

徐淮地区冬小麦产量结构优化与应用

高 苹 武金岗 陶炳炎 汤志成

(江苏省气象局,南京 210008)

提 要

对产量穗粒结构与产量形成之间的内在关系进行了分析,利用线性规划方法,通过构造产量最大目标函数,得出最优的产量穗粒结构。调整现有穗粒结构使产量达到最高或接近最高,此研究成果对于中低产田改造具有实际指导意义。

关键词: 冬小麦 产量结构 优化 线性规划

引 言

冬小麦经济产量由有效穗数、穗粒数和千粒重三因素构成,并取决于三因素及其组合状况。研究产量结构的优化对产量形成和改造中低产田具有十分重要的意义。

产量结构的三要素形成于不同发育阶段,它们对产量的贡献亦不尽相同,三因素之间相互联系,相互制约。因此在不同生产水平下,既要分析产量结构中对产量形成起主要作用的因素,还要分析某一因素变化对其它因素产生的影响。所以,寻求三因素组合的最佳方案,是小麦生产中的技术重点。

1 资料来源

所用资料取自江苏省三麦气象研究协作组的部分田间试验资料,其中包括徐州、灌云两地的冬小麦产量、有效穗数、穗实粒数、千粒重及各发育期天数的实测资料。田间试验在1982—1985年进行,采用分期播种方法,每年9月20日始播,每隔10天播1期,共播6期。供试品种为半冬性小麦济南13号。气象资料取自当地气象台站的平行观测记录。

2 穗粒结构优化

优化产量结构数学上可归结为线性规划问题。从实际观测资料中,计算并寻找三要素之间的相互制约关系,作为线性规划的约束条件,以产量值最高作为线性规划的目标函

数,求解线性规划,再由后向前,通过各约束条件求出各要素的最佳值。利用徐州、灌云1982—1985年共31个播期的产量结构资料,建立线性规划^[1]如下:

$$\text{目标函数: } y = EKW \rightarrow \text{Max}$$

$$\text{约束条件: } KW = 1857.7812 - 16.6220E$$

$$K = 35.3745 - 0.2464E$$

$$E, K, W > 0$$

其中, y 为理论产量(kg/ha), E 为有效穗数(万穗/ha), K 为穗实粒数(粒/穗), W 为千粒重(kg/10³粒)。

第一个约束条件是穗粒重与有效穗数之间的关系。相关系数为 $R = -0.7700$, $R_{0.01}(31) = 0.4562$,该约束条件达0.01显著水平。第二个约束条件是穗粒数与有效穗数之间的关系,相关系数为 $R = -0.6984$,亦达0.01显著水平。第三个约束条件表示 E, K, W 均为正值。

求解上述线性规划,得到优化结果:

$$E = 840 \text{ 万穗/ha}$$

$$K = 21.9 \text{ (粒/穗)}$$

$$W = 0.0423 \text{ (kg/10}^3 \text{ 粒)}$$

$$y = 7781.5 \text{ (kg/ha)}$$

据此,可做如下分析:

(1)由约束条件可知,穗粒重与有效穗数之间存在显著制约关系。随着有效穗数的逐

渐增多,穗粒重呈下降趋势。这说明单位面积植株数量增多,个体生长环境及营养状况变劣,致使个体弱小,反映了群体与个体的相互调节作用。

(2)考察实际资料(表1)发现,在所有资料中,有83.9%播期产量值低于产量优化

值。而产量值高于优化值的那部分播期中,则是因为它们有效穗数较高,平均为784.5万穗/ha。由此可见,该优化结果比较符合实际,属较高产量水平,在生产实际中亦是可达到的。

表1 实际穗粒结构与产量

y(kg/ha)	E(万穗/ha)	K(粒/穗)	W(kg/10 ³ 粒)	样本数
4500—5249	361.5	31.2	0.0464	4
5249—5999	402.0	27.2	0.0509	6
6000—6749	580.5	23.7	0.0457	8
6750—7755	622.5	26.8	0.0449	8
>7785	784.5	23.8	0.0491	5

(3)与优化结果相比,中低产田块产量较低的根本原因是有效穗数未达到较高水平(如750万穗/ha或以上),而相应地穗粒数和千粒重虽然偏高,亦难以完全弥补穗数之不足。

因此,改造中低产田应考虑以下两方面:

①适当提高有效穗数。有效穗数不高是造成低产的根本原因,结合徐淮地区冬小麦分蘖力较强的特点,适期早播可以增加有效穗数,提高产量。

但当有效穗数超过优化值以后(如表2),随着它的进一步提高,每穗粒数和千粒重下降,产量降低。此外,还可以出现倒伏现象,减产幅度会更大。

表2 有效穗数(过多)与产量的关系

y(kg/ha)	E(万穗/ha)	K(粒/穗)	W(kg/10 ³ 粒)
7786.5	840	21.9	0.0423
7744.5	900	20.6	0.0418
7579.5	975	19.4	0.0401
7288.5	1050	18.1	0.0384

