

春小麦精量稀播亩产千斤的 生物学及生理学基础

安玉麟 李彦 陈利平

(内蒙古农业科学院, 呼和浩特 010031)

摘 要 对内蒙古河套灌区春小麦精量稀播亩产千斤生物学、生理学基础的研究结果表明, 在高肥力土壤和高水肥管理的条件下, 适当降低播量和基本苗, 协调好个体与群体的矛盾, 是春小麦高产栽培的主要发展方向; 采用精量稀播并集约精细管理, 走主蘖并重的道路, 亩产量稳定可达到千斤左右。

关键词 春小麦 稀播 生物学 生理学

春小麦是内蒙古河套灌区的主要作物, 播种面积逐年扩大, 现已超过 230 万亩。目前河套灌区乃至北方春麦区小麦栽培仍然是以多穗数、大群体来获得高产, 即采取以主穗为主、群体为主、多穗为主的“三为主”高产栽培途径。调查发现, 在高肥力土壤上, 特别是在高水肥栽培条件下, 这样的群体结构, 小麦营养生长旺盛期, 个体和群体矛盾突出, 田间高度郁闭, 中下层叶片受光不良, 基部节间长而且充实度低, 抗倒伏性能差, 白粉病严重, 形成了一种大群体、小个体、低光效、低经济系数的结构, 要获取更高的产量和经济效益则较难^[1]。为此, 本研究提出河套灌区春小麦高产栽培在肥力较高的土壤上走精量稀播、主蘖并重的道路^[2], 即以成穗分蘖调节群体, 促进个体发育, 进而形成群体适、个体大、高光效、高经济系数的栽培途径。

1 材料和方法

1.1 试验地基本情况

试验于 1990~1995 年在巴盟临河市八一乡农业科技实验区进行。试验地土质为粘壤土, 0~20cm 耕层土壤农化性状见表 1。

1.2 试验项目

小麦品种、密度、行距三因素四水平正交试验; 小麦高产栽培优化农艺措施的三因素五水平通用旋转设计试验; 不同栽培密度小麦小孢子发育的细胞学比较试验; 小麦不同品种精量稀

表 1 供试土壤农化性状

地 点	有机质 (g/kg)	全盐 (g/kg)	全氮 (g/kg)	全磷 (g/kg)	全钾 (g/kg)	碱解氮 (mg/kg)	速效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)
长丰六社	13.2	0.81	0.860	0.66	20.0	57.20	8.60	185.00
红星三社	13.2	0.13	0.850	0.53	18.0	70.00	17.30	170.00
红星四社	13.4	—	0.732	0.79	16.2	105.60	21.50	180.00

播主茎穗与分蘖穗灌浆强度比较试验;栽培密度对小麦分蘖和产量影响试验;稀播小麦主茎与分蘖幼穗分化规律观察试验;稀播小麦分蘖消长规律观察试验;稀播小麦根系生长动态和叶片消长规律观察测定试验;稀播小麦氮磷化肥 D-饱和回归试验;稀播小麦干物质积累、营养规律和光合作用的试验等。这些项目均进行 2~3 年重复。

1.3 供试品种

1990 年供试品种为宁春 13 号;1991~1993 年为宁春 4 号、宁春 13 号、内麦 19、Q 16、Q 26;1994~1995 年为内麦 19、Q 16、宁春 4 号、蒙麦 28 号和白永良 4 号。

1.4 试验方法

采取小区试验、大区对比试验和示范相结合的方法,小区面积 10m²,大区对比试验面积 300m² 以上,示范面积 1991 年 42 亩,以后逐年扩大,并辐射到临河市和巴盟其他旗县。

