

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

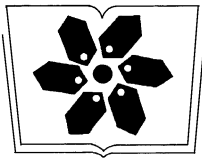
Acta Ecologica Sinica



第32卷 第4期 Vol.32 No.4 **2012**

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 32 卷 第 4 期

2012 年 2 月 (半月刊)

目 次

固垦对南汇东滩湿地大型底栖动物的影响·····	马长安,徐霖林,田 伟,等 (1007)
基于 ArcView-WOE 的下辽河平原地下水生态系统健康评价 ·····	孙才志,杨 磊 (1016)
京郊典型集约化“农田-畜牧”生产系统氮素流动特征 ·····	侯 勇,高志岭,马文奇,等 (1028)
不同辐射条件下苹果叶片净光合速率模拟·····	高照全,冯社章,张显川,等 (1037)
藏北高原典型植被样区物候变化及其对气候变化的响应·····	宋春桥,游松财,柯灵红,等 (1045)
祁连山中段林草交错带土壤水热特征及其对气象要素的响应 ·····	唐振兴,何志斌,刘 鹄 (1056)
祁连山青海云杉林冠生态水文效应及其影响因素·····	田凤霞,赵传燕,冯兆东,等 (1066)
呼伦贝尔沙地樟子松年轮生长对气候变化的响应·····	尚建勋,时忠杰,高吉喜,等 (1077)
结合激光雷达分析上海地区一次连续浮尘天气过程·····	马井会,顾松强,陈 敏,等 (1085)
福建中部近海浮游动物数量分布与水团变化的关系 ·····	田丰歌,徐兆礼 (1097)
香港巨牡蛎和长牡蛎幼虫及稚贝的表型性状·····	张跃环,王昭萍,闫喜武,等 (1105)
东海原甲藻与中肋骨条藻的种间竞争特征·····	李 慧,王江涛 (1115)
起始生物量比对 3 种海洋微藻种间竞争的影响·····	魏 杰,赵 文,杨为东,等 (1124)
不同磷条件下塔玛亚历山大藻氮的生态幅·····	文世勇,宋琍琍,龙 华,等 (1133)
秦岭天然次生油松林冠层降雨再分配特征及延滞效应·····	陈书军,陈存根,邹伯才,等 (1142)
伊犁河谷北坡垂直分布格局及其与环境的关系——一种特殊的双峰分布格局·····	田中平,庄 丽,李建贵 (1151)
濒危种四合木与其近缘种霸王水分关系参数和光合特性的比较·····	石松利,王迎春,周红兵,等 (1163)
干旱胁迫下黄土高原 4 种乡土禾草抗氧化特性 ·····	单长卷,韩蕊莲,梁宗锁 (1174)
施加角担子菌 B6 对连作西瓜土壤微环境和西瓜生长的影响 ·····	肖 逸,王兴祥,王宏伟,等 (1185)
内蒙古典型草原区芨芨草群落适生境·····	张翼飞,王 炜,梁存柱,等 (1193)
盐渍化灌区土壤盐分的时空变异特征及其与地下水埋深的关系·····	管孝艳,王少丽,高占义,等 (1202)
黄土高原水蚀风蚀交错区坡地土壤剖面饱和导水率空间异质性·····	刘春利,胡 伟,贾宏福,等 (1211)
松嫩平原玉米带农田土壤氮密度时空格局·····	张春华,王宗明,居为民,等 (1220)
小麦冬性强弱评价体系的建立·····	王 鹏,张春庆,陈化榜,等 (1230)
唐家河自然保护区高山姬鼠和中华姬鼠夏季生境选择的比较·····	黎运喜,张泽钧,孙宜然,等 (1241)
西花蓟马在 6 种蔬菜寄主上的实验种群生命表 ·····	曹 宇,鄧军锐,孔译贤 (1249)
同位素富集-稀释法研究食性转变对鱼类不同组织 N 同位素转化率的影响 ·····	曾庆飞,谷孝鸿,毛志刚,等 (1257)
基于生态网络分析的南京主城区重要生态斑块识别·····	许文雯,孙 翔,朱晓东,等 (1264)
珠三角城市绿地 CO ₂ 通量的季节特征·····	孙春健,王春林,申双和,等 (1273)
污染场地地下水渗流场模拟与评价——以柘城县为例·····	吴以中,朱沁园,刘 宁,等 (1283)
专论与综述	
湿地退化研究进展·····	韩大勇,杨永兴,杨 杨,等 (1293)
绿洲农田氮素积累与淋溶研究述评 ·····	杨 荣,苏永中,王雪峰 (1308)
问题讨论	
抗辐射菌 <i>Deinococcus radiodurans</i> 的多样性 ·····	屠振力,方俐晶,王家刚 (1318)
平茬措施对柠条生理特征及土壤水分的影响 ·····	杨永胜,卜崇峰,高国雄 (1327)
研究简报	
祁连山典型灌丛降雨截留特征·····	刘章文,陈仁升,宋耀选,等 (1337)
野生鸭儿芹种子休眠特性及破除方法·····	喻 梅,周守标,吴晓艳,等 (1347)
期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 348 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 36 * 2012-02	



封面图说: 遗鸥群飞来——遗鸥意即“遗落之鸥”(几乎是最后才被发现的新鸥种,因此得名)。1931 年,瑞典动物学家隆伯格撰文记述在中国额济纳采到了标本。1987 年,中国的鸟类学家在鄂尔多斯 的 桃力庙获得了一对遗鸥的标本。1990 年春夏之交,发现了湖心各岛上大量的遗鸥种群。近年来的每年夏季,大约全球 90% 以上的遗鸥都会 到陕西省神木县境内的沙漠 淡水湖-红碱淖上聚集。遗鸥——国家一级重点保护、CITES 附录一物种。

彩图提供: 陈建伟教授 国家林业局 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201012231831

王鹏, 张春庆, 陈化榜, 吴承来. 小麦冬性强弱评价体系的建立. 生态学报, 2012, 32(4): 1230-1240.

Wang P, Zhang C Q, Chen H B, Wu C L. The evaluation system of strength of winteriness in wheat. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(4): 1230-1240.

小麦冬性强弱评价体系的建立

王 鹏, 张春庆*, 陈化榜, 吴承来

(作物生物学国家重点实验室, 山东农业大学, 山东泰安 271018)

摘要: 建立一个比较准确的小麦冬性评价体系, 对小麦种质研究评价、引种及应对自然灾害都具有重要应用价值, 对小麦生态型的解释具有一定的理论意义。以 12 个冬性强弱不同的小麦品种为材料, 经过两年重复试验, 在自然春化与人工春化条件下, 对与春化有关的成穗数等 4 个形态指标进行调查, 对人工春化条件下 5 月份播种的小麦生长锥进行观察。经过对成穗数进行聚类分析, 将 12 个冬小麦品种划分为弱冬性、冬性、强冬性 3 类。另外, 结合不同春化条件下小麦成穗数差异的显著性分析结果及相关指标的标准化数据进行分析, 结果表明: (1) 根据幼苗习性对小麦冬性进行划分的方式存在一定缺陷, 划分结果存在误差。自然春化条件下进行冬性划分具有一定的合理性, 但由于受到多种外界因素影响, 对相邻类型的划分效果不理想。(2) 茎蘖数、小穗数、千粒重等指标存在一定的交叉现象, 不适于进行冬性评价。人工春化处理下, 小麦的成穗数与生长锥形态可以准确评价小麦冬性的强弱。

关键词: 小麦; 人工春化; 生态型; 冬性; 评价体系

The evaluation system of strength of winteriness in wheat

WANG Peng, ZHANG Chunqing*, CHEN Huabang, WU Chenglai

State Key Laboratory of Crop Biology, Shandong Agricultural University, Shangdong Taian 271018, China

Abstract: Winter wheat varieties require an extended low temperature period to initiate or accelerate the flowering process (vernalization). Spring wheat varieties do not have the vernalization requirement, and they would be exposed to a high risk of cold injury if sowed in low temperature. Correct evaluation of the winteriness is the prerequisite to study and utilization of wheat germplasm, wheat production, and minimizing the cold injury. It also has certain theoretical significance when explaining the ecotype of wheat. Therefore, it's of great importance to build an accurate method to evaluate vernalization characteristic of different wheat varieties. To address this issue, we investigated the growth characters of 12 wheat varieties under natural or artificial vernalization conditions, and proposed two reliable standards to evaluate the winteriness of wheat.

