

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

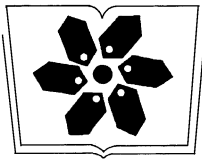
Acta Ecologica Sinica



第33卷 第1期 Vol.33 No.1 **2013**

中国生态学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 33 卷 第 1 期 2013 年 1 月 (半月刊)

目次

前沿理论与学科综述

- 生态整合与文明发展..... 王如松 (1)
- 干旱半干旱区坡面覆被格局的水土流失效应研究进展 高光耀,傅伯杰,吕一河,等 (12)
- 城市林木树冠覆盖研究进展 贾宝全,王 成,邱尔发,等 (23)
- 环境质量评价中的生物指示与生物监测 Bernd Markert,王美娥,Simone Wünschmann,等 (33)
- 水溶性有机物电子转移能力及其生态效应 毕 冉,周顺桂,袁 田,等 (45)

个体与基础生态

- 凋落物和增温联合作用对峨眉冷杉幼苗抗氧化特征的影响 杨 阳,杨 燕,王根绪,等 (53)
- 不同浓度 5-氨基乙酰丙酸(ALA)浸种对 NaCl 胁迫下番茄种子发芽率及芽苗生长的影响
..... 赵艳艳,胡晓辉,邹志荣,等 (62)
- 缺镁胁迫对纽荷尔脐橙叶绿素荧光特性的影响 凌丽俐,彭良志,王男麒,等 (71)
- 松嫩草地 66 种草本植物叶片性状特征..... 宋彦涛,周道玮,王 平,等 (79)
- 花蜜中酚类物质对群落中同花期植物传粉的影响..... 赵广印,李建军,高 洁 (89)
- 桉树枝瘿姬小蜂连续世代种群生命表..... 朱方丽,邱宝利,任顺祥 (97)

种群、群落和生态系统

- 蒙古栎地理分布的主导气候因子及其阈值 殷晓洁,周广胜,隋兴华,等 (103)
- 河静黑叶猴果实性食物组成、选择及其对种子的扩散作用..... 阮海河,白 冰,李 宁,等 (110)
- 2010 秋季东海今生颗石藻的空间分布 靳少非,孙 军,刘志亮 (120)
- OPRK1 基因 SNP 与梅花鹿日间行为性状的相关性 吕慎金,杨 燕,魏万红 (132)
- 鄱阳湖流域非繁殖期鸟类多样性 邵明勤,曾宾宾,徐贤柱,等 (140)
- 人工巢箱条件下两种山雀鸟类的同域共存机制 李 乐,张 雷,殷江霞,等 (150)
- 桉-栎不同混合比例凋落物分解过程中土壤动物群落动态 李艳红,杨万勤,罗承德,等 (159)
- 三峡库区生态系统服务功能重要性评价 李月臣,刘春霞,闵 婕,等 (168)

景观、区域和全球生态

- 黄土高原小流域不同地形下土壤有机碳分布特征 李林海,郜二虎,梦 梦,等 (179)
- 海岸带地理特征对沉水植被丰度的影响..... 吴明丽,李叙勇,陈年来 (188)
- 玛纳斯河流域扇缘带不同植被类型下土壤物理性质 曹国栋,陈接华,夏 军,等 (195)

资源与产业生态

- 农田开垦对三江平原湿地土壤种子库影响及湿地恢复潜力 王国栋,Beth A Middleton,吕宪国,等 (205)
- 漫溢干扰过程中微地形对幼苗定居的影响 安红燕,徐海量,叶 茂,等 (214)
- 黑龙江流域夏玉米产量提升限制因素 徐丽娜,陶洪斌,黄收兵,等 (222)
- 黑龙江省药用植物根际土壤真菌多样性 慕东艳,吕国忠,孙晓东,等 (229)

桑沟湾养殖生态系统健康综合评价 傅明珠,蒲新明,王宗灵,等 (238)

城乡与社会生态

基于“OOAO 原则”的罗源湾生态质量状况综合评价 吴海燕,吴耀建,陈克亮,等 (249)

四十里湾营养状况与浮游植物生态特征 李 斌,白艳艳,邢红艳,等 (260)

生态足迹深度和广度:构建三维模型的新指标 方 恺 (267)

中国东西部中小城市景观格局及其驱动力 齐 杨,邬建国,李建龙,等 (275)

研究简报

南海陆坡沉积物细菌丰度预测 李 涛,王 鹏 (286)

浑善达克沙地榆树疏林幼苗更新空间格局 刘 振,董 智,李红丽,等 (294)

光 and 不同打破种子休眠方法对紫茎泽兰种子萌发及幼苗状态的影响 姜 勇,李艳红,王文杰,等 (302)

学术争鸣

关于植物群丛划分的探讨 邢韶华,于梦凡,杨立娟,等 (310)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 316 * zh * P * ¥90.00 * 1510 * 35 * 2013-01



封面图说: 外来入侵物种紫茎泽兰——紫茎泽兰约于 20 世纪 40 年代由缅甸传入中国云南南部后迅速蔓延,现已在云南、贵州、四川、广西、重庆、湖北、西藏等省区广泛分布和危害,并仍以每年大约 30 km 的速度扩散。紫茎泽兰为多年生草本或亚灌木,号称“植物界杀手”。其对环境的适应性极强,疯长蔓延,能极大耗损土壤肥力。它的植株能释放多种化感物质,排挤其他植物生长而形成单优种群,它破坏生物多样性,威胁到农作物、畜牧草甚至林木,且花粉能引起人类过敏性疾病等,目前尚无有效治理对策。

彩图提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201111051676

徐丽娜, 陶洪斌, 黄收兵, 明博, 王璞. 黑龙江流域夏玉米产量提升限制因素. 生态学报, 2013, 33(1): 0222-0228.

