植物保护学报 Journal of Plant Protection，2018，45(2)：340-346 DOI：10.13802/j.cnki.zwbhxb.2018.2016075

# 冬小麦田大穗看麦娘种群动态及对小麦产量的影响

房 锋[1] 李 美[1*] 高兴祥[1] 李 健[1] 李 燕[2] 吕素洪[1]

（1. 山东省农业科学院植物保护研究所，山东省植物病毒学重点实验室，济南 250100；
2. 山东省农业科学院农业资源与环境研究所，济南 250100）

**摘要：**为明确麦田杂草大穗看麦娘*Alopecurus myosuroides*的田间种群发生动态规律，采用固定样方和随机样方取样方法于2013—2015年在山东省济南市研究了冬小麦田大穗看麦娘田间种群的萌发和生长动态，并分析了不同密度大穗看麦娘对小麦产量及其构成因素的影响。结果表明：在济南市小麦播后20~40 d为大穗看麦娘出苗高峰期，至11月下旬出苗量占全年出苗总量的97.1%。11月上旬，大穗看麦娘开始出现分蘖，至翌年4月上中旬结束，分蘖数平均每株为6.3个，比小麦多3.1个。3月下旬大穗看麦娘开始拔节，4月中旬平均株高超过小麦，5月下旬平均株高达到75.6 cm，高出小麦2.5 cm。5月上旬大穗看麦娘单茎平均鲜重达到最大为1.7 g，小麦为12.6 g。大穗看麦娘出苗、株高、分蘖和鲜重的变化与小麦变化趋势一致，与时间、温度密切相关。随着大穗看麦娘密度的增加，小麦产量急剧下降，当密度达到420株/m$^2$时，小麦产量损失率高达65.8%。大穗看麦娘对小麦产量构成因素中的穗密度影响最大，其次是穗粒数，对千粒重影响不显著，当密度为420株/m$^2$时，小麦穗密度减少55.2%，穗粒数减少26.4%。

**关键词：**大穗看麦娘；种群动态；小麦；产量

## Population dynamics of black-grass *Alopecurus myosuroides* in wheat fields and its effect on wheat yield components

Fang Feng[1] Li Mei[1*] Gao Xingxiang[1] Li Jian[1] Li Yan[2] Lü Suhong[1]

（1. Institute of Plant Protection, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan 250100, Shandong Province, China;
2. Institute of Agricultural Resources and Environment, Shandong Academy of Agricultural Sciences,
Jinan 250100, Shandong Province, China）

**Abstract:** To determine the population dynamics of black-grass *Alopecurus myosuroides*. Germination and growth dynamics of black-grass in winter wheat fields were determined by fixed quadrat sampling and random sampling in Jinan City, Shandong Province. Influences of different black-grass densities on winter wheat yield and its components were also investigated. The results showed that the peak of black-grass seedling emergence appeared 20−40 d after wheat seeding. By the end of November, the germination amount accounted for 97.1% of the total emergence. Tillers appeared in early November and ended in early April of the next year. Black-grass formed averagely 6.3 tillers per plant, 3.1 more than wheat. In late March, black-grass seedling entered jointing stage. Black-grass was higher than wheat after mid-April, and reached 75.6 cm in late May, 2.5 cm higher than wheat. The average fresh weight of each culm of black-grass and wheat were 1.7 g and 12.6 g in early May, respectively. The dynamics of emergence, tillering, height and fresh weight of black-grass were consistent with the trend of wheat, and

基金项目：山东省重点产业关键技术项目(2016CYJS03A01-4)，山东省农业科学院青年科研基金(2016YQN43)，山东省农业科学院农业科技创新工程(CXGC2016A09)

* 通信作者（Author for correspondence），E-mail：limei9909@163.com

收稿日期：2016-04-11

were closely related to time and temperature. With the increase of black-grass density, the yield of wheat decreased sharply. When the density reached 420/m$^2$, the yield loss rate was as high as 65.8%. The weeds had the largest effect on spike density factors in wheat yield, followed by the grain number per spike, but no significant effect on 1 000-grain weight. Spikes and grain number per spike of wheat were reduced by 55.2% and 26.4% when the black-grass number rose from 0 to 420 plants/m$^2$.

