

李 波, 史文璐. 氮磷钾配比对玉米干物质积累、产量、品质的影响[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(2): 85–89.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.02.023

氮磷钾配比对玉米干物质积累、产量、品质的影响

李 波, 史文璐

(沈阳农业大学水利学院, 辽宁沈阳 110866)

摘要:灌溉施肥条件下氮磷钾配比的确定有利于提高水肥利用率。通过田间小区试验研究膜下滴灌条件下不同氮磷钾配比对玉米不同生育期和不同器官的干物质积累、玉米产量及品质的影响。结果表明, 在试验条件下, 当氮、磷、钾施肥量分别为 120、60、60 kg/hm² 时, 玉米各时期茎、叶、穗的干物质量以及玉米籽粒产量、籽粒蛋白质含量、脂肪含量、淀粉含量均较高。

关键词:玉米; 氮磷钾配比; 干物质积累; 产量; 品质

中图分类号: S513.06 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)02-0085-04

膜下滴灌水肥一体化是一种局部、高频率的灌溉施肥技术, 可使作物近根区保持较高湿度及适宜养分体积分数^[1-2]。该技术不仅具有滴灌省水、省工、增产、高效、适用性强等优点, 又能发挥地膜覆盖技术保水、保墒、增加土壤积温和微生物活性、减少化学物质淋失的特长, 已被广泛应用于水稻、花生、棉花^[3-5]等各类作物, 相关研究也不断深入。合理施肥是实现作物高产的重要措施之一, 也是调控生物产量及组分动态转化的重要手段。了解施肥对作物干物质积累和养分吸收的影响规律, 有助于采取有效措施调控作物生长发育、提高作物产量^[6-7]。氮、磷、钾是玉米生长发育不可缺少的元素, 对提高玉米产量和品质具有重要作用。研究表明, 增施氮肥、磷肥、钾肥可提高玉米的干物质积累量、干物质转移效率, 从而提高玉米产量及品质^[8-10]。目前, 关于膜下滴灌施肥条件下氮磷钾配比对沈阳地区玉米干物质积累及品质影响的研究较少, 不利于该地区玉米生产节水灌溉施肥技术的推广和应用。本研究通过田间小区试验探讨膜下滴灌施肥条件下氮磷钾配比对玉米植株干物质积累、玉米产量及品质的影响, 确定氮磷钾肥料的最佳用量和配比, 为玉米生产中合理施肥提供依据。

1 材料与与方法

1.1 试验区概况

试验于 2014 年 5—9 月在沈阳农业大学试验基地进行, 该基地位于 41°49′26.26″N、123°34′00.72″E, 海拔 55 m, 年平均气温 11 ℃, 年平均降水量 721.9 mm, 年平均蒸发量 1 300 mm, 无霜期 183 d。灾害天气主要为春季干旱、夏季暴雨。土壤为沙性棕壤土, 其耕层基础理化性质为: 全氮含量 3.03 g/kg, 全磷含量 3.58 g/kg, 全钾含量 23.17 g/kg, 速效氮含量 201.68 mg/kg, 速效磷含量 372.78 mg/kg, 速效钾含量 635.46 mg/kg, 有机质含量 33.91 g/kg, pH 值 7.13。

收稿日期: 2015-04-22

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(编号: 201303125)。

作者简介: 李 波(1969—), 女, 辽宁沈阳人, 博士, 副教授, 主要从事生态环境、节水灌溉理论和技术研究。E-mail: liboluck@126.com。

1.2 试验设计

供试玉米品种为美津 599。灌溉方式为膜下重力滴灌, 滴灌管直径 16 mm、壁厚 0.6 mm、滴头间距 30 cm、流量 2.4 L/h。试验小区共设置 5 个处理, 每个处理 3 次重复, 每个小区行长 16 m、行距 3 m、株距 30 cm、小区面积 48 m²。