2 结果与分析

2.1 春小麦精量稀播亩产千斤的生物学基础

2.1.1 群体动态结构合理,无效分蘖少,成穗率高^[1] 春小麦精量稀播后,前期群体较小,但是,从分蘖盛期开始,分蘖数量高,无效分蘖较少,群体逐步增大(见表 2、表 3)。亩播量 12kg 的稀播小麦基本苗仅 21.3 万株/亩,与密播相差 23 万株,但亩穗数仅差 0.7 万。单株成双穗以上的植株占群体的 54.7%,而密播小麦仅占 14.2%,由于分蘖成穗率高获得足够的穗数,从而形成了合理的群体结构,取得与密播小麦同样高的产量结果。

表 2 不同种植密度小麦产量及产量构成因素

密度 (kg/亩)	基本苗 (万株/亩)	单株成穗 (个)	亩穗数 (万个)	穗粒数 (粒)	千粒重 (g)	亩产量 (kg)
12.0	21.3	1.95	42.4	33.7	45.8	515.6
15.0	27.3	1.49	40.4	32.5	45.6	487.3
18.0	31.0	1.33	40.0	31.6	44.7	510.0
21.0	35.1	1.17	41.4	30.7	44.5	498.6
27.5(对照)	44.3	0.97	43.1	30.5	44.2	512.8

2.1.2 单株成穗多,穗大粒多,千粒重高 对表 2 数据进行回归分析表明,单株成穗与基本苗呈负相关,相关系数为- 0.9827,单株成穗与穗粒数呈正相关,相关系数为 0.9814,单株成穗与千粒重也呈正相关,相关系数为0.9304,也就是说,随着单株成穗数增加,穗粒数和千粒重

表 3 不同种植密度麦田单株成穗率(成熟期)

密度 (kg/ 亩)	单穗 (%)	双穗 (%)	三穗 (%)	四穗 (%)	五穗 (%)
12	45. 3	23. 4	25. 5	4. 9	0. 9
15	61. 5	24. 0	14. 3	0. 2	
16	76. 1	18. 8	4. 9	0. 2	
21	82. 2	16. 1	1. 7		
27. 5(对照)	85. 8	14. 0	0. 2		

也随之增加(表 4)。这就说明,适当降低播量和减少基本苗,充分利用春小麦的分蘖特性和自我调节能力,在适宜的栽培条件下,提高分蘖成穗率,实现穗大粒多千粒重高,走主穗和分蘖穗并重的道路是可行的。

表 4 单株分蘖成穗数与基本苗、穗粒数及千粒重的相关关系

项 目	方 程 式	相关系数(R)
单株成穗与基本苗	$Y= 3. 4703E^{-0.0298x}$	- 0. 9827* *
平均穗粒数与单株成穗	$Y= 26. 96+ 3. 51X$	0. 9814* *
平均千粒重与单株成穗	$Y= 42. 53+ 1. 76X$	0. 9304* *

注: 品种为内麦 19, * * 示相关系数极显著 $P< 0. 01$

2. 1. 3 个体发育快,主、蘖穗的花粉发育早 研究表明,在花粉母细胞时期,稀播小麦的小孢子发育略快于对照,即当稀播小麦花粉母细胞开始减数分裂,药壁绒毡层开始解体时,对照小麦花粉母细胞刚形成,药壁完整。到二分体、四分体时期,稀播小麦花粉母细胞发育加快,90%形成二分体、四分体时,对照小麦花粉母细胞才有 50%待分裂成二分体,部分形成二分体。当小孢子发育到单核靠边期,稀播小麦的主穗和分蘖穗均有发育越来越快,分蘖赶主穗的趋势,而对照的分蘖发育减慢以至停止发育,表明,在相同单位面积上,稀播小麦由于单株所占的营养面积大,表现出发育快的生长优势。而对照小麦因群体大,内耗严重,只能满足主茎发育,分蘖由于营养不足,抑制生长,发育缓慢,大多成为无效分蘖,甚至有的主穗也萎缩死亡。