**Key words:** *Alopecurus myosuroides*; population dynamics; wheat; yield

大穗看麦娘为一年生草本，产自中国台湾，在欧亚两洲的温带均有分布（李扬汉，1998）。从20世纪60年代，该杂草开始在欧洲西北部及中部发生发展，目前已成为农田危害最重的杂草之一（Presyon et al.，2002；Mennan & Isik，2004），也是欧洲抗药性最为严重的杂草之一，至少在10多个国家被报道为抗性杂草（Moss et al.，2007）。据报道，大穗看麦娘种子繁殖能力强，适生范围广，易传播（Barralis，1970；Moss，1981），且根系能够产生非常强的化感物质影响小麦根系生长（Marczewska-Kolasa et al.，2010）。高兴祥等（2014；2016）于2014年首次报道在中国大陆的鲁西北平原和鲁中山区麦田有大穗看麦娘发生，并研究了啶磺草胺、甲基二磺隆、唑啉草酯、炔草酯、精噁唑禾草灵、氟唑磺隆、肟草酮和异丙隆等药剂对其的防除效果，发现啶磺草胺、甲基二磺隆、唑啉草酯、炔草酯和精噁唑禾草灵的防除效果较好。

随着小麦引种、调种频繁，耕作模式转变及除草剂使用等因素导致麦田杂草群落演替加快，冬麦田由原来以阔叶杂草为优势的杂草群落逐渐演变为单双子叶杂草混合发生的群落，单子叶杂草发生危害加重（蒋仁棠等，1991；王金信，1998；高兴祥等，2014）。本课题组在黄淮海地区调查发现该杂草目前在山东省济南、泰安、济宁、淄博、滨州等市和河北省保定市、河南省等地的冬小麦田成为区域性恶性杂草（高兴祥等，2014；2016），在我国冬小麦种植区呈快速蔓延趋势。大穗看麦娘有较强的竞争能力和繁殖能力，如果不能有效控制，该杂草会迅速蔓延，将对小麦生产造成严重损失（Blair et al.，1999；Mennan & Isik，2004）。杂草的生物学特性受土壤、环境因素影响较大（Lutman et al，2013），而有关大穗看麦娘生物学特性、对小麦的危害等在国内尚未见报道。

本试验选在大穗看麦娘分布区域山东省济南市的冬麦田进行，采用田间固定样方调查和随机取样方法，详细调查大穗看麦娘在田间的发生规律及生长动态，并探究不同密度的大穗看麦娘对小麦产量及产量构成因素的影响，旨在为明确大穗看麦娘的危害及其科学治理提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

试验于2013—2015年在山东省济南市郊区（36°72′N，117°07′E）的冬小麦田进行，该试验田大穗看麦娘发生严重，为夏玉米–冬小麦轮作田，耕作方式为秸秆还田浅旋耕。试验田面积2.5 hm$^2$，隔离出其中667 m$^2$为试验区，其中333 m$^2$为产量影响试验区，334 m$^2$为调查取样试验区。小麦分别于2013年10月3日和2014年10月3日人工播种，收获时间分别为2014年6月2日和2015年6月2日，品种为济麦22，播种量为202.5 kg/hm$^2$，试验过程中不使用除草剂，人工拔除其它杂草。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 大穗看麦娘田间出苗动态的调查

参考张少逸（2012）方法，自小麦播种后，在调查取样试验区分3行（行间距2 m），每行4个（间距10 m），共选取12个0.5 m×0.5 m样方，插牌固定。行间交叉选取其中6个样方，每周连根拔除1次样方内出苗的大穗看麦娘，记录所拔除株数。另外6个样方设为不拔除处理，每周调查统计样方内大穗看麦娘的总株数，大穗看麦娘开始分蘖后，统计总分蘖数（茎数），并观察记录小麦和大穗看麦娘的生育期变化。

#### 1.2.2 田间大穗看麦娘与小麦生物量的测定

自调查取样试验区小麦出苗后，每周调查1次大穗看麦娘和小麦的分蘖、株高、鲜重等生物量变化情况，直至收获（12月下旬至2月下旬由于温度较低，冬小麦和杂草生物量变化较小，另外由于降雪覆盖等原因，调查有间断）。在调查取样试验区固定样方以外区域，每周随机选取5点，每点随机采集20株（或20茎）大穗看麦娘和小麦植株，根系全部取出，装入自封袋迅速带回实验室。使用自来水冲洗干净植株上的泥土，然后放置在吸水纸上自然晾干植株表面水分。分别调查记录大穗看麦娘和小麦的生长发育情况，记录二者单株分蘖数、株高、鲜重等指标。抽穗前株高的测量标准为从根基部至叶片最顶端，抽穗后株高标准为根基部至穗顶端。

**1.2.3** 大穗看麦娘对小麦产量影响的测定

在产量影响试验区内人工播种小麦和大穗看麦娘，田间大穗看麦娘密度分别控制为0、10、20、40、60、80、160、320、640和1 280株/m²，每个处理重复4次。小区面积2.25 m²(1.5 m×1.5 m)，随机排列，小区间留50 cm的隔离行。试验小区内大穗看麦娘分冬前、初春、返青期3次定苗，冬前依据略高于设定密度初步定苗，初春、返青期确定大穗看麦娘实际株密度。由于种间和种内竞争及越冬冻害等原因，返青期定株时，该杂草未能达到试验设置最高密度1 280株/m²，最高密度为420株/m²，不符合试验设计要求的密度小区，则根据小区实际密度，添置其它处理。每个杂草密度保证至少重复3次计算最终结果。小麦收获前10 d，大穗看麦娘对小麦产量影响基本不再变化，拔出试验区杂草，调查杂草最终茎数和鲜重。小麦收获时，每小区去掉边行取1 m²，调查小麦穗密度，并实收测产；同时每小区顺序取50穗，带回室内考种，测量穗粒数和千粒重等产量指标，比较分析不同杂草密度处理之间的小麦产量及对小麦产量构成因素的影响。