根据农业部专家组(2012 年)测土配方施肥成果, 对辽宁省不同产量水平的玉米施肥提出分类指导建议。试验以 4 种不同的氮磷钾施肥配比为变量, 各处理的氮磷钾施肥量及配比见表 1。表中数值为玉米整个生育期的追肥总量, 生育期内共追施 2 次, 每次追施施肥总量的一半, 分别于小区内 50% 以上的玉米达到拔节期、抽雄期时开始追肥。

表 1 施肥水平设计

处理代号	肥料用量(kg/hm ²)			N : P ₂ O ₅ : K ₂ O
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
CK	0	0	0	
I	263	39	52	1 : 0.15 : 0.20
II	225	75	45	1 : 0.33 : 0.20
III	195	93	78	1 : 0.48 : 0.40
IV	120	60	60	1 : 0.50 : 0.50

1.3 测定项目与方法

分别于拔节期、抽雄期、灌浆期、成熟期测定干物质质量。在每个小区中间 2 行随机抽选 3 株进行取样, 将样品放于纱网袋中, 自然风干至恒质量后进行称量。玉米籽粒的蛋白质、可溶性糖、淀粉均采用 FOSS infratec TM 1241 Analyzer 型近红外快速品质分析仪测定。在玉米果实成熟期, 每个小区取 20 株测定产量, 并换算为单位面积产量。

1.4 统计分析

采用 Matlab 软件、SPSS 19.0 软件、Excel 2013 软件进行数据分析。

2 结果与分析

2.1 膜下滴灌条件下氮磷钾配比对玉米生长的影响

2.1.1 氮磷钾配比对不同器官干物质积累的影响 氮磷钾配比对沈阳地区玉米不同器官干物质积累与分配的影响见图 1。干物质积累量随着玉米生长不断增加, 直至成熟。拔节期

植株生长较为缓慢,干物质积累量少,各器官干物质积累量表现为茎>叶,分别占植株总干物质质量的53.74%~58.04%、41.21%~46.26%。Ⅳ处理茎、叶的干物质质量最高,CK茎、叶的干物质质量最低,表明在一定范围内氮磷钾肥施用过多会导致作物生长过于茂盛、群体过大,而施用量过少则不利于干物质的积累。

在大喇叭口期至灌浆期,玉米在营养增加的同时进行生长,各器官积累的干物质质量大幅度增加,干物质积累量表现为茎>叶>穗,分别占植株总干物质质量的39.76%~42.88%、29.50%~32.61%、25.24%~28.78%。Ⅳ处理茎干物质质量最高,达120 g/株,比茎干物质质量最低的CK(99.52 g/株)高20.6%;Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ处理间差异不明显,而与其他处理差异明

显。Ⅳ处理叶干物质质量最高,达94.95 g/株,与其他处理差异明显。Ⅳ处理穗干物质质量最高,其次为Ⅲ处理,施氮更有利于穗部干物质质量的积累。

在灌浆期至成熟期,茎、叶的干物质质量达到最大值,穗部干物质积累量明显增加,表明营养物质主要被运至籽粒中以满足其生长需要,干物质质量表现为穗>茎>叶。各器官干物质质量在不同处理间存在显著差异,茎、叶、穗干物质质量均为Ⅳ处理最高。成熟期穗部干物质质量最高的为Ⅳ处理,与其他各处理差异明显。单株干物质质量最高为626.24 g/株,各处理大小依次为Ⅳ>Ⅲ>Ⅱ>Ⅰ>CK。在一定范围内,籽粒的干物质质量、植株总干物质质量均随施氮磷钾量的增加呈先增后降的趋势。

