

中国百种杰出学术期刊
中国精品科技期刊
中国科协优秀期刊
中国科学院优秀科技期刊
新中国 60 年有影响力的期刊
国家期刊奖

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica

(Shengtai Xuebao)

第 31 卷 第 4 期
Vol.31 No.4
2011



中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 31 卷 第 4 期 2011 年 2 月 (半月刊)

目 次

短期增温对青藏高原高寒草甸植物群落结构和生物量的影响	李 娜,王根绪,杨 燕,等 (895)
三峡库区 9 种植物种子萌发特性及其在植被恢复中的意义	陶 敏,鲍大川,江明喜 (906)
白蜡虫及其 3 种优势寄生蜂的时空生态位	王自力,陈 勇,陈晓鸣,等 (914)
宁夏盐池荒漠草原步甲物种多样性	贺 奇,王新谱,杨贵军 (923)
脂肪酸对中华哲水蚤摄食两种海洋微藻的指示作用	刘梦坛,李超伦,孙 松 (933)
安徽菜子湖大型底栖动物的群落结构特征	徐小雨,周立志,朱文中,等 (943)
乐清湾潮间带大型底栖动物群落分布格局及其对人类活动的响应	彭 欣,谢起浪,陈少波,等 (954)
海蜇养殖对池塘底泥营养盐和大型底栖动物群落结构的影响	冯建祥,董双林,高勤峰,等 (964)
竹巴笼矮岩羊 (<i>Pseudois schaeferi</i>) 昼间行为节律和时间分配	刘国库,周材权,杨志松,等 (972)
干热河谷植物叶片,树高和种子功能性状比较	郑志兴,孙振华,张志明,等 (982)
石羊河中游沙漠化逆转过程土壤种子库的动态变化	马全林,张德魁,刘有军,等 (989)
基于 TM 影像、森林资源清查数据和人工神经网络的森林碳空间分布模拟	汪少华,张茂震,赵平安,等 (998)
山地视觉景观的 GIS 评价——以广东南昆山国家森林公园为例	裴亦书,高 峻,詹起林 (1009)
基于功能分类的城市湿地公园景观格局——以西溪湿地公园为例	李玉凤,刘红玉,郑 因,等 (1021)
水分胁迫下丛枝菌根 AM 真菌对民勤绢蒿生长与抗旱性的影响	贺学礼,高 露,赵丽莉 (1029)
农田灌溉对印度区域气候的影响模拟	毛慧琴,延晓冬,熊 喆,等 (1038)
高大气 CO ₂ 浓度下小麦旗叶光合能量利用对氮素和光强的响应	张绪成,于显枫,马一凡,等 (1046)
豌豆过氧化氢酶在烟草叶绿体中的过量表达提高了植物的抗逆性	王凤德,衣艳君,王海庆,等 (1058)
不同小麦品种对低温胁迫的反应及抗冻性评价	王树刚,王振林,王 平,等 (1064)
基于遥感与模型耦合的冬小麦生长预测	黄 彦,朱 艳,王 航,等 (1073)
喷施 ABA 对两个穗型不同小麦穗颈节伤流、穗部性状及产量的影响	崔志青,尹燕枰,田奇卓,等 (1085)
“稻鸭共生”生态系统稻季 N、P 循环	张 帆,隋 鹏,陈源泉,等 (1093)
红壤丘陵区粮食生产的生态成本	李 晓,谢永生,张应龙,等 (1101)
甘南牧区草畜平衡优化方案与管理决策	梁天刚,冯琦胜,夏文韬,等 (1111)
黄龙钙化滩流地物种-面积关系	黄宝强,罗毅波,安德军,等 (1124)
杉木人工林细根寿命的影响因素	凌 华,袁一丁,杨智杰,等 (1130)
长白落叶松林龄序列上的生物量及碳储量分配规律	巨文珍,王新杰,孙玉军 (1139)
生物肥与甲壳素和恶霉灵配施对香蕉枯萎病的防治效果	张志红,彭桂香,李华兴,等 (1149)
北京城区不同水质水体可培养细菌数量的季节动态变化	高 程,黄满荣,陶 爽,等 (1157)
专论与综述	
整树水力导度协同冠层气孔导度调节森林蒸腾	赵 平 (1164)
植物寄生对生态系统结构和功能的影响	李钧敏,董 鸣 (1174)
加拿大一枝黄花的入侵机理研究进展	杨如意,咎树婷,唐建军,等 (1185)

喷施 ABA 对两个穗型不同小麦穗颈节伤流、 穗部性状及产量的影响

崔志青, 尹燕枰, 田奇卓, 王广昌, 孟范玉, 王 平, 王振林*

(山东农业大学农学院/作物生物学国家重点实验室, 山东泰安 271018)

摘要:以冬小麦品种山农 8355 和山农 15 为试验材料,研究了不同 ABA 喷期处理条件下,小麦花后穗颈节伤流变化及其对籽粒穗部性状与产量的影响。结果表明,多穗型品种 SN15 伤流强度呈现出单峰变化,而大穗型品种 SN8355 呈现一定的双峰变化趋势,其伤流强度在后期出现一个小高峰。不论是孕穗后期喷施 ABA 处理(T1)还是花后 3d 喷施 ABA 处理(T2),一定程度上均有利于花后穗颈节伤流的增加。各粒位籽粒粒重与体积在不同生育时期表现基本相同,大体上表现为 T1 处理较对照小,而 T2 处理则较对照大,即 T2 > CK > T1。施用 ABA 可改善穗部营养状况,最高增加穗粒数 31.31%,平均提高小穗结实率 2.79%,增加穗粒重 7.90%—19.01%,并最终增加产量 4.08%—9.81%。相关分析表明,穗颈节伤流强度在大多数生育时期与穗粒重关系密切,而群体伤流强度则与产量关系相对密切。研究表明,合理施用 ABA 能够调节小麦穗颈节伤流强度,从而可以优化穗部性状发育,利于产量的提高。

关键词:小麦;伤流;ABA;籽粒

Effects of spraying ABA on bleeding intensity in neck-panicle node, spike traits and grain yields of two different panicle-type winter wheat

CUI Zhiqing, YIN Yanping, TIAN Qizhuo, WANG Guangchang, MENG Fanyu, WANG Ping, WANG Zhenlin*