### 1.3 数据分析

试验数据采用SPSS 19.0软件进行统计分析，并应用Duncan氏新复极差法进行差异显著性检验。

## 2 结果与分析

本研究于2013年10月—2015年6月连续进行2个生长周期试验，2组试验数据趋势一致，且前期数据处理分析显示年度间无显著性差异，因此统一对2个生长周期的试验数据取平均进行综合分析。

### 2.1 大穗看麦娘田间种群动态变化

**2.1.1** 出苗动态变化

上茬作物夏玉米收获前，大穗看麦娘在田间有少量出苗，但随着小麦播种前土地耕作大部分出苗的大穗看麦娘死亡或者被掩埋。小麦播种后至11月下旬，周平均气温从18.5℃降至9.0℃，在每周拔除杂草处理中大穗看麦娘出苗数较高，累计出苗1 193株/m²，占整个生长季出苗量的97.1%，为大穗看麦娘出苗高峰期。其中出苗最多的1周在11月上旬，周平均气温为12.2℃，共出苗291株/m²，占整个生长季出苗量的23.7%。之后随着气温的迅速降低，大穗看麦娘出苗也迅速减少。至12月中旬，周平均气温降至3.3℃以下，大穗看麦娘冬前出苗结束。翌年1—2月，周平均气温在1.2~4.8℃之间，无大穗看麦娘出苗；3月周平均气温升至4.7℃，大穗看麦娘有零星出苗，4月出苗结束。

在每周调查但不拔除处理中，从10月上旬至翌年4月上旬大穗看麦娘田间发生茎数一直在升高，最高值在4月上旬，可达1 393茎/m²。从4月上旬至成熟期，大穗看麦娘和小麦均处于拔节快速生长期，随着杂草种内竞争及与小麦生长的竞争，部分大穗看麦娘开始凋亡，由1 393茎/m²降低至976茎/m²(图1)。

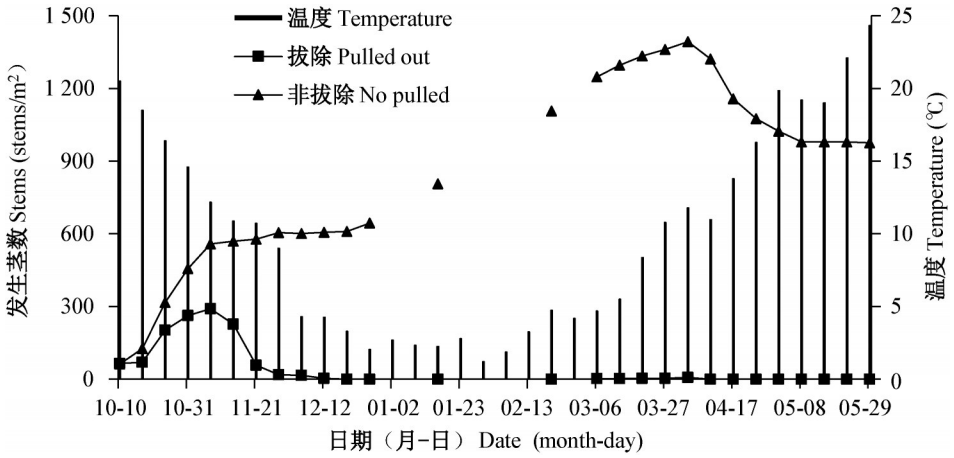


**图1 山东省济南市大穗看麦娘在冬小麦田的发生动态**

Fig. 1 Population dynamics of black-grass in winter wheat fields in Jinan City, Shandong Province

**2.1.2** 大穗看麦娘的分蘖动态

小麦播后1个月，约11月上旬，大穗看麦娘和小麦均开始出现分蘖，12月下旬，周平均气温降至2.0℃，二者分蘖分别为每株2.8个和3.4个。翌年1月到4月上中旬，周平均气温从1.2℃升至11.8℃，二者分蘖结束，分别增长到每株9.2个和7.2个，大穗看麦娘每株分蘖数超过小麦分蘖数2.0个。此后，随着大穗看麦娘和小麦的快速生长，部分分蘖未能成

为有效分蘖，5月上中旬大穗看麦娘和小麦的有效分蘖趋于稳定，分别为每株6.3个和3.2个，大穗看麦娘每株分蘖数比小麦单株多3.1个（图2）。表明大穗看麦娘分蘖能力强于小麦，二者分蘖趋势基本一致，且和温度密切相关。