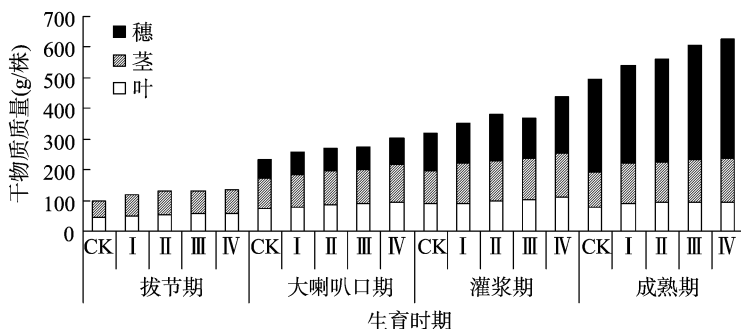


图1 不同氮磷钾配比对玉米各生育期干物质质量的影响

2.1.2 氮磷钾配比对叶干质量的影响 作物生产归根结底依赖于叶片的光合作用;因此,作物栽培的主要目的之一是形成具有高光合能力的叶片,并依靠叶片提高单位面积产量。叶干质量是衡量叶片光合能力、叶片质量的重要指标之一。由图2可知,拔节期至灌浆期植株不断生长,各处理玉米叶干质量均呈上升趋势;灌浆期至成熟期则均呈下降趋势,叶干质量表现为Ⅳ>Ⅲ>Ⅱ>Ⅰ>CK。其中,拔节期各处理叶片干质量差别不大;拔节期至大喇叭口期,Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ处理叶干质量优势大,Ⅰ、CK处理叶干质量较小;大喇叭口期至灌浆期,Ⅲ、Ⅳ处理叶干质量优势明显;至籽粒形成期各处理叶干质量均达到最大值,之后开始下降,各处理叶干质量由大到小依次为Ⅳ>Ⅲ>Ⅱ>Ⅰ>CK。可见,籽粒形成后叶片制造光合产物并转向穗部,生物产量开始转化为经济产量。

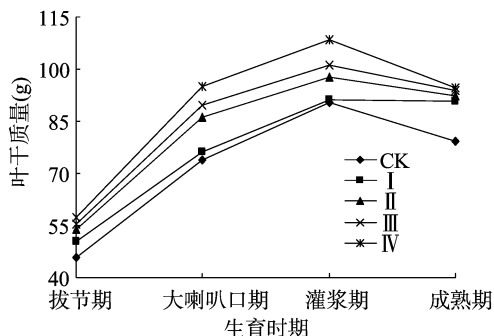


图2 不同氮磷钾配比对玉米叶干质量的影响

2.1.3 氮磷钾配比对茎干质量的影响 玉米茎秆在玉米各生育时期均具有特殊作用。除株高、茎粗等指标外,干质量也是衡量玉米茎秆质量的重要指标。由图3可知,CK与不同施肥水平处理有明显差异,但茎干质量仍表现为Ⅳ>Ⅲ>Ⅱ>

Ⅰ>CK,表明不同氮磷钾配比对茎干质量具有明显影响。拔节期至成熟期,玉米茎秆干质量不断增加,施肥水平对玉米茎秆干质量的影响愈加明显;在灌浆期,CK茎秆干质量处于较低水平,Ⅰ、Ⅱ处理茎秆干质量均处于中间水平,Ⅲ、Ⅳ处理茎秆干质量均处于较高水平,表明茎秆干物质积累与施钾水平呈负相关。至籽粒成熟期,各处理茎秆干质量差异不明显,可能是茎秆先前贮存的干物质大量转移至穗部所致。

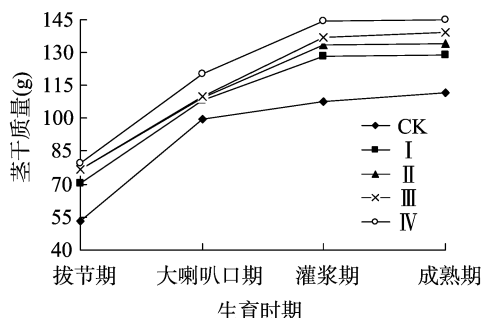


图3 不同氮磷钾配比对玉米茎干质量的影响

2.2 膜下滴灌条件下氮磷钾配比对玉米品质的影响

2.2.1 氮磷钾配比对玉米蛋白质含量的影响 蛋白质含量是衡量玉米品质及营养价值的重要指标。由图4可知,不同施肥处理的蛋白质含量大小为:Ⅳ>Ⅲ>Ⅰ>Ⅱ>CK;与CK相比,各施肥处理的蛋白质含量分别增加22.28%、18.35%、16.64%、15.73%,表明不同施肥处理对玉米蛋白质含量的影响具有明显差异。

