

小麦品种(系)不同穗部位种子活力比较研究

钱可¹, 时红云², 张文明^{1*}, 郑文寅¹, 姚大年¹

(1. 安徽农业大学农学院, 安徽合肥 230036; 2. 巢湖市中埠镇农业综合服务站, 安徽巢湖 238074)

摘要 [目的]确定小麦种子活力测定的较好方法,探讨小麦品种不同穗部位种子活力的差异。[方法]选用皖麦33、皖麦48、烟农19、扬麦158和W1032(糯小麦)5个小麦品种(系)种子为材料,设置上部穗位、中部穗位、下部穗位和整穗(CK)4种处理,通过种子大小测定、幼苗生长测定、加速老化试验、冷浸试验、电导率测定、模拟田间出苗率测定以及超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)、脂肪氧化酶(LOX)、过氧化氢酶(CAT)和脱氢酶(ADH)5种酶活性测定等方法,综合评价种子活力,并进行整穗(CK)种子的主要活力指标间相关分析以及对5个小麦品种(系)不同穗部位种子主要活力指标平均值的比较。[结果]幼苗生长测定、加速老化试验以及5种酶活性等指标均与模拟田间出苗率呈显著相关;小麦品种(系)不同穗部位种子活力存在明显差异。[结论]幼苗生长测定、加速老化试验以及5种酶活性测定均是小麦种子活力测定的较好方法;小麦中部穗位种子活力较高,下部穗位种子活力次之,上部穗位种子活力较低。

关键词 小麦;穗部位;种子活力;酶活性

中图分类号 S512.1 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2017)19-0034-04

Comparison on Seed Vigor of Different Ear Position Seeds in Wheat Varieties(Lines)QIAN Ke¹, SHI Hong-yun², ZHANG Wen-ming^{1*} et al (1. Agricultural School, Anhui Agricultural University, Hefei, Anhui 230036; 2. Comprehensive Agricultural Service Station of Zhonghan Town in Chaohu City, Chaohu, Anhui 238074)

Abstract [Objective] The better methods for the determination of seed vigor were selected in wheat. The seed vigor of different ear parts were explored in different wheat varieties. [Method] In this study, 5 wheat varieties or lines seeds of Wanmai33, Wanmai48, Yannong19, Yangmai158 and W1032(waxy wheat) were selected as the materials, all wheat varieties were set to four different treatments, including the upper ear position, middle & lower ear position and the whole ear position (CK). The seed vigor were comprehensively evaluated through such methods including the test of seed size, seedling growth, accelerated aging, cold soak, conductivity and simulated field germination rate determination, and also through the determination of SOD, POD, LOX, CAT and ADH activity, *et al*, and made correlation analysis among the main vigor indicators of the whole ear position (CK) as well as the comparison of average value of the seed vigor indexes in different ear parts of five wheat varieties. [Result] The determination of seedling growth and accelerated aging test, as well as five kinds of enzyme activity indexes was significantly correlated with simulation field emergence. Seed vitality of different part spike wheat varieties existed obvious difference. [Conclusion] The test of the seedling growth, accelerated aging and the determination of five kinds of enzyme above were all better test methods for wheat vigor testing. The middle ear of wheat seed vigor was higher, the next was lower ear seeds vigor, upper ear seeds vigor was lower.

Key words Wheat; Ear position; Seed vigor; Enzyme activity

许多籽实型作物都存在着粒位效应。小麦着生部位会影响小麦结实粒数、粒重和籽粒品质^[1]。小麦不同粒位的粒重变化趋势普遍是穗轴中部小穗粒重较高,而穗轴两端的粒重相对较低^[2]。P32后期示踪研究结果表明,同化产物在穗的上、中、下部分配规律与实际粒重规律相同^[3]。根据全息生物学理论^[4]可以得知,小麦不同粒位的籽粒活性基因组合存在差异,这就直接导致小麦不同粒位籽粒的遗传势不同,基因组合活性高的粒位,籽粒性状较为优越。在选种时如果选择优势粒位的籽粒进行播种,那么后代性状将会倾向于选取的优势籽粒,从而使得后代表现性状优良,这样就提高了产量并且改善了品质^[5]。小麦穗部籽粒发育的不均衡性受到多种因素的共同影响,其中包括遗传因素^[6]、营养条件^[7-8]以及外界环境^[9-10]等。时侠清等^[11]以水稻全穗平均粒重为对照,将穗内各粒位上的粒重分为大、中、小3个粒区,对其种子活力进行测定,结果表明水稻不同粒位间种子活力存在明显差异,大粒种子活力指数较高,中粒种子次之,小粒种子活力指数相对较低。李玉玲等^[12]的研究结果表明,玉米种子萌发和幼苗生长特性存在显著的粒位效应。关