**2.1.3**　大穗看麦娘的株高动态变化

大穗看麦娘和小麦出苗后的植株高度生长趋势一致，播后至12月中旬，平均株高分别达到8.7 cm和15.3 cm；12月中旬后，周平均气温降至3.3℃，二者株高均变化缓慢；翌年1—2月，周平均气温在1.2~4.8℃之间，大穗看麦娘和小麦处于越冬期，叶片披散，紧贴地面，株高增长缓慢；由于低温冻害等原因，平均株高较越冬期前略有降低，分别为7.2 cm和14.3 cm。3月中旬周平均温度达到5.5℃，大穗看麦娘和小麦开始返青生长，此时平均株高分别为7.8 cm和16.2 cm；3月下旬周平均气温上升至8.4℃，二者均开始拔节快速生长，4月中旬，平均株高分别为49.5 cm和48.0 cm，大穗看麦娘开始超过小麦。5月上旬周平均气温为19.9℃，二者株高趋于稳定，至5月下旬收获期，周平均气温为24.3℃，大穗看麦娘平均株高达到75.6 cm，较同期小麦平均株高高出2.5 cm（图3）。

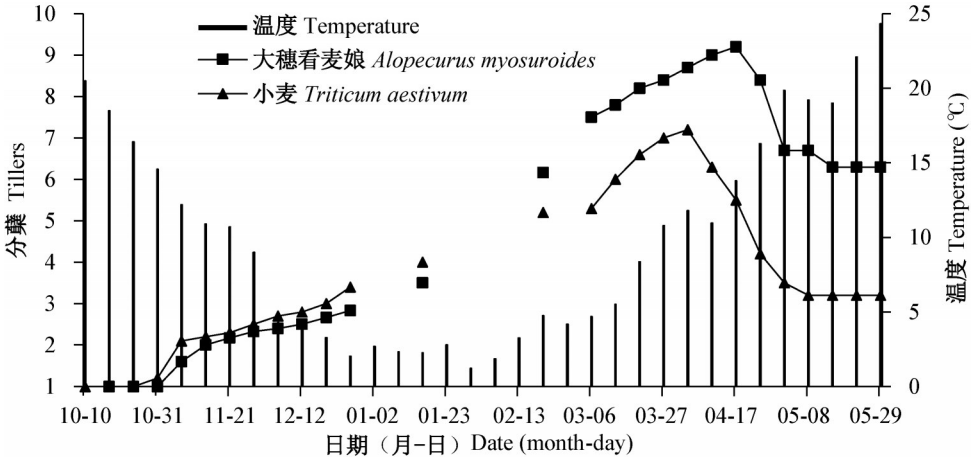


**图2　山东省济南市大穗看麦娘在冬小麦田的分蘖动态**

Fig. 2　Tiller dynamics of black-grass in winter wheat fields in Jinan City, Shandong Province

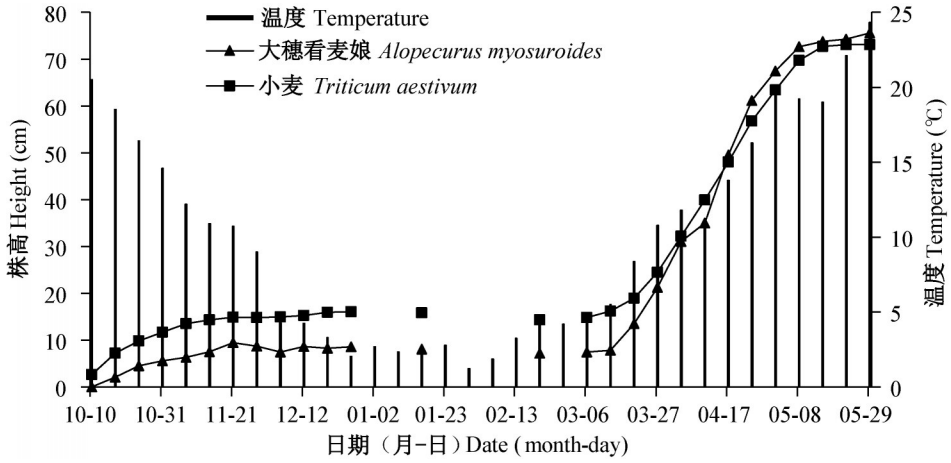


**图3　山东省济南市大穗看麦娘在冬小麦田的平均株高变化**

Fig. 3　Plant average height dynamics of black-grass in winter wheat fields in Jinan City, Shandong Province

