

利用多遗传资源大集团混合竞争法选育水稻新品种

王成瑗^{1,2}, 张文香², 赵磊², 侯文平², 赵秀哲², 李岩², 高良文², 于亚彬², 韩霖², 曹国鸿²

(1. 通化师范学院, 吉林 通化 134002; 2. 通化市农业科学研究院, 吉林 梅河口 135007)

摘要:本研究按照“适者生存, 不适者被淘汰”的生物进化原理, 把“过度繁殖、遗传变异、生存斗争、适者生存”的自然选择学说应用于水稻有性杂交、定向选择和品质改良中。通过广集国内、外遗传资源, 增大组合配置数量, 低世代(F_1)淘汰劣势组合, 选择优良组合, 把优良组合中选出的个体混合种植成含多遗传资源的大集团(F_2), 在大集团中按照目标性状和遗传类型选出优良单株; 大集团中入选单株(F_{3-5})继续以集团形式(或按照目标性状类型分成子集团)或以株系的形式种植。在目标性状纯化的过程中, 优中选优直至性状稳定。按照此方法选育并审定了优质、高产品种“通系103”和“通系140”, 并创制了一批优良资源作为亲本得以利用, 实践证明该方法是水稻有性杂交选育新品种的有效方法, 可以达到优中选优的育种效果。

关键词:水稻; 育种方法; 生物进化论; 混合竞争; 新品种选育

中图分类号: S333.6

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2021)06-0001-05

Breeding of New Rice Varieties by Using Multi-Genetic Resources Big Group Mixed Competition Method

WANG Cheng'ai^{1,2}, ZHANG Wenxiang², ZHAO Lei², HOU Wenping², ZHAO Xiuzhe², LI Yan², GAO Liangwen², YU Yabin², HAN Lin², CAO Guohong²

(1. *Tonghua Normal University, Tonghua 134002*; 2. *Tonghua Academy of Agricultural Science, Meihokou 135007, China*)

Abstract: According to the biological evolution principle of “survival of the fittest and elimination of the unfit”, the natural selection theory of “overbreeding, genetic variation, survival struggle and survival of the fittest” was applied to sexual hybridization, directional selection and quality improvement of rice. Through the wide collection of domestic and foreign genetic resources, the number of combinations was increased, the inferior combinations were eliminated in low generation (F_1), and the superior combinations were selected. The individuals selected from the superior combinations were mixed and planted into a large group containing multiple genetic resources (F_2). In the large group, the superior individual plants were selected according to the target characters and genetic type. In large groups, selected individual plants (F_{3-5}) continued to be planted in group form (or subgroups according to the type of target traits) or in the form of lines. In the process of purification of target traits, the best plants were selected until the traits were stable. By using this method, the high quality and high yield varieties “Tongxi103” and “Tongxi140” were selected and approved, and created a number of excellent resources as parents have be used. It has been found that this method is an effective method for breeding new varieties of rice by sexual hybridization and can achieve the breeding effect of selecting the best from the best.

Key words: Rice; Breeding methods; Theory of biological evolution; Mixed competition; Breeding of new varieties

英国著名生物学家查尔斯·罗伯特·达尔文

(Charles Robert Darwin 1809~1882)在进化论中提出:所有生物物种是由少数共同祖先,经过长时间的自然选择后演化而成,并把“适者生存,不适者被淘汰”称为自然选择的法则^[1]。而自然选择的核心是以种群为生物进化的基本单位,生物进化的实质是种群基因频率的变化,突变和基因重

收稿日期: 2020-06-09

基金项目: 国家 863 计划项目(2001AA241015); 通化市科技发展项目(2000XM02)