Xu L N, Tao H B, Huang S B, Ming B, Wang P. Analysis on the limiting factors to further improve yield of summer maize in Heilonggang River Valley. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(1): 0222-0228.

黑龙江流域夏玉米产量提升限制因素

徐丽娜^{1,2}, 陶洪斌¹, 黄收兵¹, 明 博¹, 王 璞^{1,*}

(1. 中国农业大学农学与生物技术学院, 北京 100093; 2. 河南科技学院生命科技学院, 新乡 453003)

摘要:从产量构成因素及物质生产着手分析了黑龙江流域夏玉米产量进一步提高的限制因子。分析结果显示:穗数、穗粒数和千粒重均与产量显著相关,说明该地区夏玉米仍有继续增产的潜力;但在再高产过程中,单纯依靠穗数增加,产量增产幅度较小,应稳定在一定适宜的密度下,注重单位面积穗粒数和粒重的提高,但在穗数确定的情况下,穗粒数相对稳定,增加粒重成为再高产重要因素。因此,采取措施增强灌浆速率和延长灌浆时间是关键,即增强或稳定叶片在花后的有效光合能力。结果表明,增加叶片数量对产量贡献很小,而改善叶片质量、提高叶片功能,进而增加花后同化物合成至关重要。因此,茎秆和叶片的质量是再高产实现的关键技术突破点。同时,提高茎秆的花前物质转运比例也有助于提高千粒重,促进产量提升。在生产实践中,进一步挖掘产量必须搞清楚地上和地下两方面的关系,但目前对“根系-土壤”复合体的结构和功能研究相对较少。不合理耕作方式造成了土壤耕层太浅,严重影响了玉米根系生长发育,使生育后期吸收功能减弱,不利于产量形成。加之,吐丝前后阴雨寡照,造成穗粒数形成决定期的“源”不足,同时也限制了灌浆速率,提前播期,躲避灾害天气或推迟收获时期,延长灌浆时间等逆境栽培措施就显得尤为重要。

关键词:栽培技术;黑龙江流域;夏玉米;产量潜力

Analysis on the limiting factors to further improve yield of summer maize in Heilonggang River Valley

XU Lina^{1,2}, TAO Hongbin¹, HUANG Shoubing¹, MING Bo¹, WANG Pu^{1,*}

1 College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100093, China

2 School of Science and Technology, Henan Institute of Science and Technology, Xinxiang 453003, China

Abstract: We conducted 10 years of experiments from 2001 to 2010 in the Heilonggang River Valley and analyzed factors limiting summer maize yield, with the aim of further improving yield. The results revealed a significant correlation between grain yield and yield components, such as the number of spikes per culm, the number of grains per spike, and the weight of 1,000 kernels, demonstrating the strong possibility of further improving crop yield. However, the increase in the number of spikes contributed little to increasing yield, while the high thousand kernel weight combined with a stable number of grains produced per unit area was more important. When density stabilized at a certain appropriate range and the number of grains per head was also relatively stable, increasing grain weight became an important factor in further improving yield. So, the key method of further increasing yield should be to increase the thousand kernel weight by enhancing grain filling. Taking measures to enhance the grain filling rate and to extend the filling time was very important in improving yield, which meant stabilizing and/or increasing leaf photosynthesis after anthesis. Our results show the maximum yield increased to 11,775 kg/hm² when the leaf area index (LAI) was 10.3; the harvest index was quite low, which led to a serious waste of resources. Also, the yield was only improved by 1500 kg/hm² when the LAI increased from 6 to 10, which shows that an

基金项目:国家重点基础研究发展计划(973 计划)项目(2009CB118602); 国家玉米产业技术体系项目(CARS-02)资助

收稿日期:2011-11-05; **修订日期:**2012-03-13

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: wangpu@cau.edu.cn

increase in leaf number contributed little to further increasing grain yield, and leaf quality and leaf photosynthetic capacity, as measured by leaf thickness, specific leaf weight, leaf chlorophyll content, and so on, became critical factors; these factors improved post-anthesis leaf photosynthesis and dry matter production. Therefore, discovering the importance of the quality of the stem and leaves was a key technological breakthrough. Also, an increase of post-anthesis transportation of stem biomass could help to increase the 1,000-grain weight and improve yield. To get higher yield, we should analyze the relationships between both above- and below-ground plant characteristics. However, the structure and function of complex root-soil systems has been the subject of less research than aboveground systems perhaps because of the difficulty of both sampling and research methods. As we know, maize root is critical for plant growth and development. Unreasonable cultivation measures in a shallow plow pan, which seriously affected corn root growth, and then weakened root absorption in the later stages of growth, which was detrimental to crop yield. Also, the maize faced stress from cloudy and drizzly conditions during the silking stage, which resulted in a lack of resources at the time when the number of grains per spike was formed, and also limited the grain filling speed. The cultivation methods designed to resist stress such as advancing the sowing dates to avoid stress from adverse weather conditions or prolonging the harvest period to extend the filling time were very important. In the future, we should consider four potential problem areas. First, the contradiction between the early sowing time of summer maize and the late harvesting time of winter wheat will be taken into consideration. Second, the relationship between prolonging harvest time and filling rate during the late stages of growth should be studied more thoroughly. Third, we should strengthen research into the composition of root-soil relationships to study the causes of poor soil ventilation and extended soil saturation after a heavy rain, which prevents the root system from absorbing soil nutrients to a large extend.

