不同行比对玉米大豆带状种植产量影响

覃　杨

都安瑶族自治县澄江镇农业服务中心　广西　河池　530700

摘　要：行比配置对玉米—大豆带状种植下的群体结构、光合特性和产量形成有明显调控作用。玉米行比提高后，玉米穗位叶的透光率和净光合速率都会增加，但大豆遮荫更重，光合速率下降，花后干物质转运效率也降低。大豆叶片里脱落酸含量上升、生长素下降，衰老得更快。产量构成上，行比增大时玉米穗粒数和百粒重先增后稳，大豆荚数则一直减少。土地当量比呈单峰变化，有一个最优行比区间。

关键词：玉米大豆带状种植；行比；光合特性

引言：玉米大豆带状复合种植能提升土地利用效率，行比作为核心参数，直接影响带内作物分布与种间竞争关系。行比配置合理，光照资源分配更容易优化，两种作物的光合特性和干物质积累也会更协调，产量从而同步提高。不同行比通过改变冠层透光率、根系空间分布以及内源激素水平，调控花后干物质转运和水分利用特征，进而影响产量构成和土地当量比。系统分析行比对群体结构、光合特性、产量形成及水分利用的影响，能为带状种植体系的行比优化提供理论依据。

1 不同行比对玉米大豆带状种植群体结构与光照利用的影响

1.1 行比的定义与常见配置类型

行比就是带状复合种植里，玉米种几行、大豆种几行的比例。这个数直接决定了两种作物在带里怎么分布、谁挨着谁。常见的行比搭配有两种：一种是玉米行数少、大豆行数多，另一种是两者行数差不多，或者玉米行数相对多一点。行比一变，带内作物的边际效应和种间竞争强度也跟着变。玉米行比小的时候，大豆能照到更多光；行比大了，玉米的产量优势就更明显。到底选哪种行比，得看玉米和大豆本身的生长特点，再看当地的水、肥、光、热条件，最终目的是让资源在带里分配得更合理。

1.2 行比实验处理设置

实验里主要看行比这个变量，设了好几个不同的行数组合。每个组合里玉米和大豆的行数是固定的，另外还单设了净作作为对照。除了行比不一样，带间距、株距、种植密度和田间管理这些条件在各处理之间都保持一致，免得其他因素干扰结果。实验按随机区组排列，每个处理重复多次，这样数据更有代表性，统计上也更可靠。行比处理得覆盖从玉米占优到大豆占优的梯度，这样才好分析行比变化对种间关系和整体产出的影响。在同一地点连着观测好几个生长周期，可以减少不同年份气候波动带来的干扰。

1.3 测定指标与数据采集方法

测定指标分成三类：作物生长指标、产量构成指标和资源利用指标。作物生长指标主要看各生育阶段的株高、茎粗、叶面积指数和地上部生物量，用定期定点取样的办法来测，有些是破坏性取样，有些是非破坏性的。产量构成指标包括玉米的穗粒数、百粒重，以及大豆的荚数、粒数和百粒重，到成熟期收完再测。资源利用指标测的是带内不同位置的透光率、土壤含水量和养分含量变化。数据采集时分带分区，玉米带、大豆带和交界带分别设测点，这样数据的空间分辨率才有保证。

2 不同行比对玉米大豆带状种植光合特性与干物质积累的影响

2.1 不同行比下玉米大豆功能叶片净光合速率的比较

田间试验做下来，行比不一样，玉米和大豆功能叶片的净光合速率确实有差别。在玉米 4 行 + 大豆 4 行的处理里，玉米穗位叶的光透射率比玉米 3 行 + 大豆 4 行、玉米 4 行 + 大豆 6 行和玉米 2 行 + 大豆 4 行分别高出 20.82%、46.21% 和 47.05%；玉米下部叶片的净光合速率比前两种行比分别高了 10.22% 和 8.16%。鲜食玉米—饲用豆带状复合种植里也类似：行比从 2:2 到 6:4，玉米苗期的平均净光合速率在 6:4 处理下最高，达到 26.42μmol/(m²・s)；大喇叭口期的净光合速率则是 2:2 处理更突出。再来看大豆，不管哪种带状行比，生长速率和净光合速率都明显比单作低[1]。不同行比下玉米和大豆的具体净光合数值见表 2-1。

表 2-1 不同行比处理下玉米与大豆功能叶片净光合速率的比较

行比处理	玉米穗位叶光透射率（%）	玉米下部叶片 Pnμ-mol/(m²·s)	玉米苗期平均 Pnμ-mol/(m²·s)	玉米大喇叭口期 SPAD 值
单作玉米	45.11	—	—	—
2M4S	24.53	—	—	—
3M4S	26.29	23.30	—	—
4M4S	47.11	25.44	—	23.14
4M6S	31.81	23.93	—	—
P2（2:2）	—	—	22.2	22.16
P4（4:4）	—	—	22.8	23.16
P5（6:4）	—	—	26.12	22.72

