

矮败麦的生长发育特性及传粉特点分析

孙家柱, 郭仁峻, 尹峻玉, 王卫红, 田立平, 孟荣华

(北京市农林科学院作物研究所, 北京 100089)

摘要: 1997~ 1999 年对 44 个转育多代的矮败麦材料和父母本花期相遇程度不同的 6 个群体进行了有关数据的调查、分析, 结果表明: (1) 矮败麦的株高、抽穗期和开颖期(分别以 S_1 , S_2 , S_3 表示)与其姊妹散粉株的对应性状(F_1 , F_2 , F_3)的关系分别是: $S_1= 0.598F_1(R^2= 0.488)$, $S_2= 3.537 + 0.814F_2(R^2= 0.600)$, $S_3= 5.771 + 0.856F_3(R^2= 0.500)$ 。另外矮败麦还表现为成穗多, 结实率低, 子粒饱满度和粒重不高, 但我们所用是其后代可育株, 故对矮败麦的选择标准要适当放宽。(2) 矮败麦的穗下节伸长(抽穗)速度只及其可育株的 58.5%, 伸长速度无明显的高峰, 但其伸长的持续期稍长, 这说明矮化和发育推迟可能是同一发育现象所导致的两个结果。(3) 可育株、不育株开花、开颖之间的时间间隔和其穗子之间的空间间隔的大小对株间传粉和不育株结实都至关重要。小麦自花授粉作物的花器特点对及时高效地接受外来花粉有一定的障碍作用, 所以人工辅助授粉可提高不育株的结实率。相比之下矮败麦更容易接受来自距离稍远一些的花粉, 这对于进行异交传粉特别是矮秆群的传粉和杂交具有重要价值。

关键词: 矮败小麦; 发育进度; 节间; 伸长模式; 传粉规律

中图分类号: S512.101 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000- 7091(2001)03- 0006- 06

矮败麦是以显性矮秆基因(Rht10)标记了的太谷核不育小麦, 是我国特有的雄性不育种质资源。由于该显性矮秆基因和显性核不育基因(Tal)紧密连锁, 在拔节早期即可通过矮秆性状便捷地辨别育性, 给群体中的选株与杂交提供了方便。有关矮败麦的某些形态与发育特点前人已有过一些研究^[1~ 4], 然而如果能从不同遗传背景矮败麦的形态建成过程进一步剖析矮败麦的生长发育特性并进一步研究群体中的传粉问题, 这对于更好地利用矮败麦开展小麦的群体改良具有重要意义, 但尚未见专门的报道。根据我们 1997 年以来的研究结果, 探讨矮败麦在形态建成上的特点及其对传粉结实的影响, 为单株选择和亲本的田间布局奠定基础。

1 材料和方法

本研究于 1997~ 1999 年在北京市农林科学院作物研究所实验场进行, 不同研究目标的取材和处理方法如下:

(1) 将 44 个不同遗传背景的矮败麦双行区点播, 株距 6 cm, 行距 30 cm, 调查不育株及其姊妹散粉株的发育期, 收获后各取样 10 株对总小穗数、结实率、粒重等性状进行考种。

收稿日期: 2000- 08- 28

基金项目: 北京市自然基金项目(6972005); 新星计划资助项目(951872500)

作者简介: 孙家柱(1961-), 男, 硕士, 副研究员, 主要从事小麦育种方面的研究工作。

(2)在上述的 44 个材料中取 5 个形态和发育上有代表性的材料, 抽穗前在每个材料的散粉株和不育株中各取 10 个穗尖和旗叶叶舌齐平的单茎, 定期测量穗子抽出的长度以计算各自的抽穗速度, 收获后对茎高、节间、穗子和旗叶长进行调查和比较。

(3)为了研究矮败麦群体的传粉问题, 我们以不育株种子混合播成 6 个“十”字型母本区, 十字区的中心分别播种抽穗期不同的 6 类育性正常的材料作为父本区(面积 1 m²), 再结合分期播种进一步拉开花期, 拔节后拔除母本区中的可育株, 靠父本区传来的花粉结实, 收获前按距父本区距离及方位不同分别取样调查结实数, 总结传粉结实率的空间与时间关系。