作者简介: 王成瑗(1959-), 男, 教授, 博士, 主要从事水稻栽培与育种研究工作。

组、自然选择及隔离是物种形成过程中的三个基本环节,通过种群产生分化,最终导致新物种的形成^[2-3],而被人类充分利用的农作物品种是在特定生态环境下,通过长期驯化、突变、基因重组而选育出的遗传基础稳定且可以被人类所利用的种群^[4-5]。在常规的品种选育过程中^[6-7],育种家们在设定育种目标的基础上,利用亲缘关系较远^[8-9]、生态区域差异大^[10-11]、性状差异大、配合力强的资源材料做亲本^[12-15],通过基因重组的形式创造新的变异,按照育种目标在后代中利用系统选育的方法选育新品种^[16-17]。这些技术与方法通常局限在两个亲本杂交产生的后代中比较与选择,选出的品种(系)缺乏与广亲缘关系产生的后代间的比较性选择,达不到同期优中选优的效果。

本文在总结常规育种方法优缺点的基础上,自二十世纪九十年代初开始,在生物进化原理的指导下,利用血缘关系远、地理远缘、生育期适宜、产量性状突出、品质优良、抗逆性强、生理性状优良等资源材料作为杂交亲本,通过基因重组的形式,选配出多量组合,对杂交而成的后代按照“适者生存(符合育种目标的个体),不适者被淘汰(性状值达不到育种目标的个体)”的原则,在相同的生态环境下,实行多组合后代混合种植,通过同环境竞争的方式,分类选出符合育种目标个体的技术与方法进行总结与分析,提出了“利用多遗传资源大集团混合竞争法选育水稻新品种”的育种方法,并与同行进行交流与切磋。

1 育种设计与流程

按照达尔文提出的“遗传变异、过度繁殖、生存斗争、适者生存”的自然选择学说为指导开展新品种选育。遗传变异:广集国内、外优良的遗传资源,扩大资源的遗传类型,利用目标性状突出的资源作为亲本组配不同类型的杂交组合。过度繁殖:通过增加组合数量,人工创造多种类型的变异体。生存斗争: F_{2-5} 代组建多组合混合大集团(又称多遗传资源大集团混合竞争群体),在大集团中按照育种目标选择优良个体。对于各世代(F_{3-5})大集团选出的单株可以继续以大集团的形式种植,仍以优中选优的形式进行选择或按照入选个体的特征、特性表现划分成不同类型的子集团(抗病集团、高产集团、优质集团等),并对目标性状进行定向选择。适者生存: F_{6-7} 代把大集团中选出的优良株系进行分类并按株系种植,把相同类型的株系相邻种植,选优汰劣至品系稳定,并对生育特性、

产量、品质、食味进行鉴定与评价。稳定世代(F_{8})对选出的优良品系进行特征特性鉴定、产量比较、品质测定、食味品评,最终选出有代表性的株系推荐省级区域试验(选育流程见图1)。

2 选育方法

生物界的“突变”和“基因重组”是生物进化的基础,自然选择使种群的基因频率定向改变并决定生物进化的方向。据报道水稻等自花授粉作物自然异花授粉率在4%以下^[18],而这4%天然杂交会自然选择中,因不能形成优势群体而逐步淡化与消失,使水稻基因频率定向改变的快速方法就是采取人工杂交,把含有目标性状的父母本按照育种目标组配成组合,在后代中再按照预定的目标进行定向选择。

2.1 打破相同性状间的重组,采取多性状互组的方式选配组合

在常规的品种选育过程中,为了突出目标性状的选育效果,节省成本和缩小圃场,往往把目标性状突出的资源材料作为亲本和转育的主体配制组合,并对其后代材料中目标性状突出的个体开展定向选择,但是这种方式在相同的选育阶段会体现出遗传基础变窄,选择范围小等现象。如果把一个目标性状突出的骨干亲本(如:高产或优良株型材料)引入多个优良性状与特性(如:抗病、耐冷、耐盐碱、优质、优良食味等),那么就需要增加组合数量,尽量使携带不同目标性状的亲本相互组配成组合,拓宽后代的遗传基础,使种群内创造更多类型的变异个体,也为一圃多选奠定基础。