对不同施肥处理和玉米蛋白质含量进行方差分析(表2),显著性为0.001,达到极显著水平($P < 0.01$),表明不同施肥处理对玉米蛋白质含量具有极显著影响。

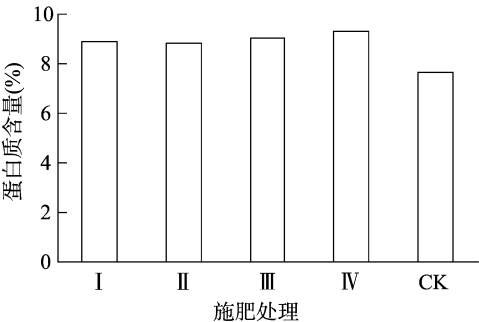


图4 不同氮磷钾配比对玉米蛋白质含量的影响

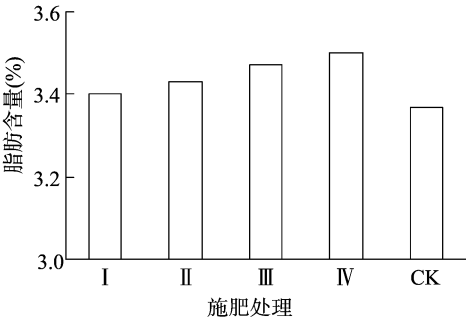


图6 不同氮磷钾配比对玉米脂肪含量的影响

表2 玉米蛋白质含量方差分析结果

来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值
组间	5.091	4	1.273	12.159	0.001
组内	1.047	10	0.105		
总数	6.137	14			

2.2.2 氮磷钾配比对玉米淀粉含量的影响 淀粉是玉米重要的营养物质之一,有着一系列独特性能,在食品、糖果、饲料等工业中具有重大作用。由图 5 可知,不同施肥处理的淀粉含量大小为:Ⅳ>Ⅱ>Ⅲ>Ⅰ>CK;与 CK 相比,各施肥处理的淀粉含量分别增加了 6.96%、6.19%、5.65%、5.41%,表明施肥有助于玉米中淀粉的形成。

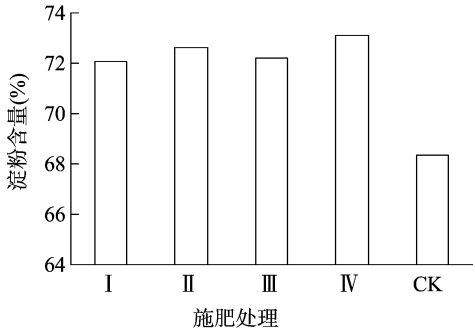


图5 不同氮磷钾配比对玉米淀粉含量的影响

对不同施肥处理和玉米淀粉含量进行方差分析(表 3),显著性为 0.002,达到极显著水平($P < 0.01$),表明不同施肥处理对玉米淀粉含量具有极显著影响。

表3 玉米淀粉含量方差分析结果

来源	平方和	自由率	均方	F 值	P 值
组间	41.791	4	10.448	9.033	0.002
组内	11.567	10	1.157		
总数	53.357	14			

2.2.3 氮磷钾配比对玉米脂肪含量的影响 由图 6 可知,氮、磷、钾调控对脂肪含量影响较小。不同施肥处理的脂肪含量大小为:Ⅳ>Ⅲ>Ⅱ>Ⅰ>CK;与 CK 相比,各施肥处理的脂肪含量分别增加了 3.86%、2.97%、1.78%、0.88%。