Key Words: cultivation techniques; Heilonggang River valley; summer maize; yield potential

黑龙港地区是我国重要的粮食产区,该地区以冬小麦和夏玉米一年两茬种植为主,中国农业大学吴桥实验站多年的科学攻关,使该地区的粮食产量大幅增加。“六五”期间,吴桥实验站形成了小麦抗逆丰产技术成果,使河北省黑龙港区域的冬小麦生产摆脱和减轻了盐、碱、干热风 and 倒伏因子的制约,冬小麦单产提高 55% 以上。“七五”期间,把冬小麦-夏玉米一年两茬作为一个系统统一统筹管理,建立了“吨粮田技术”。“八五”期间,针对华北地区水资源紧缺的现实,研究形成“冬小麦节水高产高效栽培技术”。这一套技术在冬小麦生育期间浇 1—2 次水的条件下产量达到 6000—7500 kg/hm²。“九五”期间,四统一小麦在节水高产的基础上,节省氮肥 30%—50%,将高水分效应,高氮肥效率和高光能效率有机统一。“十五”期间,在“冬小麦-夏玉米”一年两茬节水省肥超高产技术体系基础上形成超吨粮技术体系。目前,该地区小麦玉米一年两茬耕作传统下,小麦产量在节水省肥条件下能达 9750 kg/hm² 左右,未来增产难度相对较大。进一步提高周年产量主要潜力在夏玉米,“十二五”面临的挑战是如何提高夏玉米的产量,实现周年“吨半粮”的技术大突破。

高产目标下的作物群体要求通过精确的调控措施实现物质生产因素与产量构成因素间的高效协调^[1]。因此,在每一种生态条件下,产量构成三因素都存在一个理想的平衡点。可以说产量因素的平衡具有生态学的稳定性^[2]。分析多点吨粮田资料可见,所有亩产吨粮的地块其千粒重均在 300 g 以上,变动幅度为 310—390 g,达到吨粮的穗粒数变化幅度在 550—800 粒,穗数在 61500—96000 株/hm²^[3]。这说明,在特定的气候条件下,虽然产量构成三因素相互矛盾相互制约,但三者乘积最大就能达到高产,同时也说明三者又是相互补偿协调促进的。在具体的生态区域下,到底如何使得三者乘积最大,从而使产量进一步提高是首先要明确的问题,本文在多年研究的基础上着重从产量构成和物质生产方面来分析黑龙港地区夏玉米产量的制约因素,以期挖掘夏玉米产量潜力,增加周年产量。

1 试验站基本情况

中国农业大学吴桥实验站位于河北省沧州市东南部吴桥县沟店铺乡。地处北纬 37°29′—37°47′,东经

116°19′—116°42′。海拔 14—22.6 m。属于半湿润易旱大陆性季风气候,年平均气温 12 ℃,无霜期 192 d,全年≥0℃积温 4862.9 ℃。日照 2692.7 h,降水量 562 mm,降水量年内和年际变率大,干旱和突发性洪涝灾害发生频繁。种植制度以一年两熟为主,要实现小麦-玉米周年高产,目前进一步提高玉米产量是难点所在^[4]。

为了分析黑龙港流域夏玉米产量进一步提高的限制因子,整理了从 2001 年到 2010 年本课题组在吴桥实验站所做的试验结果。试验地基础地力情况如下:土壤质地多数为轻壤,pH>8,试验地有机质、全氮、碱解氮、有效磷和速效钾跨度较大,说明所涉及地块代表了不同的地力情况,分析结果具有一定的代表性(表 1)。

表 1 试验地基本条件
Table 1 The basic conditions of test land

土层 Soil layer /cm	有机质 Organic matter /(g/kg)	全氮 Total nitrogen /%	碱解氮 Available nitrogen /(mg/kg)	有效磷 Available phosphorus /(mg/kg)	速效钾 Available potassium /(mg/kg)	土壤质地 Soil texture
0—20	8.5—12.6	0.7—1	47.2—95.1	10.34—48.49	79.11—147.62	轻壤
20—40	4.1—5.5	0.3—0.5	28.26—44.7	3.88—6.29	64.32—115.13	

2 数据来源及分析

数据共涉及 11 个地块,产量及产量构成三因素基本情况如下:产量范围是从 5355—11475 kg/hm²;穗数为 45900—110610 穗/hm² 不等,每穗粒数从 253 到 618 粒,千粒重从 222.9—357 g(表 2)。用 SAS 8.0 对产量及其产量构成三因素进行相关分析,回归分析和通径分析,以期找出制约产量提高的限制因子。

表 2 吴桥地区夏玉米产量及产量构成三因素取值范围
Table 2 The value range of the yield and yield components of summer maize in WuQiao station

