

杨-粮间作新栽培模式对小麦产量 及质量影响的评价*

李正才

摘要 主要探讨了杨-粮间作新栽培模式对小麦产量和质量的影响。研究表明:5年生杨树杨-粮间作新栽培模式[(3×3)m×20m,(3×3)m×30m,(3×3)m×40m]小麦产量低于对照农田10%~15%;林内小麦种子的淀粉含量和蛋白质含量均高于对照农田,分别增加了12%和22.1%,蛋白质提高幅度大于淀粉提高幅度。影响小麦产量和千粒重的主要因子为照度、空气温度、空气湿度及土壤含水量;提高小麦质量的主要因子为空气温度。

关键词 杨-粮间作新模式 小麦产量和质量 生态环境 灰色关联分析

自从70年代我国从意大利引进美洲黑杨(*Populus deltoides* Bartr.)南方型无性系以来,杨树在黄河以南地区得到了大面积的推广,成为当地的主要栽培无性系。我国是一个人口众多的国家,解决12亿人口吃饭问题乃是一项基本国策,这就决定了在平原地区不可能大面积营造杨树纯林,比较可行的办法是发展杨树农田林网,杨-粮间作和在适宜的立地上营造小面积纯林。但是以往的发展杨-粮间作栽培方式偏重于木材生产,造林密度偏大,只适宜在最初几年间作农作物,而且农作物产量逐渐下降,这种栽培方式已不能满足当前平原地区对粮食和木材的同时需要,不能适应经济发展的要求。本文旨在通过杨-粮间作新栽培模式对小麦产量和质量的影响的评价,为大面积推广该栽培模式提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验地概况

试验地位于江苏省宝应县中港乡,地理位置为33°08'N,119°19'E,属于季风湿润气候,年平均气温14.3℃,1月平均气温0.4℃,7月平均气温27.6℃,极端最低气温-22.9℃,极端最高气温40.3℃,无霜期229d,年平均降雨量964mm,年蒸发量1500mm,年平均相对湿度75%,年日照时数2390h,10℃的年积温4569℃,试验地土壤为湖积土,土层深厚,pH值为6.6,有机质含量为8.434g/kg,全氮含量为0.636g/kg,速效磷为1.7640mg/kg,速效钾为65.574mg/kg。

1.2 试验材料和试验设计

供试杨树无性系为NL-80351杨,系南京林业大学从美洲黑杨I-69杨(*P. deltoides* Bartr. cv. 'Lux')×I-63杨(*P. deltoides* Bartr. cv. 'Havard')的F₁代选育出来的无性系,配

1998—03—23 收稿。

李正才助理研究员(中国林业科学研究院亚热带林业研究所 浙江富阳 311400)。

* 本文是作者硕士论文的一部分,论文的完成得到导师徐锡增和吕士行、方升佐老师的热情指导,亚林所傅懋毅研究员审阅了全文,在此一并致谢。

置方式采用双行排列,行向近于南北向,配置为 $(3 \times 3) \text{ m} \times 20 \text{ m}$, $(3 \times 3) \text{ m} \times 30 \text{ m}$, $(3 \times 3) \text{ m} \times 40 \text{ m}$, 共有 6 个小区, 每小区面积 $2\,300 \text{ m}^2$ 至 $4\,400 \text{ m}^2$, 重复 2 次; 于 1992 年春天造林, 为 2 年生苗, 平均苗高 4 m。

林地小麦品种为扬麦 158, 处理和对照均为相同品种, 对照农田距试验地 200 m。

1.3 测定方法

林内小气候观测: 采用 4 组仪器, 根据杨树和农作物的物候期, 分别在不同配置的林分(或同一林分的不同测点)和对照农田设置小气候观测点, 仪器高度为 1.5 m, 林内仪器点位于行东 5 m 处, 行西 5 m 处和行中(宽行 1/2 处)。观测项目为太阳总辐射、反射辐射、散射辐射、照度、空气温度、空气湿度; 观测时间为北京时间 6:30 ~ 18:30, 每隔 2 h 观测 1 次。