Twelve varieties, including Shannong8355, Jimai20, Jimai22, Shangnong14, Shannong15, Taishan008, Shannong664, Jimai19, Shannong16, Zimai12, Yannong19 and Shannong2413, were sowed every month from October to the following February. They experienced the winter and acquired vernalization naturally. For comparison, these twelve varieties were sowed every month from March to May after an artificial low temperature treatment was applied from March to May next year. The temperature of artificial vernalization was set to 3°C, and the durations were 0d, 10d, 20d, 30d, 40d, 50d, and 60d, respectively. The experiment was repeated twice in two years.

The characters related to vernalization, such as number of spikes, spikelets and stem tillers, and thousand seed weight, were investigated. The datasets obtained from wheat that have been naturally or artificially vernalized were statistically compared. In addition, the growth cones of vernalized wheat planted in May were dissected and checked on the

基金项目: 农业部 948 项目 (2006G2)

收稿日期: 2010-12-23; 修订日期: 2011-04-18

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: cqzhang@sdau.edu.cn

20th day after emergence.

The data was normalized first, followed by variance test and cluster analysis. The results showed, that the character of number of stem tillers, spikelets and thousand seed weight, were overlapping among different kinds of cultivars under natural and artificial vernalization, therefore the indexes above are not suitable to evaluate the strength of winteriness of wheat. Neither can the number of wheat spikes under condition of natural vernalization, because it was affected by many factors, such as planting time and seeding rate. By contrast, the number of wheat spikes, under artificial vernalization that the effect of natural low temperature was eliminated, can serve as a good indicator to evaluate the strength of winteriness. In addition, the shape of growth cone, which grows up about 20 days after emergence, is another indicator as good as the numbers of spikes.

Based on the cluster analysis of the numbers of spikes under the conditions of artificial vernalization, the twelve wheat varieties surveyed here were divided into three categories, namely weak winteriness, winteriness and strong winteriness. Shannong8355, Jimai20, Jimai22 and Shangnong14 belonged to weak winteriness cultivars. Shannong15, Taishan008, Shannong664 and Jimai19 were winteriness cultivars, and the strong winteriness cultivars included Shannong16, Zimai12, Yannong19 and Shannong2413. This result is largely consistent with that obtained from observation of morphology characteristics, but the former gives more accurate evaluation for some varieties.

As a conclusion, the number of spikes and shape of growth cone under artificial vernalization are two indicators of wheat winteriness. When using this method, to avoid influence of natural low temperature, the daily maximum temperature should be higher than 12℃ at sowing stage. Meanwhile, the days of daily minimum temperature below 3℃ should be less than 4 days after planting. For evaluating vernalization characteristic of wheat in Shandong province, the temperature in April is suitable to sow after different time of artificial low temperature treatment. In other area, optimum planting date can be determined to satisfy the above temperature requirements.

Key Words: wheat; artificial vernalization; ecological; winteriness; evaluation system

对小麦冬性强弱的划分是一个复杂而又标准极不一致的问题。随着世界小麦资源的广泛交流,小麦品种的生态型更加复杂化^[1-2]。由于不同生态地区的气候有所差异,经常会出现因小麦生态型不明确而造成冻害或不抽穗的情况,导致减产甚至绝产,给生产带来不可挽回的损失。因此,建立准确的小麦冬性评价体系是一项具有现实意义的重要工作。

众多学者试图通过春化相关基因的研究揭示小麦的生态型差异^[3]。Law、袁秀云等人在拟南芥中观察到春化敏感基因,表明至少有 4—5 个基因控制春化作用,不同基因对春化作用的影响不同^[4-7]。Akiko 研究表明植物春化作用的多态性受本身的开花位点 *C(FLC)* 遗传调控^[8]。Andras 研究发现,小麦的冬性与 *Vrn-A1* 调控下的铜代谢有关^[9]。国内外学者对春化相关基因的研究取得了一定的成就,但对于多数机理仍处在探索阶段^[10-13],目前仍缺乏春化机理及遗传因素在小麦冬性评价体系应用上的报道。

春季播种是鉴别小麦冬性强弱的有效方法^[14]。黄季芳、崔继林等人通过对小麦阶段发育的研究将小麦划分为 4 类,即春性、半冬性、冬性及强冬性^[15-16]。小麦对低温的要求因品种和所处纬度而异^[17]。对于小麦冬性差异在形态上的表现,国内外学者做了大量的研究,张爱芝等人发现,多数小麦品种在早期需要一定时间的低温来诱导植株花原基分化,启动或加速成花进程^[18]。米国华、梁铁兵等人发现,春化处理能够促进小穗分化,增加小穗数^[19-20]。李存东认为低温对小麦穗分化及结实率有重要的作用^[21]。对于小麦生长锥形态的研究,众多学者认为二棱期的出现可作为春化反应结束的标志^[22-25]。

本研究通过分期播种与人工春化处理相结合,观察各类型小麦相关的形态指标变化。通过这些响应春化效应的指标,准确划分小麦冬性强弱,建立一套可靠的小麦冬性评价体系。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验选用不同冬性强弱的品种作为材料,包括:济麦 19,济麦 20,济麦 22,泰山 008,山农 8355,山农 15,烟农 19,淄麦 12,山农 14,山农 16,山农 664,山农 2413^[26]。总计 12 个品种。

1.2 试验方法

试验于 2008 年到 2010 年期间在山东农业大学农学试验站进行。试验包括自然春化和人工春化两部分。试验过程中采用分期播种,2008 年 9 月到 2009 年 2 月,每月 8 号播种,采用自然春化。2009 年 3 月到 2009 年 5 月,采用人工春化,每月 8 号进行播种。试验采用裂区设计,重复两次,田间管理措施同于常规高产麦田。人工春化条件:将小麦吸水浸泡 12 h,然后在 20 ℃ 利用纸床发芽,约 24—30 h,当芽长达到 0.3—0.4 cm 时,在 3 ℃ 条件下进行春化,处理时间分为 0、10、20、30、40、50 d 和 60 d。另外,针对不同春化处理的材料进行生长锥形态观测。在 2009 年 9 月到 2010 年 5 月间,对试验进行年际重复。

1.3 测定项目

包括成穗数、茎蘖数、小穗数、千粒重的测定。测量时,各品种均随机取 10 株,求平均值。另外,将不同春化处理的小麦在 5 月份进行播种,在出苗 20 d 后,解剖并观察生长锥的形态。

1.4 数据分析

1.4.1 数据标准化处理

品种遗传特性不同会造成小麦发育形态的差异。为了准确反映小麦春化效应,需将所测数值进行标准化处理,目的是消除品种本身因素的影响。标准化公式为:

$$y_i = x_i / \max(x_i)$$

式中, x_i 为指标的原始数据值; $\max(x_i)$ 为原始数据最大值; y_i 为标准化后数值。

1.4.2 数据分析

采用 DPS 软件依据欧式最大距离法对成穗数进行聚类分析;采用 Excel 2003 制图并对成穗数进行方差分析;采用 SPSS 软件对分类结果进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 成穗数变化规律与聚类分析

