

# 我国玉米主要间作技术研究进展

刘天学<sup>1,2</sup>, 张绍芬<sup>1</sup>, 赵霞<sup>3</sup>, 李潮海<sup>1\*</sup>

(1. 河南农业大学 农学院, 国家玉米区域技术创新中心, 河南 郑州 450002;

2. 周口师范学院 生命科学系, 河南 周口 466000; 3. 河南省农业科学院, 河南 郑州 450002)

**摘要:** 随着我国耕作制度的变革和农业结构调整的推进, 玉米间作模式也在发生着演变。为此综述了玉米间作增产的理论基础和适合我国不同生态区域的玉米主要间作模式, 并对其发展前景进行了展望。

**关键词:** 玉米; 间作; 生态区域

**中图分类号:** S513 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-3268(2008)05-0014-04

我国栽培玉米不足 500 年的历史, 但因其突出的高产优势和重要的粮饲功能, 无论是品种选育还是栽培技术研究都取得了巨大成就, 使其逐步发展成为仅次于水稻的第二大作物, 在保证国家粮食生产安全和国民经济发展中占有十分重要的地位。我国是一个人均资源偏低、自然灾害严重的人口大国, 人地矛盾十分突出, 实现作物的高产稳产是我国作物栽培科学发展的永恒主题。长期的农业科学试验和生产实践证明, 合理的作物间作, 可以利用不同作物在生长过程中形成的生态位互补效应, 最大限度地提高作物群体对光、肥、水、气、热等有限农业资源的有效利用, 增强了对逆境胁迫的抗性, 从而实现作物的稳产、高产<sup>[1~3]</sup>。

自玉米传入我国以来, 我国广大农业科技工作者在玉米/豆类(大豆、花生、蚕豆、豌豆等)、玉米/禾谷类(小麦、谷子等)、玉米/蔬菜类(辣椒、茼蒿、南瓜等)、玉米/食用菌类(香菇、平菇、木耳等)、玉米/地下块根(茎)作物(甘薯、马铃薯、黄姜等)及玉米/牧草(苜蓿、草木樨等)等间作方面进行了广泛而深入的研究, 为我国粮食增产和农牧民增收做出了突出贡献。以下综述了我国近年来在玉米间套作高产栽培技术领域的研究成果, 并对其发展方向进行了探讨。

## 1 玉米间套作栽培的理论基础

间作是人工构建的作物复合群体, 通过不同形态、生态型、生育期作物的合理搭配, 形成不同时间、

空间与生育期上的生态位互补, 最大限度地提高作物群体对逆境胁迫的抗性和对光、肥、水、气、热等自然资源的有效利用, 从而实现作物的丰产稳产。玉米是一种高秆 C<sub>4</sub> 作物, 喜光、耐高水肥, 单株生产力高而群体密度自动调节能力较差。通过间作第 2 种耐荫或生长阶段对光照要求不高的作物, 有利于提高光能利用率。玉米与矮秆作物间套作形成的多层群体结构, 增加了群体密度和叶面积系数, 可有效地提高截光率, 减少漏光损失, 玉米可以利用上部较强的光照, 间套作物可以利用下层较弱的光照, 这样既提高冠层的净同化率, 又延长了光合作用时间, 还能增加边际效应, 从而获取比单一种植更高的产量<sup>[2, 4]</sup>。不同作物根系扎根深度不同, 作物吸收养分的区域也有所不同, 利用不同层次养分会降低作物间的竞争<sup>[2]</sup>。与棉花、大豆等双子叶作物相比, 玉米属浅根系作物; 与菠菜、白菜等大多数蔬菜相比, 玉米则又属于深根系作物。玉米与这些作物间套作, 可以优化二者根系的生长和空间分布, 实现水肥利用的互补<sup>[5~9]</sup>。此外, 玉米作为菌根高侵染性作物, 其菌根所形成的菌丝桥也有利于豆类作物对磷的吸收<sup>[10]</sup>。玉米在缺铁条件下能够分泌麦根酸类植物铁载体, 同时还能分泌较多的有机酸、还原性糖及少量的蛋白质、氨基酸和酚类物质<sup>[11]</sup>, 这些分泌物能够促进土壤难溶性铁的溶解, 提高间作花生根际铁的有效性, 从而改善花生的铁营养状况<sup>[12, 13]</sup>。小麦/玉米间作以后, 玉米根系分泌有机酸的种类明