2. 1. 4 主、蘖茎抗倒伏性能强 研究结果表明,稀播小麦不论哪个品种,基部第一节长度均比对照的短,第二节没有明显的规律性。主要反映茎秆抗倒性能的单位长度节重、节粗和茎秆壁厚度等三个性状,稀播小麦显著强于对照。表 5、表 6 表明,稀播小麦分蘖基部第一节均较对照主茎第一节短,第二节却较主茎第二节长。单位长度节重、节粗和茎秆壁的厚度,稀播小麦分

表 5 密度对小麦主茎基部茎节性状的影响

品 种	密 度 (kg/ 亩)	平均节长(cm)		100cm 节重(g)		平均节粗(mm)		平均壁厚(mm)	
		第一节	第二节	第一节	第二节	第一节	第二节	第一节	第二节
Q 16	12. 5	3. 0	7. 7	2. 44	1. 70	3. 3	3. 7	1. 9	1. 5
	27. 5	3. 9	8. 3	1. 54	1. 20	2. 5	2. 9	0. 5	0. 5
Q 26	12. 5	3. 4	8. 5	2. 34	1. 75	3. 5	3. 9	2. 1	1. 6
	27. 5	4. 2	7. 4	1. 19	0. 95	2. 7	2. 9	1. 3	0. 8
内麦 19	12. 5	3. 4	8. 1	2. 23	1. 68	3. 2	3. 7	1. 9	1. 5
	27. 5	3. 6	7. 6	1. 39	1. 05	2. 9	3. 2	1. 3	0. 9
宁春 13	12. 5	3. 9	6. 7	2. 37	1. 91	3. 6	4. 0	1. 9	1. 3
	27. 5	6. 2	9. 1	1. 13	0. 99	3. 3	3. 2	0. 4	0. 3
示范田(1)	12. 5	2. 4	5. 8	2. 50	1. 72	3. 1	3. 7	2. 1	1. 6
示范田(2)	12. 5	3. 1	6. 7	2. 58	1. 79	3. 3	3. 5	1. 8	1. 2
倒伏田	27. 5	4. 0	6. 1	0. 75	0. 82	2. 4	2. 5	1. 0	0. 6

蘖株也显著高于对照主茎(见表 6)。这就说明了精量稀播高产栽培条件下,植株根系强大,茎秆粗壮,髓腔充实,积累干物质多,抗倒伏能力显著提高,且一株多穗,大蘖和强蘖多,并呈多刺状。这样的株型就是抗倒伏和光合作用强的理想株型,也是春小麦高产栽培的一个重要性状。

表 6 密度对小麦分蘖茎基部茎节性状的影响

品 种	密 度 (kg/亩)	平均节长(cm)		100 cm 节重(g)		平均节粗(mm)		平均壁厚(mm)	
		第一节	第二节	第一节	第二节	第一节	第二节	第一节	第二节
Q 16	12.5	3.5	9.2	1.91	1.20	3.1	3.5	1.6	1.3
	27.5(主茎)	3.9	8.3	1.54	1.20	2.5	2.9	0.5	0.5
Q 26	12.5	3.5	9.2	1.74	1.28	3.2	3.8	1.8	1.4
	27.5(主茎)	4.2	7.4	1.19	0.95	2.7	2.9	1.3	0.8
内麦 19	1.25	3.8	8.5	1.80	1.27	3.0	3.5	1.5	1.3
	27.5(主茎)	3.6	7.6	1.39	1.05	2.9	3.2	1.3	0.9
宁春 13	12.5	3.3	7.2	1.81	1.62	3.2	3.6	1.4	1.2
	27.5(主茎)	6.2	9.1	1.13	0.99	3.3	3.2	0.4	0.3
示范田(1)	12.5	3.5	8.1	1.72	1.24	3.2	3.9	1.7	1.2
示范田(2)	12.5	2.9	8.7	1.72	1.26	3.0	3.5	1.6	1.3
倒伏田	27.5(主茎)	4.0	6.1	0.75	0.82	2.4	2.5	1.0	0.6

