
	N240	4.72	3.47	2.23	3.47
	N360	4.23	4.01	4.62	4.29
NR9405	N0	2.83	1.38	0.29	1.50
	N120	4.04	2.33	0.38	2.25
	N240	4.39	3.38	0.74	2.84
	N360	3.80	3.65	0.83	2.76
平均值 2 Mean two	N0	3.02	1.39	0.41	1.53
	N120	3.89	2.27	0.88	2.35
	N240	4.20	3.04	1.18	2.80
	N360	3.75	3.72	2.20	3.22

2.3 不同温度型小麦产量及其构成因素与冠层温度的关系

由表 5 看出,三种温度型小麦理论产量均随着施氮量增加而增大,处理间达极显著水平;各个生育期冠层温度与理论产量均达极显著负相关(表 6),拔节期,孕穗-开花期,灌浆结实前、中、后期的相关系数分别为 -0.821, -0.879, -0.883, -0.931, -0.937,说明随着生育期的推移相关性逐渐增大。

氮肥对产量构成三因素的影响方面(表 5、6),增施氮肥均能增加穗粒数与成穗数,与各测定期冠层温度均呈负相关;千粒重略有降低,与冠层温度表现出正相关关系。穗粒数与拔节期、孕穗开花期和灌浆结实期的冠层温度相关系数分别为 $r = -0.854^{**}$ 、 $r = -0.835^{**}$ 与 $r = -0.743^{**}$,穗数分别为 $r = -0.774^{**}$ 、 $r = -0.782^{**}$ 与 $r = -0.896^{**}$,灌浆后期达最大为 $r = -0.929^{**}$;千粒重与拔节期冠层温度呈极显著正相关,与孕穗开花期冠层温度呈显著正相关,相关系数分别为: $r = 0.780^{**}$ 、 $r = 0.649^{*}$,而与灌浆结实各个时期的冠层温度无显著相关性。

表 5 氮肥对不同温度型小麦理论产量及其构成因素的影响

Table 5 The effect of nitrogen fertilization level on the theoretical yield and yield components of different temperature varieties

产量因素 Yield factor	处理 Treatment	品种 Variety			
		陕 229 Shaan229	小偃 22 Xiaoyan22	NR9405	平均值 Mean
理论产量 Theoretical yield (kg/hm ²)	N0	5227.5 ± 164.23D	5475.2 ± 83.16Cc	3686.9 ± 198.81Cc	4796.5 ± 72.96D
	N120	7307.5 ± 70.86C	7035.2 ± 266.54Bb	5752.7 ± 71.68Bb	6698.5 ± 66.77C
	N240	7712.9 ± 77.47B	8167.6 ± 27.53Aa	6495.6 ± 65.01Aa	7458.7 ± 12.86B
	N360	8649.5 ± 186.58A	8361.1 ± 117.12Aa	6627.5 ± 105.53Aa	7879.4 ± 73.89A
穗粒数 Kernel number per spike (No./ear)	N0	36.9 ± 1.04Bb	41.2 ± 0.75Cc	26.0 ± 1.11Cc	34.7 ± 0.27Cd
	N120	45.4 ± 0.95Aa	41.3 ± 0.96Cc	31.2 ± 0.65Bb	39.3 ± 0.75Bc
	N240	45.7 ± 1.31Aa	44.0 ± 0.38Bb	32.8 ± 1.87ABb	40.8 ± 0.43Bb
	N360	47.1 ± 2.11Aa	47.5 ± 0.50Aa	35.4 ± 1.00Aa	43.4 ± 0.83Aa
千粒重 1000-kernel weight (g)	N0	34.4 ± 0.64a	38.2 ± 1.16Bb	45.9 ± 0.25Aa	39.5 ± 0.58Aa
	N120	33.2 ± 0.23a	40.2 ± 1.08ABb	42.9 ± 0.49Bb	38.8 ± 0.59Aab
	N240	34.7 ± 0.07a	42.5 ± 0.72Aa	41.0 ± 0.86BCc	39.4 ± 0.03Aa
	N360	33.8 ± 0.94a	39.3 ± 1.17ABb	40.2 ± 0.95Cc	37.8 ± 0.92Ab
每公顷穗数 Spike number per hectare (10 ⁶ /hm ²)	N0	4.12 ± 0.53Bb	3.53 ± 0.23Ba	3.10 ± 0.23Cc	3.58 ± 0.30Bc
	N120	4.88 ± 0.37ABa	4.34 ± 0.46Aa	4.32 ± 0.19Bb	4.51 ± 0.23Ab
	N240	4.90 ± 0.24ABa	4.33 ± 0.13Aa	4.86 ± 0.18Aa	4.70 ± 0.05Aab
	N360	5.47 ± 0.17Aa	4.49 ± 0.07Aa	4.69 ± 0.13ABa	4.89 ± 0.07Aa

注:数据后不同字母表示同一品种不同施肥间差异显著;小写与大写字母分别表示 5% 和 1% 的显著水平。

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

表 6 不同生育期小麦冠层温度与产量及其构成因素、蒸腾速率的相关性 (n = 12)