样本数 Sample numbers	产量/(kg/hm ²) Yield	穗数/(穗/hm ²) Ear number	穗粒数/(粒/穗) Kernel number per ear	千粒重/g 1000-grain weight
157	5355—11475	45900—110610	253—618	222.9—357
变异系数 Coefficient of variation/%	12.7	17.5	16.8	8.5

3 结果分析

3.1 不同产量水平下群体特征比较

将所有数据平均值进行比较可见,不同产量水平下,产量构成三因素、干物质积累和叶面积指数不同:表现为随着产量水平的增加,穗数、千粒重、干物质积累量和叶面积指数均呈现增加趋势,而穗粒数呈现先升高后下降的趋势(表 3)。在>10500 kg/hm² 的情况下,除穗粒数以外,其他所列指标并未出现最大值,说明该地区夏玉米产量生产潜力还有待进一步挖掘。

表 3 吴桥地区夏玉米不同产量水平下三因素及群体干物质叶面积指数平均值比较

Table 3 The average value of yield and yield components, dry weight accumulation, max leaf area index in different level of yield

产量水平 Yield level /(kg/hm ²)	穗数 Ear number /(穗/hm ²)	穗粒数 Kernel number per ear/(粒/穗)	千粒重 1000-grain weight /g	干物质积累 Dry weight accumulation /(kg/hm ²)	最大叶面积指数 Max leaf area index
<7500	71404	428	293.36	13058.40	3.66
7500—9000	72916	455	303.36	16125.15	4.05
9000—10500	77652	424	317.56	18912.00	5.44
>10500	84652	412	320.49	20676.30	5.96

3.2 产量与构成三因素关系分析及解释

由表 4 可见,产量与穗数和千粒重极显著正相关,穗数与穗粒数成极显著负相关,而产量和穗粒数成正相关但相关性不显著,穗粒数与千粒重呈不显著负相关。这说明,在目前产量水平下,随着穗数和千粒重的增

加,产量极显著提高,而穗粒数并不是制约产量提高的主要因素。随着穗数的增加,穗粒数呈极显著减少趋势,而千粒重减少幅度不明显,同样穗粒数增加的同时,千粒重的降低也不显著。进一步对产量及其三因素通径分析,产量和产量构成三因素的线性回归方程为: $y = -114.70132 + 0.11389x_1 + 1.17305x_2 + 2.26858x_3$,其中 $F = 37.98^{**}$ ($P < 0.0001$) 达极显著水平。这说明做产量和产量三构成因素的通径分析是有意义的。简单相关显示产量与穗粒数相关性不显著,但直接通径系数产量与产量构成三因素之间均达到极显著相关。穗粒数与产量的关系似乎存在矛盾,但实际上简单相关只是反映了数字的表面现象,但通径分析则是反映了事物的因果关系。

因此,从多年试验数据统计可知,产量三要素中,穗数、穗粒数和千粒重对产量的贡献均较大,穗数和穗粒数之间是相互制约的。目前,农民生产上多采用机器播种,密度已经相对较高,因此,在较低的密度和产量水平上,增加株数能使产量大幅增加,但在再高产的道路上,一味增加密度给生产带来了一系列问题:倒伏、早衰、千粒重降低、病虫害严重等。因此,在 $> 11250 \text{ kg/hm}^2$ 的基础上,密度对产量的贡献相对较小。增加单位面积的穗粒数和千粒重是高产的关键所在。

表 4 吴桥地区夏玉米产量及产量构成因素相关分析

Table 4 Correlation coefficient between yield and yield component

	产量 Yield (y)	穗数 Ear number (x_1)	穗粒数 Kernel number per ear (x_2)	千粒重 1000-grain weight (x_3)
产量 Yield (y)	1			
穗数 Ear number (x_1)	0.26832 **	1		
穗粒数 Kernel number per ear (x_2)	0.01339	-0.75827 **	1	
千粒重 1000-grain weight (x_3)	0.32406 **	-0.11257	-0.12865	1

* * 表示 0.01 显著水平

3.3 产量与群体发育情况的关系

由图 1 可知,地上部总的生物量与产量呈二次曲线关系,相关系数达到极显著水平。说明,在吴桥地区,地上部生物量仍有增加的余地,产量没有达到最大值;同样,叶面积指数与产量的关系也呈现二次曲线关系,产量随着最大叶面积指数的增加呈现增加趋势,图中产量并未达到最大值,在再高产过程中,地上部总生物量和叶面积指数增加的余地又有多大?从图中可知,在叶面积指数达到 10.3 时,产量达到最大值为 11775 kg/hm^2 ,此时收获指数太低,造成大量能源浪费。但在最大叶面积指数从 6 增加到 10 的过程中,产量增加幅度不足 1500 kg/hm^2 。可见,单纯增加单位面积叶片的数量来获得高产的思路行不通,相反不利于产量提高,这就需要另外寻找途径通过提高叶片的质量来增加产量。赵明提出作物超高产的两种挖掘途径:结构性挖掘和功能性挖掘。并指出,在作物生产实践中。应根据作物自身的生长特点以及技术本身的难易程度合理选择两大途径,最终实现群体整体生产力的提高^[5]。