对不同施肥处理和玉米脂肪含量进行方差分析(表 4),显著性为 0.762,未达到显著水平,表明不同施肥处理对玉米脂肪含量无显著影响,这可能与玉米的品种有关。

2.3 膜下滴灌条件下氮磷钾配比对玉米产量的影响

由不同氮磷钾配比对沈阳地区玉米产量的影响(图 7)可知,不同施肥处理对玉米产量具有显著影响,各处理的产量大

表4 玉米脂肪含量方差分析结果

来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值
组间	0.033	4	0.008	0.463	0.762
组内	0.180	10	0.018		
总数	0.213	14			

小为:Ⅳ>Ⅲ>Ⅱ>Ⅰ>CK;与 CK 相比,各施肥处理的产量分别增加了 30.55%、26.35%、15.23%、11.01%。由不同施肥量与施肥配比可知,在施肥量较少的情况下,Ⅲ、Ⅳ处理通过氮、磷、钾肥的均衡配施使玉米产量在各处理中最高,表明均衡施肥可增强土壤生产能力、提高玉米产量。不均衡施肥将导致土壤生产能力降低,各项生理指标的构成因素均不同程度降低,从而使不均衡施肥的玉米产量降低。

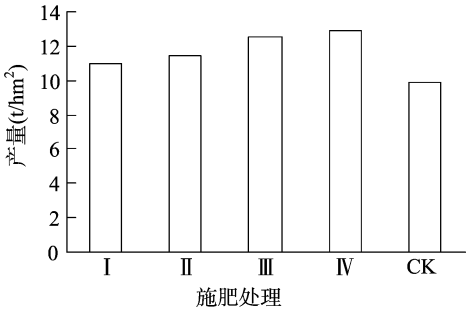


图7 不同氮磷钾配比对玉米产量的影响

对不同施肥处理和玉米产量进行方差分析(表 5),显著性为 0.000,达到极显著水平($P < 0.01$),表明不同施肥处理对玉米产量具有极显著影响。

表5 玉米产量方差分析结果

来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值
组间	8.066	4	2.016	37.407	0.000
组内	0.539	10	0.054		
总数	8.605	14			

2.4 氮磷钾最佳配比的确定

在玉米实际生产中,生产者面对各种肥料用量时往往无从选择,难以找到最适合所种植作物的配比用量。为确定玉米生产的最佳肥料配比模式,从高产、优质、增益的角度综合分析 5 种肥料配比模式下的产量、蛋白质指标,实测数据、特征向量矩阵、累积贡献率分别见表 6 至表 8。

将特征向量与标准化后的数据相乘,可得第 1、第 2 主成分表达式:

$$F_1^* = 0.707 \, 1x_1 + 0.707 \, 1x_2;$$
$$F_2^* = -0.707 \, 1x_1 + 0.707 \, 1x_2。$$

表 6 评价指标原始数据

处理	产量 (kg/hm ²)	蛋白质含量 (%)
I	10 992	8.90
II	11 410	8.83
III	12 511	9.03
IV	12 927	9.33
CK	9 902	7.63

表 7 特征向量矩阵

成分	产量 x_1	蛋白质 x_2
1	0.707 1	0.707 1
2	-0.707 1	0.707 1

表 8 主成分提取结果

主成分因子	λ	贡献率(%)	累积贡献率(%)
1	1.893 1	94.65	94.65
2	0.106 9	5.35	100.00

根据主成分综合模型计算综合主成分值,并按综合主成分值对其进行排序,即可对不同施肥处理下玉米的产量、品质进行综合评价比较(表 9)。

表 9 各处理按第 1、第 2 主成分得分的排序结果

处理	第 1 主成分 F_1 *	排名	处理	第 2 主成分 F_2 *	排名
I	7 778.74	4	I	-7 766.15	2
II	8 074.25	3	II	-8 061.77	3
III	8 852.91	2	III	-8 840.14	4
IV	9 147.28	1	IV	-9 134.08	5
CK	7 007.10	5	CK	-6 996.31	1