2.1.1 小麦成穗数的变化规律

自然春化条件下,随播期推迟,小麦成穗数呈明显降低趋势(图 1)。9 月、10 月播种的小麦成穗数一般为

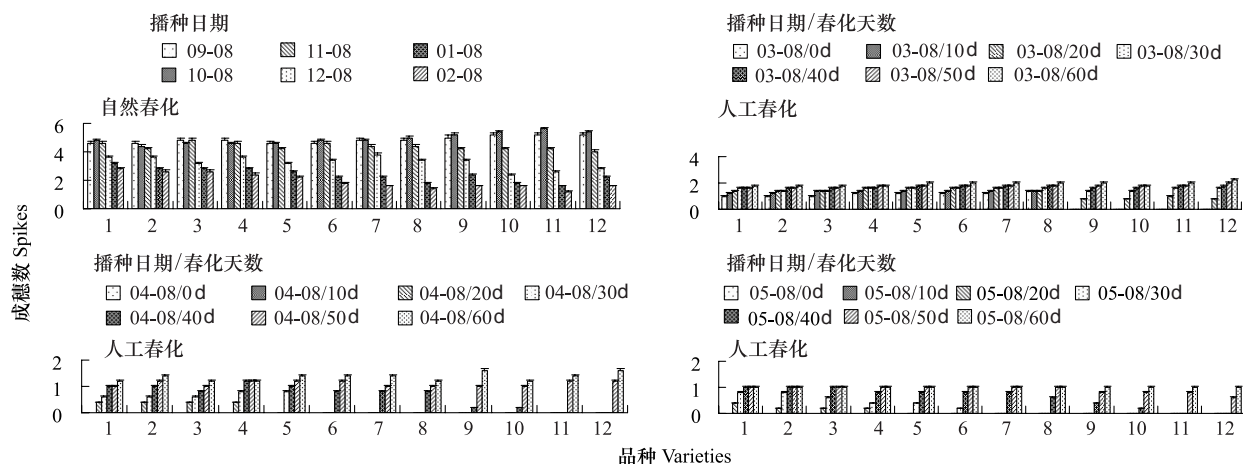


图 1 不同播期与春化时间内小麦成穗数的变化

Fig. 1 The diversification of spikes in different sowing date and vernalization days

1: 山农 8355; 2: 济麦 20; 3: 济麦 22; 4: 山农 14; 5: 山农 15; 6: 泰山 008; 7: 山农 664; 8: 济麦 19; 9: 山农 16; 10: 淄麦 12; 11: 烟农 19; 12: 山农 2413

4—6 个,而 1 月、2 月播种的小麦成穗数降低为 2—3 个,不同品种成穗数的降幅有所不同。人工春化处理后,随着春化时间的延长,各品种成穗数有不同程度的增多。不同品种满足抽穗所需的春化天数不同,冬性越强,需要的天数越长(图 1)。

2.1.2 各品种在不同播期及春化时间内成穗数的方差分析

从表 1 可以看出,自然春化条件下,播期对小麦成穗数的影响不显著($F < F$ 临界值);人工春化条件下,春化天数对小麦成穗数的影响极显著($F > F$ 临界值),说明人工春化条件下进行小麦冬性强弱的比较,准确性更高。另外,在自然春化与人工春化条件下,品种间的成穗数差异均显著($F > F$ 临界值),说明试验选取材料合理,具有代表性。

表 1 各品种在不同播期及春化时间内成穗数的方差分析

Table 1 Variance analysis on spikes of varieties in different sowing date and vernalization days

处理 Treatment	方差来源 Source of variance	自由度 df	平方和 Quadratic sum	均方 Mean square	F	F 临界值 Critical value of F
自然春化 Natural vernalization	播期	5	1.74	0.35	1.89	$F_{0.05}(5, 55) = 2.54$
	品种	11	99.50	9.05	49.32	$F_{0.01}(11, 55) = 2.60$
	误差	55	10.09	0.18		
人工春化 Artificial vernalization	春化天数	20	4.45	0.22	3.64	$F_{0.01}(20, 220) = 2.48$
	品种	11	100.44	9.13	149.45	$F_{0.01}(11, 220) = 3.66$
	误差	220	13.44	0.06		

2.1.3 自然春化条件下成穗数的聚类分析

将自然春化条件下的成穗数进行标准化处理,利用标准化后的数值进行聚类分析(图 2),当距离大于 0.182 时,将供试 12 个品种大致分为三类,第一类包括山农 8355、济麦 20、济麦 22、山农 14、山农 15;第二类包括泰山 008、山农 664、济麦 19、山农 16;第三类包括淄麦 12、烟农 19、山农 2413。自然春化条件下,各小麦品种均能成穗,虽然通过成穗数的变化可以将其分类,却无法定义冬性强弱,需结合小麦苗期的形态进行划分。传统上认为匍匐的幼苗是强冬性或冬性,而半匍匐者是弱冬性^[27-29]。经过观察,第一类品种幼苗为半匍匐状态,第二类次之,第三类品种幼苗匍匐现象最为明显。因此可以得出结论:山农 8355、济麦 20、济麦 22、山农

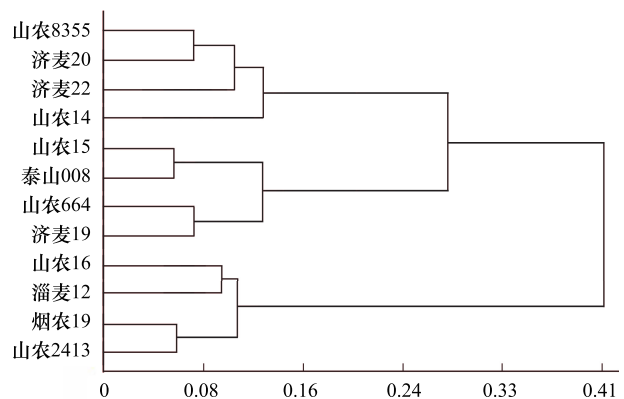


图 2 自然春化条件下冬性分析聚类图

Fig. 2 The cluster map of winteriness in natural vernalization

14、山农 15 为弱冬性品种;泰山 008、山农 664、济麦 19、山农 16 为冬性品种;淄麦 12、烟农 19、山农 2413 为强冬性品种。

对小麦成穗数进行标准化处理后,将不同播期内的标准化值及实测值分别进行平均后发现,弱冬性品种标准化后的成穗数为 0.791—0.819(实测值为 3.700—3.933),冬性品种为 0.698—0.775(实测值为 3.577—3.633),强冬性品种为 0.607—0.693(实测值为 3.400—3.533)。自然春化条件下,标准化后的成穗数大小为:弱冬性>冬性>强冬性,标准化数值与实测值均无交叉现象。

2.1.4 人工春化条件下成穗数的聚类分析

将人工春化条件下的成穗数标准化后进行聚类分析(图 3),距离大于 0.128 时,将所有供试材料分成 3 类,第一类:山农 8355、济麦 20、济麦 22、山农 14;第二类:山农 15、泰山 008、山农 664、济麦 19;第三类:山农 16、淄麦 12、烟农 19、山农 2413。调查结果显示,第一类品种在人工春化 20 d 内能成穗,第二类需要人工春化

20—40 d 能成穗,第三类需要春化处理 40 d 以上才能成穗,因此,可以将山农 8355、济麦 20、济麦 22、山农 14 划分为弱冬性品种;山农 15、泰山 008、山农 664、济麦 19 为冬性品种;山农 16、淄麦 12、烟农 19、山农 2413 为强冬性品种。

人工春化条件下,随春化天数增加,小麦的成穗数明显增多。3 月份播种,弱冬性品种标准化后的成穗数为 0.327—0.355(实测值为 1.633—1.700),冬性品种为 0.310—0.326(实测值为 1.500—1.667),强冬性品种为 0.296—0.304(实测值为 1.233—1.400);4 月份播种,弱冬性品种为 0.119—0.143(实测值为 0.667—0.800),冬性品种为 0.086—0.136(实测值为 0.500—0.733),强冬性品种为 0.064—0.077(实测值为

0.433—0.467);5 月份播种,弱冬性品种为 0.101—0.125(实测值为 0.567—0.700),冬性品种为 0.074—0.099(实测值为 0.433—0.533),强冬性品种为 0.042—0.064(实测值为 0.267—0.367)。人工春化条件下,各品种标准化后的成穗数与实测值平均数大小为:弱冬性>冬性>强冬性。

2.1.5 各类型小麦成穗数差异的显著性分析

通过聚类将小麦品种分成弱冬性、冬性、强冬性三类。对聚类结果进行差异显著性分析,可以看出,自然春化条件下,9—12 月份播种,弱冬性与冬性差异不显著,冬性与强冬性差异显著,1—2 月份播种,弱冬性与冬性差异显著,冬性与强冬性差异不显著(表 2)。人工春化条件下,3 月份播种时,由于存在自然春化的影响,弱冬性与强冬性品种之间存在显著性差异,春化处理少于 30 d 时,弱冬性与冬性差异显著,冬性与强冬性差异不显著,春化处理 30 d 以上时,弱冬性与冬性差异不显著,冬性与强冬性差异显著;4、5 月份播种时,人工春化 20 d 内,弱冬性与冬性品种就有显著差异,冬性与强冬性差异不显著;人工春化 30—40 d 时,各类型品种之间均存在显著性差异;春化 50 d 以上,弱冬性与冬性品种差异不显著,冬性与强冬性具有显著差异(表 3)。