4 结论与讨论

4.1 产量构成因素之间的关系

对产量与产量构成三因素之间的关系,不同的研究者得出的结论不同。李明等研究表明,穗数是影响寒地玉米产量的主要因素,穗粒数次之,粒重对产量的贡献最小^[6]。崔彦宏研究了春玉米不同群体产量的构成因素,认为亩穗数较小时,群体大小在相当程度上决定着产量水平的高低。但在适宜密度范围内,穗粒数和千粒重对产量的决定作用增大并上升为主要因素^[7]。陈国平等研究认为,穗粒数是高产田产量的决定因素,千粒重和产量没有明显相关性^[8]。柯福来也指出,提高群体粒数可能是高产玉米品种产量进一步提高的关键^[9]。千粒重虽然是品种的遗传特性决定,但受外界条件的影响也较大。从时序来看,千粒重是构成产量的最后一个因素,其损失将无法通过其他因素来弥补。因此,必须给粒重以高度重视。在小麦上也得出同样的结论,单位面积穗数达到一定范围时,其增产效应便达临界值,进一步增产须转为重视穗粒重的提高^[10-11]。本文分析结果显示:在黑龙港地区,夏玉米产量构成三因素均有进一步提升的余地,产量潜力很大。在目前产

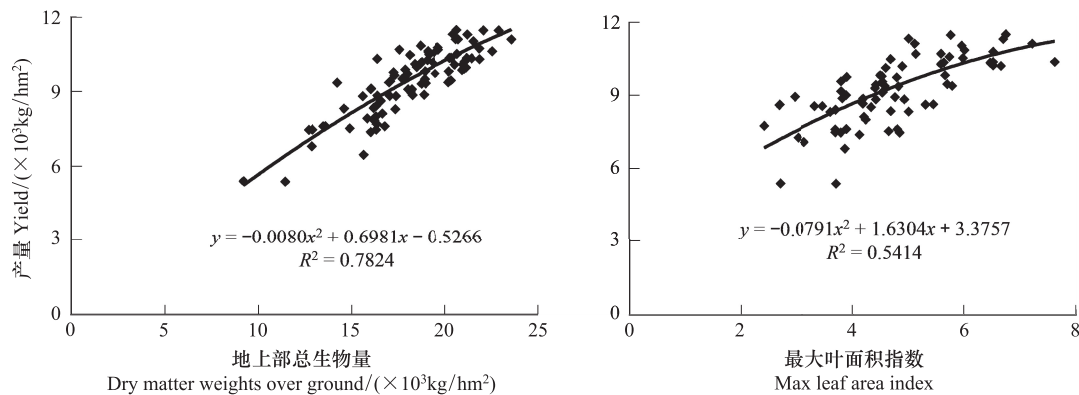


图1 吴桥地区夏玉米产量与干物质和最大叶面积指数的关系

Fig. 1 The relationship between yield and dry matter max, leaf area index

量水平上,再高产群体依靠穗数增产的潜力很小,穗数增加的过程中,穗子变小,穗粒数和千粒重均降低,造成最终产量较低,应当稳定在一定适宜的密度下,注重单位面积的穗粒数和粒重的提高。在穗数确定的情况下,穗粒数相对稳定,增加粒重成为再高产重要因素。

4.2 物质生产及转运之间的关系

产量构成理论在分析产量形成过程中存在一定的局限性,未与物质的生产和转运以及环境条件相联系。玉米的高产必须在一定条件下处理好植物生长发育与环境条件、群体生产与个体发育、个体内部各器官之间的矛盾。物质生产和转运是产量形成的基础,陈传永等认为提高种植密度,增加光合势在后期的分配比例和花后净同化率,是玉米高产的重要途径,但不同品种对密度的反应不同^[12-13]。Widdicombe 和 Hashemi 也强调玉米产量主要来源于花后叶片的光合同化物,花前同化物对籽粒产量的影响小于 10%^[14-15]。另一方面,物质的转运对产量贡献巨大。在作物生产发展历程中,收获指数一直不断上升,但目前各种作物的收获指数已达到或接近其最高值^[16]。Lorenz 等分析认为,在近 10 年内美国玉米产量的提高,主要是由秸秆产量的增加^[17]。数据统计结果显示,随着地上部总的生物量和叶面积指数的增加,玉米产量也随之增加,但增加的余地较小,最大叶面积指数从 6 增加到 10 的过程中,产量增加幅度不足 1500 kg/hm² (图 1),而随着地上部总生物量的增加产量增加,但经济系数迅速下降,造成资源浪费,再高产过程中应稳定在适宜的叶面积指数和最大地上部总生物量的基础上,提高单位面积穗粒数和千粒重。这就需要采取措施在一定穗数的基础上稳定穗粒数,同时延长灌浆时间、增强灌浆速率增加千粒重。两方面途径:首先提高叶片质量(比如叶片厚度,比叶重等指标高),增强叶片功能,尤其是花后叶片的光合同化能力,合成更多的同化物,另一方面,提高花前的转运比例,尤其是茎秆中物质的转运。因此,茎秆和叶片的质量是再高产实现的关键技术突破点。