收稿日期: 2007-11-24

基金项目: 科技部粮食丰产科技工程项目(2006BAD02A07-3)

作者简介: 刘天学(1965-), 男, 河南商人, 副教授, 在读博士研究生, 主要从事作物生理生态研究。

通讯作者: 李潮海(1956-), 男, 河南巩义人, 教授, 博士, 主要从事作物生理生态研究。

显增加,改善了根际营养,提高了小麦、玉米的根系数量和地上部生物量<sup>[14]</sup>。玉米与多年生牧草间作,可显著改善土壤理化性状<sup>[15,16]</sup>。玉米与食用菌高矮间作,有利于空气的流通和扩散,改善了群体内通风状况,并且食用菌的有氧呼吸提高了小气候的CO<sub>2</sub>浓度,有利于玉米光合作用和发挥玉米的边际效应;玉米的遮光作用所营造的荫蔽、湿润的环境,保证了食用菌菌丝的生长和子实体的形成;食用菌收获后的菌糠直接还田,有利于改善土壤理化性状,增加土壤有机质含量,培肥地力<sup>[17]</sup>。

玉米与其他作物间作,在提高作物产量的同时,也给播种、管理和收获带来不少困难。近年来,不同基因型玉米间混作的试验研究日渐增多。玉米是雌雄同株异花授粉,杂种优势非常显著的作物。在正常条件下,玉米群体内异株授粉率达70%,当代杂种优势明显。不同玉米品种的花期和花粉量有差异,选择适当的玉米品种组合实行间混种植,可以延长花期和授粉时间,可以在花期遇到连阴雨的情况下,提高雌花的受精率,从而减少因授粉不良而造成的秃尖、缺粒现象,达到增产减灾之目的<sup>[18]</sup>。

玉米与其他作物间作,因改善了作物群体的光、热、水、气、肥等生态条件,促进了作物的茁壮成长,增强了作物的抗逆性,病虫害明显减轻,有利于作物产量的提高和品质的改善<sup>[19~22]</sup>。

## 2 我国玉米主要间套作栽培模式

### 2.1 玉米/大豆间作模式

玉米/大豆间作在我国分布十分广泛,不同生态区具有不同的间作模式,主要区别是二者的间作带型不同。在黄淮海地区主要采用玉米与大豆2:6的间作带型<sup>[23]</sup>;在云贵高原山区主要采用1:2,2:2,2:4的间作带型<sup>[24]</sup>;东北玉米产区也有采用起垄间作模式,垄面种大豆,垄沟种玉米<sup>[25]</sup>。在品种选择上,玉米易选用紧凑型品种,否则应增加玉米与大豆及玉米本身的行距和株距;大豆应选用耐荫、茎秆粗壮、丰产性能好的早熟品种。

### 2.2 玉米/花生间作模式

河南省黄泛区平原多为砂壤潮土和粗砂潮土,适宜花生种植,玉米/花生间作也十分普遍,主要间作带型有:玉米:花生:玉米的行数比为3:8:3<sup>[13,26]</sup>,2:6:2<sup>[27]</sup>。玉米与花生间作主要生理生态优势在于玉米根系分泌物能提高花生铁营养效率。因此,玉米与花生间作的带型设置应依据土壤的铁营养状况而定,在土壤的铁营养状况较好条件下,可

适当增加花生的行数,反之应减少花生的行数。

### 2.3 玉米/小麦间套作模式

玉米/小麦间套作主要包括春玉米/春小麦间作和冬小麦/夏玉米间套作2种形式。春玉米/春小麦间作适宜在无霜期为120~150d,大于或等于10℃活动积温2600~3400℃的冀北、辽宁、内蒙古等地种植。以畦带宽比(玉米:小麦)为80:100较为适宜<sup>[28]</sup>。春玉米/春小麦间作,二者的共生期长,选择适宜的品种是增产的关键。冬小麦/夏玉米套作,主要分布在黄淮海平原,一般为畦栽,秋种时整成3.2m宽的畦,其中畦背宽40cm,畦面宽2.8m,种14~16行小麦。麦收前7~15d,在畦背两侧套种玉米,麦收后在畦内种植6~8行大豆<sup>[29]</sup>。