**2.1.4**　大穗看麦娘的鲜重动态变化

从出苗至第2年2月下旬，大穗看麦娘和小麦单茎鲜重增长缓慢，至2月下旬大穗看麦娘单茎平均鲜重约0.3 g，小麦单茎平均鲜重约1.7 g。3月上旬至5月上旬，周平均气温迅速从4.7℃上升至19.9℃，大穗看麦娘单茎和小麦单茎平均鲜重迅速增加，差距逐步拉大，5月上旬二者单茎平均鲜重均达最大，分别为1.7 g和12.6 g，后者是前者的7.4倍。之后大穗看麦娘和小麦进入成熟期，植株水分逐渐减少，单茎平均鲜重均显著降低，分别降至1.1 g和9.5 g（图4）。

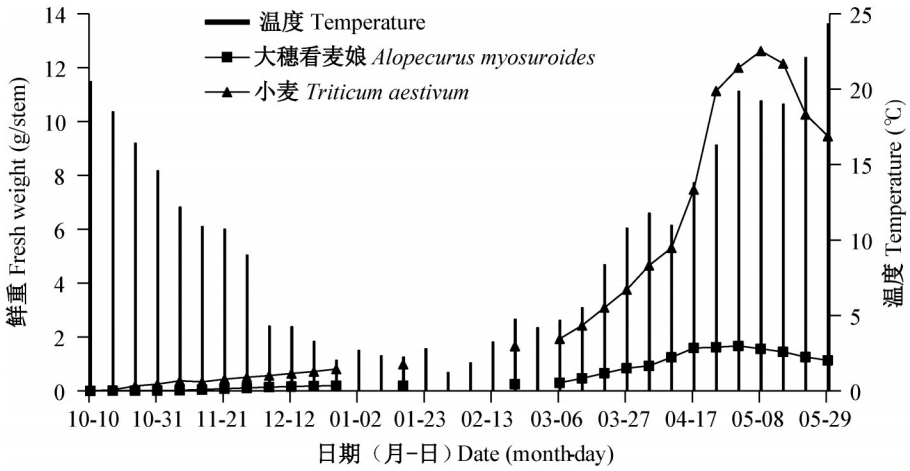


**图4 山东省济南市大穗看麦娘在冬小麦田的单茎平均鲜重变化**

Fig. 4 Black-grass average fresh weight dynamics in winter wheat fields in Jinan City, Shandong Province

## 2.2 大穗看麦娘对小麦产量及构成因素的影响

### 2.2.1 对小麦产量的影响

当大穗看麦娘密度为10株/m²时，该杂草发生茎数为91.7茎/m²，鲜重为107.2 g/m²，和无大穗看麦娘发生对照区相比，小麦产量已显著降低，损失率达4.6%；当密度为240株/m²时，该杂草发生茎数为815.0茎/m²，鲜重为1 127.4 g/m²，小麦产量损失率为52.3%；当达到最大密度420株/m²时，小麦产量损失率高达65.8%，此时该杂草发生茎数为1 300.0茎/m²，鲜重为1 416.9 g/m²（表1）。对大穗看麦娘发生密度与小麦产量损失率进行线性拟合，方程为 $y=0.1437x+11.084$，$R^2=0.9499$，说明小麦产量的变化规律与大穗看麦娘发生密度呈负相关，小麦产量随着杂草密度的增加而迅速降低。

**表1 大穗看麦娘对小麦产量及其构成因素的影响**

Table 1 Influences of black-grass on wheat yield and components

| 大穗看麦娘 Black-grass (Plants/m²) | 杂草茎数 Stem number of black-grass (Stems/m²) | 杂草鲜重 Fresh weight of black-grass (g) | 小麦穗密度 Spike density of wheat (×10⁶ spikes/hm²) | 小麦穗粒数 Grains per spike wheat | 千粒重 Thousand-grain weight (g) | 产量损失率 Yield loss late (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | – | – | 6.7±0.3 a | 28.4±1.2 a | 41.5±1.1 a | – |
| 10 | 91.7±13.4 g | 107.2±18.6 ef | 6.6±0.3 a | 29.2±1.2 ab | 42.3±1.9 a | 4.6±0.4 h |
| 20 | 168.7±19.1 fg | 257.9±31.9 e | 6.4±0.2 ab | 28.3±0.6 ab | 40.4±1.0 a | 11.6±1.2 g |
| 40 | 218.0±21.5 ef | 329.8±25.7 de | 6.1±0.3 b | 27.0±0.7 ab | 41.3±1.6 a | 21.3±1.7 f |
| 60 | 319.3±31.9 e | 439.2±16.7 d | 5.3±0.4 c | 27.9±0.7 bc | 40.9±1.2 a | 21.7±1.6 f |
| 120 | 590.0±62.1 d | 682.2±39.3 c | 5.1±0.3 cd | 26.0±0.9 c | 42.7±1.9 a | 31.3±2.8 e |
| 210 | 680.7±62.5 d | 759.7±136.4 c | 4.8±02 d | 25.8±0.9 c | 40.2±2.3 a | 38.7±3.9 d |
| 240 | 815.0±51.3 c | 1 127.4±150.5 b | 4.3±0.2 e | 21.2±1.5 d | 43.1±2.8 a | 52.3±4.4 c |
| 330 | 1 152.5±156.4 b | 1 307.5±153.1 a | 3.5±0.2 f | 22.2±0.7 d | 42.4±1.5 a | 60.8±4.1 b |
| 420 | 1 300.0±87.8 a | 1 416.9±76.1 a | 3.0±0.3 g | 20.9±0.8 d | 43.6±2.6 a | 65.8±1.8 a |