Agronomy College, Shandong Agricultural University/National Key Laboratory of Crop Biology, Tai'an 271018, Shandong, China

Abstract: In order to improve grain yield of bread wheat (*Triticum aestivum* L.), the bleeding intensity of neck-panicle node and spike traits changes in wheat were investigated after spraying ABA (12mg/kg, 45 mL/m²). In this study, two currently high-yield wheat cultivars Shannong 8355 (SN8355) with the large spike and Shannong 15 (SN15) with the multiple spike were used to identify their effects on bleeding intensity in neck-panicle node, spike traits and grain yields after spraying ABA during the filling stage. ABA solution was sprayed at the late booting stage (T1) and 3 days after anthesis (T2), respectively. The results indicated that bleeding intensity in neck-panicle node was significantly greater at the early filling stage but weaker at the late filling stage. Further analysis indicated that the bleeding intensity showed a single peak at the 14th day after anthesis in the multiple spike wheat cv. SN15 but two peaks at 14th and 28th days after anthesis in the large spike wheat cv. SN8355, respectively. After spraying ABA, 5.20% and 3.93% bleeding intensities in neck-panicle node were increased for Shannong 15 and Shannong 8355 at the late booting stage, respectively, while 4.26% and 5.89% at 3rd day after anthesis. Similarly, 6.98% and 3.31% group bleeding intensities were increased for Shannong 15 and Shannong 8355 at the late booting stage, respectively, while 3.32% and 2.96% were increased at 3rd day after anthesis. The changing tendency of grain kernel weight and volume at each grain position was generally T2 > CK > T1. Grain number in different position showed more significant influence on 3rd and 4th grain position than 1st and 2nd grain position after spraying ABA, especially for increasing the ratio of the 4th position of the large spike cultivar Shannong 8355 from 2.05% to 7.18%. Spraying ABA at different stages decreased the number of sterile spikes (0.2—0.7) to some

基金项目:国家自然科学基金项目(30871477);国家重点基础研究发展计划(973)课题(2009CB118602)

收稿日期:2010-01-09; **修订日期:**2010-06-03

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zlwang@sdaa.edu.cn

extent, but increased the grain number per spike with highest increment of 31.31% and average seed setting rate by 2.79% for two cultivars surveyed. Both of them showed the tendency of $T1 > T2 > CK$. The results also indicated that grain weight increased by 7.90%—19.01% and finally grain yield increased by 4.08%—9.81% for two cultivars, and both of them showed the tendency of $T2 > T1 > CK$. Statistical analysis indicated that bleeding intensity of neck-panicle node was closely associated with grain weight during almost all growing stage and the similar relationship was also observed between group bleeding intensity and grain yield. Therefore, it is very useful for wheat improvement of grain yield to examine the significant positive correlation of group bleeding intensity and grain yield at 7th day after anthesis. This study suggested that the optimum ABA sprayed at appropriate growth stage possibly could improve bleeding intensity, optimize spike development and increase grain yield of wheat.

Key Words: wheat; bleeding; ABA; grain

籽粒形成过程中植株光合产物的生产、运转及向籽粒中的积累分配决定了小麦籽粒的最终产量^[1-2]。小麦籽粒灌浆过程中,植物激素可以影响光合产物的转运与分配,并对小麦籽粒形成及同化物积累产生重要作用^[3]。前人研究认为,植物激素对小麦籽粒发育、淀粉含量等均有重要影响,如脱落酸(ABA)能够对籽粒胚乳细胞的数目和大小产生效应^[3-5]。进一步研究表明,籽粒中因不同类型的内源激素以及各种激素含量的差异而引起对籽粒灌浆调控作用机理的不同,从而导致穗上不同粒位间籽粒发育充实的差异^[6-7]。以往,有关植物激素对小麦籽粒发育及源库关系的调节作用研究较多^[3,8-10],但是对小麦“流”的研究相对较少,特别是对小麦伤流的研究相对不足。试验表明,根系吸收、转运速率与伤流量呈正相关,随着根系伤流量的增加,产量也有所增加^[11-12]。一般认为,伤流液在一定程度上能够反映根系活力强弱,小麦根系伤流量表现为在生育前期较小,起身后逐渐增大,抽穗至灌浆初期达到最大值,以后又逐渐减少^[13-14];小麦穗颈节伤流强度随灌浆进程的推进呈现先高后低的变化趋势^[15],但研究还表明在小麦灌浆后期部分品种根系伤流强度与穗颈节伤流强度均有升高的趋势^[15]。另外,与旱地作物小麦相比,水稻穗颈节伤流花后呈现先降低后升高再降低的趋势^[16],但是也有研究认为与小麦部分品种变化相似,亦呈现先升高后降低的单峰变化趋势^[17]。小麦伤流量大小不仅和生育期有关,还和收集时间有关。有研究表明,上午根系伤流小,下午较大^[14],但是有报道认为,水稻根系伤流强度以早晨为最大^[18]。土壤含水量对根系伤流强度也有影响,一般随土壤含水量的下降而下降,但是土壤渍水,氧的供给相对不足,呼吸强度随即减弱,根系伤流量也有所下降^[13-14,19]。目前,有关小麦穗颈节伤流与其植物激素调控的研究尚少,鉴于此,本文拟从植物激素 ABA 对小麦穗颈节伤流的影响来阐述小麦穗部性状构建及籽粒发育,以期达到协调源库流的关系,为小麦高产栽培实践提供参考。

1 材料与方法

试验于 2007—2009 年在山东农业大学泰安试验农场进行。供试土壤质地为壤土,肥力中等,前茬玉米,0—20 cm 土层含有机质 13.70 g/kg、全氮 0.87 g/kg、速效氮 76.55 mg/kg、速效磷 50.53 mg/kg、速效钾 86.3 mg/kg。供试材料为多穗型品种山农 15(SN15,为多穗小粒型品种,中早熟,强筋)和大穗型品种山农 8355(SN8355,为大穗大粒型品种,中熟,中强筋),植物激素 ABA(购自美国 Sigma 化学公司)分别于小麦孕穗后期(T1,4 月 24 日)及花后 3 天(T2,5 月 5 日)进行叶面和穗部喷施,浓度为 12 mg/kg(用少许酒精溶解),以喷清水为对照(CK)。各处理(含对照)均含有 1% (体积分数) Tween80(购自美国 Sigma 化学公司)作为展开剂,以便其在叶片上的粘附。小区面积为 3m × 3m,3 次重复,随机区组排列。施氮量(纯氮)为 240 kg/hm²(总氮量的 50% 用于拔节期追施),试验田其他管理同一般高产田。