于小麦穗位的研究多集中在粒重和品质方面,而对不同穗位种子活力的研究鲜见报道^[13]。

该研究选用皖麦33、皖麦48、烟农19、扬麦158和W1032(糯小麦)5个小麦品种(系)种子为材料,设置上部穗位、中部穗位、下部穗位和整穗(CK)4种处理,通过种子大小测定、幼苗生长测定、加速老化试验、冷浸试验、电导率测定、模拟田间出苗率测定以及超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)、脂肪氧化酶(LOX)、过氧化氢酶(CAT)和脱氢酶(ADH)5种酶活性测定等方法^[14],综合评价种子活力,通过整穗(CK)的主要活力指标间相关分析,确定小麦种子活力测定的较好方法;通过对5个小麦品种(系)不同穗部位种子主要活力指标的平均值比较,探讨小麦品种不同穗部位种子活力的差异,旨在从种子活力的角度,为小麦育种家种子选用、原种和大田用种的种子生产和机械加工以及小麦种质资源保存等提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料 以皖麦33、皖麦48、烟农19、扬麦158和W1032(糯小麦)5个小麦品种(系)为试验材料,供试品种种植于安徽农业大学校内农萃园试验地。

1.2 试验设计 试验设置上部穗位、中部穗位、下部穗位和整穗(CK)4种处理。适期收获,每品种先割穗混收,然后随机取3/4数量的穗子,手工用剪刀将每个穗子按1/3穗长剪

基金项目 国家自然科学基金(31071615)。**作者简介** 钱可(1994—),男,安徽六安人,硕士研究生,研究方向:作物遗传育种。*通讯作者,副教授,硕士生导师,从事种子科学与技术研究。**收稿日期** 2017-04-26

成上、中、下 3 段,将每品种上段的穗全部混合在一起,装入尼龙网袋后晾晒,脱粒精选,种子晒干(水分干燥至 11% 左右),装入尼龙网袋放入石灰缸中进行干燥密闭贮藏。中段和下段的按同样方法进行处理。剩余 1/4 数量的穗子剪整穗混合装袋晾晒脱粒,用作对照^[14]。

1.3 试验方法

1.3.1 种子大小的测定。参照农作物种子检验规程(GB/T3543—1995)^[15]中的方法进行千粒重的测定:随机选取每种试验样品种子 1 000 粒进行称重,3 次重复,取平均值。由于各品种(系)的起始水分值存在不同程度的差异,可比对小麦的安全水分 13% 进行换算^[14]。种子的长度、宽度、厚度的测定参照张义君^[16]的方法,采用均值法和指数法相结合的方法进行:随机选取 10 粒种子,3 次重复,分别测定其长度、宽度和厚度,并计算其种子大小指数。种子大小指数 = 长度 × 宽度 × 厚度。

1.3.2 常用种子活力测定方法。

1.3.2.1 幼苗生长测定。参照时红云^[14]介绍的方法进行,采用纸床进行标准发芽试验,在 20 °C 智能人工气候培养箱中发芽,逐日记载发芽种子数,第 4 天初次计数,并测定正常幼苗(随机取 10 株/重复)芽长、根长、芽鲜重、芽干重(132 ± 2 °C,烘 1 h),第 8 天统计发芽率,并计算发芽指数、平均发芽日和活力指数。

$$GI = \sum(Gt/Dt) \quad (1)$$

$$MLIT = \sum(Gt \times Dt) / G \quad (2)$$

$$VI = GI \times S \quad (3)$$

式中,GI 为发芽指数,MLIT 为平均发芽日数,VI 为活力指数,Dt 为发芽日数,Gt 为 Dt 对应的每天发芽种子数,G 为发芽率,S 为幼芽干重(mg/株)