试验区和对照区小麦管理方式一致, 均施复合肥 $450 \text{ kg}/\text{hm}^2$, 田间拔草 2 次, 春天浇水 2 次。

小麦产量测定: 小麦产量根据不同的配置方式, 采用多点设置样方的方法, 样方面积 $1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$, 重复 3 次。小麦品质测定: 常规方法测千粒重, 淀粉含量用蒽酮比色法, 蛋白质含量用考马斯亮蓝 G-250 染色法测定, 使用 7210 型分光光度计。测定的烘干样品均过 0.3 mm 筛^[1]。

2 结果与分析

2.1 杨-粮间作新栽培模式对林内小气候和树木生长的影响

研究表明, 5 年生时, 杨树生长发育的 3 个时期, 林内的空气温度、土壤含水量、照度和太阳总辐射均低于对照农田, 而林内的空气湿度稍高于对照农田, 而且, 杨树从展叶期到 2/3 全叶期和全叶期这一段时间, 杨树叶开始展开增大, 树冠体积和表面积逐渐增加, 对太阳辐射的遮荫、吸收和反射作用增加, 林内的总辐射和照度占对照的比例大幅度下降(见表 1)。

杨-粮间作新栽培模式由于林木生长的边缘效应, 5 年生时, 树木的胸径和冠幅均高于密度为 $3 \text{ m} \times 3 \text{ m}$ 相同年龄的树木的胸径和冠幅, 但树高稍低于密度为 $3 \text{ m} \times 3 \text{ m}$ 相同年龄的树木的高度(见表 2)。

表 1 杨树生长发育 3 个时期试验区和对照区生态因子比较 (1996-04~06)

项 目	空气温度 ($^{\circ}\text{C}$)			空气湿度 (%)			土壤含水量 (%)			照度占对照 比例(%)			总辐射占对照 比例(%)		
	展 叶 期	2/3 全 叶	全 叶 期	展 叶 期	2/3 全 叶	全 叶 期	展 叶 期	2/3 全 叶	全 叶 期	展 叶 期	2/3 全 叶	全 叶 期	展 叶 期	2/3 全 叶	全 叶 期
试验区	14.6	16.0	19.7	78	76	78	14.4	13.9	13.3	84	62.1	56	83.9	74	65.2
对照区	14.8	18.2	22.4	78	72	74	14.8	14.6	14.4	100	100	100	100	100	100

表 2 5 年生时杨树的生长状况 (1996-04~06)

配 置 方 式	平均胸径(cm)	增值(%)	树高(m)	增值(%)	冠幅(m)	增值(%)
$(3 \times 3) \text{ m} \times 20 \text{ m}$	16.5	21.3	15.0	-3.0	5.5	49.9
$(3 \times 3) \text{ m} \times 30 \text{ m}$	17.0	25.1	15.4	-0.6	5.5	50.7
$(3 \times 3) \text{ m} \times 40 \text{ m}$	17.2	26.3	14.6	-6.2	5.6	52.6
$3 \text{ m} \times 3 \text{ m}$ (对照)	13.6	0	15.5	0	3.7	0

2.2 杨-粮间作对小麦产量的影响

杨-粮间作系统由于林木的存在改变了系统内小气候的分布状况, 形成了一个复杂的生态环境条件, 这一生态环境作用于小麦生长发育的后期, 体现了林木同农作物对水、肥、光、热的竞争, 因此首先使小麦的生长状况发生了变化, 体现在上层林木与农作物之间对生长空间的竞争, 然后使小麦的产量发生变化^[2-5]。

表 3 杨-粮间作对小麦产量和千粒重的影响 (1996-05)

配 置	项 目	行东测点			行中测点	行西测点			对照农田
		1.5 m	3 m	5 m		5 m	3 m	1.5 m	
(3×3) m×20 m	产量(kg/hm ²)	3 916.5	4 068.0	4 536.0	4 575.0	4 563.0	4 122.0	3 900.0	产量:
	千粒重(g)	29.00	30.00	33.30	34.00	33.67	30.50	29.00	4 599.0 kg/hm ²
(3×3) m×30 m	产量(kg/hm ²)	3 914.3	4 105.5	4 573.5	4 591.5	4 554.0	4 125.0	3 886.5	千粒重:
	千粒重(g)	29.00	30.33	34.00	34.00	33.67	30.67	28.67	34.08 g
(3×3) m×40 m	产量(kg/hm ²)	3 967.5	4 125.0	4 519.5	4 593.0	4 500.0	4 041.0	3 900.0	
	千粒重(g)	29.33	30.56	33.48	34.00	33.37	29.67	29.00	