2.2 拓宽亲本类型、增加组合数量

采用生物进化原理组建的多组合大集团比正常以组合为单位的单组合集团可以大幅度增加变异体的类型与数量。由于含有相同目标性状的亲本间仍然存在着其他性状的差异,所以在选用骨干亲本的同时,还要考虑兼顾其他性状的优良基因在后代中的组合与累积作用,因此必然导致组合数量增加。根据笔者多年育种经验,每年选择150~200个不同类型的资源材料做亲本,通过增加亲本数量来增加组合数量。基于所选亲本均为携带不同目标性状的综合载体,每个亲本可以有针对性地互作父母本,配制出500~600个杂交组合(含回交和复交组合),把所选亲本所携带的优良性状通过重新组合的方式,在后代中充分表现出来。

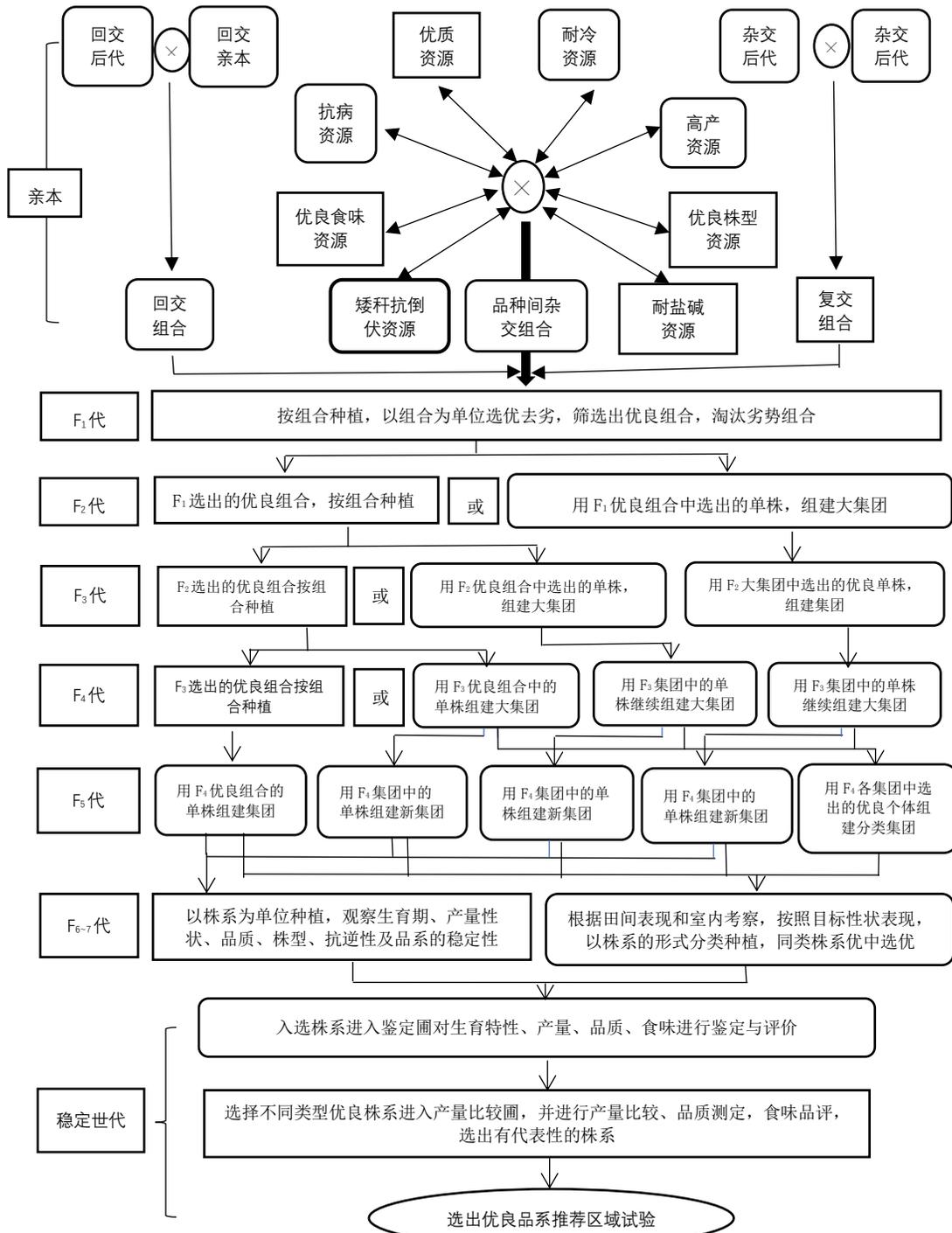


图1 多遗传资源大集团混合竞争法选育新品种流程图

2.3 F₁代选优去劣, 扩大繁殖系数

由于F₀收获的种子量(杂交粒)较少, 种子产量较低; 种子在催芽、播种过程中易于受到机械损伤和病菌感染, 成苗率降低等现象; F₁代应当采用盘育苗、钵体育苗等方式以组合为单位育苗, 最大限度提高成苗率。F₁按组合种植并记录各组合出穗期、抗病性、成熟期及各种生育与产量性状。从遗传角度看, 除了复交和回交后代外, 基因型纯合的亲本杂交产生的F₁代, 由于显性基因

的主导作用, 组合内群体性状基本表现一致。收获前选出目标性状突出、综合性状优良、生育期适宜、抗逆性好的组合, 淘汰杂种优势低、目标性状表现不突出, 且产量低、抗逆性差、成熟率低、结实率低、不能安全成熟和株型(穗型)差的组合。F₁代不仅是对所配组合的选优去劣, 而且也是扩大繁殖系数的一项有效措施, 通过提高繁殖系数来组建群体数量大、类型多的大集团奠定基础, 使符合育种目标的个体能充分囊括进来。