1.3.2.2 加速老化试验。参照颜启传等^[17]介绍的方法,稍加改良。每试样随机取适量净种子装入纱网袋,挂上标签,用智能人工气候培养箱在设置 45 °C、100% RH 的条件下处理 72 h。取出种子并将其风干,采用同幼苗生长测定一样的纸床法进行标准发芽试验,并以未处理的种子作为对照。

1.3.2.3 冷浸试验。参照张春庆等^[18]的方法。每试样随机取适量净种子装入纱网袋,挂上标签,用 2 ~ 4 °C 冷水处理

3 d,取出后,采用同幼苗生长测定一样的纸床法进行标准发芽试验,并以未处理的种子作为对照。

1.3.2.4 电导率测定。参照张文明等^[19]的方法。随机选取每种试验样品净种子 100 粒进行称重,3 次重复。用双重蒸馏水冲洗 2 ~ 3 次,用滤纸将表面的浮水吸干,将种子放入 250 mL 烧杯中,加入 100 mL 双重蒸馏水,在 20 °C 恒温条件下浸泡 24 h,然后以双重蒸馏水为空白对照,用 DDS - 12A 型电导仪测定浸泡液电导率。再将种子及浸泡液放入沸水浴中加热 10 min,待完全冷却后测定绝对电导率,并计算相对电导率。

$$\text{相对电导率}(\%) = \text{浸泡液电导率} / \text{绝对电导率} \times 100\% \quad (4)$$

1.3.2.5 模拟田间出苗率测定。参照孙海燕等^[20]的方法。取含水量适宜的大田土壤,并用孔径 2.0 mm 的筛子筛除杂质,放入培养盒内,贴上标签,然后随机选取每种试验样品净种子 100 粒播于土上,再均匀覆土 1.5 ~ 2.0 cm 厚,3 次重复,在室温条件下放置 10 d 后,统计出苗率。

1.3.3 5 种酶活性测定。SOD 活性参照邹琦^[21]、尹燕桦等^[22]的方法进行测定,CAT 活性参照 Mukherje 等^[23]的方法进行测定,LOX 活性参照 Hongwei Geng 等^[24]的方法进行测定,POD 活性参照尹燕桦等^[22]的方法进行测定,ADH 活性参考陶梅等^[25]的方法进行测定。以上 5 种酶活性测定的试验步骤及方法参照时红云^[14]的试验方法。

2 结果与分析

2.1 小麦品种(系)种子活力及其他指标间的相关分析 由表 1 可见,幼苗生长测定的发芽指数、活力指数、芽长、苗鲜重、苗干重、加速老化试验活力指数、ADH 活性、CAT 活性均与模拟田间出苗率呈显著或极显著正相关;平均发芽日数、LOX 活性均与模拟田间出苗率呈显著负相关;SOD 活性和 POD 活性,虽没有与模拟田间出苗率达到显著相关,但却与 ADH 活性和 CAT 活性间呈极显著正相关;相对电导率与模拟田间出苗率之间无明显相关性;冷浸试验活力指数与模拟田间出苗率呈不显著正相关。上述结果表明,幼苗生长测定、加速老化试验以及 ADH、CAT、SOD、POD、LOX 5 种酶活性测定均可以视为小麦种子活力测定的较好方法。

表 1 小麦品种(系)种子主要活力指标间的相关系数

Table 1 Correlation coefficient of major seed vigor indexes in wheat varieties(lines)

项目 Project	发芽率 Germination percentage	发芽指数 Germination indexes	平均发芽日数 Average germination day	活力指数 Vigor indexes	芽长 Bud length	苗鲜重 Seedling fresh weight	苗干重 Seedling dry weight	加速老化试验 活力指数 Vigor indexes of accelerated aging test
模拟田间出苗率 Simulated field germination rate	0.77	0.92**	-0.88*	0.95**	0.86*	0.95**	0.92**	0.81*
发芽率 Germination percentage		0.87*	-0.8	0.8	0.88*	0.93**	0.71	0.91*
发芽指数 Germination indexes			-0.98**	0.98**	0.99**	0.95**	0.93**	0.94**
平均发芽日数 Average germination day				-0.98**	-0.99**	-0.89*	-0.96**	-0.94**
活力指数 Vigor indexes					0.96**	0.93**	0.98**	0.91*
芽长 Bud length						0.92**	0.92**	0.98**
苗鲜重 Seedling fresh weight							0.87*	0.90*