4.3 根系土壤之间物质交流

产量的高低还受很多其他因素影响。很多学者均认为是黑龙港地区的气候因素影响了此地区夏玉米的高产^[3,18-19]。在此生态区 7—8 月份降雨占全年总降雨的 70%—80% 以上,夏玉米籽粒形成期正处在这段雨量充沛集中的时期,易引起“夏涝”^[19]。月降雨量超过 200 mm 将会造成土壤湿度过大,缺氧,降低根系生理活动能力,减少养分吸收,破坏植物正常的生理代谢活动,从而影响到穗粒数。雨季高峰期耕层土壤积水严重,通透性差,影响玉米根系和地上部发育^[20]。高产群体花后氮素积累量较大,花前花后比例能到达 48:52 左右,但吴桥花后氮素积累相对较少,花前占到整个生育总吸氮量的 60%—75%,可能是因为土壤板结、通透性能差,影响了根土复合体的功能,使得花后根系的吸收能力受到了限制。同时雨量、雨日过多,除直接影响降水外,还会带来阳光不足,易导致光合产物供应不足、倒伏、病害发生等,造成籽粒大量败育。我国耕层土壤“浅、实、少”的问题日益严重,即土壤耕层明显变浅,土壤结构紧实,有效耕层土壤量显著减少^[21]。针对这种情况,采取深松的方法能有效缓解土壤的板结问题。研究表明,深松能打破犁底层,降低土壤容重、使根分支

大大增加,使玉米粒数和粒重的提高获得高产。因此,在超高产的途径中,探索根系生长发育动态及其与地上部的关系至关重要。根系的研究较为困难,一直被研究者认为是“黑箱”,也使得地下部的研究滞后于地上部。但进一步挖掘产量必须搞清楚地上和地下两方面的关系,搞清楚“根系—土壤”复合体的结构和功能。

5 研究展望

黑龙港地区是典型的小麦-玉米两作区,周年产量进一步提高的关键在夏玉米。在目前研究的基础上,进一步提高产量要搞清楚如下问题:

(1) 本地区的气候特征在开花前后阴雨寡照,叶片光合能力受到影响,造成了穗粒数形成决定期的“源”不足,不利用夏玉米的籽粒发育,灌浆速率受到限制,因此,需要进一步加强逆境栽培技术的研究。一些研究者主张提前播期,躲避灾害天气或推迟收获时期,延长灌浆时间增加产量。但提前播期就意味着要早收小麦,在生产上是否能够实现;另外推迟收获来延长灌浆时间的方法是否会因为后期温度降低对产量增加不利等问题,还有待进一步研究。

(2) 另外,该地区多年不合理的耕作方式,使得土壤耕层太浅,严重影响了玉米根系生长发育,使生育后期吸收功能减弱,不利于产量形成。因此,一些学者认为,大力推广深松技术,能有效缓解土壤问题,是产量提高的有效途径,但目前对“根系-土壤”复合体的结构和功能研究较少;另外,深松的时间和机器间是否配套问题有待进一步研究。

致谢:本文参考了易镇邪,王启现,吕丽华,夏来坤,王彩彩等试验数据,特此致谢。

References:

- [1] Zhang B, Zhao M, Dong Z Q, Chen C Y, Sun R. “Three Combination Structure” quantitative expression and high yield analysis in crops. *Acta Agronomica Sinica*, 2007, 33(10): 1674-1681.
- [2] Wang Z M, Fang B T. A review on theoretical models and development of yield analysis in crop production system. *Journal of China Agricultural University*, 2009, 14(1): 1-7.
- [3] Han P, Zhang Y X, Guo C G, Zhao H C. The developmental situation and techniques of maize yield reach 200kg/mu. *Journal of Maize Sciences*, 2000, 8(4): 87-91.
- [4] Wang P, Lu B, Wang S A, Lu L Q, Wang R Z, Yu G J. Study on the super high-yield techniques of winter wheat-summer maize cropping system in Wujiao, Hebei. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 2000, 2(3): 12-15.
- [5] Zhao M, Li J G, Zhang B, Dong Z Q, Wang M Y. The compensatory mechanism in exploring crop production potential. *Acta Agronomica Sinica*, 2006, 32(10): 1566-1573.
- [6] Li M, Yang K J, Liu G, Xu J X, Liu J H. Study on high-yield components of maize in cold region. *Journal of Northeast Agricultural University*, 2005, 36(5): 553-555.
- [7] Cui Y H. Relations of yield and yield components in different populations of spring corn. *Journal of Agricultural University of Hebei*, 1992, 15(1): 14-18.
- [8] Chen G P, Wang R H, Zhao J R. Analysis on yield structural model and key factors of maize high-yield Plots. *Journal of Maize Sciences*, 2009, 17(4): 89-93.
- [9] Ke F L, Ma X L, Huang R D, Wang C H, Xu A B. Characteristics of yield components and formation mechanism of high-yield maize hybrids. *Journal of Maize Sciences*, 2010, 18(2): 65-69.
- [10] Slafer G A, Calderini D F, Miralles D J. Yield components and compensation in wheat: opportunities for further increasing yield potential // Reynolds M P, Rajaram S, McNab A, eds. *Increasing Yield Potential Wheat: Breaking the Barriers*. Mexico: CIMMYT, 1996: 101-133.
- [11] Guo T C, He D X, Wang Z H. The development of spike kernel weight in wheat // *Study of Spike Kernel Weight in Wheat*. Beijing: Chinese Agriculture Press, 1995: 1-15.
- [12] Chen C Y, Hou Y H, Sun R, Zhu P, Dong Z Q, Zhao M. Effects of planting density on yield performance and density-tolerance analysis for maize hybrids. *Acta Agronomica Sinica*, 2010, 36(7): 1153-1160.
- [13] Widdicombe W D, Thelen K D. Row width and plant density effects on corn grain production in the northern corn belt. *Agronomy Journal*, 2002, 94(5): 1020-1023.
- [14] Hashemi A M, Herbert S J, Putnam D H. Yield response of corn to crowding stress. *Agronomy Journal*, 2005, 97(3): 839-846.