注: 每处理分蘖茎均来自同一处理同一植株(指表 5 主茎)。

2.1.5 叶面积系数合理 在一定范围内,叶面积及其功能日数与产量呈正相关。目前亩产千斤的小麦,最大叶面积系数达到 5~6 左右。但叶面积过大,往往造成群体内部郁闭,光照不足,茎叶徒长,呼吸加强,净同化率降低,严重时发生倒伏。从各地丰产经验看出,最大叶面积系数超出 7~8 就会发生上述情况。从表 7 和 8 看出,稀播小麦主茎叶片数为 8~10,对照小麦叶片数为 7~9,稀播小麦比对照多一片叶,同时各叶位的叶面积均表现为稀播小麦大于对照小麦,这就为个体生产潜力的发挥提供了条件。在生育期各阶段稀播小麦的叶面积系数均小于对照,最大叶面积系数较为合理。而对照小麦叶面积系数过大,即群体过大,叶片之间相互遮阴,通风透气不良,影响光合作用的正常进行,从而影响到群体产量的提高。

表 7 不同播量小麦主茎各叶序长、宽比较

播量 (kg/亩)		叶 序									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
12.5	长(cm)	5.9	7.9	9.6	12.1	14.5	16.2	18.9	20.5	23.2	23.8
	宽(cm)	0.5	0.4	0.5	0.6	0.7	0.9	1.0	1.1	1.4	1.5
27.5	长(cm)	5.1	7.7	9.0	9.8	11.5	13.3	14.3	18.9	19.8	
	宽(cm)	0.5	0.4	0.5	0.6	0.7	0.9	1.0	1.1	1.4	

2.2 春小麦精量稀播亩产千斤的生理学基础

2.2.1 根系发达,单株分蘖多,单株成穗率高,植株生物产量高 稀播小麦根系从出苗到拔节,单株平均日增长 0.49 条,从拔节到抽穗平均日增长 0.32 条,之后新根不再发生,老根逐渐开始死亡。即从出苗到拔节根系发生速度最快,其次是拔节到抽穗。抽穗到开花根量急剧减少,从开花到成熟,根系数量比较稳定,在整个生育过程中,稀播小麦一直比对照小麦单株根数多,

从出苗到抽穗差距越拉越大,从抽穗到成熟差距缩小且较稳定。小麦发育到抽穗期时,根数达到高峰,稀播小麦单株平均 26.8 条根,对照单株平均 22 条根,二者相差 4.8 条(图 1)。

据山东农业大学研究,单株次生根数与单株成穗数呈显著的正相关,相关系数为 0.68^[6],即稀播小麦比对照的根数多,为大量利用分蘖成穗奠定了基础。且分蘖的生长增加了地上部向根系的碳素营养的供应,为根系的生长提供了物质基础。反过来,根数增加,吸水吸肥能力提高,为地上部的良好发育提

表 8 不同播量小麦叶面积系数动态

播量 (kg/亩)	拔节期	孕穗期	抽穗期	开花期	灌浆期	乳熟期
12.5	2.5	4.7	5.4	4.5	3.9	3.4
27.5	4.8	7.9	9.9	5.0	4.9	3.8