续下表

续表 1

	发芽率 Germination percentage	发芽指数 Germination indexes	平均发芽日数 Average germination day	活力指数 Vigor indexes	芽长 Bud length	苗鲜重 Seedling fresh weight	苗干重 Seedling dry weight	加速老化试验 活力指数 Vigor indexes of accelerated aging test
苗干重 Seedling dry weight								0.87 [*]
加速老化试验活力指数 Vigor indexes of accelerated aging test								
冷浸试验活力指数 Vigor indexes of cold soak test								
相对电导率 Relative conductivity								
脱氢酶活性 ADH activity								
过氧化氢酶活性 CAT activity								
超氧化物歧化酶活性 SOD activity								
过氧化物酶活性 POD activity								
项目 Project	冷浸试验 活力指数 Vigor indexes of cold soak test	相对电导率 Relative conductivity	脱氢酶活性 ADH activity	过氧化氢酶 活性 CAT activity	超氧化物歧 化酶活性 SOD activity	过氧化物酶 活性 POD activity	脂肪氧化 酶活性 LOX activity	
模拟田间 出苗率 Simulated field germination rate	0.46	-0.62	0.90 [*]	0.88 [*]	0.78	0.75	-0.82 [*]	
发芽率 Germination percent age	0.80	-0.86 [*]	0.97 ^{**}	0.97 ^{**}	0.94 ^{**}	0.98 ^{**}	-0.73	
发芽指数 Germination indexes	0.76	-0.81	0.94 ^{**}	0.96 ^{**}	0.93 ^{**}	0.90 [*]	-0.81	
平均发芽日数 Average germination day	-0.77	0.72	-0.87 [*]	-0.90 [*]	-0.92 ^{**}	-0.85 [*]	0.7	
活力指数 Vigor indexes	0.67	-0.66	0.89 [*]	0.91 [*]	0.89 [*]	0.83 [*]	-0.73	
芽长 Bud length	0.85 [*]	-0.8	0.91 [*]	0.95 ^{**}	0.97 ^{**}	0.93 ^{**}	-0.72	
苗鲜重 Seedling fresh weight	0.66	-0.78	0.99 ^{**}	0.98 ^{**}	0.91 [*]	0.91 [*]	-0.82 [*]	
苗干重 Seedling dry weight	0.61	-0.53	0.81 [*]	0.84 [*]	0.85 [*]	0.76	-0.61	
加速老化试验活力指数 Vigor indexes of accelerated aging test	0.90 [*]	-0.77	0.90 [*]	0.95 ^{**}	1.00 ^{**}	0.96 ^{**}	-0.61	
冷浸试验活力指数 Vigor indexes of cold soak test		-0.8	0.72	0.79	0.90 [*]	0.89 [*]	-0.44	
相对电导率 Relative conductivity			-0.85 [*]	-0.85 [*]	-0.80	-0.86 [*]	0.85 [*]	
脱氢酶活性 ADH activity				0.99 ^{**}	0.92 ^{**}	0.94 ^{**}	-0.84 [*]	
过氧化氢酶活性 CAT activity					0.96 ^{**}	0.97 ^{**}	-0.79	
超氧化物歧化酶活性 SOD activity						0.98 ^{**}	-0.63	
过氧化物酶活性 POD activity							-0.67	

注: * 表示差异达到显著水平, ** 表示差异达到极显著水平。

Note: * are different at the significantly levels, ** are different at the highly significantly levels

小麦种子大小各指标与模拟田间出苗率的相关分析结果表明,种子长度与模拟田间出苗率呈极显著正相关,宽度、厚度均与模拟田间出苗率呈显著负相关。种子宽度、厚度、种子大小指数均与千粒重呈极显著正相关;种子大小指数、千粒重均与模拟田间出苗率呈负相关,不显著。说明小麦籽粒大小与种子活力之间无明显规律可循。