### 2.4 玉米/蔬菜间作模式

玉米/蔬菜间套作,多采用畦栽法。常见栽培模式有:(1)玉米/芹菜间作。黄淮地区麦收后起畦,畦埂点种1行玉米,穴距30cm。芹菜于6月上中旬定植,株行距为10cm×15cm,每畦定植8行,每公顷定植52.5万株。玉米应选用紧凑大穗型品种<sup>[30]</sup>。(2)玉米/白菜间作。西北地区夏玉米于4月上旬双行播种,株行距50cm×20cm,两玉米带之间留出3m的条带,6月10日半高垄直播白菜,垄宽50cm、高15cm。为减少玉米遮荫对白菜生长发育的影响,玉米应尽量早播<sup>[31]</sup>。(3)玉米/黄姜间作。玉米黄姜均为垄作方式,玉米垄间距120cm,垄宽30cm,玉米行与黄姜行间距30cm,黄姜行与黄姜行间距为20cm;玉米起大垄,黄姜起小垄,两垄玉米间种植4行黄姜,大垄两侧种植2行玉米,小垄两侧种植2行黄姜<sup>[32]</sup>。(4)玉米/魔芋间作。在云南高原地区,当地气温稳定在15℃以上时,以90cm开厢起垄,垄面宽70cm,沟宽20cm,沟深20cm;在垄上种植2行魔芋,株距为23cm,错窝播种,种植密度60000株/hm<sup>2</sup>。玉米于5月22日在魔芋行间播种,采用宽窄行错窝种植<sup>[33]</sup>。(5)玉米/马铃薯间作。在河南土壤肥力上等地区,采用玉米:马铃薯为2:2的带型,马铃薯2月底至3月上旬播种,行距65cm,株距20cm。玉米选用中晚熟品种,5月中旬前后播种,行距40cm,株距24cm。

### 2.5 玉米/食用菌间作模式

因食用菌为好氧生物,玉米与食用菌间作,应在地势较高、排水方便的地块进行。南方多采用春玉米与食用菌间作,北方多采用夏玉米与食用菌间作。玉米品种多选用平展大穗型,常见的食用菌类型有平菇、鸡腿菇、香菇、木耳、竹荪等。栽培方式有2

种,一种是菇床铺料栽培,即在每 2 行玉米间做一宽 50~60cm,深 20cm,长度不限的菇床。在玉米拔节期,将处理好的培养料铺在菇床内,接菌种后覆盖塑料薄膜,保温保湿以利发菌。玉米长至大口期,发菌完成进入出菇(耳)期,利用玉米遮荫,促进子实体的生长发育。菌丝生长较慢的菌类(如香菇),应在玉米播种前完成铺料接种。另一种栽培方式是菇床菌棒栽培,即将发好菌的菌棒,脱去塑料袋,摆放在菇床内,菌棒间隔 10~15cm,最后覆土洒水保湿以利出菇(耳)。铺料栽培,因发菌在田间完成,受环境因子影响较大,易感染杂菌,产量较低。菌棒栽培,因发菌提前完成,田间栽培时间应当推迟,以便承受玉米遮荫之利。

## 2.6 玉米/牧草间作模式

玉米/牧草间作分布在我国东北农牧交错区,玉米/苜蓿间作比例为 1:1。苜蓿为 3 年生,播种方式为条播,播种量为  $10\text{ kg/hm}^2$ ,垄距 80cm。玉米 6 月上旬在苜蓿的垄间播种,株距  $34\text{ cm}^{[22]}$ 。玉米与草木樨间作,每隔 2 垄玉米种 1 垄草木樨或每隔 4 垄种 2 垄草木樨<sup>[34]</sup>。

## 2.7 不同基因型玉米间混作模式

实现不同基因型玉米间混作丰产稳产的关键在于品种的选择。首先是用于间作或混作的 2 个品种的生育期要基本一致。其次是 2 个品种要具有不同的生长优势,即实现生态位的互补。三是两个品种的亲缘关系要尽量远。另外,不同的生态区,要根据当地的光、热、水、气、土、肥等自然条件和玉米生育期的主要自然灾害,选择适宜的品种,如干旱地区应选用抗旱与不抗旱的间混作,易涝地区应选用抗涝与不抗涝的间混作,风灾较多的地区应选用抗倒与不抗倒的间混作,病虫害较重地区应选用抗病虫与不抗病虫的间混作等等。栽培模式可根据品种特性而定。