从表 3 可知, 3 种栽培模式中, 在杨树两侧 0~3 m 范围内, 由于小麦受到杨树胁迫作用较大, 造成小麦产量下降幅度较大, 平均下降 15%; 其它范围, 产量普遍达到对照的 97% 以上, 基本上不减产。而一般的杨粮间作方式, 随着树木年龄的增加, 小麦产量大幅度下降, 5 年生时, 小麦产量只能达到对照的 20%~10%^[6]。因此, 在 5 年生杨-粮间作系统中, 林木对产量的影响仅局限于林木两侧 0~3 m 范围之内, 而其它范围基本不减产, 这个结论有利于在平原地区大面积推广新模式的杨-粮间作栽培方式。

2.3 杨-粮间作对小麦质量的影响

淀粉是小麦的主要成分, 淀粉含量的高低能够较好地反映小麦品质。粮食中蛋白质则是人类营养中植物性蛋白质的主要来源, 亦是粮食品质的主要质量指标。研究表明(见表 4), 杨-粮间作新栽培模式对小麦的蛋白质含量和淀粉含量有明显的提高作用, 试验区小麦淀粉和蛋白质含量均显著高于对照农田小麦淀粉和蛋白质含量。(3×3) m×20 m, (3×3) m×30 m, (3×3) m×40 m 3 种杨树栽培方式, 使林下小麦蛋白质含量分别比对照提高 21.9%、22.7% 和 23.2%, 淀粉含量分别比对照提高 10.8%、12.1% 和 13.1%。其中(3×3) m×40 m 配置方式在提高小麦蛋白质和淀粉含量方面要好于前两种配置模式(见表 5)。

表 4 小麦种子质量差异的方差分析

项 目	样本平均 (%)	对照 (%)	样本数(个)	自由度	标准差	标准误	T 值	T _{0.01} 值
淀 粉	78.47	71.1	7	6	0.004 78	0.002 93	25.15* *	3.707
蛋白质	12.77	10.6	7	6	0.013 8	0.005 2	4.18* *	

小麦灌浆成熟这一段时间内空气相对湿度、土壤含水量、气温对小麦最终籽粒的内含物质的含量有着密切的联系, 这一时期, 如遇上干燥与热风, 可使种子灌浆不足, 直接影响小麦内含物的积累, 会使种子的千粒重显著下降。这时林内的空气相对湿度稍高于林外, 土壤含水量和空气温度低于林外, 这对于小麦淀粉和蛋白质的合成比较有利。林内土壤含水量的相对短缺,

虽不利于小麦成熟过程中可溶性糖转化为淀粉,但对蛋白质的积累阻碍较少,使得林内小麦蛋白质含量的提高大于淀粉含量的提高幅度。

表 5 杨-粮间作对小麦质量的影响

(1996- 0- 05)

配 置	项 目	行东测点			行中测点	行西测点			对 照
		1.5 m	3 m	5 m	5 m	3 m	1.5 m		
(3 × 3) m × 20 m	淀粉含量(g/k g)	779.9	782.1	788.0	782.0	792.0	784.0	785.0	711.0
	占对照数(%)	109.7	110.0	110.8	109.9	114.4	110.3	110.4	100
	蛋白质含量(g/k g)	128.0	128.0	127.0	116.0	131.0	131.0	133.0	106.0
	占对照数(%)	120.7	120.7	119.8	119.4	123.5	123.5	125.5	100
(3 × 3) m × 30 m	淀粉含量(g/k g)	798.0	798.0	792.0	801.0	801.0	796.0	797.0	
	占对照数(%)	112.2	112.2	111.4	112.6	112.6	111.9	112.1	
	蛋白质含量(g/k g)	128.0	127.0	128.0	129.0	133.0	131.0	132.0	
	占对照数(%)	120.7	119.8	120.7	121.7	125.5	123.5	127.3	
(3 × 3) m × 40 m	淀粉含量(g/k g)	801.1	802.2	799.6	800.4	814.7	820.0	790.0	
	占对照数(%)	112.7	112.8	112.5	112.6	114.6	115.3	111.1	
	蛋白质含量(g/k g)	131.0	131.0	130.0	126.0	132.0	133.0	131.0	
	占对照数(%)	123.6	123.6	122.6	118.9	124.5	125.5	123.6	