2.2 小麦品种(系)不同穗部位种子大小及主要活力指标平均值的比较 由表 2 可见,不同穗位的种子大小指数和千粒重均呈现出:中部穗位种子较高,下部穗位种子次之且与对照较接近,上部穗位种子相对较低。在幼苗生长试验的发芽势和发芽率上均表现出:中部穗位种子较高,上部穗位种子次之,下部穗位种子较低,下部穗位种子与对照较接近;在发芽指数上,中部穗位种子高于下部穗位种子,低于上部穗位种子,且与对照较为接近;在平均发芽日数上,上部穗位种子较低,对照居中,中部穗位种子和下部穗位种子较高;在幼苗生长测定活力指数上,中部穗位种子较高,下部穗位种子居中且与对照较接近,上部穗位种子较低。在老化试验活力指数上均表现出:中部穗位种子较高,下部穗位种子和对照次

之,上部穗位种子较低。在 SOD、CAT、POD 和 ADH 活性上,均表现出:上部穗位种子较低,中部穗位种子较高,除 CAT 活性外,在其余 3 个酶活性上,下部穗位种子均略高于对照;在 LOX 活性上,上部穗位种子较高,中部穗位种子较低,下部穗位种子低于对照。在模拟田间出苗率上,中部穗位种子较高,下部穗位种子和对照居中,上部穗位种子较低。

综合上述指标可以看出,中部穗位种子较大,下部穗位种子次之且与对照大小较接近,上部穗位种子较小。从幼苗生长测定来看,上部穗位发芽速度较快,但幼苗健壮度不高,中部穗位种子发芽速度较快,幼苗健壮度较好,下部穗位种子与对照较接近;经过老化试验后表现为,上部穗位种子长势较弱,中部穗位种子较强,下部穗位种子和对照较接近;在 SOD、CAT、POD 和 ADH 活性上,均表现出中部穗位种子较高,下部穗位种子次之,上部穗位种子较低,在 LOX 活性上表现为,上部穗位种子较高,中部穗位种子较低。综上所述,5 个小麦品种(系)不同穗部位种子活力存在明显差异,中部穗位种子活力较高,下部穗位种子活力次之,上部穗位种子活力较低。

表 2 5 个小麦品种(系)不同穗部位种子大小及主要活力指标平均值比较

Table 2 Comparison of average value of main seed vigor indexes and size in different ear position of five wheat varieties (lines)

处理 Treatment	种子大小指数 Seed size indexes	千粒重 Weight per 1 000 seeds//g	发芽势 Germination energy//%	发芽率 Germination percentage %	发芽指数 Germination indexes	平均发芽日数 Average germination day//d	幼苗生长测定 活力指数 Vigor indexes of seedling growth test
对照 CK	62.25	39.23	96.4	96.5	31.43	3.11	189.90
上部穗位 Upper ear seeds	50.58	34.96	96.7	97.0	32.32	3.06	164.89
中部穗位 Middle ear seeds	69.55	41.48	97.2	97.5	31.59	3.14	209.09
下部穗位 Lower ear seeds	61.00	39.80	96.5	96.7	31.24	3.15	192.12

处理 Treatment	加速老化试验 活力指数 Vigor indexes of accelerated aging test	超氧化物歧化酶 SOD activity U/g	过氧化氢酶 CAT activity U/(g·min)	脂肪氧化酶 LOX activity U/(g·min)	过氧化物酶 POD activity U/g	脱氢酶(OD 值) ADH activity	模拟田间出苗率 Simulated field germination rate//%
对照 CK	137.73	81.10	22.83	96.33	53.65	0.45	87.3
上部穗位 Upper ear seeds	108.00	77.70	21.17	100.26	50.58	0.43	85.2
中部穗位 Middle ear seeds	156.45	86.11	24.41	91.19	62.44	0.56	88.7
下部穗位 Lower ear seeds	137.48	82.14	22.58	93.87	56.09	0.48	87.3

3 结论与讨论

试验研究表明,ADH、CAT、SOD、POD 活性均与模拟田间出苗率呈正相关或显著正相关,且 ADH、CAT、SOD 与 POD 这 4 种酶活性间也存在极显著正相关性,说明 ADH、CAT、SOD 和 POD 活性高,种子活力高,贺杰等^[26]的研究结果与此一致。LOX 活性对作物籽粒品质有很大程度的影响^[27],关于这方面的研究较多,但 LOX 活性与种子活力关系的研究报道甚少,Trawatha 等^[28]的研究发现,对于大豆种子,随着 LOX 活性增加,种子劣变会加速,导致种子寿命缩短。该研究中,LOX 活性与模拟田间出苗率呈显著负相关,初步认为小麦种子 LOX 活性高,则种子活力低。