2.4 从 F_2 代开始组建大集团,在混合竞争的环境下开展选择

对以单组合为单位组建的集团通常采用增加插秧密度,扩大种植面积,增加群体内个体数量,来提高后代携带目标性状个体出现的概率。而利用生物进化原理组建的集团是多组合(约300~400组合)在同一环境下混合种植的方法构建群体,我们称为多遗传资源混合种植的大集团,在大集团中进行混合选择(株型、生育性状和产量性状),通过室内考查(产量和品质性状)进行分类选择,并与对照比较后确定选留。

F_2 代开始组建大集团,通过扩大种植面积与群体数量,使所有入选组合的后代尽可能在田间出现,使目标性状重组后充分得到表达。大集团后代在生育期间通过挂吊签记录或插塑料杆标记等方法,对出穗期、株型特征、抗病性、抗倒伏性、分蘖状况、穗型、粒型、成熟期、丰产性(产量性状)、穗部性状等进行标记与记录,收获前对主要性状直观上达到或超过育种目标的单株进行选择;对低于对照或未达到育种目标的单株予以淘汰。选择过程中可以混合选择,把丰产性好、株型优良、抗病、抗倒伏等单一性状或综合性状优良的个体选出来,按照10穴1捆收取样本,并编号挂签,风干后室内考查。对产量(单穴粒重)、有效穗数、千粒重、饱满粒率、籽粒充实度、粒型、籽粒色泽、稻米的外观品质(垩白率、垩白度、透明度)进行室内选择;田间选择时也可以分类选择,对生育期间做出标记的同类植株归到一起,并记录其生育特性(如:丰产性、分蘖率、生育期、抗病性、株型、穗型、粒型等),入选株系再通过室内考察决定选留。从选择比例看,大部分个体(性状不突出的个体)在田间已经被淘汰,而室内选择从产量、产量性状、粒型、籽粒色泽及外观品质对入选株系进行二次选择与淘汰,室内选择淘汰率在50%左右,通过两次选择选出符合育种目标且产量高于对照品种($\geq 5\%$)的优良单株。