- [15] Simmons S R, Jones R J. Contributions of pre-silking assimilate to grain yield in maize. *Crop Science*, 1985, 25(6): 1004-1006.
- [16] Xie G H, Han D Q, Wang X Y, Lü R H. Harvest index and residue factor of cereal crops in China. *Journal of China Agricultural University*, 2011, 16(1): 1-8.
- [17] Lorenz A J, Gustafson T J, Coors J G, De Leon N. Breeding maize for a bioeconomy: a literature survey examining harvest index and stover yield and their relationship to grain yield. *Crop Science Society of America*, 2010, 50(1): 1-12.
- [18] Chen J Z, Xiao H X, Xi G C. The effect of ecoclimatical factors on grain weight of summer-sowing maize in Heilonggang river valley. *Agricultural Meteorology*, 1999, 20(3): 19-23.
- [19] Chen J Z, Xiao H X. Effects of ecoclimatical factors on grain number of summer maize in Heilonggang Area. *Journal of Hebei Agricultural Sciences*, 2000, 4(3): 23-27.
- [20] Wang S A. Introduction of Each Crop Cultivation Science (North Version). Beijing: China Agriculture Press, 1995: 154.
- [21] Zhang S H, Li S K. Domestic and Foreign Corn Industrial Technology Development Report. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 2009.

参考文献:

- [1] 张宾, 赵明, 董志强, 陈传永, 孙锐. 作物产量“三合结构”定量表达及高产分析. *作物学报*, 2007, 33(10): 1674-1681.
- [2] 王志敏, 方保停. 论作物生产系统产量分析的理论模式及其发展. *中国农业大学学报*, 2009, 14(1): 1-7.
- [3] 韩萍, 张玉欣, 郭长贵, 赵化春. 玉米吨粮田的发展概况及技术措施. *玉米科学*, 2000, 8(4): 87-91.
- [4] 王璞, 卢布, 王树安, 鲁来清, 王润正, 于国建. 河北吴桥小麦-玉米一年两作超高产探索. *中国农业科技导报*, 2000, 2(3): 12-15.
- [5] 赵明, 李建国, 张宾, 董志强, 王美云. 论作物高产挖潜的补偿机制. *作物学报*, 2006, 32(10): 1566-1573.
- [6] 李明, 杨克军, 刘刚, 徐金星, 刘锦红. 寒地高产玉米产量构成因素分析. *东北农业大学学报*, 2005, 36(5): 553-555.
- [7] 崔彦宏. 春玉米不同群体产量构成因素分析. *河北农业大学学报*, 1992, 15(1): 14-18.
- [8] 陈国平, 王荣焕, 赵久然. 玉米高产田的产量结构模式及关键因素分析. *玉米科学*, 2009, 17(4): 89-93.
- [9] 柯福来, 马兴林, 黄瑞冬, 王传海, 徐安波. 高产玉米品种的产量结构特点及形成机制. *玉米科学*, 2010, 18(2): 65-69.
- [11] 郭天财, 贺德先, 王志和. 小麦穗粒重研究进展 // 小麦穗粒重研究. 北京: 中国农业出版社, 1995: 1-15.
- [12] 陈传永, 侯玉虹, 孙锐, 朱平, 董志强, 赵明. 密植对不同玉米品种产量性能的影响及其耐密性分析. *作物学报*, 2010, 36(7): 1153-1160.
- [16] 谢光辉, 韩东倩, 王晓玉, 吕润海. 中国禾谷类大田作物收获指数和秸秆系数. *中国农业大学学报*, 2011, 16(1): 1-8.
- [18] 陈建忠, 肖荷霞, 席国成. 黑龙江流域气象生态因子对夏玉米粒重的影响. *中国农业气象*, 1999, 20(3): 19-23.
- [19] 陈建忠, 肖荷霞. 黑龙江流域气象生态因子对夏玉米穗粒数的影响. *河北农业科学*, 2000, 4(3): 23-27.
- [20] 王树安. 作物栽培学各论. 中国农业出版社, 1995: 154.
- [21] 张世煌, 李少昆. 国内外玉米产业技术发展报告. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2009: 106-109.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.33 ,No.1 January ,2013(Semimonthly)

CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

- Integrating ecological civilization into social-economic development WANG Rusong (1)
- The effect of land cover pattern on hillslope soil and water loss in the arid and semi-arid region: a review
..... GAO Guangyao, FU Bojie, LÜ Yihe, et al (12)
- The status and trend on the urban tree canopy research JIA Baoquan, WANG Cheng, QIU Erfa, et al (23)
- Bioindicators and Biomonitoring in Environmental Quality Assessment
..... Bernd Markert, WANG Mei'e, Simone Wünschmann, et al (33)
- Electron transfer capacities of dissolved organic matter and its ecological effects ... BI Ran, ZHOU Shungui, YUAN Tian, et al (45)