根据表 9 结果得出第 1 主成分得分排序为 IV > III > II > I > CK。由不同施肥量与施肥配比可知,在施肥量较少的情况下,III、IV 处理通过氮、磷、钾肥的均衡配施使玉米在各处理中产量最高、品质最佳,表明均衡施肥可增强土壤生产能力、提高玉米产量。

3 讨论

3.1 不同施肥配比对玉米干物质积累的影响

不同氮磷钾用量可明显影响玉米总生物量的增长期、增长速率,以及营养体干质量的增长期、下降速率。适宜的氮磷钾配比及施肥技术应有效促进玉米植株生育前期总生物量的积累,以及生育后期干物质从营养体向籽粒的转移,在生育后期达到较高的粒质量增长速率与营养体干质量下降速率,从而获得较高的籽粒产量和收获指数^[11]。

王进军等研究表明,在一定范围内增加氮肥用量可加快玉米干物质积累速率^[12]。赵营等认为,干物质和养分的积累是玉米产量形成的基础^[13]。戴明宏等认为,氮素供应直接影响作物的生长发育,并促进玉米干物质向籽粒转运,增加养分的吸收积累,从而获得较高的产量^[14]。

拔节期至灌浆中期是氮素吸收的关键时期,吸收速率大、积累量高、对籽粒增产的贡献率较大,生产中应着重考虑该时期养分的充足供应,这是获得高产的主要途径。

3.2 不同施肥配比对玉米产量及品质的影响

姜佰文等认为,氮、钾施肥量分别为 150、100 kg/hm² 有利于寒地玉米的干物质积累、产量及品质的提高^[15]。刘洋等认为,施氮次数对玉米生长和产量影响显著,3 次施氮处理显著提高了玉米生育后期(灌浆期)的干物质质量和氮素吸收量,增产效果显著;玉米各生育阶段干物质质量和氮素吸收量均随施氮量呈增加趋势,在玉米生育后期更为明显^[1]。刘英等认为,钾肥对玉米增产效果显著,当氮肥充足时钾肥的增产效果更加显著^[16-18]。

4 结论

通过田间小区试验,研究膜下滴灌条件下不同施肥配比对玉米各器官干物质质量、玉米产量及品质的影响,并对试验数据采用单因素分析和主成分分析。在本试验条件下,氮磷钾配比为 1 : 0.5 : 0.5 (氮、磷、钾施肥量分别为 120、60、60 kg/hm²) 有利于玉米干物质质量积累和获得最高产量;玉米蛋白质含量与淀粉含量均以氮磷钾配比为 1 : 0.5 : 0.5 (氮、磷、钾施肥量分别为 120、60、60 kg/hm²) 时最高,但对脂肪含量的影响较小。可见,此施肥配比有利于玉米蛋白质与淀粉含量的提高。

参考文献:

[1] 刘 洋,栗岩峰,李久生. 东北黑土区膜下滴灌施氮管理对玉米生长和产量的影响[J]. 水利学报,2014(5):529-536.
[2] 孙文涛,孙占祥,王聪翔,等. 滴灌施肥条件下玉米水肥耦合效应的研究[J]. 中国农业科学,2006,39(3):563-568.
[3] 刘守龙,童成立,吴金水,等. 等氮条件下有机无机肥配比对水稻产量的影响探讨[J]. 土壤学报,2007,44(1):106-112.
[4] Zhang H Y,Liu Q J,Yu X X,et al. Effects of plastic mulch duration on nitrogen mineralization and leaching in peanut (*Arachis hypogaea*) cultivated land in the Yimeng Mountainous Area, China [J]. Agriculture Ecosystems & Environment,2012,158:164-171.
[5] 冯绍元,黄冠华,王凤新,等. 滴灌棉花水肥耦合效应的田间试验研究[J]. 中国农业大学学报,1998,3(6):59-62.
[6] Zhao R F,Chen X P,Zhang F S,et al. Fertilization and nitrogen balance in a wheat - maize rotation system in North China [J]. Agronomy Journal,2006,98(4):938-945.
[7] 李文娟,何 萍,金继运. 钾素营养对玉米生育后期干物质和养分积累与转运的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2009,15(4):799-807.
[8] 李 佳,曹国军,耿玉辉,等. 不同供氮水平对春玉米干物质积累及氮素吸收利用的影响[J]. 中国农学通报,2014,30(27):208-212.
[9] 李青军,张 炎,胡 伟,等. 氮素运筹对玉米干物质积累、氮素吸收分配及产量的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2011,17(3):755-760.
[10] Raja V. Effect of nitrogen and plant population on yield and quality of super sweet corn (*Zea mays*) [J]. Indian Journal of Agronomy, 2001,46(2):246-249.
[11] 何 萍,金继运,林 葆,等. 不同氮磷钾用量下春玉米生物产量及其组分动态与养分吸收模式研究[J]. 植物营养与肥料学报,1998,4(2):123-130.
[12] 王进军,柯福来,白 鸥,等. 不同施氮方式对玉米干物质积累及产量的影响[J]. 沈阳农业大学学报,2008,39(4):392-395.

黄雅琴, 朱庆松, 李尽哲, 等. 离子束诱变双胚苗水稻的花器性状及相关分析[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(2): 89–91.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.02.024

离子束诱变双胚苗水稻的花器性状及相关分析

黄雅琴¹, 朱庆松¹, 李尽哲¹, 黄群策²

(1. 信阳农林学院, 河南信阳 464000; 2. 郑州大学离子束生物工程省重点实验室, 河南郑州 450052)

摘要:以离子束诱变所得同源四倍体双胚苗突变水稻品系、近亲系和介导后代为研究材料, 对其花粉育性、花器性状和花器性状间相关性进行了研究。结果表明, 与四倍体双胚苗品系相比, 二倍体双胚苗品系的正常花粉率、单穗结实率高, 花器官偏小, 花药长对单穗结实率贡献大, 无芒率高, 芒较短; 披碱草介导品系的正常花粉率差异不显著, 花器官较大, 柱头长对单穗结实率贡献最大, 无芒率最低, 芒较长; 原始亲本在各项指标参数中都差异不显著。

关键词:离子束; 双胚苗; 水稻; 花粉育性; 花器性状; 相关分析; 芒

中图分类号: S511.01 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)02-0089-03

杂交水稻育种从研究方法上可以分为三系法、两系法和一系法^[1]。一系法杂交水稻研究的实质就是挖掘无融合生殖种质资源并建立特定的技术程序, 以便固定水稻的杂种优势。前人的研究表明, 在多倍体水平挖掘水稻潜在利用价值, 从中筛选多胚苗材料, 进而寻找无融合生殖种质是一条比较有效的途径^[2-4]。20 世纪 80 年代中期发展起来的离子束生物技术具有独特的技术原理和简单的操作程序, 它在作物育种中的诱变效应和介导作用已经被证实^[5]。笔者所在团队以低能氮离子束为诱变源对同源四倍体水稻进行了诱变, 在其后代群体中筛选到具有双胚苗特征的新材料^[6]。同源四倍体水稻具有特殊的生殖发育现象, 在小孢子母细胞减数分裂过程的不同阶段出现异常现象造成花粉败育^[7], 有性生殖器官花器结构也不同于二倍体水稻^[8]。本研究对 1 个同源四倍体双胚苗突变水稻及其 2 个近亲系、1 个介导品系材料的花粉育性和花器性状进行研究, 以同源四倍体双胚苗水稻为材料开展无融合生殖种质挖掘, 以推进一系法杂交水稻的选育进程。

1 材料与方法

1.1 试验材料

本研究所用材料为同源四倍体双胚苗突变水稻材料 D07-04-01, 其近亲系 D07-02-01 和 01-04-01, 及介导品系 DP07-04-01。D07-02-01 是以 D07-04-01 的花