于开花期选择开花、生长一致的单茎挂牌,自开花至成熟,每隔 7d 取样 1 次并进行室内分析。伤流强度的测定采用赵全志的方法^[17]。伤流管内装脱脂棉,穗颈节伤流的收集在穗颈节处,每次 15 只伤流管为 1 组,选取生长一致,具有一定代表性的植株进行测定,收集时间统一在 18:00—08:00。群体伤流强度 = 单茎伤流强度 × 单位面积茎数。依据小穗中籽粒着生位次的不同进行粒位划分,将不同粒位籽粒对号装袋、计数,小麦

籽粒体积测定采用排水法,烘干后测定籽粒干重。成熟后取样进行室内考种。

2 结果与分析

2.1 两种穗型小麦穗颈节伤流强度的变化

伤流强度是指植株在单位时间内的伤流量大小。从花后 7d 开始,对小麦穗颈节伤流强度进行测定,结果见图 1。从图 1 可以看出,多穗型品种 SN15 小麦伤流强度随生育期推进在前期先缓慢增加,在花后 14d 达到最大值,随后降低直到成熟,而大穗型品种 SN8355 在生育期呈现一定的双峰变化趋势,在生育中期形成一个低谷。这可能与品种不同穗型特性、外在生理条件以及单茎向穗部转移同化物有关,特别是 SN8355 后期植株中营养物质向穗部大量转移形成小高峰从而使生育中期出现低谷。试验表明,从花后 7d 到成熟整个生育时期,大穗型品种 SN8355 较多穗型品种 SN15 小麦单茎总伤流量大。孕穗后期及花后 3d 喷施 ABA 与对照相比,都有利于同化物向穗部的转移。其中,孕穗后期喷施 ABA,SN15 与 SN8355 分别比对照提高 5.20%、3.93%;花后 3d 喷施,SN15 与 SN8355 分别比对照提高 4.26%、5.89%。可见,喷施 ABA 对小麦伤流液有影响,且在该试验条件下,有一定的促进作用,进一步分析可知,孕穗后期喷施 ABA 能够增加小麦在籽粒灌浆前期穗颈节伤流强度,后期降低;花后 3d 喷施 ABA 则在整个生育时期都能形成相对较大的穗颈节伤流强度。

图 2 表明,小麦群体伤流强度随生育期的动态变化趋势与小麦单茎伤流强度的变化趋势大致相同。小麦穗颈节群体伤流强度各处理在花后 7d 平均为 $940.13 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$,到花后 14d 增加为花后 7d 的 126.10%,达到最大,随后开始下降,花后 35d 仅为花后 7d 的 11.79%。群体伤流强度在籽粒形成前期及后期差异相对较小,中期差异相对较大,多穗型品种 SN15 的群体伤流强度明显大于大穗型品种 SN8355,表现出一定的群体优势,这也许是其取得高产的关键。喷施 ABA 处理可以增加群体伤流强度,孕穗后期喷施 ABA,SN15 与 SN8355 分别比对照提高 6.98%、3.31%;花后 3d 喷施,SN15 与 SN8355 分别比对照提高 3.32%、2.96%。

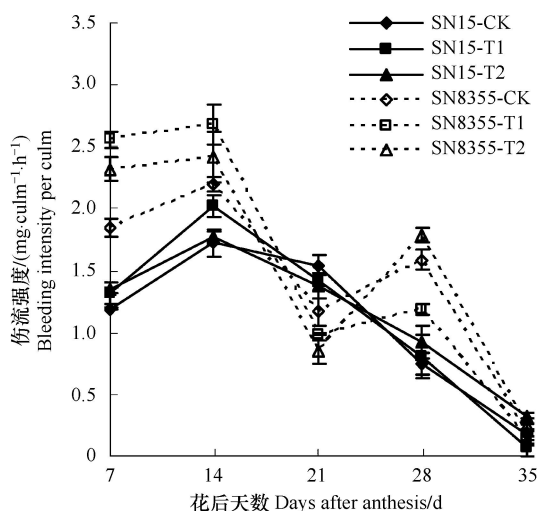


图 1 小麦穗颈节伤流强度随生育期的动态变化

Fig. 1 Dynamic changes of bleeding intensity in neck-panicle node of wheat plant at various stages

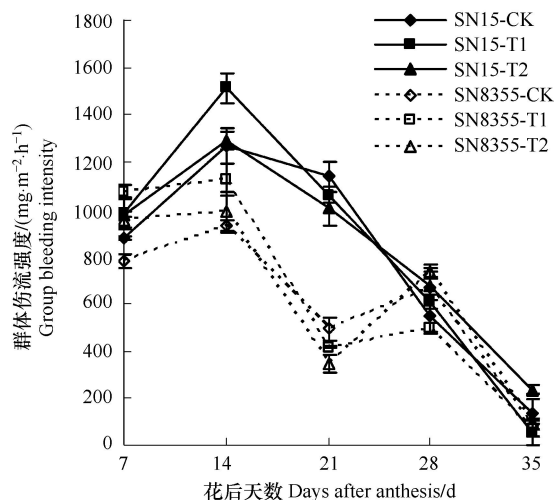


图 2 小麦穗颈节群体伤流强度随生育期的动态变化

Fig. 2 Dynamic changes of group bleeding intensity in neck-panicle node of wheat plant at various stages

2.2 ABA 对小麦穗部性状及产量的影响

2.2.1 小麦籽粒干重及体积的粒位变化

结果(表 1)表明,小麦不同粒位籽粒干重随籽粒发育呈逐渐增加的趋势,籽粒灌浆前期粒位间差异较小,后期差异相对较大。粒重表现为第 2 粒位粒重最大,其次为 1、3、4(SN15 未取到第 4 粒)粒位并逐渐减少(记为 $2^{\text{nd}} > 1^{\text{st}} > 3^{\text{rd}} > 4^{\text{th}}$)。进一步分析可知,两品种相同粒位干重处理间表现为花后喷施最大,对照次之,孕穗后期喷施最小(记为 $T2 > CK > T1$),其中,SN15 处理间差异相对较大。表明,不同生育时期喷施 ABA 对小麦