表 2 自然春化条件下各类型小麦成穗数差异的显著性分析

Table 2 Significance test of different wheat in natural vernalization

类别 Category	播期 Sowing date					
	09-08	10-08	11-08	12-08	01-08	02-08
弱冬性品种 Weak winteriness	4.7±0.1a	4.6±0.1a	4.6±0.1a	3.5±0.1a	2.9±0.1a	2.6±0.1a
冬性品种 Winteriness	4.7±0.1a	4.8±0.1a	4.4±0.1a	3.5±0.1a	2.2±0.2b	1.8±0.2b
强冬性品种 Strong winteriness	5.1±0.1b	5.4±0.1b	4.2±0.1b	2.8±0.2b	2.0±0.2b	1.5±0.1b

表中同一列数据后字母不同表示差异显著

2.2 不同品种的其他性状与冬性强弱之间的关系

2.2.1 不同小麦品种生长锥的形态变化规律

研究发现,经过 20 d 春化处理,弱冬性品种的生长锥能够进入二棱期,冬性品种需要 30 d 的春化处理,生长锥才能够进入二棱期,而强冬性品种需要春化 40 d 以上,生长锥才进入二棱期(表 4)。经过观察,春化时间不满足要求时,生长锥会始终停留在单棱期。小麦冬性强弱不同,生长锥进入二棱期所需要的春化天数不同,冬性越强,进入二棱期所需要的春化天数越多。

2.2.2 不同春化处理下各小麦品种的抽穗规律

本试验在山东农业大学农场进行(36°10'19"N,117°9'03"E),该地区 3—5 月最高最低气温如图 4。结合人工春化条件下小麦的抽穗情况(表 5)可发现,3 月份播种,由于受到自然春化的影响,不需要人工春化,弱冬性与冬性品种就能够抽穗(图 1),而强冬性品种需添加 20 d 的人工春化才能抽穗。4、5 月份播种时(图

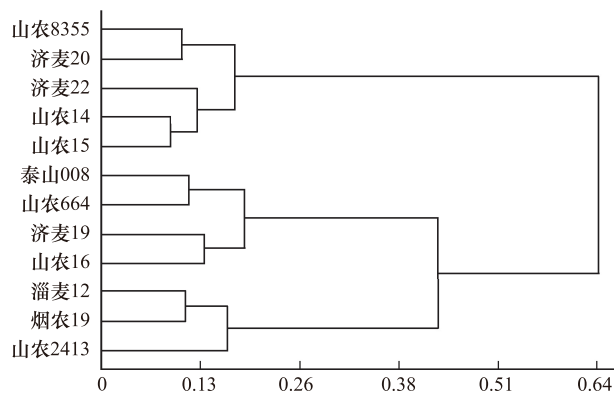


图 3 人工春化处理条件下冬性分析聚类图

Fig. 3 The cluster map of winteriness in artificial vernalization

1),抽穗情况基本一致,无春化处理的品种均未抽穗。由此可见,本研究中4、5月份播种可以排除自然春化的影响。

表 3 人工春化条件下各类型小麦成穗数的差异显著性分析
Table 3 Significance test of different wheat in artificial vernalization

播期 Sowing date	类别 Category	春化天数 Vernalization days						
		0 d	10 d	20 d	30 d	40 d	50 d	60 d
03-08	弱冬性品种	1.1±0.1a	1.3±0.1a	1.5±0.1a	1.5±0.1a	1.6±0.0a	1.7±0.1a	1.8±0.0a
	冬性品种	1.3±0.1b	1.4±0.0b	1.6±0.1b	1.6±0.0b	1.8±0.0a	1.8±0.0a	2.0±0.0a
	强冬性品种	0.0±0.0b	0.0±0.0b	0.9±0.1b	1.5±0.1b	1.7±0.1b	1.9±0.1b	2.0±0.1b
04-08	弱冬性品种	0.0±0.0a	0.0±0.0a	0.4±0.0a	0.7±0.1a	1.0±0.1a	1.1±0.1a	1.3±0.1a
	冬性品种	0.0±0.0a	0.0±0.0a	0.0±0.0b	0.2±0.2b	0.9±0.1b	0.9±0.1a	1.4±0.1a
	强冬性品种	0.0±0.0a	0.0±0.0a	0.0±0.0b	0.0±0.0c	0.1±0.1c	1.1±0.1b	1.5±0.1b
05-08	弱冬性品种	0.0±0.0a	0.0±0.0a	0.3±0.1a	0.7±0.1a	1.0±0.1a	1.0±0.0a	1.0±0.0a
	冬性品种	0.0±0.0a	0.0±0.0a	0.0±0.0b	0.2±0.1b	0.8±0.1b	1.0±0.0a	1.0±0.0a
	强冬性品种	0.0±0.0a	0.0±0.0a	0.0±0.0b	0.0±0.0c	0.2±0.1c	0.8±0.1b	0.9±0.0b

表中同一列数据后字母不同表示差异显著

表 4 小麦生长锥形态与春化天数之间的关系
Table 4 The relationship between the growth cone of wheat and the days of vernalization

春化处理 Vernalization	弱冬性 Weak winteriness	冬性 Winterness	强冬性 Strong winteriness
0 d	SR	SR	SR
10 d	SR	SR	SR
20 d	DR	SR	SR
30 d	DR	DR	SR
40 d	DR	DR	DR
50 d	DR	DR	DR
60 d	DR	DR	DR

SR:单棱期;DR:二棱期

2.2.3 茎蘖数的变化规律与冬性之间的关系

自然春化条件下,弱冬性品种的最大茎蘖数一般为6—7个,而强冬性品种的最大茎蘖数为8—9个(图5),冬性较弱的品种茎蘖数明显少于冬性较强的品种。随播期的推迟,茎蘖数逐渐降低。人工春化条件下,随着春化时间的延长,所有品种的茎蘖数均有不同程度的增多(图5)。5月份播种,品种基本在1个主茎的水平(图5)。

自然春化条件下,不同播期内的弱冬性品种标准化后的茎蘖数平均为0.729—0.774(实测值为4.333—4.867),冬性品种为0.717—0.738(实测值为4.700—5.033),强冬性品种为0.699—0.712(实测值为5.167—5.667),标准化后的茎蘖数大小为:弱冬性>冬性>强冬性,不同类型品种标准化值与实测值均存在交叉。将人工春化条件下标准化数据进行平均后,发现3月份播种时,弱冬性品种标准化后的茎蘖数为0.321—0.328(实测值为2.033—2.100),冬性品种为0.317—0.324(实测值为2.100—2.367),强冬性品种为0.312—0.321(实测值为2.400—2.567);4月份播种时,弱冬性品种标准化后的茎蘖数为0.286—0.297(实测值为1.533—1.733),冬性品种为0.252—0.266(实测值为1.767—1.967),强冬性品种为0.249—0.265(实测值为3.133—3.367);5月份播种时,弱冬性品种标准化后

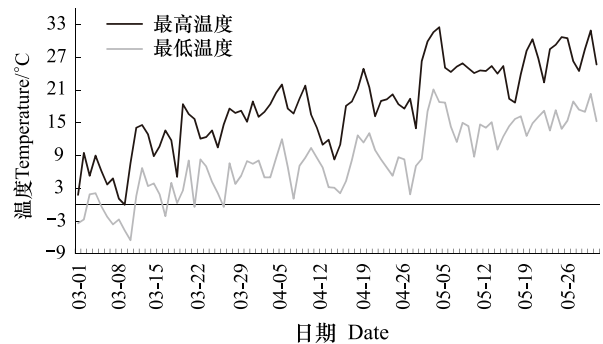


图 4 2010 年 3—5 月田间温度
Fig. 4 The temperature of farm in March, April and May 2010

的茎蘖数为 0.156—0.179(实测值为 1.000),冬性品种为 0.139—0.152(实测值为 1.000),强冬性品种为 0.139—0.147(实测值为 1.000),标准化后的茎蘖数排序为:弱冬性>冬性>强冬性,不同类型品种标准化值存在交叉现象,实测值不交叉。