Table 6 The correlation between canopy temperature and yield, yield components and transpiration rate during different stages

生育期 Stage	理论产量 Theoretical yield	千粒重 1000-kernel weight	公顷穗数 Spike number per hectare	穗粒数 Kernel number per spike	蒸腾速率 Transpiration rate
拔节期 Jointing	-0.821**	0.780**	-0.774**	-0.854**	—
孕穗期与开花期 Booting and flowering	-0.879**	0.649*	-0.782**	-0.835**	—
灌浆结实前期 Early grain filling	-0.883**	0.373	-0.852**	-0.682*	-0.911**
灌浆结实中期 Middle grain filling	-0.931**	0.551	-0.908**	-0.761**	-0.865**
灌浆结实后期 Late grain filling	-0.937**	0.565	-0.929**	-0.777**	-0.722**

注:以不同生育期同一施肥处理下三品种的冠层温度平均值与产量及其构成因素、蒸腾速率作相关性分析,* 和 ** 分别表示 5% 和 1% 的显著水平。

Note: The correlation analysis of the canopy temperature of three varieties with yield and yield components, transpiration rates were under the conditions of the same fertilization treatments and different growth stages, while * and ** mean significant difference at 5% and 1% probability level, respectively.

3 讨 论

3.1 氮肥对小麦不同生育期冠层温度以及蒸腾速率的影响

Girma 等^[12]在冬小麦试验中发现拔节期和孕穗后期施氮后冠层温度较低。Simonetta 等^[13]发现在小麦开花前后期以及灌浆结实期,施氮量为 120 kg/hm²的小麦比施 40 kg/hm²的具有较低的冠层温度。本研究结果表明,各个生育期 N0 冠层温度都高于氮肥处理。随着生育期的后延,不施氮较氮肥处理冠层温度的差异有上升趋势,在灌浆结实期达

最大。三个施氮量比较,不同时期施氮量对冠层温度影响表现不同。这可能与小麦生长发育和成熟衰老的进程相关,拔节期是小麦一生中生长速度最快、生长量最大的时期,但此阶段小麦整体较小,冠层正在形成阶段,此时期施氮处理的土壤养分供应充足,冠层温度受大气温度和土壤温度影响较大,可能导致不同施氮处理间差异不大;N0 冠层温度较高的原因可能是增施氮肥导致大群体的获得;小麦进入生育后期,随着土壤养分的大量消耗,低氮处理(N120)表现出了脱氮现象,出现早衰,因此,冠层温度较高,而施氮量较高的处理(N240 和 N360)营养

状况良好,根系活力和叶片蒸腾旺盛,冠层温度较低。

氮肥对小麦冠层温度的影响及品种间差异都在灌浆结实中后期达最大,但小麦的冷暖型不随着施氮量增加而发生根本变化,这与周春菊等^[11]在研究不施肥、单施磷肥、单施氮肥和氮磷配施4个处理对小麦籽粒灌浆期冠层温度的影响中的结论一致。品种间以冠层温度较低的基因型陕229氮肥处理下冠层温度差异较大,说明该品种对氮肥处理表现相对较为敏感。灌浆结实期的蒸腾速率与冠层温度皆呈极显著负相关,进一步验证了冠层温度低的小麦蒸腾活力高。

3.2 氮肥对三种温度型小麦产量及其构成因素的影响

增施氮肥有利于提高小麦籽粒产量^[14],但关于氮肥在小麦灌浆进程中的作用观点不一。有研究指出,氮肥增加有利于增加穗数^[15,16],提高穗粒数,却降低了千粒重^[15-17];刘克礼等^[18]研究表明,在适宜的施氮范围内,随着施氮量的增加,籽粒干重和灌浆速率有增大的趋势,而过量施氮却呈下降趋势;马新明等^[19]认为氮肥处理对成穗数有显著影响,但对穗粒数影响不显著。本研究指出:三种温度型小麦理论产量都随着施氮量的增加而增加,增施氮肥均能增加成穗数与穗粒数,而千粒重在不施氮肥处理下为最大,增施氮肥千粒重降低。

3.3 氮肥处理下小麦冠层温度与产量及其构成因素的关系

Hegde等研究三个氮肥处理对洋葱(*Allium cepa* L.)冠层温度的影响时发现,施氮量为160 kg/hm²的高氮处理冠层温度最低,产量最高^[9]。李向阳等^[20]研究发现,整个灌浆期间小麦冠层温度与产量主要构成因素大部分呈负相关,仅与穗粒数在灌浆始期和中后期呈微弱的正相关。樊廷录等^[21]认为:随灌浆进程的推移,小麦灌浆期的冠层温度与产量的负相关性呈上升趋势,并且随着灌浆过程的推移,相关性增大,并指出冬小麦灌浆中后期冠层温度每升高1℃,产量减少近280 kg/hm²;刘建军等^[22]研究了抽穗-灌浆结实期的冠层温度与产量的相关性依次为:花后7d>花后21d>开花期>花后28d>花后14d>抽穗期,其中花后7d和21d的冠层温度与产量呈极显著相关。本研究指出:各个生育期的冠层温度同理论产量皆呈极显著负相关,在灌浆结实后期相关性达最大;产量构成因素中,穗粒数与成穗数与各个时期的冠层温度均呈显著负相关,分别在拔节期和灌浆结实后期相关性达到最大,千粒重与拔