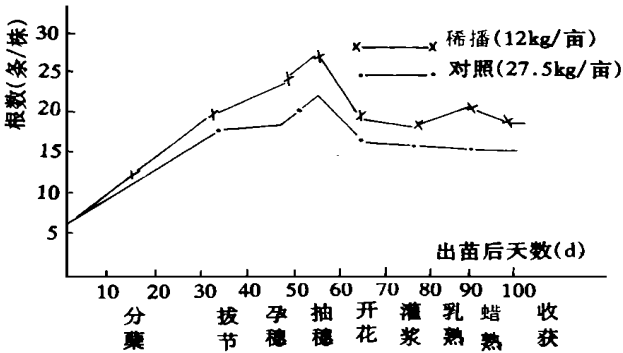


图 1 不同密度根系动态

供了水分和矿质营养方面的物质保证。所以使单株根数较多的稀播小麦的主茎和大蘖得以顺利抽穗开花结实。

2.2.2 增加了干物质积累 表9所示,单位面积干物质积累量从出苗到拔节期,对照高于稀播
表 9 不同密度小麦干物质积累进程

出苗后天数 (d)	单位面积干 物质积累量 (kg/亩)		单株干物 质积累量 (g)		分蘖干物 质积累量 (kg/亩)		单位面积干物 质积累量 (kg·d ⁻¹ ·亩 ⁻¹)	
	12.5	27.5	12.5	27.5	12.5	27.5	12.5	27.5
19(苗期)	18.50	33.20	0.10	0.07			0.97	1.75
26(分蘖期)	40.70	80.64	0.22	0.18	19.16	4.55	1.57	3.10
38(拔节期)	199.90	291.25	1.08	0.65	75.00	34.09	5.26	7.66
48(孕穗期)	382.95	336.00	2.07	0.75	116.90	20.16	7.89	7.00
56(抽穗期)	481.00	430.10	2.60	0.96	173.74	-	8.59	7.68
80(灌浆期)	793.10	716.80	4.29	1.60	327.96	87.23	9.92	8.96
91(成熟期)	1137.80	1052.80	6.15	2.35	475.50	142.34	12.50	11.57
籽实	515.20	496.90						

播小麦。但是从孕穗期开始,稀播小麦都显著高于对照;单株干物质积累量从出苗至成熟,稀播小麦都显著高于对照;单位面积分蘖干物质积累量,稀播小麦到成熟期是总干物质积累量的 41.7% 以上,而对照的分蘖只是其总干物质积累量的 13.5%;单位面积干物质积累强度,从出苗至拔节期,稀播小麦的干物质积累强度小于对照,但是从孕穗以后,稀播小麦的干物质积累强度则大于对照。

2.2.3 提高了群体光合速率 从表 10 和表 11 可以看出,从孕穗期到蜡熟期,稀播小麦和对照旗叶的光合速率呈下降趋势,但不论哪个时期,稀播小麦的光合速率都高于对照,1994 年分别比对照高 43.0、12.36、9.83、0.83mg·dm⁻²·h⁻¹。1995 年设了用 2BJM-2 型精量播种机进行

表 10 1994 年精量稀播小麦旗叶光合速率 (单位: $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$)

播量 ($\text{kg}/\text{亩}$)	孕穗期 (6 月 1 日)	抽穗期 (6 月 10 日)	灌浆期 (6 月 25 日)	蜡熟期 (7 月 9 日)
12. 5	64. 20	32. 25	26. 75	9. 50
27. 5(对照)	21. 20	19. 89	16. 92	8. 67
比对照增	43. 00	12. 36	9. 83	0. 83

注: 1994 年 7 月 10 日左右高温逼熟。

表 11 1995 年精量稀播小麦旗叶光合速率 (单位: $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$)

播 量 ($\text{kg}/\text{亩}$)	孕穗期 (6 月 1 日)	抽穗期 (6 月 5 日)	灌浆前期 (6 月 27 日)	灌浆中期 (7 月 9 日)	蜡熟期 (7 月 12 日)
27. 5 (对照, 分层播种机)	23. 95	16. 45	10. 43	9. 50	8. 33
15. 0 (分层播种机)	60. 90	31. 43	23. 40	15. 24	11. 32
比对照增	36. 95	14. 98	12. 97	5. 74	2. 99
15. 0 (精播机)	68. 00	35. 65	29. 46	20. 41	14. 67
比对照增	44. 05	19. 20	19. 03	10. 91	6. 34