小麦小穗中小花分化属向顶的无限生长,为小穗中小花持续的分化提供了可能性,但受限于发育时间不同和营养物质供给使得生成的小花发育程度不同,并常常会影响后分化小花的正常生长分化。在同一个穗子上,一般中部穗位的小花分化较早,上部穗位次之,下部穗位较迟。小穗内从基部开始依次向上分化,当基部第一朵小花分化到柱头羽毛突起期时,分化没有进行到柱头伸长期的小花都不能继续分化,出现小花退化现象,导致小花发育不平衡^[29]。小花发育的不平衡性,最先表现在籽粒的饱满度上。该研究采用均值法和指数法对小麦品种(系)不同穗位籽粒的大小进行比较,结果表明,中部穗位籽粒饱满度较高,下部穗位次之,上部穗位较低,与黄开红等^[2]研究结果一致。

由于只进行了 5 个小麦品种(系)不同穗部位种子大小及主要活力指标平均值比较,且没有进行不同穗部位种子的贮藏和田间成苗试验,因此,小麦品种(系)不同穗部位种子活力的变化与差异,还有待于进一步研究。

参考文献

- [1] 巴青松,傅兆麟. 小麦粒位效应研究进展[J]. 安徽农业科学,2010,38(2):653-656.
- [2] 黄开红,石伟旗,卞祖华. 小麦开花特性与结实率的研究[J]. 江苏农业科学,1990(6):5-7.
- [3] 苗果园. 小麦粒重的形成[J]. 山西农业科学,1983(5):44-48.

- [4] 张颖清. 全息生物学[M]. 北京:高等教育出版社,1989:237-245.
- [5] 傅兆麟,王广杰. 小麦穗部不同粒位籽粒重量的差异性及其后代产量表现初探[J]. 作物杂志,1994(6):28-30.
- [6] MIRALLES D J,SLAFER G A. Individual grain weight responses to genetic reduction in culm length in wheat as affected by source-sink manipulations [J]. Field crops research,1995,43(2/3):55-66.
- [7] WALLEY F,PENNOCK D,SOLOHUB M, et al. Spring wheat (*Triticum aestivum*) yield and grain protein responses to N fertilizer in topographically defined landscape positions[J]. Canadian journal of soil science,2001,81(4):505-514.
- [8] SINGH P M,ZHANG G P,CHEN J X. Influence of genotypes and nitrogen fertilization on leaf morphogenesis and tillering behaviors in winter wheat [J]. Journal of triticeae crops,2000,20(1):28-33.
- [9] CHEN Y,YUAN L P,WANG X H, et al. Relationship between grain yield and leaf photosynthetic rate in super hybrid rice [J]. Journal of plant physiology and molecular biology,2007,33(3):235-243.
- [10] JOHANSSON E. Effect of two wheat genotypes and Swedish environment on falling number,amylase activities,and protein concentration and composition [J]. Euphytica,2002,126(1):143-149.
- [11] 时侠清,朱承慧. 稻穗内各粒位粒重及其种子活力研究[J]. 种子,2002(1):38-40.
- [12] 李玉玲,台国琴. 玉米子粒灌浆及种子萌发特性的粒位效应研究[J]. 玉米科学,2005,13(1):60-63.
- [13] 刘旭欢,加得拉·努尔兰,贾永红,等. 籽粒成熟度与穗部位置对春小麦种子活力的影响[J]. 西北农业学报,2014,23(10):71-75.
- [14] 时红云. 小麦品种(系)不同穗部位种子活力比较的研究[D]. 合肥:安徽农业大学,2012:9-13.
- [15] 国家技术监督局. 农作物种子检验规程:GB/T 3543—1995[S]. 北京:中国标准出版社,1995.
- [16] 张义君. 豆科种子鉴别方法的研究Ⅲ. 种子大小的测量和表示方法[J]. 种子,1984,12(4):32-35.
- [17] 颜启传,胡伟民,宋文坚. 种子活力测定的原理和方法[M]. 北京:中国农业出版社,2006.
- [18] 张春庆,金锡奎. 冷浸法测定种子活力[J]. 种子世界,1987(7):24-25.
- [19] 张文明,倪安丽,王昌初. 杂交水稻种子活力的研究[J]. 杂交水稻,1998,13(3):27-28,38.
- [20] 孙海燕,张文明,姚大年,等. 甜玉米种子活力测定方法的比较研究[J]. 安徽农业科学,2007,35(6):1593-1594,1622.
- [21] 邹琦. 植物生理学实验指导[M]. 北京:中国农业出版社,2000:163-165.
- [22] 尹燕萍,董学会. 种子学实验技术[M]. 北京:中国农业出版社,2008:60-75.
- [23] MUKHERJEE S P,CHOUHDURI M A. Determination of glycoalate oxidase activity H₂O₂ content and catalase activity [J]. Physiol Plant,1983,58:167-170.