2.5 F_3 ~ F_5 代组建大集团,进行混合选择

自花授粉作物杂交产生的后代通常在杂交后2~5代是处于分离阶段,也是基因不断纯化的阶段,这个阶段受杂种优势的影响,表现出基因杂合程度越高,后代的性状优势就越大,入选概率就越高,性状稳定的时间就会越长。我们在常规育种过程中总结出:增大组合数量,低世代选择优良组合,高世代在混合群体中选择优良株系(简称优中选优),再进行优良株系所携带目标性

状的稳定性鉴定与评价的育种思路。

为了使杂交后代的优良基因组合后得到纯化,选出目标性状突出且纯合的株系。对 F_2 大集团中选出的单株,继续以大集团的形式种植2~3代(F_{3-5}),各世代对目标性状进行定向选择,逐渐缩小目标性状的选择范围,使目标性状突出的个体遗传基础得到纯合;也可以通过田间评定结合室内选择进行分类,按照预期目标分类组建成以目标性状为主综合性状优良的多个子集团(高产集团、抗病集团、优质集团等)。对于同年度组合配制数量多, F_{2-4} 代可以淘汰劣势组合为主,减少组合数量,缩小选择范围,在 F_5 组建大集团。

2.6 高世代进行性状稳定性鉴定

高世代(F_{6-8})入选单株以株系的方式种植,同类型的株系相邻种植,以优中选优的方法选出目标性状突出的株系,并观察生育期、产量性状、品质、株型、抗逆性及品系的稳定性。对于尚未稳定且表现优良的株系以株系的形式种植到 F_{6-7} 代,直到入选株系的遗传基因纯合与稳定。稳定世代对选出的优良品系进行特征特性鉴定、产量比较、品质测定、食味品评,最终选出有代表性的株系推荐省级区域试验。

3 选育结果与讨论

3.1 选育结果

利用多遗传资源大集团混合竞争(生物进化)原理,通过组建含多遗传资源的大集团,采取混合竞争的方法选育出了水稻新品种通系103^[19]、通系140^[20],并创造了一大批优良资源材料。“通系103”是通化市农科院从日本引进多组合杂交后代混合体中经系统选育而成;“通系140”是利用此方法(多遗传资源大集团混合竞争法)选育并通过审定的品种。通过多年的育种实践利用此方法选育并创制了一大批优良资源并得已利用,如:通过生物进化原理选育出了通92-1177为已审定品种通系926的母本、通90-17为通系926父本、通优160为通系931母本、通优40为通系935父本、通系146为通系945父本等。实践证明该方法是水稻有性杂交选育新品种的有效方法,并可以达到优中选优的育种效果。

3.2 讨论

由于水稻多数性状是受多基因控制的数量性状,不同亲本间配置的杂交组合由于配合力的差异会产生不同的选择效果^[21],后代的选择往往受到亲本和组合数量的制约,组合内同一性状个体

间差异变小,缺乏不同组合个体间相同性状的比较,选择范围窄、选择效率降低。本方法通过广集优良资源,增大亲本与组合数量,创造多种变异类型,可以使不同组合后代个体间同一性状的变异幅度增大,通过低世代选优去劣筛选出优良组合组建大集团,在相同的生态环境下,亲缘关系不同(含4%自然杂交)的个体同场竞争优中选优(优良组合中选择优良个体),可以选育出同一年度所有组合中表现最优秀的个体,不仅可以提高选择效率,而且可以在相同面积的圃场内含括更多类型的变异体,可以节省人力、物力和试验圃场面积。我们在选育地开展育种方法研究的同时,开展了水稻抗病、耐冷、耐盐碱品种的选育与技术验证,通过环境压力与个体竞争,以环境压力为自然淘汰依据,选出了一批抗病性(穗颈瘟)MR以上、低温冷害年结实率80%以上,盐碱地区(pH值8左右)增产10%以上的优良品系,证明了此种方法在抗逆育种中的独特优势。