2.2 不同行比对玉米大豆花后干物质向籽粒转运量的影响

花后干物质往籽粒里转运多少，直接影响带状种植的最终产量。不同行比处理下，玉米的转运量变化趋势比较清楚。大豆行数偏多的配置里，玉米受到来自大豆的竞争，花后光合产物往茎鞘这类营养器官里分配的比例更高，往籽粒转运的量就明显低于净作。玉米行比逐渐增大后，玉米带得到的光照和养分更多，花后叶面积持续时间变长，干物质积累总量明显增加，转运到籽粒的效率也跟着上升。大豆那边正好反过来[2]。玉米行比越大，大豆植株接受到的光照越少，花后茎鞘里储存的碳水化合物往籽粒转运的效率降得越明显，转运持续的时间也变短。在玉米占优的行比处理中，大豆花后干物质转运量的下降幅度最大。说到底，行比是通过改变花后源器官和库器官之间的平衡，来调控干物质往不同器官的再分配强度和方向的。

2.3 不同行比条件下玉米大豆群体内源激素水平的变化

内源激素水平的变化，能反映带状种植下玉米和大豆如何应对邻株竞争和资源限制。在玉米行数少、大豆行数多的处理中，大豆叶片和茎尖里的脱落酸含量明显升高，这是植株对遮荫胁迫的防御性反应；同时生长素和赤霉素含量明显下降，抑制了节间伸长和叶片扩展。同样在这个行比条件下，玉米植株根系和叶片里的细胞分裂素含量维持在较高水平，有助于延缓叶片衰老、维持光合功能。随着玉米行比逐渐增加，玉米根系里的生长素含量明显提高，促进维管组织发育和根系吸收能力，赤霉素含量也跟着上升，有利于茎秆伸长和物质运输。大豆则呈现另一套激素响应模式：脱落酸和乙烯含量持续升高，生长素和细胞分裂素含量不断下降。这种激素失衡抑制了大豆的营养生长和籽粒灌浆，加速了功能叶片的衰老。

3 不同行比对玉米大豆带状种植产量构成及种间竞争的影响

3.1 不同行比下玉米与大豆的单株穗粒数与百粒重分析

行比不同，玉米的单株穗粒数、大豆的单株荚粒数以及两者的籽粒充实程度都会跟着变。在玉米行数少、大豆行数多的处理中，玉米单株获取的生长空间相对宽松，雌穗分化期间养分够用，单株穗粒数能维持在较高水平。不过百粒重并没有随穗粒数一起增加，原因是花后灌浆阶段光合产物总量就那么些，籽粒之间抢同化物的情况更严重了。同样这个行比条件下，大豆被玉米遮荫，单株有效荚数明显减少，每荚能长饱满的粒数也在下降，但百粒重降的幅度相对小一些，说明大豆优先保籽粒的充实度。随着玉米行比逐渐增大，玉米的单株穗粒数和百粒重先升后稳，玉米行数超过某个阈值后，这两个指标就不再明显提高了。大豆的单株荚数则随着玉米行比增加一路下降，在玉米占优的处理中，百粒重的下降幅度最大。

3.2 不同行比对玉米大豆带间遮荫胁迫与养分竞争强度的量化

遮荫胁迫怎么量化？主要看大豆冠层不同高度位置的光照强度占自然光照的比例。在广西河池市都安县，结合当地实际，近年来主推大豆玉米行比 2：3、2：2、2：4 和 4：4 的间作技术模式。经过试验：

玉米大豆行比 2:4 和 2:3 模式下，玉米产量明显比 4:6 模式高；紧凑型和半紧凑型玉米搭配大豆的产量，也比平展型玉米搭配大豆的模式高[3]。综合效益从高到低排是 2:4 > 2:3 > 4:6 > 单作。还有一项研究专门看带状复合种植对大豆光合特性的影响，结果也差不多：玉米大豆间作系统里，大豆冠层中下部的光合有效辐射明显降低，净光合速率下降的幅度和行比中玉米所占比例正相关[4]。不同行比下玉米大豆复合种植的产量和综合效益具体数值见表 3-1。

表 3-1 不同行比下玉米大豆复合种植的产量与综合效益

行比	玉米产量（kg·hm⁻²）	大豆产量（kg·hm⁻²）	综合效益排序
2:4	7725.3（紧凑型）	高于其他行比	1
2:3	7720.4（紧凑型）	—	2
4:6	7123.2（紧凑型）	—	3
4M4S	8226	1432	—
4M6S	7878	1430	—
3M4S	7440	1350	—
2M4S	7860	1250	—