2.4 杨-粮间作新模式影响小麦产量和质量诸因子的灰色关联分析

灰色关联分析的目的是了解系统中各因素之间的主要关系,找出影响目标值的重要因素,从而掌握事物的主要特征,促进和引导系统迅速而有效地发展。它是对一个系统发展变化趋势的定量描述方法,发展势态的比较是依据空间理论基础,按照规范性、偶对称性、整体性和接近性这 4 条原则确定参考数列(母序列)和若干比较数列(子序列)之间的关联系数和关联度^[7]。

若记经数据变换的母数列为 $\{X_0(t)\}$,子数列为 $\{X_i(t)\}$,则在 $t=K$ 时刻, $\{X_0(K)\}$ 与 $\{X_i(K)\}$ 的关联系数 $Q_i(K)$ 用下式计算:

$$Q_i(K) = \frac{\Delta_{\min} + \rho \Delta_{\max}}{\Delta_i(K) + \rho \Delta_{\max}} \quad (1)$$

式中: $\Delta_i(K)$ —— K 时刻两个序列的绝对差,即 $\Delta_{oi}(K) = |X_0(K) - X_i(K)|$; Δ_{\max} , Δ_{\min} ——分别为各个时刻的绝对差中最大值与最小值。因为进行比较的序列在经数据变换后互相相交,所以 $\Delta_{\min} = 0$; ρ ——分辨系数,一般 ρ 取 0.5。

关联分析的实质是对时间序列数据进行几何比较,若两序列在各个时刻点都重合在一起即关联系数为 1,那么两序列的关联度也必等于 1。同时两比较序列任何时刻都不可能垂直,所以关联系数均大于 0,故关联度大于 0。因此,两序列的关联度可用比较序列各个时刻的关联系数之平均值计算(反映全过程的关联程度)。即:

$$Y_{oi} = \frac{1}{N} \sum_{K=1}^N Q_i(K) \quad (2)$$

式中: Y_{oi} ——子序列 i 与母序列 O 的关联度; N ——数据个数。

根据(1)、(2)两式计算,杨-粮间作新栽培模式林内总辐射、散射辐射、反射辐射、照度、空气温度、空气湿度、土壤含水量、土壤含氮量同小麦产量、质量的关联度序列如表 6。

表 6 各影响因子与小麦产量和质量的关联度

影响因子	小麦产量	小麦千粒重	小麦淀粉含量	小麦蛋白质含量
总辐射	0.805 1	0.803 4	0.804 9	0.789 9
散射辐射	0.798 5	0.796 4	0.798 4	0.784 2
反射辐射	0.657 8	0.658 2	0.658 7	0.669 9
照度	0.978 9	0.971 3	0.970 6	0.924 8
空气温度	0.971 8	0.962 3	0.981 2	0.944 8
空气湿度	0.963 9	0.971 1	0.955 7	0.938 0
土壤含 N 量	0.885 7	0.890 5	0.878 5	0.843 3
土壤含水量	0.963 2	0.953 4	0.958 9	0.914 1

按表 6 中各影响因子关联度大小排序为:

小麦产量: 照度 > 空气温度 > 空气湿度 > 土壤含水量 > 土壤含 N 量 > 总辐射 > 散射辐射 > 反射辐射。

小麦千粒重: 照度 > 空气湿度 > 空气温度 > 土壤含水量 > 土壤含 N 量 > 总辐射 > 散射辐射 > 反射辐射。

小麦淀粉含量: 空气温度 > 照度 > 土壤含水量 > 空气湿度 > 土壤含 N 量 > 总辐射 > 散射辐射 > 反射辐射。

小麦蛋白质含量: 空气温度 > 空气湿度 > 照度 > 土壤含水量 > 土壤含 N 量 > 总辐射 > 散射辐射 > 反射辐射。

由上可知: 影响小麦产量和千粒重的最主要因子是林内照度, 小麦生殖生长期, 林内的空气湿度略高于林外对照农田, 而空气温度低于对照农田, 土壤含水量低于对照农田, 这对于小麦种子内淀粉含量和蛋白质含量的提高均有利。

3 小结与讨论

(1) 5 年生杨树杨-粮间作新栽培模式林内小麦产量低于对照农田, 不同范围产量下降的幅度不一。靠近林木, 由于林木的遮荫及根系同农作物对土壤养分和土壤水分的竞争, 小麦产量下降的幅度较大, 达 10% ~ 15%; 而其它范围内小麦产量下降幅度较小, 仅为 1% ~ 3%。随着杨树林龄的增大, 小麦产量的变化尚需进一步研究。

(2) 由于杨-粮间作新栽培模式林内小气候的改变, 明显地提高了林内小麦的品质, 小麦种子蛋白质和淀粉含量均高于对照农田, 淀粉含量和蛋白质含量分别比对照提高了约 12% 和 22.1%, 蛋白质提高幅度大于淀粉提高幅度。

(3) 造成小麦产量下降的最主要因子为林内照度, 因为光照直接影响着小麦个体的光合作用, 影响着小麦个体的生长和发育状况, 从而最终影响小麦的产量。提高小麦质量的最主要因子为空气温度。空气温度的变化主要是由于林木的存在改变了林内小气候的缘故, 因此, 随着杨树树龄的增大, 如何修枝抚育, 既能达到林木培育的目的, 又能使林内农作物产量受影响较小, 也是一个需进一步研究的重要问题。

参 考 文 献

- 1 何照范. 粮油籽粒品质及其分析技术. 北京: 农业出版社, 1985.
- 2 黄祥辉. 小麦栽培生理. 上海: 上海科学技术出版社, 1984.
- 3 戴云玲, 郭仲琛, 郑光植. 等. 遮光对小麦穗发育的影响. 作物学报, 1965, 2(4): 135 ~ 146.
- 4 Deanglis G L. Energy-nutrient cycling recover of systems. Ecology, 1980, 61(4): 31 ~ 46.
- 5 Ahmed P. Eucalyptus in agroforestry: Its effects on agricultural production and economic. Agroforestry Systems, 1981, 8(1): 26 ~ 37.
- 6 徐锡增, 吕士行, 曹福亮. 等. 杨粮间作的生产力及其经济效益. 见: 吕士行, 方升佐, 徐锡增主编. 杨树定向培育技术. 北京: 中国林业出版社, 1997.
- 7 袁嘉祖. 灰色系统理论及其应用. 北京: 中国科学技术出版社, 1991.

The Impacts of New Cultivation Patterns of Incorporating Poplar with Wheat on Wheat Yield and Quality

Li Zhengcai

Abstract This paper deals with the impacts of new cultivation patterns of incorporating poplar with wheat on its yield and quality. The result shows that the yield of wheat in the new cultivation patterns is reduced by 10% ~ 15% than that in the mono-crop field at the 5th year since poplar trees were incorporated [the cultivation model are (3 × 3) m × 20 m, (3 × 3) m × 30 m, (3 × 3) m × 40 m]; the content of starch and protein in the wheat s seed is increased by an average of 12% and 22.1% respectively, compared with the mono-crop field, the range of the increasing protein content is greater than that of the increasing starch content; the major factors affecting the yield of wheat and thousand grain weight are illumination, air temperature, air moisture and soil water content; the major factor of increasing wheat seed quality is air temperature.

Key words new cultivation patterns incorporating poplar with crop yield and quality of wheat ecological environment grey relation analysis

Li Zhengcai, Assistant Professor (The Research Institute of Subtropical Forestry, CAF Fuyang, Zhejiang 311400).