表 1 ABA 处理条件下小麦不同粒位籽粒干重及体积变化

Table 1 The grain weight, kernel volume of wheat at different grain position as affected by spraying ABA

品种 Cultivars	处理 Treatments	开花后天数 Days after anthesis							
		7d				14d			
粒位 Grain position		1 st	2 nd	3 rd	4 th	1 st	2 nd	3 rd	4 th
粒重 Grain weight/mg									
山农 15	CK	7.57b	7.26b	4.18d	—	15.09b	15.61bc	10.07b	—
SN15	T1	7.86ab	7.54ab	4.36cd	—	14.99b	15.44c	11.48b	—
	T2	7.89ab	7.87ab	4.96cd	—	15.63ab	15.87bc	11.70b	—
山农 8355	CK	7.96ab	8.19a	6.28ab	4.68a	15.06b	15.83bc	14.70a	12.08a
SN8355	T1	7.39b	7.26b	5.70b	4.39a	16.16ab	17.04b	14.70a	10.62a
	T2	8.24a	8.35a	6.63a	4.78a	17.55a	18.55a	15.90a	11.89a
体积 Volume/mL									
山农 15	CK	35.44cd	31.79b	23.89b	—	52.88bc	58.34ab	38.18b	—
SN15	T1	33.31d	28.29b	18.51b	—	50.93c	54.33b	39.08b	—
	T2	37.12c	32.98ab	20.88b	—	54.13b	54.67b	41.43b	—
山农 8355	CK	40.88ab	41.04a	30.80a	22.06a	61.81a	63.04a	56.77a	46.50a
SN8355	T1	38.26bc	40.37a	30.91a	20.83a	61.26a	65.17a	55.94a	45.01a
	T2	42.94a	40.77a	31.47a	21.69a	61.72a	65.52a	56.00a	47.56a

品种 Cultivars	处理 Treatments	开花后天数 Days after anthesis							
		21d				28d			
粒位 Grain position		1 st	2 nd	3 rd	4 th	1 st	2 nd	3 rd	4 th
粒重 Grain weight/mg									
山农 15	CK	28.57c	30.22c	24.48c	—	41.97b	44.88c	35.04cd	—
SN15	T1	29.03c	31.09c	26.05c	—	42.11b	44.61c	34.70d	—
	T2	32.17b	34.46b	26.36c	—	42.65b	46.33c	36.10c	—
山农 8355	CK	33.32ab	35.19b	31.29b	25.89ab	49.06a	53.81ab	49.20ab	36.01a
SN8355	T1	31.66b	34.20b	30.53b	23.43b	49.14a	52.69b	48.20b	35.54a
	T2	35.33a	37.70a	34.81a	27.08a	50.77a	54.80a	50.03a	37.84a
体积 Volume/mL									
山农 15	CK	62.43d	64.75d	51.53c	—	70.44c	73.77b	55.42c	—
SN15	T1	60.65d	67.14cd	51.05c	—	68.17c	74.89b	53.84c	—
	T2	65.59c	73.74bc	52.18c	—	71.62c	75.48b	56.67c	—
山农 8355	CK	78.17a	80.59ab	68.67b	57.98ab	77.13b	86.22a	78.30a	52.81b
SN8355	T1	74.13b	78.42ab	68.33b	56.48b	79.81ab	85.92a	75.19b	53.95b
	T2	78.50a	83.24a	75.13a	62.50a	82.03a	86.95a	77.04ab	59.50a

品种 Cultivars	处理 Treatments	开花后天数 Days after anthesis			
		35d			
粒位 Grain position		1 st	2 nd	3 rd	4 th
粒重 Grain weight/mg					
山农 15	CK	45.85bc	48.90bc	37.35d	—
SN15	T1	43.86c	46.72c	36.58d	—
	T2	49.12ab	51.02b	40.08c	—
山农 8355	CK	51.25a	55.91a	49.79ab	40.67ab
SN8355	T1	50.78a	55.61a	48.93b	38.77b
	T2	51.89a	57.63a	51.40a	41.65a
体积 Volume/mL					
山农 15	CK	61.03a	62.62b	47.22b	—
SN15	T1	55.50a	58.56c	44.75b	—
	T2	59.65ab	62.11b	46.15b	—
山农 8355	CK	60.13ab	64.73ab	57.11a	46.00a
SN8355	T1	60.33ab	64.00ab	55.00a	42.00a
	T2	61.50a	65.50a	57.33a	43.22a

同栏数字后标以不同小写字母者,表示差异达到 0.05 显著水平,“—”表示未取到

不同粒位籽粒干重影响相同,但 ABA 效果不同,孕穗后期喷施抑制,而花后喷施则促进。

随生育进程的发展,小麦单粒体积呈现先缓慢增加,而后略有减少的单峰变化趋势。从品种看,大穗型品种 SN8355 在籽粒发育的各生育时期较多穗型品种 SN15 的单粒体积大,品种间差异相对明显,各粒位均在花后 28d 达到籽粒最大体积(SN8355 第四粒在花后 21d 即达到最大),随着粒位增高,处理间差异相对增加;从粒位看,总体上表现为 2>1>3>4 的变化规律,个别生育时期表现不相一致;从 ABA 处理看,总体上表现出 T2>CK>T1 的变化规律,其中 SN8355 表现较明显,部分处理间表现不相一致。综上可知,在 ABA 处理下,不同粒位籽粒干重与其体积变化规律基本一致。

2.2.2 小麦小穗粒位粒数的比例分布

小麦粒位粒数比例分布如表 2 所示,从表中可以看出品种间差异较明显。其中,多穗型品种山农 15 未取到第 4 粒位,施用 ABA 对其粒位分布影响相对较小;而大穗型品种 SN 8355 在施用 ABA 后,第 4 粒位的籽粒增加幅度较大,其中孕穗后期与对照还达到了显著水平,而其前 3 粒位间无差异。对两品种进一步分析后认为,ABA 对第 1、2 粒位的结实特性影响较小,而对第 3、4 粒位影响相对较大,特别是对 SN8355 的第 4 粒位有较大影响,增幅在 2.05%—7.18% 之间。这可能是由于在施用 ABA 后,提高了生育前期穗颈节伤流量强度,增加了穗部营养的供给,促进了弱势粒的发育,另外,可能还与上位小花对 ABA 反应比较敏感有关。