2 结果与分析

2.1 不同遗传背景矮败麦不育株与可育株的整体关系

影响植物传粉结实的因素很多, 但就矮败麦而言, 不育株与可育株之间株高与发育期差异是两个重要因素。因此我们以 44 个转育多代的矮败麦亲本为研究材料, 研究不育株与其姊妹散粉株的差异和关系。

2.1.1 不育株、散粉株株高和发育期的回归关系 在多个性状中选取株高、抽穗期和开花期(不育株开颖期)进行回归分析, 结果如下:

$$S_1= 0.598F_1 \qquad (R^2= 0.488)$$
$$S_2= 3.537+ 0.814F_2 \qquad (R^2= 0.600)$$
$$S_3= 5.771+ 0.856F_3 \qquad (R^2= 0.500)$$

上式中 S_1 、 S_2 、 S_3 和 F_1 、 F_2 、 F_3 分别代表不育株及其姊妹散粉株的株高、抽穗期和开颖期(单位为 d, 将 4 月 30 日设为 0, 每推迟或提前 1 d 增加或减少 1 个单位)。

尽管矮败麦与其姊妹散粉株的株高和发育期差异的大小因其轮回亲本的不同而异^[4]。但就不同遗传背景矮败麦的整体而言其株高大约为其姊妹散粉株的 60%, 矮败麦的抽穗期大约晚 3.5 d, 但随着抽穗期推迟(F_2 值增大), 不育株抽穗推迟的相对程度略有下降。不育株与散粉株开颖和开花期的关系也大体类同, 加上不育株雌蕊成熟后并不马上开颖, 所以不育株开颖比其姊妹散粉株的开花期大约晚 5~ 6 d。

2.1.2 自然条件下不育株的成穗、结实、子粒性状及其与可育株的比较 对 44 个矮败麦有关性状的调查结果列于表 1。

表 1 矮败麦成穗、结实、抗病性及其与散粉株的比较

性 状	不育株变幅	散粉株变幅	不育株均值	散粉株均值	不育株相当可育株的%
单株成穗数(个)	9.67~ 24.00	8.67~ 37.00	16.16	14.66	110.23
单穗粒重(g)	0.32~ 1.15	1.39~ 2.25	0.65	1.94	33.51
单穗结实粒数(个)	7.14~ 25.97	29.79~ 46.42	14.91	38.89	38.34
子粒百粒重(g)	3.13~ 5.35	4.15~ 5.95	4.41	4.98	88.55
子粒饱满度*	1.8~ 3.0	1.0~ 2.8	2.48	1.96	126.96
条锈病普遍率(%)*	0~ 70	0~ 60	23.25	16.82	138.23
叶锈病普遍率(%)*	0~ 50	0~ 50	25.86	16.75	154.39

注: * 表示饱满度为目测分级结果, 量值越大饱满度越低; 病害程度也为目测结果(仅供参考)

虽然不育株株高较矮, 生长条件相对较差, 但小分蘖却迟迟不退化, 由表 1 可知, 不育株单株成穗数反而比可育株高出 10% 左右。另外不育株大小分蘖的发育进程相差较大, 还有一些小分蘖直至收获还保持青绿, 一般不结实, 通常不计为分蘖数。

不育株的单穗结实率低, 只达可育株 38.34%, 加上其子粒饱满度和百粒重也有所下降, 最后使其单穗粒重仅有其姊妹散粉株的 1/3 左右。不育株的条、叶锈病发病率也比其姊妹散粉株高, 鉴于供试材料分离出的不育与可育株的遗传背景相同, 所以有理由认为感病上的差异更多地与不育株在群体内的生长环境和发育进度有关。

2.2 不育株与可育株株高与发育进度上的进一步剖析

由前面的分析可知, 矮败株表现为株高降低, 发育期推迟。为了进一步剖析矮化发生的部位以及与发育推迟的关系, 我们从如下两个方面进行了研究。

2.2.1 不育株与可育株在节间和穗子长度上的比较 对 5 个不同遗传背景矮败麦分离出的不育株与可育株各 10 个单茎进行调查对比, 发现不同材料的研究结果十分吻合, 故将其合并, 作成图 1。