表 5 小麦抽穗情况与春化天数之间的关系
Table 5 The relationship between the heading of wheat and the days for vernalization

播期 Sowing date	春化处理/d Vernalization	弱冬性 Weak winterness	冬性 Winterness	强冬性 Strong winterness
3 月 March	0	HD	HD	N
	10	HD	HD	N
	20	HD	HD	HD
	30	HD	HD	HD
	40	HD	HD	HD
	50	HD	HD	HD
	60	HD	HD	HD
4 月 April	0	N	N	N
	10	N	N	N
	20	HD	N	N
	30	HD	HD	N
	40	HD	HD	HD
	50	HD	HD	HD
	60	HD	HD	HD
5 月 May	0	N	N	N
	10	N	N	N
	20	HD	N	N
	30	HD	HD	N
	40	HD	HD	HD
	50	HD	HD	HD
	60	HD	HD	HD

HD:抽穗;N:未抽穗

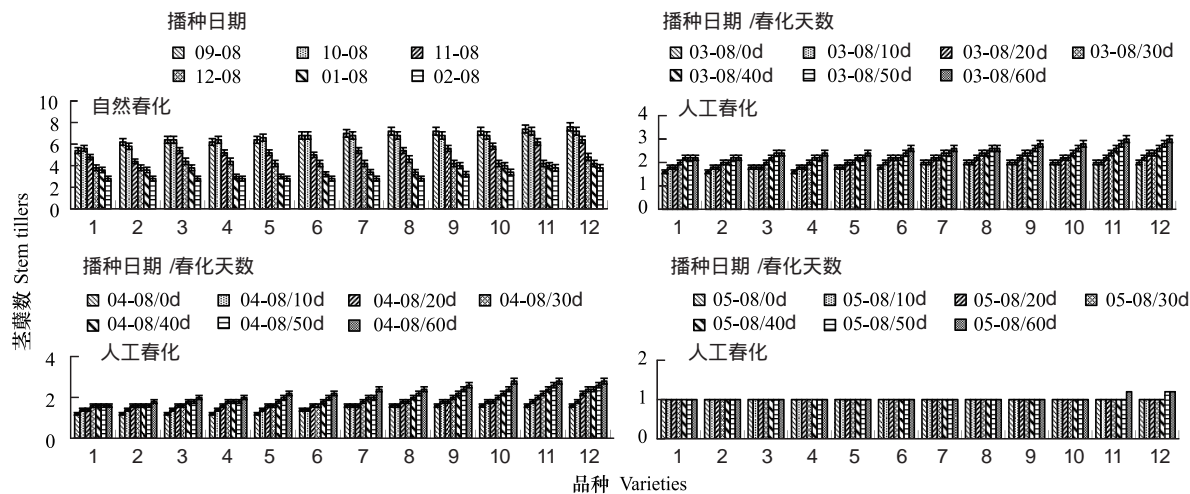


图 5 不同播期和春化时间内小麦茎蘖数的变化

Fig.5 The diversification of stem tillers in different sowing date and vernalization days

1:山农 8355;2:济麦 20;3:济麦 22;4:山农 14;5:山农 15;6:泰山 008;7:山农 664;8:济麦 19;9:山农 16;10:淄麦 12;11:烟农 19;12:山农 2413

2.2.4 小穗数的变化规律与冬性之间的关系

自然春化条件下,随播期的推迟,小穗数均呈下降趋势(图 6),人工春化条件下,随处理天数增加,小穗数

呈上升趋势(图6)。

自然春化条件下,不同播期内的弱冬性品种标准化后的小穗数平均为0.941—0.962(实测值为15.133—15.967),冬性品种为0.918—0.943(实测值为15.433—15.767),强冬性品种为0.877—0.906(实测值为15.633—15.967),小穗数大小为:弱冬性>冬性>强冬性,各类型小麦标准化值与实测值均存在交叉。人工春化处理下,3月份播种时,弱冬性品种标准化后的小穗数为0.790—0.825(实测值为12.733—13.500),冬性品种为0.754—0.788(实测值为12.400—13.033),强冬性品种为0.741—0.775(实测值为10.933—11.517);4月份播种时,弱冬性品种标准化后的小穗数为0.789—0.867(实测值为12.733—12.940),冬性品种为0.691—0.812(实测值为11.650—12.867),强冬性品种为0.643—0.757(实测值为12.167—12.933);5月份播种时,弱冬性品种标准化后的小穗数为0.770—0.792(实测值为12.520—13.120),冬性品种为0.679—0.776(实测值为13.075—13.444),强冬性品种为0.753—0.781(实测值为12.500—13.267),小穗数大小为:弱冬性>冬性>强冬性,不同类型小麦标准化值与实测值均存在交叉现象。

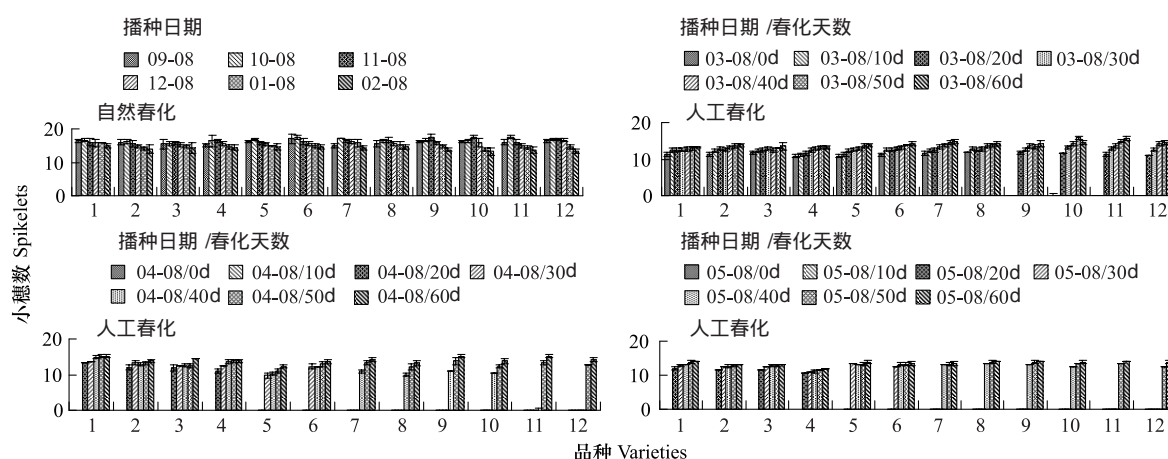


图6 不同播期和春化时间内小麦小穗数的变化

Fig. 6 The diversification of spikelets in different sowing date and vernalization days

1: 山农 8355; 2: 济麦 20; 3: 济麦 22; 4: 山农 14; 5: 山农 15; 6: 泰山 008; 7: 山农 664; 8: 济麦 19; 9: 山农 16; 10: 淄麦 12; 11: 烟农 19; 12: 山农 2413

2.2.5 小麦千粒重的变化规律与冬性之间的关系

自然春化条件下,所有品种的千粒重均在10月或11月出现最大值,随着播期的推迟,千粒重呈现下降趋势(图7)。人工春化条件下,随着处理天数增加,千粒重呈明显增加趋势(图7)。

自然春化条件下,不同播期内的弱冬性品种标准化的千粒重平均为0.914—0.956(实测值为44.442—54.700),冬性品种为0.918—0.956(实测值为47.225—50.058),强冬性品种为0.888—0.927(实测值为47.542—49.391),不同类型品种千粒重大小为:强冬性>冬性>弱冬性,不同冬性分类千粒重的标准化值或实测值之间都存在数据交叉现象。人工春化条件下,3月份播种时,弱冬性品种标准化后的千粒重为0.693—0.813(实测值为36.075—44.050),冬性品种为0.654—0.687(实测值为33.933—40.467),强冬性品种为0.542—0.673(实测值为34.040—35.830);4月份播种时,弱冬性品种标准化后的千粒重为0.639—0.762(实测值为32.860—40.520),冬性品种为0.609—0.673(实测值为31.250—33.683),强冬性品种为0.494—0.608(实测值为31.550—33.683);5月份播种时,弱冬性品种标准化后的千粒重为0.609—0.687(实测值为31.300—37.480),冬性品种为0.537—0.599(实测值为28.083—32.663),强冬性品种为0.414—0.494(实测值为29.175—30.700),人工春化条件下各播期的千粒重大小均为:弱冬性>冬性>强冬性,不同冬性分类千粒重的标准化值或实测值之间都存在数据交叉现象。