从各因素对不同器官在各生育阶段的影响上看,孕穗期的水、氮、耦合调控效应最大,且以调控茎秆和穗为主,其次,是灌浆期的穗器官氮素效应和扬花期的茎秆水氮耦合效应及拔节期的叶片水分效应。由此说明,孕穗期是肥水调控的关键期,此前,以水分调控为主,此后以水氮配合调控为主,且后期的氮素调控保持较高水平,这也体现了氮肥后移的重要性^[10]。

3 结论与讨论

春小麦上部分干物质呈“S”形变化。出苗至拔节,干物质增长缓慢,拔节期至灌浆期干物质积累速率最大,为直线增长,乳熟期—成熟期积累速率又减缓。不同的水氮处理对小麦的干物质积累有显著的影响。其中高水中氮、中水中氮、中水高氮、高水低氮、高水高氮等处理的总干物质积累量较高。低水低氮处理干物质积累缓慢,其直线增长期短,速率慢,造成小麦过早衰亡。高水高氮处理植株营养生长过旺,抑制生殖生长^[11],使穗的干物质积累减小。不同水分处理中,水分亏缺(W_1)条件下,增施氮肥有利于小麦提前进入直线积累期,利于干物质积累。适宜水分(W_2)条件下,适量的氮素(N_2)能促进穗部干物质积累速率和积累量的提高,利于产量形成,但过高的氮素(N_3)并不会使穗干物质增加,反而对其有抑制作用^[12]。高水条件下,随施氮量增加,干物质的直线增长期延长,但穗器官干物质积累量和转移率以 N_2 处理最高,说明后期保持一定氮素供应能明显促进籽粒发育,提高产量。

从各器官干物质积累量分配比例大小上看,拔节前以叶片生长为主,孕穗期前叶片干物质分配率达到高峰,随后开始下降。茎秆干物质分配率从拔节期开始增加,孕穗期后,植株进入快速生长期,植株开始由营养生长逐渐转向生殖生长,干物质开始向穗器官转移,但在籽粒形成期以前仍以茎叶的养分分配为中心,此时干物质分配茎秆大于叶片。当籽粒进一步开始灌浆至成熟期,穗干物质质量一直增加,穗器官成为干物质运转与积累中心,此时干物质主要分配至穗,叶片逐渐衰亡。不同水分处理显著影响小麦各器官的生长,随着土壤水分的增加,小麦总干物质积累量和各器官干物质积累量逐渐增加,但水分过大或过少,叶片干物质转移率过高或过低,均不利于个体生长,适宜水分(W_2)的茎秆干物质积累量及转移率均较高,能促进茎秆健壮生长,对后期穗器官干物质转移率的提高有利。随施氮量增加,总干物质积累

量增加,但高氮(N_3)处理的总干物质积累量有所下降,这可能与群体倒伏有关^[13]。滴施一定的氮肥(N_1 、 N_2)在拔节期—孕穗期间能促进茎秆生长,在灌浆期能促进籽粒发育,并以 N_2 处理的总干物质质量、茎秆和穗器官干物质转移率最高,分别达 14.06 t/hm^2 、 45.34% 和 30.83% ,但氮素过多,茎叶生长旺盛,穗器官干物质转移率下降至 57.21% ,严重影响产量形成。