3.3 不同行比下玉米与大豆的土地当量比与相对总产量计算

土地当量比用来判断带状种植有没有产量优势，算的是单位土地面积上复合种植比净作多产出多少。在玉米行数少、大豆行数多的处理中，土地当量比通常大于1，说明带状种植确实有优势，但这个优势有多大，得看大豆减产了多少。大豆因为遮荫减产的幅度如果超过了玉米增产的幅度，土地当量比就会掉到接近 1。随着玉米行数逐渐增加，玉米的产量贡献率越来越高，大豆的产量贡献率越来越低，土地当量比先升后降，呈单峰变化。存在一个最优的行比区间，在这个区间里，玉米增产的量能完全补上大豆减产的量，还能多出来一些。相对总产量则是把玉米相对产量和大豆相对产量直接加起来，同时考虑两种作物的产量反应系数。

4 不同行比对玉米大豆带状种植水分利用与根系空间分布的影响

4.1 不同行比条件下玉米大豆根系在水平与垂直方向的空间占据差异

行比不同，玉米和大豆根系在水平方向和垂直方向上的分布格局也会跟着变。在玉米行数少、大豆行数多的处理中，玉米单株之间的间距较大，水平方向上根系扩展范围明显超出本来的行距限制，会向相邻的大豆带一侧多伸出去一段，与大豆根系在交界带形成较大面积的重叠。垂直方向上看，玉米主根扎得比较深，须根在40cm 以上的土层里分布密集，而大豆根系主要就待在30cm 以内的浅层土壤里。随着玉米行数逐渐增加，玉米带内的株距变小，单株玉米的水平根系扩展受到一定抑制，但群体根系在水平方向上的总覆盖面积反而增加了，对交界带土壤养分的占据能力更强。大豆那边，因为遮荫胁迫导致地上部光合产物供应不足，根系的伸长生长被抑制，水平分布范围缩小，垂直下扎深度也明显变浅。

4.2 不同行比对玉米大豆全生育期土壤水分消耗特征的影响

行比不同，全生育期内土壤水分的时空消耗特征也跟着变。在玉米行数少、大豆行数多的处理里，玉米植株少，群体蒸腾耗水量相对低一些；大豆植株虽然多，但单株蒸腾强度不大。整个生育期，土壤水分消耗前中期慢慢下降，后期一下子减得快。表层土壤水分在开花期到灌浆期降得最明显，深层土壤水分消耗则相对有限[5]。玉米行比逐渐增大后，玉米群体蒸腾耗水量明显上升，尤其在抽雄期到灌浆期，玉米对水分的需求到顶了，同一土层深度内的土壤含水量比大豆行数多的处理明显更低。水分消耗的垂直特征也在跟着变：玉米占优的行比处理里，60cm 以下的深层土壤水分被大量消耗，浅层土壤水分的消耗比例反倒降下来了。

结束语：行比是调控玉米大豆带状种植群体内光温资源分配与种间竞争的核心参数。我们从群体结构、光合特性、干物质转运、内源激素响应、产量构成、根系分布及水分消耗几个方面，系统分析了不同行比的影响机制。结果表明，行比通过改变源库关系和激素平衡来影响产量分配：大豆行数偏多时，玉米的光合优势更明显；玉米行数偏多时，大豆受遮荫胁迫加重，减产显著。2:4 与 2:3 等行比在产量和综合效益上表现较好，土地当量比呈单峰变化，存在一个最优行比区间。未来需要结合区域气候条件，进一步优化行比配置。

参考文献

[1] 宋旭辉, 赵雪盈, 赵斌, 等. 行比配置对玉米大豆带状复合种植系统冠层光合特性及产量形成的影响 [J]. 中国农业科学,2025,58(23):4858-4871.

[2] 陈艳秋, 王晓东, 张丽, 等. 鲜食玉米-饲用豆带状复合种植对作物群体光合特性及产量的影响 [J]. 江苏农业科学,2024,52(10):91-97.

[3] 罗正, 王恒震, 赵志坚, 等. 玉米品种及配置模式对湖南大豆玉米带状复合种植产量及效益的影响 [J]. 作物研究,2024,38(2):91-96,108.

[4] 何兵, 谭春燕, 龚锡震, 等. 带状复合种植对大豆和玉米光合特性及产量的影响 [J]. 贵州农业科学,2023,51(5):15-22.

[5] 张跃涛. 玉米带状复合种植关键技术要点与实践应用 [J]. 农家科技,2025(48):19-21.