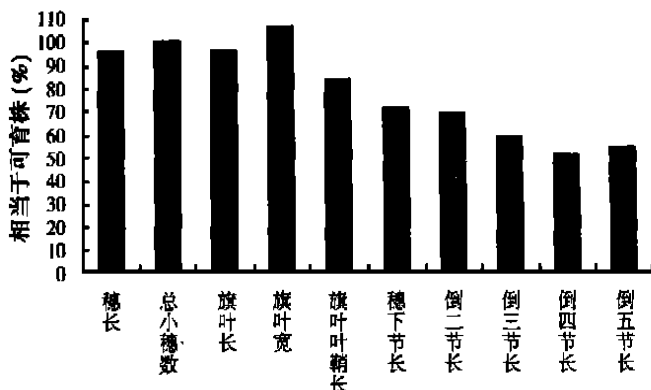


图 1 不育株茎叶长相当于可育株对应器官百分比

由图 1 可以看出, 不育株的矮化不是各节间和穗长按同一比例的缩短, 事实上矮化程度以基部节间为甚, 譬如, 其基部两个节间只有可育株相应节间长度的一半, 由此往上各节间缩短的程度依次下降, 到穗子和旗叶的长度与可育株已基本相同了, 也就是说不育株的矮化作用主要发生在拔节的早期, 随植株发育, 矮化作用逐步弱化。

2.2.2 不育株与可育株抽穗速度变化模式的比较 不育株与可育株最后的穗子长度基本相同, 但抽穗过程中的伸长模式是否相同呢, 我们仍以上述 5 份材料为试材, 同时选择穗尖与旗叶叶舌齐平为起点, 定期调查抽出穗子的长度, 计算抽穗速度, 因 5 个材料所得结果走势相当一致, 故将其合并作成图 2。

由图 2 看出, 可育株的抽穗速度一开始就较快, 达到高峰后迅速回落, 而不育株的抽穗速度一直维持着较低的水平, 速度上无明显的高峰, 但伸长结束的时期有所推迟。通过计算可知, 在起初的 5~6 d 内不育株的平均抽穗(穗下节伸长)速度只有可育株的 58.5%, 但在可育株伸长速度迅速回落之后, 不育株的伸长还将维持一段时间, 由于这一补偿作用, 才使其最终的穗下节长度达到可育株的 70% 左右。可见这种伸长模式就决定了不育株在株高降低的同时发育期也将有所推迟, 这是同一发育现象所导致的两个结果。

2.3 矮败麦群体传粉与结实研究

2.3.1 传粉结实的空间及时间关系 矮败麦的主要应用价值是用作杂交工具进行轮回选择, 所以了解矮败群体的传粉和结实特点很有必要。表 2 是 6 个花期相遇程度不同的矮败麦群体和 1 个普通太谷核不育小麦群体(对照) 距父本区不同距离的东、西、南、北 4 个方向不育株单穗结实数平均值。

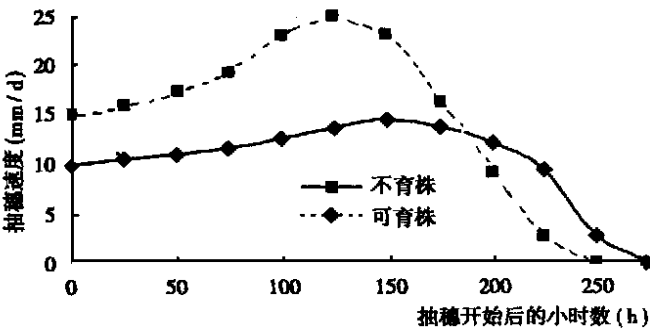


图 2 不育和可育株抽穗速度变化模式的比较

表 2 结实数与父母本间的空间和时间关系

父母本距离 (m)	父本花期(月- 日)							
	Pt 04- 29	At 05- 01	At 05- 02~ 03	At 05- 04	At 05- 09	At 05- 12	At 05- 14~ 15	At X
0.3	6.40	6.28	11.50	14.68	15.73	14.50	16.20	13.14
0.9	5.80	5.28	8.03	10.60	12.38	12.55	11.80	10.07
1.5	5.38	6.52	8.20	9.08	9.98	11.53	9.38	9.12
2.1	3.68	6.10	6.65	10.98	10.45	10.43	8.08	8.78
X	—	6.05	8.60	11.34	12.14	12.25	11.48	—