Autecology & Fundamentals

- Antioxidative responses of *Abies fabri* seedlings to litter addition and temperature elevation
..... YANG Yang, YANG Yan, WANG Genxu, et al (53)
- Effects of seed soaking with different concentrations of 5-aminolevulinic acid on the germination of tomato (*Solanum lycopersicum*)
seeds under NaCl stress ZHAO Yanyan, HU Xiaohui, ZOU Zhirong, et al (62)
- Influence of magnesium deficiency on chlorophyll fluorescence characteristic in leaves of Newhall navel orange
..... LING Lili, PENG Liangzhi, WANG Nanqi, et al (71)
- Leaf traits of 66 herbaceous species in Songnen grassland in Northeast China
..... SONG Yantao, ZHOU Daowei, WANG Ping, et al (79)
- Effects of nectar secondary compounds on pollination of co-flowering species in a natural community
..... ZHAO Guangyin, LI Jianjun, GAO Jie (89)
- The continuous life-table of *Leptocybe invasa* ZHU Fangli, QIU Baoli, REN Shunxiang (97)

Population, Community and Ecosystem

- Dominant climatic factors of *Quercus mongolica* geographical distribution and their thresholds
..... YIN Xiaojie, ZHOU Guangsheng, SUI Xinghua, et al (103)
- Fruit diet, Selectivity and Seed dispersal of Hatinh langur (*Trachypithecus francoisi hatinhensis*)
..... Nguyen Haiha, BAI Bing, LI Ning, et al (110)
- The distribution of living coccolithophore in East China Sea in autumn, 2010 JIN Shaofei, SUN Jun, LIU Zhiliang (120)
- The association of OPRK1 gene SNP with sika deer (*Cervus nippon*) diurnal behavior traits
..... LÜ Shenjin, YANG Yan, WEI Wanhong (132)
- Preliminary study on bird composition and diversity in Poyang Lake watershed during non-breeding period
..... SHAO Mingqin, ZENG Binbin, XU Xianzhu, et al (140)
- Coexistence mechanism of two species passerines in man-made nest boxes LI Le, ZHANG Lei, YIN Jiangxia, et al (150)
- Dynamics on soil faunal community during the decomposition of mixed eucalypt and alder litters
..... LI Yanhong, YANG Wanqin, LUO Chengde, et al (159)
- RS/GIS-based integrated evaluation of the ecosystem services of the Three Gorges Reservoir area (Chongqing section)
..... LI Yuechen, LIU Chunxia, MIN Jie, et al (168)

Landscape, Regional and Global Ecology

- The distribution of soil organic carbon as affected by landforms in a small watershed of gully region of the Loess Plateau
..... LI Linhai, GAO Erhu, MENG Meng, et al (179)
- Effects of coastal geographical characteristics on the abundance of submerged aquatic vegetation
..... WU Mingli, LI Xuyong, CHEN Nianlai (188)
- Analysis of soil physical properties under different vegetation types in the alluvial fan area of Manas River watershed
..... CAO Guodong, CHEN Jiehua, XIA Jun, et al (195)

Resource and Industrial Ecology

- Effects of farming on wetland soil seed banks in the Sanjing Plain and wetland restoration potential
..... WANG Guodong, Beth A Middleton, LÜ Xianguo, et al (205)

Effects of the microhabitats on the seedling emergence during the flooding disturbance	AN Hongyan, XU Hailiang, YE Mao, et al (214)
Analysis on the limiting factors to further improve yield of summer maize in Heilonggang River Valley	XU Lina, TAO Hongbin, HUANG Shoubing, et al (222)
Fungal diversity in rhizosphere soil of medicinal plants in Heilongjiang Province	MU Dongyan, LÜ Guozhong, SUN Xiaodong, et al (229)
Integrated assessment of mariculture ecosystem health in Sanggou Bay	FU Mingzhu, PU Xinming, WANG Zongling, et al (238)
Urban, Rural and Social Ecology	
The integrative assessment on ecological quality status of Luoyuan Bay based on ‘OOAO principle’	WU Haiyan, WU Yaojian, CHEN Keliang, et al (249)
Trophic state of seawater and ecological characteristics of phytoplankton in Sishili Bay	LI Bin, BAI Yanyan, XING Hongyan, et al (260)
Ecological footprint depth and size: new indicators for a 3D model	FANG Kai (267)
Landscape dynamics of medium- and small-sized cities in eastern and western China: a comparative study of pattern and driving forces	QI Yang, WU Jianguo, LI Jianlong, et al (275)
Research Notes	
Prediction of bacterial species richness in the South China Sea slope sediments	LI Tao, WANG Peng (286)
Spatial pattern of seedling regeneration of <i>Ulmus pumila</i> woodland in the Otindag Sandland	LIU Zhen, DONG Zhi, LI Hongli, et al (294)
Impacts on seed germination features of <i>Eupatorium adenophorum</i> from variable light stimulation and traditional dormancy-broken methods	JIANG Yong, LI Yanhong, WANG Wenjie, et al (302)
Opinions	
Discus for classification of plant association	XING Shaohua, YU Mengfan, YANG Lijuan, et al (310)

《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的生态学专业性高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究原始创新性科研成果,特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评介和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,300 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

编辑部主任 孔红梅 执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 33 卷 第 1 期 (2013 年 1 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 1 (January, 2013)

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元