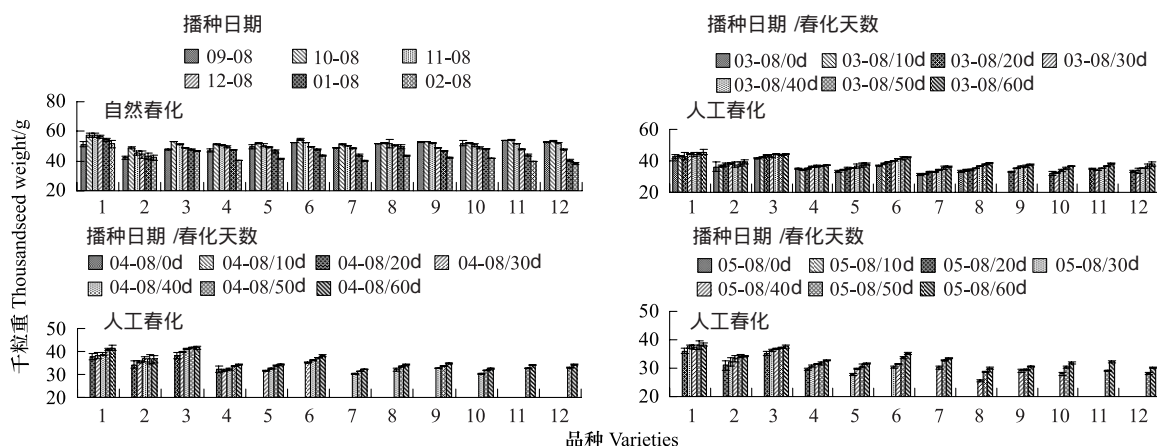


图7 不同播期和春化时间下小麦千粒重的变化

Fig. 7 The diversification of thousand seed weight in different sowing date and vernalization days

1: 山农 8355; 2: 济麦 20; 3: 济麦 22; 4: 山农 14; 5: 山农 15; 6: 泰山 008; 7: 山农 664; 8: 济麦 19; 9: 山农 16; 10: 淄麦 12; 11: 烟农 19; 12: 山农 2413

3 讨论

3.1 冬性评价指标的筛选

对于小麦冬性划分的指标,学者们的观点并不一致。传统上,人们是根据小麦春季返青前的幼苗习性对冬性进行划分,一般认为苗期形态为匍匐、半匍匐或直立,即分别表明该品种为强冬性、冬性或弱冬性^[28-29]。但这种划分方法准确性较差,因为实践中往往有些品种不符合上述规则,而且上述方法只能对小麦品种冬性进行直观的判断,如果要对生产上众多的小麦品种,尤其是对冬性差异不明显的品种进行比较时,结果存在较大误差^[27,30]。研究发现,在自然及人工春化条件下,不同品种标准化后的茎蘖数、小穗数、千粒重交叉现象严重,不宜作为评价指标,而人工春化条件下的成穗数与生长锥形态能够准确评价小麦的冬性强弱。

3.2 播种时期的选择

通过人工春化结果分析,山农 8355、济麦 20、济麦 22、山农 14 为弱冬性品种;山农 15、泰山 008、山农 664、济麦 19 为冬性品种;山农 16、淄麦 12、烟农 19、山农 2413 为强冬性品种。这与前人及本试验在自然春化条件下的研究结果有所差异^[26],存在部分弱冬性品种变为冬性,冬性品种变为弱冬性的现象。因为自然春化条件下进行分类,易受到品种特性、播期、纬度、海拔、自然低温等外界因素的影响,虽然划分结果具有一定的合理性,但并不十分准确。而人工春化突出了春化条件对成穗情况的影响,相对减小了外界因素的影响,提高了分类的准确性。因此在选择播期时,应尽量避免自然春化的影响,采用人工春化处理。

3.3 播种温度的选择

黄季芳提出弱冬性小麦品种的春化温度为 0—12 ℃,春化时间为 3—15 d;冬性品种春化温度为 0—7 ℃,春化时间为 30 d 以上;强冬性品种春化温度为 0—3 ℃,春化时间为 40—50 d^[15]。叶常丰等人提出弱冬性小麦度过春化的最佳温度是 5—12 ℃,春化天数为 25—30 d,冬性品种度过春化的最佳温度是 0—3 ℃,春化天数为 33 d 以上^[31]。根据前人的研究,低于 12 ℃可以使弱冬性小麦通过春化,本研究发现在 4 月 8 日播种的弱冬性品种不能通过春化,根据播种点温度记录,4 月 8 日以后,日高温基本大于 12 ℃,最低为 3 ℃以下(少于 4 d)。考虑到全国各小麦区温度条件不一致的情况,在利用人工春化进行小麦冬性评价时,为避免自然春化影响,建议在播种后,日最高温度应基本高于 12 ℃,同时日最低温度低于 3 ℃的天数不超过 4 d。对此现象,有必要进行进一步的研究。

3.4 冬性评价体系的建立

分析认为,人工春化条件下对品种冬性进行划分的方式更准确。采用本文所描述的试验方法,在避免自然春化的条件下进行播种,然后根据以下两个标准进行评价:

标准一 根据是否抽穗评价。调查不同春化处理下的抽穗情况,春化时间在 20 d 以内能够抽穗的品种为弱冬性品种,春化时间在 20—40 d 内能够抽穗的品种为冬性品种,而当春化处理时间在 40 d 以上能够抽穗的品种为强冬性品种。也可根据春化天数和抽穗与否,进一步分成多级。

标准二 根据生长锥的形态评价。若需在短时间评价冬性强弱,可利用体视显微镜观察不同春化处理下小麦生长锥的形态。春化时间在 20 d 以内,生长锥能够进入二棱期的品种为弱冬性品种,春化时间在 20—40 d 内,生长锥进入二棱期的品种为冬性品种,而春化时间在 40 d 以上才进入二棱期的品种为强冬性品种。

4 展望

伴随育种科学的发展,人们对小麦生态型在育种上应用的研究越来越多,更深入地开展小麦生态特性研究对丰富小麦发育理论和解决生产实践问题具有十分重要的意义。本研究通过分期播种与人工春化相结合,建立了一套冬小麦冬性评价体系,可以准确判断小麦的生态型,为小麦的引种育种、种质评价、引种及应对自然灾害提供理论依据。近年来,国内外运用分子生物技术等手段对春化机理的研究,取得了瞩目的成就,人们对植物的春化和成花诱导有了更深入的了解,但很多与春化特性相关的机理依然停留在探索阶段^[32]。今后,针对春化相关基因的表达和调控,将是研究小麦冬性的热门方向^[33-34]。

References:

- [1] Qun J, Dong Y K, Wang H B. The research on wheat vernalization. *Journal of Hebei Agricultural Sciences*, 2000, 4(4): 59-63.
- [2] Liu Z Y, Chen B G, Xie Z S, Su Z R. Advances in plant ecotype classification. *Ecological Science*, 2004, 23(4): 365-369.
- [3] Metcalf C J E, Mitchell-Olds T. Life history in a model system: opening the black box with *Arabidopsis thaliana*. *Ecology Letters*, 2009, 12(7): 593-600.
- [4] Law C N, Dean C, Coupland G. Genes controlling flowering and strategies for their isolation and characterization. *The Molecular Biology of Flowering*, 1993: 47-68.
- [5] Yuan X Y, Li Y C, Yan Y T, Li L, Yin J. Molecular regulatory mechanisms of vernalization in wheat. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2008, 28(7): 1486-1490.
- [6] Liu L N, Liu W, Ye Q S. Advances on research of vernalization-related gene FLC. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2003, 23(12): 2229-2234.
- [7] Pusley A T. The impact of plant physiology on Australian wheat breeding. *Euphytica*, 1983, 32(3): 734-748.
- [8] Satake A. Diversity of plant life cycles is generated by dynamic epigenetic regulation in response to vernalization. *Journal of Theoretical Biology*, 2010, 266(4): 595-605.
- [9] Bálint A F, Szira F, Röder M S, galiba G, Börner A. Mapping of loci affecting copper tolerance in wheat—the possible impact of the vernalization gene *Vrn-A1*. *Environmental and Experimental Botany*, 2009, 65(2/3): 369-375.
- [10] Locatelli A B, Federizzi L C, Milach S C K, McElroy A R. Flowering time in oat: genotype characterization for photoperiod and vernalization response. *Field Crops Research*, 2008, 106(3): 242-247.
- [11] Majdi M, Karimzadeh G, Mahfoofi S. The relationship between developmental accumulation of leaf soluble proteins and vernalization response of wheat (*Triticum aestivum* L. em. Thell). *Agricultural Sciences in China*, 2009, 8(4): 410-417.
- [12] Herndl M, White J W, Hunt L A, Graeff S, Claupein W. Field-based evaluation of vernalization requirement, photoperiod response and earliness *per se* in bread wheat (*Triticum aestivum* L). *Field Crops Research*, 2008, 105(3): 193-201.
- [13] Satake A. Diversity of plant life cycles is generated by dynamic epigenetic regulation in response to vernalization. *Journal of Theoretical Biology*, 2010, 266(4): 595-605.
- [14] Zhang J, Wu S W, Liu B H, Song M F, Zhou P, Guo C Y, Zhan K H, Wang S H, Yang L, Dong D, Yu L Q, Li H L, Zhou Y, Yang J P. Genetic improvement of wheat growth habit and its molecular marker-assisted selection in yellow and huai river reaches. *Acta Agronomica Sinica*, 2010, 36(3): 385-390.
- [15] Huang J F, Hu H. The research on winter wheat vernalization and light phase in China. *Genetics Bulletin*, 1956, 1(1): 1-37.
- [16] Cui J L. The growth research on stage of vernalization of wheat in the east of China. *Acta Botanica Sinica*, 1995, 4(3): 245-254.
- [17] Cao W X. An Introduction to Crop. Beijing: Higher Education Press, 2001: 167-168.
- [18] Zhang A Z, Gao Z Q, Liu W P, Ban S L, Luan Q. Relationship of vernalization time with cold hardiness for different wheat varieties. *Chinese Journal of Agrometeorology*, 2007, 28(4): 403-405, 408-408.
- [19] Mi G H, Li W X. Effects of photo-thermal interaction on spikelet formation in spring wheats. *Acta Agronomica Sinica*, 1999, 25(2): 186-192.
- [20] Liang T B, Yong W D, Tan K H, XU J, Zhong K. Vernalization, a switch in initiation of flowering, promotes differentiation and development of spikelet in winter wheat. *Acta Botanica Sinica*, 2001, 43(8): 788-794.
- [21] Li C D, Cao W X, Zhang Y C, Liu T M. Relationship between characteristics of grain set and plant growth and development in winter and spring wheat varieties with different sowing dates. *Journal of Triticeae Crops*, 2000, 20(1): 59-62.
- [22] Kuang M, Xing G F. Research on winter wheat vernalization. *Journal of Southwest University of Science and Technology: Natural Science Edition*,

- 2005, 20(3): 61-65.
- [23] Yang Z Q, Yin J, Zhou R, Li J C. Study on vernalization character of different genotypes of wheat from Huanghuai wheat production area. *Journal of Triticeae Crops*, 2006, 26(2): 82-85.
- [24] Song X Y, Sun M. Effects of sowing time on young panicle differentiation process in wheat varieties of different ecotypes. *Journal of Shanxi Agricultural Sciences*, 2009, 37(7): 22-25.
- [25] Gao Q L, Xue X, Wu Y E, Ru Z G. Effects of sowing times on the spike differentiation of different wheat varieties under the climate of warm winter. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2003, 14(10): 1627-1631.
- [26] Yang H B, Li F Y, Xu C Z, Wang F H. Study on springness and winteriness of main wheat varieties in Shandong Province. *Journal of Shandong Agricultural Sciences*, 2009, (1): 43-46.
- [27] Sun D J, Min D H, Li X J, Feng Y. Discussion on winteriness and springness of wheat by quantitative identification in late sowing. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2001, 29(1): 28-29.
- [28] Xu S X, Zhu Z. *Map of Wheat Morphology and Anatomic Configuration*. Beijing: Beijing University Press, 1983: 5-7.
- [29] Wang G J, Wang P, Zhang M X, Hou Y L. Studies on selection theory for early maturity winter-wheat. *Seed Science and Technology*, 2009, 27(7): 33-33.
- [30] Jin S B. *Ecological Theory and Application of Wheat*. Hangzhou: Science and Technology Press of Zhejiang, 1992: 6-9.
- [31] Ye C F, Dai X W. *Seed*. Beijing: China Agriculture Press, 1994: 347-348.
- [32] Herndl M, White J W, Hunt L A, Graeff S, Claupein W. Field-based evaluation of vernalization requirement, photoperiod response and earliness *per se* in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Field Crops Research*, 2008, 105(3): 193-201.
- [33] Bólint A F, Szira F, Röder M S, Galiba G, Börner A. Mapping of loci affecting copper tolerance in wheat—the possible impact of the vernalization gene *Vrn-A1*. *Environmental and Experimental Botany*, 2009, 65(2/3): 369-375.
- [34] Locatelli A B, Federizzi L C, Milach S C K, McElroy A R. Flowering time in oat: genotype characterization for photoperiod and vernalization response. *Field Crops Research*, 2008, 106(3): 242-247.

参考文献:

- [1] 秦君, 董毓琨, 王海波. 冬小麦春化研究. *河北农业科学*, 2000, 4(4): 59-63.
- [2] 刘志彦, 陈北光, 谢正生, 苏志尧. 植物生态型分类研究进展. *生态科学*, 2004, 23(4): 365-369.
- [5] 袁秀云, 李永春, 闫延涛, 李磊, 尹钧. 小麦春化发育的分子调控机理研究进展. *西北植物学报*, 2008, 28(7): 1486-1490.
- [6] 刘丽娜, 刘伟, 叶庆生. 春化作用相关基因 FLC 的研究进展. *西北植物学报*, 2003, 23(12): 2229-2234.
- [14] 张晶, 吴锁伟, 刘秉华, 宋梅芳, 周朋, 郭春燕, 詹克慧, 王山茹, 杨丽, 董冬, 于立强, 李辉利, 周阳, 杨建平. 黄淮冬麦区小麦冬、春性改良及分子标记辅助选择技术初探. *作物学报*, 2010, 36(3): 385-390.
- [15] 黄季芳, 胡含. 中国秋播小麦春化阶段和光照阶段特性的研究. *遗传学集刊*, 1956, 1(1): 1-37.
- [16] 崔继林. 华东小麦品种春化阶段发育研究. *植物学报*, 1995, 4(3): 245-254.
- [17] 曹卫星. *作物学通论*. 北京: 高等教育出版社, 2001: 167-168.
- [18] 张爱芝, 高志强, 刘文平, 班胜林, 栾青. 各类小麦品种不同春化时间与抗寒性的关系. *中国农业气象*, 2007, 28(4): 403-405, 408-408.
- [19] 米国华, 李文雄. 温光互作对春性小麦小穗建成的效应. *作物学报*, 1999, 25(2): 186-192.
- [20] 梁铁兵, 雍伟东, 谭克辉, 徐继, 种康. 春化处理控制冬小麦的小穗发育. *植物学报*, 2001, 43(8): 788-794.
- [21] 李存东, 曹卫星, 张月晨, 刘铁梅. 不同播期下小麦冬春性品种小花结实特性及其与植株生长性状的关系. *麦类作物学报*, 2000, 20(1): 59-62.
- [24] 宋晓彦, 孙敏. 播期对不同生态型小麦品种幼穗分化的影响. *山西农业科学*, 2009, 37(7): 22-25.
- [25] 郜庆炉, 薛香, 吴玉娥, 茹振钢. 暖冬条件下播期对不同类型小麦幼穗分化的影响. *应用生态学报*, 2003, 14(10): 1627-1631.
- [26] 杨洪宾, 李福元, 徐成忠, 王法宏. 山东省当前主栽小麦品种春冬性强弱研究. *山东农业科学*, 2009, (1): 43-46.
- [27] 孙道杰, 闵东红, 李学军, 冯毅. 晚播法量化鉴定冬小麦品种冬春性的探讨. *安徽农业科学*, 2001, 29(1): 28-29.
- [28] 徐是雄, 朱徵. *小麦形态和解剖结构图谱*. 北京: 北京大学出版社, 1983: 5-7.
- [29] 汪官静, 王鹏, 张明祥, 侯延利. 早熟冬小麦选育理论探讨. *种子科技*, 2009, 27(7): 33-33.
- [30] 金善宝. *小麦生态理论与应用*. 杭州: 浙江科学技术出版社, 1992: 6-9.
- [31] 叶常丰, 戴心维. *种子学*. 北京: 中国农业出版社, 1994: 347-348.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 32, No. 4 February, 2012 (Semimonthly)