注: 1995 年前期低温, 出苗比正常晚 10d 左右, 成熟期也相应推迟。

播种的处理, 结果表明, 用分层播种机播种, 稀播小麦旗叶的光合速率分别比对照高 36. 95、14. 98、12. 97、5. 74、2. 99 $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$; 用精播机播种, 稀播小麦旗叶的光合速率分别比对照高 44. 05、19. 20、19. 03、10. 91、6. 34 $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ 。这就不难解释, 稀播小麦干物质积累量高和产量高是由于改善了群体光照条件, 旗叶光合强度大, 个体发育健壮而产生的结果。

2.2.4 提高了小麦氮、磷、钾的吸收量 由表12可见, 亩播量12. 5kg, 亩生产百公斤籽实及
表 12 不同密度小麦吸收 N、P、K 比例

项 目	12. 5($\text{kg}/\text{亩}$)				27. 5($\text{kg}/\text{亩}$)			
	茎秆 ($\text{kg}/\text{亩}$)	籽实 ($\text{kg}/\text{亩}$)	生产 100kg 籽 实吸收(kg)	吸收 比例	茎秆 ($\text{kg}/\text{亩}$)	籽实 ($\text{kg}/\text{亩}$)	生产 100kg 籽 实吸收(kg)	吸收 比例
氮(N)	5. 136	11. 231	3. 176	1	4. 141	9. 193	2. 683	1
磷(P)	0. 299	1. 741	0. 396	0. 13	0. 089	1. 441	0. 308	0. 12
钾(K)	9. 713	1. 030	2. 085	0. 66	7. 227	0. 795	1. 614	0. 60

相应的秸秆, 需吸收 N 3. 178kg, P 0. 396kg, K 2. 085kg。吸收 N、P、K 的比例为 1 0. 13 0. 66。而对照亩播量 27. 5kg, 每生产百公斤籽实及相应的秸秆, 需吸收 N 2. 684kg, P 0. 308kg, K 1. 614kg。吸收 N、P、K 的比例为 1 0. 12 0. 60。可以看出, 在同等条件下, 稀播小麦群体适宜, 个体发育健壮, 提高了从土壤中吸收 N、P、K 的能力, 尽管吸收比例相差不大, 但吸收 N、P、K 的绝对量, 稀播小麦大于对照。

参 考 文 献

- 1 余松烈. 冬小麦精播. 半精播高产栽培的理论与实践. 见: 卢良恕主编. 中国小麦栽培研究新进展. 北京: 农业出版社, 1993, 204 ~ 213
- 2 单玉珊. 小麦高产多途径及其配套技术体系的研究. 见: 卢良恕主编. 中国小麦栽培研究新进展. 北京: 农业出版社, 1993, 368 ~ 377
- 3 赵君实. 山东小麦高产栽培技术体系的形成与发展. 见: 卢良恕主编. 中国小麦栽培研究新进展. 北京: 农业出版社, 1993, 71 ~ 76
- 4 安玉麟. 内蒙古河套灌区小麦高产栽培优化农艺措施及数学模型的研究. 华北农学报, 1992, 7(2): 1 ~ 7
- 5 山东农学院主编. 作物栽培学. 北京: 农业出版社, 1986, 46

Studies on Biological and Physiological Bases of 7500 kg Grain per ha of Precision Drilling Spring Wheat

An Yulin Li Yan Chen Liping

(Inner Mongolia Academy of Agricultural Science, Huhhot 010031)

Abstract Study on biological, physiological bases of 7500 kg grain per ha of precision drilling in spring wheat in Hetao irrigation area of Inner Mongolia were conducted. The results showed that it was main development tendency of high-yielding cultivation in spring wheat that the precision drilling was used for solving the contradiction of single-plant and its population under high-fertility soil and good irrigation management. The stable yield of 7500 kg grain per ha and good economic benefit could be obtained when precision drilling and precision management were used. The cultivation technique of precision drilling in spring wheat was also expounded in details.

Key words: Spring wheat; Precision drilling; Biological bases