节期冠层温度呈极显著正相关,与孕穗期和开花期冠层温度呈显著正相关。灌浆结实中后期的冠层温度在评价小麦产量及施氮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] 杨雪,乔娟.世界小麦的生产与贸易[J].生命世界,2007,(9):22—25.
- [2] 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.
- [3] Howell T A, Musick J T, Tolk J A. Canopy temperature of irrigated winter wheat[J]. Trans of the ASAE, 1986,29,1692—1698,1706.
- [4] 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.
- [5] 刘云,宇振荣,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.
- [6] Ayeneh A, Van ginkel M, Reynolds M P, et al. Comparison of leaf, spike, peduncle and canopy temperature depression in wheat under heat stress[J]. Field Crops Research, 2002,79(2~3):173—184.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] Hegde D M. Effect of irrigation and N fertilization on water relation, canopy temperature, yield, N uptake and water use of onion[J]. Indian J Agric Sci, 1986,56:858—867.
- [10] 赵春江,黄文江,王之杰,等.不同水肥处理下冬小麦冠层含水率与温度关系的研究[J].农业工程学报,2002,18(2):25—28.
- [11] 周春菊,张嵩午,王林权,等.施肥对小麦冠层温度的影响及其与生物学性状的关联[J].生态学报,2005,25(1):18—22.
- [12] Girma, Kefyalew K L, Martin R H, 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] Simonetta F, Rosella M, Francesco G. The effect of nitrogenous fertiliser application on leaf traits in durum wheat in relation to grain yield and development[J]. Field Crops Research, 2009,110,69—75.
- [14] 林琪,侯立白,韩伟.不同肥力土壤下施氮量对小麦籽粒产量和品质的影响[J].植物营养与肥料学报,2004,10(6):561—567.
- [15] 周顺利,张福锁,王典仁.高产条件下冬小麦产量性状的品种差异及氮肥效应[J].麦类作物学报,2001,21(2):67—71.
- [16] 黄严帅,张洪程,许柯,等.氮肥用量对中小麦扬麦11号产量和群体质量的影响[J].中国农学通报,2006,22(10):238—241.
- [17] Van Herwaarden A F. Carbon, nitrogen, and water dynamics in dryland wheat, with particular reference to haying-off[D]. Canberra: Australian National University, 1995.

- [18] 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.
- [19] 马新明,张娟娟,熊淑萍,等.氮肥用量对不同品质类型小麦品种籽粒灌浆特征和产量的影响[J].麦类作物学报,2005,25(6):72—77.
- [20] 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.
- [21] 樊廷录,宋尚有,徐银萍,等.旱地冬小麦灌浆期冠层温度与产量和水分利用效率的关系[J].生态学报,2007,27(11):4491—4497.
- [22] 刘建军,肖永贵,祝芳彬,等.不同基因型冬小麦冠层温度与产量性状的关系[J].麦类作物学报,2009,29(2):283—288.

Effect of nitrogen application rate on canopy temperature and its relationship with biological characteristics of winter wheat

ZHUGE Ai-yan, QU Zheng-wei, ZHOU Chun-ju*, HE Lian-shuai, HU Bing, HAO Ying-bin

(College of Life Sciences, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: A field experiment was carried out to study the effect of four nitrogen treatments (N0, N120, N240 and N360) on CT (canopy temperature), yield, yield component elements and transpiration rate of three wheat varieties (Shaan229, Xiaoyan22 and NR9405) during the period from jointing to maturity. The results showed that N0 CT were higher than the nitrogen treatment on each stage, and the difference was higher with the development of growth, at the late grain-filling stage filling up to the maximum. There were no significant differences among nitrogen treatments during jointing stage. N240 treatment performed the lowest CT during booting to flowering period, while N120 and N360 had no significant differences between each other. The CT was in the order of N360 > N120 > N240 during early grain filling stage, and the differences were 0.1℃ ~ 0.6℃. The CT was in the order of N120 > N240 > N360 during mid-late grain filling stage, and the difference were 0.1℃ ~ 1.5℃. The largest differences of CT among the three varieties were also in late grain filling stage, but the temperature type of wheat could not be changed by nitrogen fertilizations. The transpiration rate and CT had extremely significant negative correlation. The CT and the theoretical yield also had extremely significant negative correlation from jointing to maturity, and the most extremely significance was in late grain filling stage. The grain number per spike and spike number had negative correlation with CT in each stage, getting the largest in the jointing and late grain filling stage respectively. 1000-grain weight had extremely positive correlation with CT during jointing stage, and positive correlation with CT during booting and flowering stages, and the greatest relevance was in jointing stage. It is suggested that CT at mid-late grain filling stage can be used as a parameter to estimate yield and can be used as an indicator of N fertilizer application.

Keywords: rate nitrogen fertilization; different canopy temperature types of wheat; canopy temperature; yield its components