CONTENTS

The influence of a reclamation project on the macrobenthos of an East Nanhui tidal flat	MA Changan, XU Linlin, TIAN Wei, et al (1007)
Ecological health assessment of groundwater in the lower Liaohe River Plain using an ArcView-WOE technique	SUN Caizhi, YANG Lei (1016)
Nitrogen flows in intensive “crop-livestock” production systems typically for the peri-urban area of Beijing	HOU Yong, GAO Zhiling, MA Wenqi, et al (1028)
The simulation of leaf net photosynthetic rates in different radiation in apple canopy	GAO Zhaoquan, FENG Shezhang, ZHANG Xianchuan, et al (1037)
Phenological variation of typical vegetation types in northern Tibet and its response to climate changes	SONG Chunqiao, YOU Songcai, KE Linghong, et al (1045)
Soil moisture and temperature characteristics of forest-grassland ecotone in middle Qilian Mountains and the responses to meteorological factors	TANG Zhenxing, HE Zhibin, LIU Hu (1056)
Eco-hydrological effects of Qinghai spruce (<i>Picea crassifolia</i>) canopy and its influence factors in the Qilian Mountains	TIAN Fengxia, ZHAO Chuanyan, FENG Zhaodong, et al (1066)
Response of tree-ring width of <i>Pinus sylvestris</i> var. <i>mongolica</i> to climate change in Hulunbuir sand land, China	SHANG Jianxun, SHI Zhongjie, GAO Jixi, et al (1077)
Analysis of a dust case using lidar in Shanghai	MA Jinghui, GU Songqiang, CHEN Min, et al (1085)
Relating the distribution of zooplankton abundance in the coastal waters of central Fujian Province to the seasonal variation of water masses	TIAN Fengge, XU Zhaoli (1097)
Phenotypic traits of both larvae and juvenile <i>Crasstrea hongkongensis</i> and <i>C. gigas</i>	ZHANG Yuehuan, WANG Zhaoping, YAN Xiwu, et al (1105)
Inter-specific competition between <i>Prorocentrum donghaiense</i> and <i>Skeletonema costatum</i>	LI Hui, WANG Jiangtao (1115)
Effects of initial biomass ratio on the interspecific competition outcome between three marine microalgae species	WEI Jie, ZHAO Wen, YANG Weidong, et al (1124)
On the ecological amplitude of nitrate of <i>Alexandrium tamarense</i> at different initial phosphate concentrations in laboratory cultures	WEN Shiyong, SONG Lili, LONG Hua, et al (1133)
Time lag effects and rainfall redistribution traits of the canopy of natural secondary <i>Pinus tabulaeformis</i> on precipitation in the Qinling Mountains, China	CHEN Shujun, CHEN Cungen, ZOU Bocai, et al (1142)
The vertical distribution of vegetation patterns and its relationship with environment factors at the northern slope of Ili River Valley: a bimodal distribution pattern	TIAN Zhongping, ZHUANG Li, LI Jianguai (1151)
Comparative analysis of water related parameters and photosynthetic characteristics in the endangered plant <i>Tetraena mongolica</i> Maxim. and the closely related <i>Zygophyllum xanthoxylon</i> (Bunge) Maxim.	SHI Songli, WANG Yingchun, ZHOU Hongbing, et al (1163)
Antioxidant properties of four native grasses in Loess Plateau under drought stress	SHAN Changjuan, HAN Ruilian, LIANG Zongsuo (1174)
The effects of the addition of <i>Ceratobasidium stevensii</i> B6 and its growth on the soil microflora at a continuously cropped water-melon (<i>Citrullus lanatus</i>) site in China	XIAO Yi, WANG Xingxiang, WANG Hongwei, et al (1185)
Suitable habitat for the <i>Achnatherum splendens</i> community in typical steppe region of Inner Mongolia	ZHANG Yifei, WANG Wei, LIANG Cunzhu, et al (1193)
Spatio-temporal variability of soil salinity and its relationship with the depth to groundwater in salinization irrigation district	GUAN Xiaoyan, WANG Shaoli, GAO Zhanyi, et al (1202)
Spatial heterogeneity of soil saturated hydraulic conductivity on a slope of the wind-water erosion crisscross region on the Loess Plateau	LIU Chunli, HU Wei, JIA Hongfu, et al (1211)
Spatial and temporal variations of total nitrogen density in agricultural soils of the Songnen Plain Maize Belt	ZHANG Chunhua, WANG Zongming, JU Weimin, et al (1220)
The evaluation system of strength of winteriness in wheat	WANG Peng, ZHANG Chungqing, CHEN Huabang, et al (1230)
A comparison of summer habitats selected by sympatric <i>Apodemus chevrieri</i> and <i>Apodemus draco</i> in Tiangjiahe Nature Reserve, China	LI Yunxi, ZHANG Zejun, SUN Yiran, et al (1241)
Life tables for experimental populations of <i>Frankliniella occidentalis</i> on 6 vegetable host plants	CAO Yu, ZHI Junrui, KONG Yixian (1249)
Effect of diet switch on turnover rates of tissue nitrogen stable isotopes in fish based on the enrichment-dilution approach	ZENG Qingfei, GU Xiaohong, MAO Zhigang, et al (1257)
Recognition of important ecological nodes based on ecological networks analysis: A case study of urban district of Nanjing	XU Wenwen, SUN Xiang, ZHU Xiaodong, et al (1264)
Seasonal characteristics of CO ₂ fluxes above urban green space in the Pearl River Delta, China	SUN Chunjian, WANG Chunlin, SHEN Shuanghe, et al (1273)
Simulation and evaluation of groundwater seepage in contaminated sites: case study of TuoCheng County	WU Yizhong, ZHU Qinyuan, LIU Ning, LU Genfa, DAI Mingzhoet al (1283)
Review and Monograph	
Recent advances in wetland degradation research	HAN Dayong, YANG Yongxing, YANG Yang, LI Ke (1293)
A review concerning nitrogen accumulation and leaching in agro-ecosystems of oasis	YANG Rong, SU Yongzhong, WANG Xuefeng (1308)
Discussion	
The diversity of the radio-resistant bacteria <i>Deinococcus radiodurans</i>	TU Zhenli, FANG Lijing, WANG Jiagang (1318)
Effect of pruning measure on physiology character and soil waters of <i>Caragana korshinskii</i>	YANG Yongsheng, BU Chongfeng, GAO Guoxiong (1327)
Scientific Note	
Characteristics of rainfall interception for four typical shrubs in Qilian Mountain	LIU Zhangwen, CHEN Rensheng, SONG Yaoxuan, et al (1337)
Dormancy break approaches and property of dormant seeds of wild <i>Cryptotaenia japonica</i>	YU Mei, ZHOU Shoubiao, WU Xiaoyan, et al (1347)

《生态学报》2012 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的自然科学高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究原始创新性科研成果,特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评介和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 70 元/册,全年定价 1680 元。

国内邮发代号:82-7 国外邮发代号:M670 标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

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 32 卷 第 4 期 (2012 年 2 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 32 No. 4 2012

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:100071	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		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元