各因素对小麦整体干物质影响从大到小依次为水氮耦合、水分、氮素,对穗部干物质积累影响从大到小依次为水氮耦合、氮素、水分,对各器官的调控效应从大到小依次为茎秆、叶片、穗,说明在干旱灌溉区,肥水耦合调控效应是调节小麦生长的主要因素,对群体大小调控的主导因素为水分,而对穗器官发育调控的主导因素是氮素,由此,在实际生产中,应注重生育期的肥水运筹,在保证充足的水分供应以促进群体发展的同时,中后期适当施用氮肥,提高穗器官发育质量,才能保证小麦健壮高效生产,发挥以水调氮的综合效应。

参考文献

- [1] 张福锁,樊明生. 主要粮食作物高产栽培与资源高效利用的基础研究[M]. 北京:中国农业出版社,2013.
- [2] 梁飞,曾胜和,陈云,等. 关于粮食作物滴灌施肥高产高效机理的思考[J]. 节水灌溉,2015(9):87-90.
- [3] WANG J C, XU C L, GAO S, et al. Effect of water amounts applied with drip irrigation on water consumption characteristics and yield of spring wheat in Xinjiang[J]. Advance journal of food and technology, 2013, 5(9): 1180-1185.
- [4] 高山,王冀川,徐雅丽,等. 不同土壤水分对滴灌春小麦生长·干物质积累与分配的影响[J]. 安徽农业科学,2011,39(9):5151-5153,5240.
- [5] 李晓航,杨丽娟,盛坤,等. 不同灌水处理下小麦干物质分配、转运及其产量的研究[J]. 中国农学通报,2015,31(30):33-37.
- [6] ZHOU X L, WANG H, CHEN Q C, et al. Coupling effects of depth of film-bottomed tillage and amount of irrigation and nitrogen fertilizer on spring wheat yield[J]. Soil & tillage research, 2007, 94(1):251-261.
- [7] 董剑,赵万春,高翔,等. 水氮调控对小麦植株干物质积累、分配与转运的影响[J]. 华北农学报,2012,27(3):196-202.
- [8] 王林林,陈炜,徐莹,等. 氮素营养对小麦干物质积累与转运的影响[J]. 西北农业学报,2013,22(10):85-89.
- [9] 王冀川,高山,徐雅丽,等. 新疆小麦滴灌技术的应用与存在问题[J]. 节水灌溉,2011(9):25-29.
- [10] 杜世州,曹丰富,张耀兰,等. 氮素运筹对淮北地区超高产小麦养分吸收利用的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2011,17(1):9-15.
- [11] 马耕,张盼盼,王晨阳,等. 高产小麦花后植株氮素累积、转运和产量的水氮调控效应[J]. 麦类作物学报,2015,35(6):798-805.
- [12] 李国强,汤亮,张文宇,等. 不同株型小麦干物质积累与分配对氮肥响应的动态分析[J]. 作物学报,2009,35(12):2258-2265.
- [13] 卢昆丽,尹燕桦,王振林,等. 施氮期对小麦茎秆木质素合成的影响及其抗倒伏生理机制[J]. 作物学报,2014,40(9):1686-1694.
- [14] GENG H W, ZHANG Y, HE Z H, et al. Molecular markers for tracking variation in lipoxygenase activity in wheat breeding[J]. Mol Breeding, 2011, 28(1):117-126.
- [15] 陶梅,辛萍萍. 用种胚浸提法测定种子脱氢酶活性的探讨[J]. 种子科技,1993(5):28.
- [16] 贺杰,欧行奇,胡海燕,等. 小麦新、老种子活力与其酶关系的研究[J]. 种子,2011,31(7):39-42.
- [17] BORRELLI G M, DE LEONARDIS A M, FARES C, et al. Effects of modified processing conditions on oxidative properties of semolina dough and pasta[J]. Cereal chemistry, 2003, 80:225-231.
- [18] TRAWATHA S E, TEKRONY D M, HILDEBRAND D F. Soybean lipoxygenase mutants and seed longevity[J]. Crop science, 1995, 35:862-868.
- [19] 傅文泽. 小麦灌浆特性与粒重的关系[J]. 福建稻麦科技, 2000, 18(S1):24-26.

(上接第37页)