注: 母本不育株集中大量开颖期为 5 月 8 日; 普通太谷核不育小麦的开颖期为 5 月 1 日。Pt: 普通太谷核不育小麦;
At: 矮败麦

由表 2 看出, 其一, 父本的盛花期和矮败麦的开颖期能否很好相遇明显影响着不育株的结实率, 整体而言父本 5 月 9~ 12 日开花的处理母本结实最高, 父本区开花过早或过晚母本区的结实率都将下降。其二, 不育株与中心父本区的距离是影响母本结实率的另一重要因素, 随距离增加结实率降低。其三, 普通太谷核不育区花期相遇没有问题, 但结实率却相当低, 这与不拔除可育株的条件下普通太谷核不育群体自由结实率明显高于矮败麦群的情况形成对比, 说明在仅靠远距离父本提供花粉的情况下, 母本不育株的矮化有利于传粉结实。

2.3.2 不育株的结实与其花器的关系 根据我们在大田观察, 不育株的花器也是影响其接受外来花粉的因素之一, 小花的内稃横盖于雌蕊的上方, 妨碍了雌蕊接受由上方落下的花粉。实际的情况如何, 我们还利用上述的 6 个矮败麦群体和 1 个普通太谷核不育小麦群体, 在距离父本不同的距离和方位成对选穗分别做剪去部分内外稃与不剪两种处理, 最后比较其结实情况, 见表 3。

由表 3 不难看出, 在自由传粉条件下剪去部分颖壳可以明显提高不育株的结实率, 尽管

剪颖可能对雌蕊的发育产生不利影响，但其平均异交结实率仍比未剪者高出 35.93%。这说明雄性不育并未把小麦变成典型的异花授粉作物，其花器对高效的传粉结实仍是一个障碍因素，在矮败麦和太谷核不育小麦中都是如此，所以人工辅助授粉对提高异交结实率很有帮助。

表 3 不同花期相遇条件下母本的单穗结实数

处 理	父本花期(月-日)							
	Pt 04- 29	At 05- 01	At 05- 02	At 05- 04	At 05- 09	At 05- 12	At 05- 14	At X
剪颖	8.58	15.14	22.12	19.56	20.71	20.46	15.70	18.99
不剪颖	6.12	10.70	14.73	16.35	14.76	16.12	11.14	13.97
剪颖结实提高(%)	4.02	44.02	50.17	19.63	40.31	26.92	40.93	35.93

3 讨 论

3.1 关于矮败麦的整体印象

大田条件下不育株除了株高降低，发育期有所推迟^[3,4]之外还发现如下事实：尽管矮败麦因株高矮，生长条件相对较差，但是分蘖成穗并不少；矮败麦的结实率虽说只有其姊妹散粉株的 38% 左右，但其粒重和饱满度非但没有提高反而有所降低，原因可能与灌浆起步晚，后期早衰等有关；另外矮败麦的发病程度比其姊妹散粉株要高，据此对不育株抗病性和子粒的选择标准可适度放宽，因为真正用于选种的是其分离出的可育株。

3.2 关于株高和发育进度的剖析

比较分析发现，矮秆基因对不育株的降秆作用主要发生在拔节的早期，导致基部节间大幅度缩短，越往上部器官缩短的比例越小，矮败麦在穗长上无明显缩短，然而这并不意味着不育株在发育强度上的弱化由此消失，试验证明不育株的穗下节伸长的速度明显为低，只是伸长持续期稍长，对最终的节间长度有所补偿。尽管本试验中未做灌浆研究，但有理由推论矮败麦的灌浆强度是弱化的，导致粒重较低，不过在后代可育株中情况会自然好转。