通过多遗传资源大集团混合竞争的方法选育的水稻新品种属于品种(系)间杂交创造的新变异类型,与常规育种比较,以组合为选育单位的传统育种后代中可以明确查询其父母本和血缘关系,这也是目前品种审定所要求的内容之一,也是利用该技术选育并审定新品种数量较少的的原因。而利用本技术选育的水稻新品种,虽然也是通过亲本间杂交创造的变异体,但是很难确定新品种的父母本,与群选法(群体中选出的变异株)有些相像。采用本技术选育新品种与轮回选择(Recurrent selection)比较,前者是多种类型亲本组配大量组合,选优去劣后在相同环境下采取混合竞争的方法选育符合育种目标的个体,育种周期与常规育种相同;而轮回选择则是以目标性状的改良为主要目标的一种育种方法,即每一轮选择是在杂交后代中选取目标性状突出的个体与携带该性状的亲本进行一次杂交,经过几轮选择与杂交后,使控制目标性状的基因在后代中的均数得到累加,群体的水平也相应提高一步,此方法多用于异花授粉作物的性状改良,用在自花授粉作物上会明显延长育种年限,并且所选的目标性状存在局限性^[22-25]。本技术适合于自花授粉作物杂交后代选育,以及以稳定纯系为终极选育目标的新品种选育,不适合于异花(玉米等)、常异花(高粱等)作物以及以杂种优势为利用途径的自花授粉作物(杂交稻、杂交大豆等)。

对于利用该技术选育的新品种无法确定与父

母本的关联,笔者建议通过分子标记辅助选择的方法开展研究,从目标基因的遗传角度寻找新育成品种与父母本的亲缘关系,分子辅助育种技术就是将表型和基因型进行了准确关联,通过反向鉴定基因型保障了表型的准确遗传。在新品种审定后,也可以通过蛋白指纹和基因标记等方式确定新品种与亲本的血缘关系^[26-27],不过这些方法有待于进一步试验与研究,以确定其有效性。自花授粉作物杂交后代受基因杂合程度的影响,往往会出现性状表现越好的个体杂种优势就越强,稳定时间就越长,尤其是多基因控制的性状表现尤为突出,建议在后代(尤其是 F_{4-6})选择过程中要注重对性状符合育种目标、产量高于对照5%以上、同株系内个体差异较小的优良个体的选择,这种株系稳定较快,有利于缩短育种时间。

参考文献:

- [1] 卢继传. 达尔文—进化论奠基人[M]. 哈尔滨:黑龙江科学技术出版社,1982:1-158.
- [2] 乔纳森·霍华德. 达尔文与进化论[M]. 赵凌霄,何竹芳,译. 北京:外语教学与研究出版社,2008:1-231.
- [3] 方宗熙. 懂一点达尔文进化论[M]. 北京:中国青年出版社,1977:1-184.
- [4] Jiaming Mi, Guangwei Li, Conghao Xu, et al. Artificial Selection in Domestication and Breeding Prevents Speciation in Rice [J]. *Molecular Plant*, 2020, 13(4): 650-657.
- [5] Bai Shiwei, Yu Hong, Wang Bing, et al. Retrospective and perspective of rice breeding in China [J]. *Journal of genetics and genomics*, 2018, 45(11):603-612.
- [6] 杨峰,丁孝羊,赵勇,等. 浅析常规水稻育种的途径与技术[J]. *中国农业信息*, 2016(9):125-126.
- [7] 马永强. 我国水稻遗传育种历程与展望[J]. *种子科技*, 2019, 37(8):5.
- [8] 张国栋,邹丹丹,单贞,等. 远缘杂交在水稻遗传育种中的应用[J]. *中国稻米*, 2020(1):1-6.
- [9] 李岩,侯文平,董本春,等. 水稻/菰远缘杂交低世代材料遗传变异情况分析[J]. *北方水稻*, 2012, 42(6):7-11.
- [10] 刘佳,朱延钧,王博,等. 地理远缘杂交高油大豆品种吉育403及栽培技术要点[J]. *中国种业*, 2016(1):72-73.
- [11] 李丁民. 杂交水稻组合选配的理论和实践[J]. *杂交水稻*, 1994(S1):38-41.
- [12] 程鸿燕,韩渊怀. 大米食味品质的研究及其育种进展[J]. *山西农业大学学报(自然科学版)*, 2016, 36(12):890-896.
- [13] 赵庆勇. 杂交粳稻主要农艺性状和品质性状的配合力与杂种优势研究[D]. 南京:南京农业大学,2008.
- [14] 赫诚. 一种新的水稻抗病育种方法[J]. *北方水稻*, 2015, 45(6):63-65,80.
- [15] 余显权,金武宽,吴平理. 水稻高产育种理论与实践[J]. *贵州农学院学报*, 1997(4):1-6.