表中数据为平均数±标准误。同列不同字母表示经Duncan氏新复极差法检验在 $P<0.05$ 水平差异显著。Data are mean±SE. Different letters in the same column indicate significant difference at $P<0.05$ level by Duncan's new multiple range test.

### 2.2.2 对小麦穗密度、穗粒数和千粒重的影响

随着大穗看麦娘发生密度的增加，小麦穗密度显著降低，当大穗看麦娘密度从0升至240株/m²时，小麦穗密度从6.7×10⁶穗/hm²降低到4.3×10⁶穗/hm²，减少了36.2%。当大穗看麦娘密度达到420株/m²时，小麦穗密度仅为3.0×10⁶穗/hm²，减少了55.2%（表1）。对不同密度大穗看麦娘与小麦穗密度关系进行线性拟合，其方程为 $y=-0.0117x+5.286$，$R^2=0.9572$。结合大穗看麦娘对小麦产量损失率的影响，可以看出大穗看麦娘在对小麦产量的影响中，降

低小麦穗密度是影响产量的主要途径。

大穗看麦娘密度从0增加至420株/m²，小麦单穗平均粒数从28.4减少至20.9，减少26.4%。对大穗看麦娘发生密度与小麦穗粒数进行线性拟合，其方程为$y=-0.0197x+28.556$，$R^2=0.8770$，由此可知降低小麦穗粒数是大穗看麦娘对小麦产量影响的重要途径。不同密度大穗看麦娘处理之间小麦千粒重差异不显著，均在40.2~43.6 g之间，表明大穗看麦娘对小麦千粒重无显著影响。

## 3 讨论

本研究明确了大穗看麦娘在田间随着时间和温度的变化其出苗、分蘖、株高和鲜重等生长发育指标的动态变化规律，并与冬小麦的生长动态变化进行了对比分析。Barralis（1970）报道了大穗看麦娘种子成熟于早夏，经过几个月的休眠期，绝大部分在秋季萌发，少数种子经过二次休眠后于深冬或早春萌发。这与本试验中小麦播后1周至11月下旬为麦田大穗看麦娘出苗高峰期，出苗量占整个生长季出草总量的97.1%的结论基本一致。田间大穗看麦娘种群的萌发、生长动态还与小麦的耕作方式、播种时间和生长环境密切相关（Chauvel et al.，2000；Lutman et al.，2013），如小麦晚播及小麦播种后长期干旱等都会影响大穗看麦娘的萌发及生长。Colbach et al.（2002；2006）研究发现大穗看麦娘萌发要求温度在0℃以上，在3~26℃之间种子的萌发率无显著差异，但萌发速率随着温度升高呈现出加快增长的趋势；Froud-Williams（1981）和Menck（1968）报道了大穗看麦娘最佳萌发温度为8~20℃。本试验结果表明，12月中旬后周平均气温降至3.3℃以下，大穗看麦娘冬前出苗结束，这时夜间最低温度均在0℃以下，这与上述报道结果基本相同。房锋等（2014）研究发现节节麦*Aegilops tauschii*在冬小麦田的出苗时间主要在10月下旬—11上旬，该时间段出苗量占总出苗量的75.0%以上，当周平均气温低于5℃时，基本不再出苗，与本研究结果也大致相同。本研究发现大穗看麦娘的分蘖能力显著强于小麦，这可能与调查时二者的取样点有关系。田间小麦分垄种植，小麦种植密度较大，种内、种间竞争激烈，而大穗看麦娘大多取自小麦种植的垄间，竞争压力相对较小。田间小麦和禾本科杂草密度遵循“自疏法则”（White & Harper，1970），有效分蘖数与其播种量、杂草密度及水肥等条件都密切相关（张永江等，2008）。分蘖冗余是一种生态对策，能够减少外界环境变化对其繁殖的不利影响（盛承发，1990）。大穗看麦娘的分蘖时间在11月上旬至翌年4月上中旬，周平均温度在1.2~13.8℃之间，这和麦田节节麦的分蘖规律基本一致（房锋等，2014）。