粉材料通过花药培养途径所获得的稳定二倍体株系; 01-04-01 是四倍体原始亲本, 由它通过离子注入后筛选到具有双胚苗特征的 D07-04-01; 以 D07-04-01 为受体, 披碱草总 DNA 为供体在离子束的介导下转基因, 在后代群体内筛选到四倍体突变单株 DP07-04-01。

1.2 试验方法

1.2.1 I₂-KI 法观察成熟花粉粒的育性 在抽穗期, 每份材料分别随机挑选 5 个生长良好的未花幼穗, 在每穗的上、中、下 3 个部位各取 3 朵颖花分别制成 3 个临时装片, 用解剖针将每 3 朵颖花的 18 个花药剥下放在 1 张载玻片上, 滴 1 滴 1% 的 I₂-KI 溶液, 再用镊子挤出花粉。在显微镜下放大 100 倍看 30 个标准视野, 对成熟花粉粒的育性情况进行统计。根据 I₂-KI 染色后花粉的表现形态可分为典败、圆败、染败、正常 4 种。典败花粉粒形态不规则、透明不染色; 圆败花粉粒圆形, 透明不染色; 染败花粉粒圆形, 不透明或部分透明, 轻度染色; 正常花粉粒圆形, 不透明, 染成较均匀的棕黑色。

1.2.2 花器性状的研究 在抽穗期, 每份材料分别随机挑选 30 个生长良好的未花幼穗, 在每穗上、中、下 3 个部位各取 3 朵颖花, 用游标卡尺测量颖花长 (x_1)、颖花宽 (x_2), 长、宽均测量颖花最长最宽处, 精确至 0.02 mm, 重复 3 次。用图像扫描法测量柱头长 (x_4)、柱头宽 (x_6)、子房高 (x_7)、子房宽 (x_8)、花药长 (x_9) 和花药宽 (x_{10}) (单位均为 mm)。计算 2 个 2 级数据: 颖花长宽比 (x_3); x_4 + 花柱长 = 花柱长 (x_5)。

单穗结实率 (y): 成熟期, 每份材料随机取生长发育良好的单穗 30 个, 统计结实数, 单穗结实率 = (单穗的结实数 / 总颖花数) × 100%。用 DPS 数据处理软件进行两组平均数 t 检验, 并分析各性状的差异显著性; 为了比较不同花器性状对单穗结实率的贡献大小, 以单穗结实率为依变量, 其余 10

收稿日期: 2015-02-06

基金项目: 河南省科技前沿基础研究项目 (编号: 82300433202)。

作者简介: 黄雅琴 (1986—), 女, 河南信阳人, 硕士, 讲师, 主要从事离子束生物效应方面的研究。E-mail: hyaqin88@163.com。

通信作者: 李尽哲, 硕士, 讲师, 主要从事生物技术方面的研究。

E-mail: xynz1688@163.com。

[13] 赵 营, 同延安, 赵护兵. 不同供氮水平对夏玉米养分累积、转运及产量的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2006, 12(5): 622–627.

[14] 戴明宏, 陶洪斌, 王利纳, 等. 不同氮肥管理对春玉米干物质生产、分配及转运的影响[J]. 华北农学报, 2008, 23(1): 154–157.

[15] 姜佰文, 逢 妍, 于亚利, 等. 氮钾配比对寒地玉米干物质积累、产量及品质的影响[J]. 玉米科学, 2014, 22(1): 137–142.

[16] 刘 英, 王允青, 孙秀伦. 玉米对钾、氮的吸收特性与施肥效应研究[J]. 土壤肥料, 2005(6): 36–38.

[17] 曹玉军, 赵宏伟, 王晓慧, 等. 施钾对甜玉米产量、品质及蔗糖代谢的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2011, 17(4): 881–887.

[18] 陈惠阳, 冯颖竹, 余士元. 钾肥对糯玉米籽粒建成及品质形成的影响[J]. 中国农学通报, 2005, 21(8): 232–235, 242.