# 3 问题与展望

## 3.1 存在的问题

尽管玉米间套作系统的生产优势已被大量的试验研究和生产实践所证实,但在实际应用中仍然存在着不少问题。首先,在玉米间套作系统中,虽然作物之间实现了生态位的互补,但作物物种之间及同一种群的个体之间对有限自然资源的竞争是不可避免的,2 种作物同时增产的效果并不常见,往往是一种增产,另一种减产。只有当土地当量比大于 1 时,才被认为具有增产效应。如果考虑粮食的市场价格

因素,有时增产未必增收。所以,在实施间套作时,要在品种选择、播期、间套作方式、粮食价格等方面进行综合考虑,尽量减少竞争、增加互补,有所取舍,方能取得良好的经济效益。其次,适宜的玉米间套作系统,虽能提高自然资源的利用效率,但必要的投入也是不可缺少的。比如,在玉米/花生间作系统中,玉米根系分泌物虽能提高花生铁营养效率,但其前提是土壤中必须有足量的铁,否则,将难以发挥相应的生态效应。再如,在玉米/豆类间作系统中,二者在根际营养上有显著的互补优势,尤其是玉米可以利用大豆根瘤固定的氮,但这并不能代替氮肥的施用,因为任何生长在土壤中的植物总是要消耗土壤养分的。再次,改革开放以来,大部分农村轻壮劳力进城务工,留守在农村老幼人员难以承担间套作复杂繁重的田间劳作,从投入产出比来看,某些栽培模式已不符合当今的国情。比如玉米/豆类的间作虽能高产,但玉米价格低、大豆产量低,总体经济效益不高,这种种植模式在我国玉米主产区已鲜见到。此外,玉米与蔬菜或食用菌间作虽能获得较高的经济效益,但其理论研究的不足和操作技术的复杂性,制约着其进一步的推广应用。

## 3.2 前景展望

当今社会人口膨胀、资源匮乏、能源短缺、环境污染,粮食生产安全已成为全球共同关心的问题,利用现代科学技术发展粮食生产显得尤为迫切。玉米间作系统因具有良好的经济效益、环境效益和社会效益,完全符合我国新时期作物栽培科学“高效、优质、高产、低耗、无公害和可持续发展”的总目标。今后要在“优化种植结构、突出区域优势、规模化生产、标准化作业、简约化操作、高效化布局、节约资源和发展循环农业”等方面进行广泛的试验研究,尤其是要加强玉米与蔬菜、瓜果、食用菌等复合高效的间套作栽培技术研究,促进我国农业的增产增收,增强抵御自然灾害和国际市场风险的能力,为保证国家粮食生产安全和国民经济的可持续发展作出新的贡献。

## 参考文献:

- [1] 刘翼浩,牟正国.中国耕作制度[M].北京:农业出版社,1993.
- [2] Vandermeer J H. The Ecology of intercropping[M]. London: Cambridge University Press, 1989.
- [3] Piepho H P. Implications of a simple competition model for the stability of an intercropping system[J]. Ecol Model, 1995, 80: 251-256.
- [4] Trenbath B R. Intercropping for the management of