表 2 喷施 ABA 对小麦小穗粒位粒数比例分布的影响

Table 2 Effects of spraying ABA on the grain number in different position at the middle spike/%

处理 Treatment	第 1 粒百分比 R 1 st	第 2 粒百分比 R 2 nd	第 3 粒百分比 R 3 rd	第 4 粒百分比 R 4 th
SN15-CK	36.32a	36.06a	27.62b	—
SN15-T1	36.28a	36.02a	27.71b	—
SN15-T2	37.54a	37.43a	25.03c	—
SN8355-CK	30.93b	30.93b	30.43a	7.71b
SN8355-T1	28.37c	28.37c	28.37ab	14.89a
SN8355-T2	30.08b	30.08bc	30.08ab	9.76b

R 1st: The ration of 1st; R 2nd:The ration of 2nd; R3rd:The ration of 3rd; R 4th:The ration of 4th; 同栏数字后标以不同小写字母者,表示差异达到 0.05 显著水平,“—”表示未取到

2.2.3 ABA 对小麦产量构成因素的影响

从表 3 可见,两品种在 ABA 处理下,可增加结实小穗数 2.0 个左右,在一定程度上减少不孕小穗数 0.2—0.7 个(SN15 花后喷施除外),平均提高小穗结实率 2.79%,增加两品种的穗粒数。其中,孕穗后期喷施两品种穗粒数增加较多(SN8355 最高可达 31.31%),表现出 T1>T2>CK 的变化规律,两品种穗粒重较对照增加 7.90%—19.01% 之间,实际产量也较对照有所提高,增幅 4.08%—9.81%,两者均表现出 T2>T1>CK 的变化规律。可见,小麦产量及其构成因素与施用 ABA 有较大关系,施用 ABA 有望提高小麦的产量潜力。

表 3 ABA 对两品种籽粒产量构成因素的影响

Table 3 Effects of spraying ABA on grain yield and its components of two wheat cultivars

处理 Treatment	结实小穗数 FS/个	不孕小穗数 SS/个	结实率 SSR/%	每公顷穗数 ×10 ⁵ S/个	穗粒数 GPS/个	穗粒重 SGW/g	产量 GY/(g/m ²)
SN15-CK	13.5c	1.9b	87.92a	73.58a	26.08d	1.13e	819.45c
SN15-T1	15.5ab	1.7b	89.98a	74.83a	34.25bc	1.31d	852.85b
SN15-T2	15.2abc	2.0b	88.32a	72.92a	30.67c	1.34d	879.75a
SN8355-CK	14.4bc	3.4a	80.58b	42.17b	36.83b	1.94c	791.25d
SN8355-T1	16.6a	2.7ab	85.71ab	41.92b	44.58a	2.10b	855.70b
SN8355-T2	16.6a	3.1a	84.14ab	41.00b	41.08a	2.18a	868.90ab

FS: No. of fertile spikelets; SS: No. of sterile spikelets; TS: Total number of spikelets. SSR: Seed setting rate, S: No. of spikes per hectare, GPS: grains per spike; SGW: Spike grain weight, GY: Grain yield

2.3 伤流与小麦穗粒重及产量的相关分析

相关分析表明(表4),穗颈节伤流强度与穗粒重在籽粒发育的多个生育时期相关性均达到了显著水平,而与产量间并未达到显著水平。群体伤流强度则与产量在花后7d相关系数为0.8151,达到显著水平,而与穗粒重间相关性较小或形成无意义的负相关,这可能与两品种的穗型特性及穗颈节伤流强度变化有关。据此认为,穗颈节伤流强度反映了单个穗部营养物质的供应情况,而群体伤流强度能较好的反应整体供应状况,在一定程度上能够反应小麦整体产量的高低。综上所述,伤流与产量及其构成因素间存在密切的相关关系。

表4 小麦伤流强度与穗粒重及产量的相关分析

Table 4 Correlations between bleeding intensity and grain yields of wheat

项目 Items	花后天数 Days after anthesis/d									
	7		14		21		28		35	
	穗粒重 Spike grain weight	产量 Grain yield	穗粒重 Spike grain weight	产量 Grain yield	穗粒重 Spike grain weight	产量 Grain yield	穗粒重 Spike grain weight	产量 Grain yield	穗粒重 Spike grain weight	产量 Grain yield
穗颈节伤流强度 Bleeding intensity in neck-panicle node	0.9537 **	0.1452	0.9102 *	0.0956	-0.9731 **	-0.2208	0.8904 *	-0.1149	0.0992	0.3347
群体伤流强度 Group bleeding intensity in neck-panicle node	0.0971	0.8153 *	-0.7971	0.3301	-0.9975 **	0.0207	0.2276	0.1214	-0.4153	0.3759

表中“*”与“**”分别表示在5%与1%水平上差异显著

3 讨论

3.1 ABA 对伤流强度的影响

以往人们对水稻的伤流研究较多,且大多集中在基部节间伤流,而对旱生作物小麦穗颈节伤流的研究较少^[17]。本研究认为,两品种小麦穗颈节伤流强度随生育期进程整体呈现先升高后降低的变化趋势,但两者略有不同,其中多穗型品种SN15具有明显的单峰性质,而大穗型品种SN8355则表现出一定的双峰性质。穗颈节伤流强度先升高后降低的变化趋势可能与小麦籽粒灌浆前期强后期弱有关,而SN8355后期小高峰的形成,则可能与植株茎秆及叶片贮藏较多营养物质,从而导致转运量明显增加有关。可见,小麦穗颈节伤流强度并不仅仅反映根系供给能力的大小,可能与叶片、茎鞘等源物质活性有关,还可能受籽粒库容大小的调节。前人从品种、施肥、水分等环境条件下探讨了对小麦基部伤流的调节作用^[13,17,20],但是有关植物激素调节的报道不多,特别是穗颈节伤流的研究很少。本试验条件下,结果表明,不同时期使用ABA后在一定程度上均能起到促进作用,可见,ABA能够调节小麦穗颈节伤流强度进而影响籽粒发育,这很可能与ABA打破原有激素平衡,使植株内在生理条件发生变化,从而达到调节伤流的目的。