本研究中，试验田小麦播种量为202.5 kg/hm²，当大穗看麦娘密度为10株/m²时，小麦的产量损失率达4.6%；当大穗看麦娘密度为240株/m²时，小麦的产量损失率为52.3%；Mennan & Isik（2004）报道在土耳其的哈夫扎和喀勒曼当大穗看麦娘密度大于10株/m²时，小麦产量就呈线性降低，当密度增加至100株/m²时，小麦减产多达1 000 kg/hm²，与本试验结果基本一致。大穗看麦娘对小麦产量构成因素中的穗密度影响最大，其次是穗粒数，对千粒重无显著影响，这一规律与节节麦及菵草*Beckmannia syzigachne*对小麦产量的影响基本一致（李俊等，2010；房锋等，2014）。此外，大穗看麦娘植株高于小麦，但茎秆较细弱，单茎平均鲜重最大为1.7 g，仅为小麦的13.5%，田间群体过大时，容易倒伏，从而造成小麦倒伏，影响小麦机械收获，造成较大的产量损失。

综上所述，冬小麦田大穗看麦娘种群有极强的竞争能力，抢占小麦生长空间，可显著降低小麦穗密度和穗粒数，造成小麦大幅减产，一旦发生宜尽早防除。本研究结果表明，越冬前大穗看麦娘出苗率可达97.1%，所以田间防除可利用冬前杂草植株小、分蘖少、对除草剂较为敏感的特点，在冬前杂草基本出齐后，选用适当药剂进行防除。若冬前未能及时防除的，应在冬后返青期尽早防除，以免对小麦造成较大影响。除草剂均有各自的杀草谱，高兴祥等（2016）报道啶磺草胺、甲基二磺隆、唑啉草酯、炔草酯和精噁唑禾草灵对其防除效果较好，且冬前用药效果明显好于冬后。低温对许多除草剂的活性有较大影响（李美等，2007；2016；高兴祥等，2016），小麦越冬期不建议进行化学防除。大穗看麦娘的萌发生长动态是否还受到小麦不同耕作方式、播种时间及环境条件等的影响，仍需进一步试验研究。

### 参 考 文 献（References）

Barralis G. 1970. La biologie du vulpin des champs (*Alopecurus agrestis* L.). I. dormance primaire et faculté germinative. Revue Générale de Botanique, 77: 429−433

Blair AM, Cussans JW, Lutman PJW. 1999. A biological framework for developing a weed management support system in winter wheat: weed competition and time of control.//1999 Brighton Crop Protection Conference: Weeds Proceedings of an International Conference, Brighton, UK, 15−18 November 1999, pp. 753−760

Chauvel B, Munier-Jolain N, Letouze A, Grandgirard D. 2000. Developmental patterns of leaves and tillers in a black-grass population (*Alopecurus myosuroides* Huds.). Agronomie, 20(3): 247−257

Colbach N, Chauvel B, Dürr C, Richard G. 2002. Effect of environmental conditions on *Alopecurus myosuroides* germination. I. Effect of temperature and light. Weed Research, 42(3): 210−221

Colbach N, Dürr C, Roger-Estrade J, Chauvel B, Caneill J. 2006. AlomySys: modelling black-grass (*Alopecurus myosuroides* Huds.) germination and emergence, in interaction with seed characteristics, tillage and soil climate. I. Construction. European Journal of Agronomy, 24(2): 95−112

Fang F, Zhang CX, Huang HJ, Li M, Gao XX, Li Y, Wei SH. 2014. The occurrence of Tausch's goatgrass (*Aegilops tauschii* Coss.) in wheat fields and its effect on wheat yield. Acta Ecologica Sinica, 34(14): 3917−3923 (in Chinese) [房锋, 张朝贤, 黄红娟, 李美, 高兴祥, 李燕, 魏守辉. 2014. 麦田节节麦发生动态及其对小麦产量的影响. 生态学报, 34(14): 3917−3923]

Froud-Williams RJ. 1981. Germination behaviour of *Bromus* species and *Alopecurus myosuroides*.//Proceedings 1981 Association of Applied Biologists Conference: Grass Weeds in Cereals in the United Kingdom, Reading, UK, pp. 31−40

Gao XX, Li M, Fang F, Zhang YL, Sun ZW, Qi JS. 2014. Species composition and characterization of weed community in wheat fields in Shandong Province. Acta Prataculturae Sinica, 23(5): 92−98 (in Chinese) [高兴祥, 李美, 房锋, 张悦丽, 孙作文, 齐军山. 2014. 山东省小麦田杂草组成及群落特征. 草业学报, 23(5): 92−98]

Gao XX, Sun ZW, Li M, Fang F, Li J, Wu JJ, Li MS. 2016. The effect of herbicide application timing and dosage on control of *Alopecurus myosuroides* in winter wheat. Acta Prataculturae Sinica, 25(8): 172−179 (in Chinese) [高兴祥, 孙作文, 李美, 房锋, 李健, 吴加军 李茂昇. 2016. 大穗看麦娘化学防控田间效果评价. 草业学报, 25(8): 172−179]