3.3 关于矮败麦群体的传粉与结实规律

本研究所用的几个群体由于传粉隔离尚不彻底从而有一些背景结实率的影响，但仍足以说明可育株和不育株开花开颖的时间间隔和穗子之间的空间间隔对不育株结实率的至关重要性。对于矮败麦而言，调整花期相遇是提高异交结实率的有效手段之一，另一点就是缩小可育株和不育株之间的距离。可育株的叶片固然是障碍传粉的因素之一^[3]，然而小麦自花授粉作物花器的特点确实局限了其及时高效地接受外来花粉。矮败麦株高降低对传粉的有利影响应该说是辩证的，矮化对于接受距离稍远可育株的花粉是有利的，但是如果是在同一行中姊妹株之间传粉，普通太谷核不育小麦因株高和发育期相同便于通过穗间摩擦授粉，结实率会高于相应的矮败麦。不过这种情况下不育株接受的是其姊妹株的花粉，难以大幅度改变群体的血统组成。通常我们是利用不育株作为杂交工具，一般是在母本群中插入父本行，母本群体中分离出的可育株早期即去除，在这种情况下矮败麦便有了其结实上的优势。矮秆不仅可作为育性的标记，在矮化育种的轮回选择还具有其独到的价值。

参考文献:

- [1] 刘秉华, 杨 丽. 矮败小麦及其在矮化育种中的应用[J]. 中国农业科学, 1994, 27(5): 17- 21.
- [2] 刘思衡, 吴升鑫, 郭玉春, 等. 矮败小麦株高遗传动向研究[J]. 福建省农科院学报, 1995, 10(3): 12- 15.
- [3] 刘思衡, 吴升鑫, 钟 洁, 等. 矮败小麦在育种上的利用: II 矮败小麦开花习性与异交结实率[J]. 福建农业大学学报, 1996, 25(1): 12- 15.
- [4] 孙家柱, 薛民生, 张福胜, 等. 不同遗传背景矮败麦发育上的几个特点[J]. 华北农学报, 1997, 12(4): 28 - 32.

A Study on Development and Pollination Characteristics of Dwarfing Male-sterile Wheat Population

SUN Jia-zhu, GUO Ren-jun, YIN Jun-yu, WANG Wei-hong,
TIAN Li-ping, MENG Rong-hua

(Crops Research Institute, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing 100089, China)

Abstract: The organ development and pollination of 44 lines and 6 populations of dwarfing male-sterile(D. S) wheat were studied from 1997 to 1999. The main results are as follows: 1) The relationship between the D. S plant and the corresponding tall, fertile sister (T. F.) plants on the characters of plant height, heading date and glume opening or flowering date can be described as: $DS_1 = 0.598 TF_1 (R^2 = 0.488)$; $DS_2 = 3.537 + 0.814 TF_2 (R^2 = 0.600)$; $DS_3 = 5.771 + 0.856 TF_3 (R^2 = 0.500)$. The D. S. plants bear more ears, but have lower seed setting rate and lower filling rate. 2) The elongation rate of top internode of the D. S. plants is only 58.8% of the T. F. plants in the first 5-6 days of heading period and there is no peak in the curve of elongation rate, but the elongation period of D. S. plants is longer than that of the T. F. plants. This indicates the short stalk and later heading date of the D. S. plants may be caused by the same developing mode. 3) The difference of the flowering(or glume opening) time between D. S. and T. F. plants play an important role in the pollination and seed setting. The inner glume of wheat flower may prevent their pistil from accepting the falling pollen from other plants. Compared to common Taigu nucleus male sterile wheat, the D. S. plants are easy to accept pollens from other plants in relatively far distance, this is to say, dwarfing male-sterile wheat is a very useful tool for a population improvement program, especially for short stalk breeding.

Key words: Dwarfing male-sterile wheat; Developing rate; Internode; Elongation Mode; Pollination