(下转第34页)

表现出增产效果最好也印证了这一点。

除需氮、磷、钾三大营养元素外,还需镁、铁、铜、钼、锌、硼等元素。Cu²⁺、Mg²⁺、Fe²⁺是叶绿素组分或叶绿素形成的必须因子,对光合作用的光能吸收、传递、转化起重要作用,并参与光合作用中的光合电子传递和光合磷酸化,对光能转化起到重要作用。除此之外,Mg²⁺进入叶绿体基质活化RuBP羧化酶,促进CO₂同化^[7,9]。范富等人也进行了试验证明,合理使用钼、锌、硼肥料对绿豆产量有促进作用^[21]。本试验中,在现蕾期和盛花期喷施含有微量元素的叶面肥,提升了叶绿素含量,促进了绿豆的光合作用,增强了光合产物积累。因此喷施微量元素叶片肥促进了绿豆的光合作用,增加了籽粒干物质积累,进而提升了产量。生产上可以在绿豆生长期喷施S₃₃₀₇和乙烯利调整植株形态,使其更适合机械化收获^[22-23]。

综上,结合试验材料的产量和主要性状,在盛花期喷施金典+中华大肥旺+天赐宝+碧护对绿豆生长和产量的促进效果更好,可根据需要添加EM活菌剂。

参考文献:

[1] 郑卓杰.中国食用豆类学[M].北京:中国农业出版社,1997:148.

[2] 郝曦煜,梁 杰,肖焕玉,等.东北地区绿豆机械化覆膜栽培技术[J].东北农业科学,2018,43(5):13-15.

[3] 郝曦煜,尹凤祥,梁 杰,等.绿豆新品种白绿15号及栽培技术[J].中国种业,2016(6):72-73.

[4] 郝曦煜,尹凤祥,梁 杰,等.绿豆新品种白绿14号[J].中国种业,2015(8):88-89.

[5] Chaplain V, Défossez P, Delarue G, et al. Impact of lime and mineral fertilizers on mechanical strength for various soil pHs [J]. Geoderma, 2011, 167(8):360-368.

[6] Hati K M, Swarup A, Mishra B, et al. Impact of long-term application of fertilizer, manure and lime under intensive cropping on physical properties and organic carbon content of an Alfisol[J].

Geoderma, 2008, 148(2):173-179.

[7] 郝曦煜,梁 杰,陈 剑,等. Cu²⁺、Mg²⁺、Fe²⁺浸种及喷施对绿豆产量及叶片部分生理指标的影响[J].东北农业科学,2017,42(5):25-29.

[8] 梁 杰,陈 剑,尹智超,等. CuSO₄、MgSO₄、FeSO₄对绿豆N、P、K含量的影响[J].作物杂志,2016(2):151-158.

[9] 梁 杰,陈 剑,尹智超,等. Cu²⁺、Mg²⁺、Fe²⁺对绿豆干物质积累及产量的影响[J].作物杂志,2015(1):114-120.