Jiang RT, Tan WJ, Tang JY, Liu ZD, Chen P, Jiao XC. 1991. Weed occurrence and chemical control strategy in wheat field in Shandong Province. Weed Science, 9(4): 3−5 (in Chinese) [蒋仁棠, 谈文瑾, 唐吉燕, 刘忠德, 陈平, 焦学常. 1991. 山东省麦田杂草发生及其化学防除策略研究. 杂草科学, 9(4): 3−5]

Li J, Rao N, Dong LY, Zhang HJ. 2010. Occurrence dynamics of *Bechmannia syzigachne* in winter wheat and its influence on growth and production of winter wheat. Journal of Nanjing Agricultural University, 33(3): 67−70 (in Chinese) [李俊, 饶娜, 董立尧, 张宏军. 2010. 稻茬麦田茵草发生动态及其对小麦生长和产量的影响. 南京农业大学学报, 33(3): 67−70]

Li M, Gao XX, Gao ZJ, Zhao W, Liu JK. 2007. Evaluating on herbicide efficacy against *Galium aparina* L. in wheat fields. Agrochemicals, 46(12): 857−859 (in Chinese) [李美, 高兴祥, 高宗军, 赵维, 刘家魁. 2007. 几种除草剂防除猪殃殃效果评价. 农药, 46(12): 857−859]

Li M, Gao XX, Li J, Fang F, Sun ZW. 2016. Occurrence status, control difficulties and control techniques of weeds in winter wheat field in Huang-Huai-Hai region. Shandong Agricultural Science, 48(11): 119−124 (in Chinese) [李美, 高兴祥, 李健, 房锋, 孙作文. 2016. 黄淮海冬小麦田杂草发生现状、防除难点及防控技术. 山东农业科学, 48(11): 119−124]

Li YH. 1998. Weed flora of China. Beijing: China Agriculture Press, pp. 1158−1159 (in Chinese) [李扬汉. 1998. 中国杂草志. 北京: 中国农业出版社, pp. 1158−1159]

Lutman PJW, Moss SR, Cook S, Welham SJ. 2013. A review of the effects of crop agronomy on the management of *Alopecurus myosuroides*. Weed Research, 53(5): 299−313

Marczewska-Kolasa K, Bortniak M, Domaradzki K. 2010. Allelopathy effect of *Alopecurus myosuroides* on root growth of winter wheat. Progress in Plant Protection, 50: 820−822

Menck BH. 1968. Biologie des Ackerfuchschwanzes (*Alopecurus myosuroides* Huds.) und seine Verbreitung in Schleswig-Holstein. Ph. D Thesis. Kiel, Germany: Christian-Albrecht-Universität zu Kiel, pp. 250

Mennan H, Isik D. 2004. The competitive ability of *Avena* spp. and *Alopecurus myosuroides* Huds. influenced by different wheat (*Triticum aestivum*) cultivars. Turkish Journal of Agriculture & Forestry, 28(4): 245−251

Moss SR. 1981. The response of *Alopecurus myosuroides* during a four year period to different cultivations and straw disposal systems.// Proceedings of Grass Weeds in Cereals in the United Kingdom Conference, pp. 15−21

Moss SR, Perryman SAM, Tatnell LV. 2007. Managing herbicide-resistant blackgrass (*Alopecurus myosuroides*): theory and practice. Weed Technology, 21(2): 300−309

Presyon CD, Pearman DA, Dines TD. 2002. New atlas of the British and Irish flora. Oxford, UK: Oxford University Press

Sheng CF. 1990. Growth tediousness as an explanation of over-compensation of crops for insect feeding. Chinese Journal of Applied Ecology, 1(1): 26−30 (in Chinese) [盛承发. 1990. 生长的冗余—作物对于虫害超越补偿作用的一种解释. 应用生态学报, 1(1): 26−30]

Wang JX. 1998. The weed occurrence and chemical control in wheat filed in Shandong Province. Agrochemicals, 37(2): 11−12, 19 (in Chinese) [王金信. 1998. 山东省麦田杂草发生及其化学防除. 农药, 37(2): 11−12, 19]

White J, Harper JL. 1970. Correlated changes in plant size and number in plant populations. Journal of Ecology, 58(2): 467−485

Zhang SY. 2012. Study on the occurrence and chemical control of *Solanum rostratum* in Beijing. Master Thesis. Tai'an: Shandong Agricultural University (in Chinese) [张少逸. 2012. 北京地区刺萼龙葵发生动态及化学防控研究. 硕士学位论文. 泰安: 山东农业大学]

Zhang YJ, Wang WX, Xu Y, Yao CZ, Luo XC, Yuan XF. 2008. Research on wheat tillers and panicle characteristics. Modern Agricultural Science and Technology, (24): 168−169 (in Chinese) [张永江, 王文新, 徐燕, 姚存章, 罗学超, 袁雪峰. 2008. 小麦分蘖及成穗特性研究. 现代农业科技, (24): 168−169]

（责任编辑：李美娟）