- pests and diseases[ J] . Field Crops Research, 1993, (34): 381—405.
- [ 5] Walker S, Ogindo H O. The water budget of rained maize and bean intercrop[ J] . Physics and Chemistry of the Earth, 2003, 28: 919—926.
- [ 6] Ogindo H O, Walker S. Comparison of measured changes in seasonal soil water content by rained maize-bean intercrop and component cropping systems in a semi-arid region of southern Africa[ J] . Physics and Chemistry of the Earth, 2005, 30: 799—808.
- [ 7] 唐劲驰, Ismael A, Mboreha, 等. 大豆根构型在玉米/大豆间作系统中的营养作用[ J] . 中国农业科学, 2005, 38(6): 1196—1203.
- [ 8] 李少明, 赵平, 范茂攀, 等. 玉米大豆间作条件下氮素养分吸收利用研究[ J] . 云南农业大学学报, 2004, 19(5): 572—576.
- [ 9] 季连良, 朱树秀, 阿米娜. 大豆玉米混作系统氮素转移特性的研究[ J] . 华北农学报, 1996, 11(2): 56—61.
- [ 10] 李淑敏, 李隆, 张福锁. 蚕豆玉米间作接种真菌与根瘤菌对其吸磷量的影响[ J] . 中国生态农业学报, 2005, 13(3): 136—139.
- [ 11] Inoue K, Hiradate S, Tkagi S. Interactions of organic acid with synthetically produced iron oxides[ J] . Soil Sci Am J, 1993, 57: 1254—1260.
- [ 12] 左元梅, 陈清, 张福锁. 利用<sup>14</sup>C 示踪研究玉米/花生间作玉米根系分泌物对花生铁营养影响的机制[ J] . 核农学报, 2004, 18(1): 43—46.
- [ 13] 左元梅, 李晓林, 曹一平, 等. 河南省沙区玉米花生间作对花生铁营养效率及间作优势的影响[ J] . 作物学报, 2003, 29(5): 658—663.
- [ 14] 郝艳茹, 劳秀荣, 孙伟红, 等. 小麦/玉米间作作物根系与根际微环境的交互作用[ J] . 农村生态环境, 2003, 19(4): 18—22.
- [ 15] 刘景辉, 曾昭海, 焦立新, 等. 不同青贮玉米品种与紫花苜蓿的间作效应[ J] . 作物学报, 2006, 32(1): 125—130.
- [ 16] 陈玉香, 周道玮. 玉米—苜蓿间作的生态效应[ J] . 生态环境, 2003, 12(4): 467—468.
- [ 17] 刘纯业. 扩大食用菌类栽培, 加快立体农业发展[ J] . 食用菌, 1991(4): 1—4.
- [ 18] 张三坤, 陈文平. 玉米间混作, 增产又减灾[ J] . 河南农业科学, 2005(6): 26—28.
- [ 19] Sekamatte B M, Ogenga Latigo M, Russell Smith A. Effects of maize-legume intercrops on termite damage to maize, activity of predatory ants and maize yields in Uganda[ J] . Crop Protection, 2003, 22: 87—93.
- [ 20] 蒋佩兰, 刘隆旺, 章志英, 等. 不同种植方式玉米田玉米害虫及其天敌与产量关系的研究[ J] . 江西农业大学学报, 1995, 17(1): 25—27.
- [ 21] 李潮海, 苏新宏, 孙敦立. 不同基因型玉米间作复合群体生态生理效应[ J] . 生态学报, 2002, 22(12): 2096—2103.
- [ 22] 苏新宏, 李潮海, 孙敦立, 等. 不同基因型玉米间作研究初报[ J] . 玉米科学, 2000, 8(4): 57—60.
- [ 23] 任秀荣, 张自亮, 许海涛, 等. 大豆与玉米间作关键配套技术[ J] . 河南农业科学, 2003(4): 51—53.
- [ 24] 梁泉, 尹元萍, 杨通新. 玉米大豆间作试验初步研究[ J] . 耕作与栽培, 2004(5): 16—19.
- [ 25] 刘秀莲, 王金辉. 大豆、玉米间作立体栽培新模式[ J] . 中国农技推广, 2006(3): 26—27.
- [ 26] 寇长林, 王秋杰, 武继承, 等. 玉米花生间作系统优化配置模式研究[ J] . 耕作与栽培, 2000(6): 14—15.
- [ 27] 王春丽, 李增嘉. 小麦花生玉米不同间套作模式产量品质效益比较[ J] . 耕作与栽培, 2005(5): 11—12, 18.
- [ 28] 侯志研, 朱勇, 惠成章. 阜新地区春小麦春玉米间作高产栽培技术研究初报[ J] . 辽宁农业科学, 2004(2): 45.
- [ 29] 周长安, 窦重兴. 小麦套种玉米间作大豆种植技术[ J] . 农业知识, 2005(9): 21—22.
- [ 30] 裴腊梅, 黄彦宗, 王秀存, 等. 西芹与夏玉米间作高效栽培技术[ J] . 河南农业科学, 2002(4): 32—33.
- [ 31] 张明科, 张鲁刚, 惠麦侠, 等. 夏大白菜与玉米间套栽培试验[ J] . 陕西农业科学, 2004(3): 15—16.
- [ 32] 张广文. 玉米黄姜间作效益高[ J] . 北京农业, 2005(6): 37—38.
- [ 33] 彭风梅, 赵庆云, 张发春, 等. 云南高原玉米魔芋立体高产栽培模式的效益分析[ J] . 中国农学通报, 2001, 17(4): 45—46.
- [ 34] 叶莉, 裴立斌, 刘春静, 等. 玉米与草木樨间作的推广试验研究[ J] . 草原与草坪, 2004(3): 60—62.