[10] 程须珍,王素华,王丽侠,等.绿豆种质资源描述规范和数据标准[M].北京:中国农业出版社,2006:28-43.

[11] 胡华锋,介晓磊,刘世亮,等.喷施微肥对苜蓿微量元素含量及积累量的影响[J].草业学报,2008,17(1):15-19.

[12] 李瑞海,徐大兵,黄启为,等.叶面肥对苗期油菜生长特性的影响[J].南京农业大学学报,2008,31(3):91-96.

[13] 李丽霞.叶面肥对作物产量、品质的影响及其生态环境效应[D].咸阳:西北农林科技大学,2005.

[14] 李 侠.叶面微肥对梗稻籽粒微量元素含量的影响及施肥技术研究[D].南京:南京农业大学,2012.

[15] 李瑞海.不同配方叶面肥对作物生长的影响[D].南京:南京农业大学,2008.

[16] Neumann P M.Plant growth and leaf-applied chemicals[M]. 出版地: CRC Press,1988:16.

[17] Leece D R.Foliar Absorption in Prunus domestica L. I. Nature and Development of the Surface Wax Barrier[J].Functional Plant Biology,1978,5(6):749-766.

[18] 李燕婷,李秀英,肖 艳,等.叶面肥的营养机理及应用研究进展[J].中国农业科学,2009,42(1):162-172.

[19] 周吉红,曹海军,朱青兰,等.不同类型叶面肥在不同时期喷施对小麦产量的影响[J].作物杂志,2012(5):140-145.

[20] 程须珍,曹尔辰.绿豆[M].北京:中国农业出版社,1996:2-23.

[21] 范 富,张庆国,张 宁,等.钼、锌、硼微肥对旱作绿豆产量的影响[J].内蒙古民族大学学报(自然科学版),2003(3):248-252.

[22] 郝曦煜,肖焕玉,王英杰,等.叶面喷施S₃₃₀₇增产绿豆的最佳时期和浓度筛选[J].东北农业科学,2020,45(5):25-27,125.

[23] 郝曦煜,肖焕玉,王英杰,等.不同时期喷施不同浓度乙烯利对绿豆产量及主要性状的影响[J].东北农业科学,2021,46(1):17-19,41.

(责任编辑:刘洪霞)

(上接第5页)

[16] 董继平,吴敬德,吴跃进.我国植物育种方法的进展[J].安徽农学通报,1999(4):63-64.

[17] 陈先觉.杂交水稻系统选育研究报告[J].种子,1982(4):22-31.

[18] 李宪彬,方 波.植物繁殖方式与育种的关系[J].种子科技,2001(2):91-92.

[19] 王成媛,张文香,高德宇,等.优质米水稻品种通系103及高产栽培技术[J].农业科技通讯,1993(10):7.

[20] 张文香,王成媛,赵 磊,等.高产优质水稻新品种一通系140[J].农业科技通讯,2005(12):53-54.

[21] 沈锦骅.水稻不同选育方法的遗传率研究[J].作物学报,1980(2):99-110.

[22] 赵正洪,劳绍雄,龚超热,等.轮回选择法在水稻育种上的应用与研究[J].作物研究,1994(1):16-17.

[23] 朱速松,张玉珊.轮回选择在水稻育种中的应用研究进展[J].贵州农业科学,2004(2):62-64.

[24] 漆映雪,邹小云.轮回选择在作物育种中的应用研究进展[J].江西农业学报,2008(6):14-17.

[25] 胡继银.水稻育种新法—双列轮回选择育种[J].作物研究,1992(2):37-38.

[26] 孙明伟.基于SRAP标记的部分百合种及品种的遗传关系及亲和性分析[D].武汉:华中农业大学,2010.

[27] 朱飞雪,杜建材,王照兰,等.五种不同苜蓿的种子蛋白指纹图谱研究[J].中国草地学报,2007(5):1-7.

(责任编辑:刘洪霞)