②小麦产量形成具有一定顺序性,当有效穗数基本确定以后,保持适当穗粒数和千粒重对提高产量仍很重要。尤其在中低产田中,穗粒重较高在一定程度上可补偿有效穗数不足造成的大幅度减产。但就穗粒结构各组变异系数来看,有效穗数在产量的构成中所占的比重为31.3%,穗粒数为15.6%,千粒重为10.2%,穗粒重相对稳定,此补偿作

用是有一定限度的。

3 应用与讨论

据上述分析,产量受有效穗数影响最大,为达到或接近产量优化值,必须探索有效穗数的变化规律。

三叶至拔节是冬小麦分蘖发生和生长的主要时期,经历的时间越长分蘖越多,净有效穗数亦多。另一方面,徐州光照条件良好,三叶至返青期日照过多,可能导致群体发育过大,无效分蘖增加,净有效分蘖会有所降低。净有效分蘖由下式可得:

$$\Delta E = E - E_0 \quad (1)$$

其中,E为优化的有效穗数,E₀为基本苗数。

利用徐州资料,建立净有效分蘖模式:

$$\Delta E = -61.1808 + 0.7550D - 0.0355S \quad (2)$$

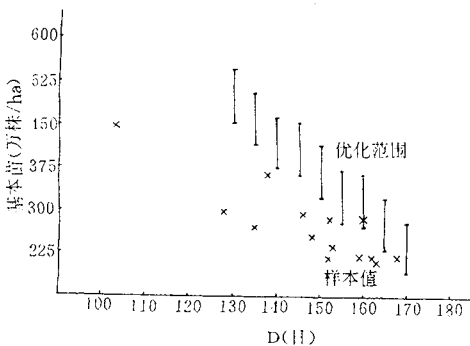
其中,ΔE为净有效分蘖数(万穗/ha),D为三叶至拔节日数(日),S为三叶至返青日照时数(小时)。样本数为15,复相关系数为0.8574,F值为16.65,大于F_{0.01}(12)=6.93,模式达0.01极显著水平。

根据资料,小麦三叶至返青期间日平均日照时数为6小时左右,返青至拔节天数(D₂)各播期不同,一般为30—50日。据此,将上述模式统一为ΔE与D的关系。由此求得要达到前述优化结果,D、ΔE、F₀之间组合关系如表3。

表3 在E的优化范围内D、ΔE、E₀、D₂的组合关系

D(日)	ΔE(万穗/ha)	E ₀ (万穗/ha)	D ₂ (日)
130	298.5	451.5—541.5	50
135	339.0	411.0—501.0	50
140	379.5	370.5—460.5	50
145	388.5	361.5—451.5	40
150	429.0	321.0—411.0	40
155	469.5	280.5—370.5	40
160	478.5	271.5—361.5	30
165	519.0	231.0—321.0	30
170	559.5	190.5—280.5	30

表中, E₀ 为基本苗数, 可由式(1)获得。考虑到有效穗数对产量贡献在其优化值 840 万穗/ha 左右的对称性, 只取低于优化值的一个大致范围 750—840 万穗/ha 作为讨论的优化范围。将此计算结果与实际资料作对比, 结果见附图。



附图 基本苗优化结果与样本值对比

由此可知:

(1) 播期迟早与基本苗多少在增加分蘖

方面, 具有相互补偿作用。净有效分蘖随 D 天数增多而增加, D 值大对应于较早播期, 故早播分蘖数多于晚播。为达到较高有效穗数, 在适宜范围内, 可通过提早播种, 或于较晚播期中, 增加基本苗数来实现。这不仅具有明确的意义, 而且与实际情况相符合。

(2) 所试样本的基本苗数大都低于优化产量所需值。根据上述目标函数和优化结果, 将上述指标对应于不同播期进行分析和研究, 可以得出如下结论:

①对于 9 月下旬至 10 月上旬播种的小麦, 要达到优化或较高产量, 就有效穗数而言, 基本苗应从现有 223.5 万苗/ha 提高到 271.5—361.5 万苗/ha。

②10 月中旬至 10 月下旬播种的小麦, 基本苗应从 247.5 万苗/ha 提高到 321—411 万苗/ha。

③11 月上旬播种的小麦, 基本苗应从 312 万苗/ha 提高到 328.5—418.5 万苗/ha。

当然, 提高单位面积基本苗数, 应相应使有关农业技术跟上, 否则难以达到预期目标。

(3) 在适期早播情况下, 根据当地气象和土壤肥力等自然条件, 适当增多基本苗数, 无论对培养合理的群体结构, 还是实现较高的优化产量, 都是有利的。

参考文献

1 陈兰荪著, 数学生态学模型与研究方法, 北京: 科学出版社, 1988.

An Optimization on the Yield Structure for Winter Wheat in Xuhuai Region of Jiangsu Province

Gao Ping Wu Jingang Tao Bingyan Tang Zhicheng

(Meteorological Bureau of Jiangsu Province, Nanjing 210008)

Abstract

A study on yield structure optimization was conducted by investigating the occurrences and changes of winter wheat yield components and their interaction. The linear programming method was used in the yield structure optimization. The model is very useful to the production of winter wheat in this region.

Key Words: winter wheat yield structure optimization linear programming