目前,人们相对较多的研究了单茎或单株伤流强度,对单位面积上伤流量的大小关注较少。研究表明,大穗型品种SN8355较多穗型品种SN15单茎伤流强度大,但是在一定的生育期内,多穗型品种SN15的群体伤流强度较大穗型品种SN8355大,且差异明显。进一步相关分析表明,群体伤流强度在籽粒灌浆期与产量呈正相关关系(相关系数较单茎伤流强度大),并在花后7d达到显著水平。单茎或单株伤流强度能较好的反映个体穗部营养物质的供应状况,而单位面积上的伤流强度或许更能体现对小麦产量的贡献,可能更具有实际意义。说明只要调控合理,提高多穗型籽粒内同化物的运转,就有进一步提高产量的希望。有鉴于此,对群体伤流强度的研究有待进一步加强。目前,有关伤流强度、伤流势等量的研究较多^[14,22],但是对于伤流液中激素含量、糖、氨基酸等内含物的研究相对较少,故有关小麦伤流液质的研究亟待开展。

3.2 ABA 对穗部性状及产量的影响

前人研究表明,ABA对小花发育的调控可能主要是抑制上位小花的进一步发育,以达到调控可育小花数的作用,相对较高水平的ABA不利于小花的发育及穗粒数的形成,相对较低水平的ABA则能够促进小花发育,形成较多的穗粒数^[22-23]。ABA的作用是抑制还是促进,取决于施用的时期及浓度,另外可能还与当时植

株本身及当时所处的环境有关,如植株当时本身的含水率、喷施的时间、用量等内在及外在环境因素。研究还表明,ABA 可以调节一些水解酶的活性,促进淀粉合成酶的活性,提高物质转运率,从而有利于淀粉的合成与累积^[9]。本研究表明,不同生育时期喷施 ABA 对小麦不同粒位籽粒干重与体积影响相同,但 ABA 效果不同,孕穗后期喷施表现为抑制,而花后 3d 喷施则表现为促进。对小麦粒位粒数进一步分析后认为,在施用 ABA 处理下,对小麦第 1、2 粒籽粒影响不大,对第 3 粒有一定的影响,对 SN8355 第 4 粒位籽粒影响相对较大。这可能除了与 ABA 作用下小麦穗颈节伤流增加,改善穗部营养供给外,还可能与上位小花对 ABA 含量反应比较敏感密切相关以及 ABA 对营养物质的再分配有关。另外,本试验条件下施用 ABA 可增加结实小穗数,提高小穗结实率,增加两品种的穗粒数,特别是孕穗后期喷施,表现较明显。这可能与 ABA 处理条件下,穗颈节伤流强度前期较大,促进了小花的发育,还可能与 ABA 调节了部分酶活性,提高了物质转运率,影响了对光合产物的再分配,从而使穗粒数有所增加。进一步分析产量及其构成因素的变化,结果表明,施用 ABA 可能改变了植株的内在生理环境,从而达到改善源库流三者之间的关系。可见,要想获得高产,可以通过施用激素调节穗颈节伤流强度来达到提高产量的目的。

4 结论

穗颈节是小麦植株连接源库之间的重要通道,穗颈节伤流强度可能与小麦根源、叶源、鞘(茎)源以及籽粒库容等有关。进行穗颈节伤流强度与多源一库的相关研究,有利于揭示禾谷类作物内在生理联系,并进一步探明禾谷类作物的产量形成机制,从而为禾谷类作物的高产稳产及育种工作提供理论依据。本试验条件下,施用 ABA 能提高小麦穗颈节伤流强度,促进营养物质的运转,改善穗部营养状况,从而影响籽粒发育,并最终实现产量的增加。进一步相关分析表明,小麦伤流与籽粒产量间关系密切。可见,虽然不同时期使用 ABA 效果不同,但都有使小麦产量进一步提高的潜力。目前,该方面研究相对较少,有待进一步深入研究。

References:

- [1] Zhao H, Dai T B, Jiang D, Jin Q, Cao W X. Effects of drought and water logging on flag leaf post-anthesis photosynthetic characteristics and assimilates translocation in winter wheat under high temperature. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2007, 18(2):333-338.
- [2] Flowers M, Weisz R H, Einiger R, Osmond D, Crozier C. In-season optimization and site-specific nitrogen management for soft red winter wheat. *Agronomy Journal*, 2004, 96: 124-134.
- [3] Zhang L E, Zhang P. Adjustment of plant growth regulators in source-sink relationship during grain filling of winter wheat. *Acta Agriculturae Nucleatae Sinica*, 2005, 19(3):228-231.
- [4] Shi R Q, Xie H L, Li P K, Zhang H Q. Effects of spraying exterior substance after florescence on wheat hormone contents and Source-Sink Modulation. *Journal of Henan Agricultural University*, 2006, 4(2): 122-126.
- [5] Fan G Q, Yang W Y, Shao Q Q, Ren W J, Liu F. Change of wheat starch content and endogenous hormone during seed developing and their relationship. *Journal of Triticeae Crops*, 2007, 27(2):327-330.
- [6] Ma Z B, He J G, Wang X C, Ma X M. Effects of nitrogen forms on endogenous hormones content in grains of two wheat cultivars. *Scientia Agricultura Sinica*, 2008, 41(1):63-69.
- [7] Li C Y, Feng C N, Zhang R, Zhang Y, Zhang Y, Guo W S, Zhu X K, Peng Y X. Relationship of grain starch synthesis with changes of endogenous hormone and sucrose content after anthesis in wheat variety ningmai 9. *Journal of Triticeae Crops*, 2007, 27(1):138-142.
- [8] Dai X Q, Li C D, Zhang F L, Xiao K. Advance on regulation and control of plant hormones in wheat spike and floret development. *Journal of Agricultural University of Hebei*, 2002, 25(5):32-34.
- [9] Yang J C, Wang Z Q, Zhu Q S, Su B L. Regulation of ABA and GA to the grain filling of rice. *Acta Agronomy Sinica*, 1999, 25(3):341-348.
- [10] Kato T, Sakurai N, Kuraishi S. The changes of endogenous ABA in developing grain of two rice cultivars with different grain size. *Japanese Journal of Crop Science*, 1993, 62: 456-460.
- [11] Zhou Z Q, Zhu X T. Study on the dynamics of absorption 32-phosphorus in healing and grain filling stages and relationship between dynamics of absorption 32P and cuffiny flows quantity of wheat root System. *Seed*, 1997, 5:18-20.
- [12] Lei Z S, Lin Z Y, Yang H M, Chen Q G. Studies on the yield structures and associated physiological basis of high-yielding winter wheat cultivars in huang-huai wheat region. *Acta Agriculturae Boreali-Sinica*, 1996, 11(1):70-75.
- [13] Wang C Y, Ma Y X. Ecological and physiological effects on root systems of wheat under different soil water conditions. *Acta Agriculturae Boreali-*

Sinica, 1992,7(4):1-8.

- [14] Li L H, Li S Q, Zhai J H, Shi J T. Review of the relation ship between wheat roots and water stress. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2001,21(1): 1-7.
- [15] Lu Q, Xiong Y, Ma C, Chen M C, Fu G Z, Li Y J. Studies on differences and physiological basis of yield formation between color wheat and general wheat. *Crops*, 2008,1:41-43.
- [16] Dong J S, Yin H Q, Zhao Q Z. The comparison and research of the bleeding strength in the paddy rice of different panicle-type. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2006,22(6):218-220.
- [17] Zhao Q Z, Gao E M, Huang P S, Ling Q H. The comparison and nitrogen nutrition regulations of bleeding in neck-panicle node and basal internode of rice. *Acta Agronomy Sinica*, 2001,27(1):103-109.
- [18] Zhao Q Z, Gao E M, Huang P S, Ling Q H. Relation between bleeding potential in neck of spike and source-sink quality of rice. *Scientia Agricultura Sinica*, 1999, 32 (6): 104-106.
- [19] Li X L, Luo B S. Effect of brassinosteroids on the waterlogging resistance of wheat at booting stage. *Journal of Triticeae Crops*, 2000, 20 (1):63-66.
- [20] Shen B, Wang X. Changes of root exudate of indica japonica hybrid rice and its relation to leaf physiological traits. *Chinese Journal of Rice Science*, 2000,14(2):122-124.
- [21] Zhao Q Z, Lu D B, Cheng X Y, Chen J Y, Liang J J. The heterosis of canopy photosynthetic rate and bleeding intensity of hybrid wheat. *Scientia Agricultura Sinica*, 2002,35 (8):925-928.
- [22] Wei Y M, Zheng Y L. The regulation of phytohormone in determination of fertile floret number in wheat. *Journal of Sichuan Agricultural University*, 1998,16 (3):290-293.
- [23] Sheng J. Studies on relationship of endogenous hormones to grain development and filling in wheat. Yangzhou: Yangzhou University, 2001:30-32.

参考文献:

- [1] 赵辉, 戴廷波, 姜东, 荆奇, 曹卫星. 高温下干旱和渍水对冬小麦花后旗叶光合特性和物质转运的影响. *应用生态学报*, 2007,18(2): 333-338.
- [3] 张玲娥, 张萍. 植物生长调节剂对冬小麦籽粒灌浆期源库关系的调控. *核农学报*, 2005,19(3):228-231.
- [4] 史瑞青, 谢惠玲, 李鹏坤, 张慧琴. 花后喷施外源物质对小麦激素含量及源库的调节效应. *河南农业大学学报*, 2006,4(2):122-126.
- [5] 樊高琼, 杨文钰, 邵庆勤, 任万君, 刘帆. 小麦籽粒发育过程中淀粉和激素含量的变化及其关系. *麦类作物学报*, 2007,27(2):327-330.
- [6] 马宗斌, 何建国, 王小纯, 马新明. 氮素形态对两个小麦品种籽粒内源激素含量的影响. *中国农业科学*, 2008,41(1):63-69.
- [7] 李春燕, 封超年, 张容, 张影, 郭文善, 朱新开, 彭永欣. 宁麦9号花后内源激素和蔗糖含量变化及其与籽粒淀粉合成的关系. *麦类作物学报*, 2007,27(1):138-142.
- [8] 戴晓琴, 李存东, 张凤路, 肖凯. 植物激素对小麦穗粒发育调控机制的研究进展. *河北农业大学学报*, 2002,25(5):32-34.
- [9] 杨建昌, 王志琴, 朱庆森, 苏宝林. ABA 与 GA 对水稻籽粒灌浆的调控. *作物学报*, 1999,25(3):341-348.
- [11] 周竹青, 朱旭彤. 冬小麦新品种系抽穗期、灌浆期吸收³²P 动态及与伤流量关系的研究. *种子*, 1997,5:18-20.
- [12] 雷振生, 林作楫, 杨会民, 陈钦高. 黄淮麦区高产小麦品种的产量结构及其生理基础的研究. *华北农学报*, 1996,11(1):70-75.
- [13] 王晨阳, 马元喜. 不同土壤水分条件下小麦根系生态生理效应的研究. *华北农学报*, 1992,7(4):1-8.
- [14] 李鲁华, 李世清, 翟军海, 史俊通. 小麦根系与土壤水分胁迫关系的研究进展. *西北植物学报*, 2001,21(1): 1-7.
- [15] 吕强, 熊瑛, 马超, 陈明灿, 付国占, 李友军. 彩色小麦与普通小麦产量形成差异及其生理基础研究. *作物杂志*, 2008,1:41-43.
- [16] 董家胜, 尹海庆, 赵全志. 不同穗型水稻伤流强度的比较研究. *中国农学通报*, 2006,22(6):218-220.
- [17] 赵全志, 高尔明, 黄丕生, 凌启鸿. 水稻穗颈节与基部节间伤流的比较及其氮素调控研究. *作物学报*, 2001,27(1):103-109.
- [18] 赵全志, 高尔明, 黄丕生, 凌启鸿. 水稻穗颈节伤流势与源库质量的关系研究. *中国农业科学*, 1999,32(6): 104-106.
- [19] 李晓玲, 骆炳山. 油菜素甾醇类物质对小麦孕穗期抗渍性的影响. *麦类作物学报*, 2000, 20 (1):63-66.
- [20] 沈波, 王熹. 籼粳亚种间杂交稻根系伤流强度的变化规律及其与叶片生理状况的相互关系. *中国水稻科学*, 2000,14(2):122-124.
- [21] 赵全志, 吕德彬, 程西永, 陈军营, 梁静静. 杂种小麦群体光合速率及伤流强度优势研究. *中国农业科学*, 2002,35(8):925-928.
- [22] 魏育明, 郑有良. 内源激素对小麦可育小花数的调控. *四川农业大学学报*, 1998,16(3):290-293.
- [23] 盛婧. 小麦内源激素与籽粒发育和充实关系的研究. 扬州:扬州大学, 2001:30-32.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 4 February, 2011 (Semimonthly)

CONTENTS

Short-term effects of temperature enhancement on community structure and biomass of alpine meadow in the Qinghai-Tibet Plateau	LI Na, WANG Genxu, YANG Yan, et al (895)
Effects of submergence on seed germination of nine annual plant species in the Three Gorges Reservoir region and their implication to vegetation restoration	TAO Min, BAO Dachuan, JIANG Mingxi (906)
Temporal-spatial niches of Chinese White Wax Scale insect (<i>Ericerus pela</i>) and its three dominant parasitoid wasps	WANG Zili, CHEN Yong, CHEN Xiaoming, et al (914)
Species diversity of carabid beetles in desert-steppe in Yanchi of Ningxia, China	HE Qi, WANG Xinpu, YANG Guijun (923)
Identification of trophic relationships between marine algae and the copepod <i>Calanus sinicus</i> in a fatty acid approach	LIU Mengtan, LI Chaolun, SUN Song (933)
Community structure of macrozoobenthos in Caizi Lake, China	XU Xiaoyu, ZHOU Lizhi, ZHU Wenzhong, et al (943)
The community distribution pattern of intertidal macrozoobenthos and the responses to human activities in Yueqing Bay	PENG Xin, XIE Qilang, CHEN Shaobo, et al (954)
The effects of jellyfish (<i>Rhopilema esculentum</i> Kishinouye) farming on the sediment nutrients and macrobenthic community	FENG Jianxiang, DONG Shuanglin, GAO Qinfeng, et al (964)
Diurnal activity rhythm and time budgets of the Dwarf Blue Sheep (<i>Pseudois schaeferi</i>) in Zhubalong Nature Reserve	LIU Guoku, ZHOU Caiquan, YANG Zhisong, et al (972)
Comparison of leaf, height and seed functional traits of species in dry-hot valleys	ZHENG Zhixing, SUN Zhenhua, ZHANG Zhiming, et al (982)
Dynamics of soil seed banks in the reversion process of desertification in the middle reaches of the Shiyang River	MA Quanlin, ZHANG Dekui, LIU Youjun, et al (989)
Modelling the spatial distribution of forest carbon stocks with artificial neural network based on TM images and forest inventory data	WANG Shaohua, ZHANG Maozhen, ZHAO Pingan, et al (998)
The GIS-based visual landscape evaluation in mountain area: a case study of Mount Nan-kun National Forest Park, Guangdong Province	QIU Yishu, GAO Jun, ZHAN Qilin (1009)
A functional classification method for examining landscape pattern of urban wetland park: a case study on Xixi Wetland Park, China	LI Yufeng, LIU Hongyu, ZHENG Nan, et al (1021)
Effects of AM fungi on the growth and drought resistance of <i>Seriphidium minchinense</i> under water stress	HE Xueli, GAO Lu, ZHAO Lili (1029)
Modeled impact of irrigation on regional climate in India	MAO Huiqin, YAN Xiaodong, XIONG Zhe, et al (1038)
The responses of photosynthetic energy use in wheat flag leaves to nitrogen application rates and light density under elevated atmospheric CO ₂ concentration	ZHANG Xucheng, YU Xianfeng, MA Yifan, et al (1046)
Enhanced drought and photooxidation tolerance of transgenic tobacco plants overexpressing pea catalase in chloroplasts	WANG Fengde, YI Yanjun, WANG Haiqing, et al (1058)
Evaluation of wheat freezing resistance based on the responses of the physiological indices to low temperature stress	WANG Shugang, WANG Zhenlin, WANG Ping, et al (1064)
Predicting winter wheat growth based on integrating remote sensing and crop growth modeling techniques	HUANG Yan, ZHU Yan, WANG Hang, et al (1073)
Effects of spraying ABA on bleeding intensity in neck-panicle node, spike traits and grain yields of two different panicle-type winter wheat	CUI Zhiqing, YIN Yanping, TIAN Qizhuo, et al (1085)
Nitrogen and phosphorus cycling from rice-duck mutual ecosystem during late rice growth season	ZHANG Fan, SUI Peng, CHEN Yuanquan, et al (1093)
Initial exploration of the ecological costs of food production in the hilly red soil region of Southern China	LI Xiao, XIE Yongsheng, ZHANG Yinglong, et al (1101)
Optimization strategy and management decision-making in balancing forage and livestock in Gannan pastoral area	LIANG Tiangang, FENG Qisheng, XIA Wentao, et al (1111)
Species-area relationship in travertine area in Huanglong valley, Sichuan	HUANG Baoqiang, LUO Yibo, AN Dejun, et al (1124)
Influencing factors of fine root lifespans in two Chinese fir plantations in subtropical China	LING Hua, YUAN Yiding, YANG Zhijie, et al (1130)
Age structure effects on stand biomass and carbon storage distribution of <i>Larix olgensis</i> plantation	JU Wenzhen, WANG Xinjie, WANG Xinjie (1139)
Effects on controlling banana Fusarium wilt by bio-fertilizer, chitosan, hymexazol and their combinations	ZHANG Zhihong, PENG Guixiang, LI Huaxing, et al (1149)
Seasonal dynamics of culturable bacterium numbers in freshwater bodies of different water quality in Beijing	GAO Cheng, HUANG Manrong, TAO Shuang, et al (1157)
Review and Monograph	
On the coordinated regulation of forest transpiration by hydraulic conductance and canopy stomatal conductance	ZHAO Ping (1164)
Impacts of plant parasitism on structure and function of ecosystems	LI Junmin, DONG Ming (1174)
Invasion mechanisms of <i>Solidago canadensis</i> L.: a review	YANG Ruyi, ZAN Shuting, TANG Jianjun, et al (1185)

2009 年度生物学科总被引频次和影响力因子前 10 名期刊*

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响力因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响力因子 1.812,全国排名第 14;第 1—9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

编辑部主任: 孔红梅

执行编辑: 刘天星 段 靖

生态学报
(SHENGTAI XUEBAO)
(半月刊 1981 年 3 月创刊)
第 31 卷 第 4 期 (2011 年 2 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 4 2011

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许可证	京海工商广字第 8013 号		

