

作物高产机理研究进展

危文波*

(西藏自治区农牧科学院农业研究所·西藏拉萨·850000)

摘要:作物高产是人类追求的永恒目标,保证作物持续高产新品种的选育是必不可少的,但达到高产育种目标的途径不是十分清晰。本文从作物产量构成三要素、株型形态、栽培措施等几个方面概述了作物高产的机理,为作物进一步高产提供理论依据。

关键词:作物 高产机理 产量三因素 株型形态

Progress of Research on Mechanism of Crop With High Yield

Wei Wen-bo*

(Agricultural Research Institute TAAAS, Lhasa, China 850000)

Abstract: Crop yield is the eternal pursuit of the goal of mankind. It is essential to ensure continued high-yielding crop breeding new varieties, but the means to reach high yield breeding goals are not very clear. This paper constitutes three elements of yield, plant type morphology, cultivation practices and other aspects of an overview of the mechanism of high-yielding crops, provide a theoretical basis for the further crop yield.

Keywords: High yield; Breeding; Mechanism

作物育种的根本目标即是高产,但如何达到高产育种的目标的方法却并不明确。作物高产受多种因素影响,如自身产量构成因子、株型形态、外界生态条件、栽培技术等。除去产量构成因素自身相互协调并制约的前提,在不同栽培条件、生态环境下作物高产的产量结构也有极大的差异^[1]。因此,不能只强调一个因子,要从不同角度综合分析才能达到高产的目的。

1 作物高产主要构成因素

穗粒数、有效穗数和千粒重三个因素间的协调性决定了作物产量的高低,如何调整这产量构成三因素之间的协调程度是产量育种的主攻方向。研究表明,作物的产量构成因素之间是呈负相关而不是彼此孤立的^[2];刘碧贵曾提出,产量的三大影响因素中某一因素的提高,伴随的是其它因素的下降^[3];张维城等也指出,在穗数、粒数、粒重间只存在由前向后的单向制约^[4]。在育种实践中,高产、稳产的作物品种产量结构性状被认为是在产量三因素协调发展的基础上寻求其它性状的突

破^[5-6],而不是强调其一而忽视其它。

1.1 穗数

在产量构成因素中,栽培条件对穗数影响最大,虽然遗传力低,但自动调节能力使其对产量补偿能力最强。张明益经1981-1991年连续十年研究结果表明,有效穗数是产量三因素中变化幅度最大的因子^[7]。孙本普等指出影响高产小麦的三因素中,穗数是主导因素,穗粒数略次于穗数,屈居第二,千粒重的作用最小^[8]。穗粒数的数量和粒重的大小受穗数的制约,穗数的增加一定程度带动产量的增高,但并不一直成线性关系。当穗数增加到一定值时,产量就会出现下降的趋势。在实际生产上,麦类作物可以长出许多分蘖。当群体过大时,由于养分及光照不足,极易转化成无效分蘖,降低了成穗率。无效分蘖与有效穗竞争养分,从而影响作物苗期的生长。因此,想提高作物单产,高产的基础即提高单位面积的亩穗数,在合理的基本苗范围内,促使作物早分蘖、多分蘖和促壮蘖,最终提高有效分蘖成穗。

* 作者简介:危文波(1990-),男,研究实习员。主要从事青稞育种研究工作。Email:1104899913@qq.com

1.2 穗粒数

穗粒数受品种的遗传特性较小,但对产量的影响较大。国内外大量研究表明,单位面积产量与穗粒数呈不显著正相关^[9-14]。高学曾等在控制授粉试验中发现,虽然千粒重能在一定程度上补偿穗粒数减少对产量的影响,但产量仍随穗粒数的减少而明显下降,表明与产量的关系最密切的因素为穗粒数^[15]。Rajarm 等指出,国际玉米小麦改良中心(CIMMYT)头 20 年产量的增加几乎全靠收获指数提高得到,但最近几年的产量则是生物量和每穗粒数增加的结果^[16]。对于单位面积的产量来说每株穗粒数与产量的关系更密切,育种上应着重增加穗粒数来提高作物产量。穗粒数的数量取决于作物拔节的天数,天数越少则穗粒数越少^[17]。因此,在作物拔节时期内,应加强栽培管理,改善植株的营养状况和群体之间的结构,减少瘦弱的单株个体,增多结实小穗和小花数的数量,达到增加穗粒数的目的,从而获得高产。

1.3 粒重

粒重在遗传上主要受加性效应控制,其遗传特性高于其它两个产量构成因子,且受外界环境条件的影响相对较小^[18]。粒重在很大程度上决定着作物的产量,粒重的主要决定时期是籽粒的灌浆期,粒重与灌浆速率的关系大于与灌浆持续期的关系,呈高度的正相关。籽粒灌浆过程中呈 S 型的生长,即先慢再快后慢。在开花后的 1、2 天内是慢的,之后干物质积累加快达到灌浆盛期,随着干物质的增加籽粒含水量逐渐下降,随后功能叶和茎秆的重量也开始下降,灌浆停止^[19]。对千粒重的影响因素有很多,其中温度对籽粒灌浆时间和强度都有一定的影响,在灌浆期间温度偏低可以延长灌浆时间,日平均气温较高时则可加速籽粒的形成,所以温度从低到高上升波动较小时对灌浆十分有利,灌浆期平均温度 22℃~24℃时灌浆强度最高^[20]。此外,土壤含水量也影响这籽粒灌浆的强度,因为在籽粒灌浆的整个过程中,籽粒的含水量相对稳定,只有在灌浆结束后急剧下降。在灌浆过程中茎秆中的含水量必须保持在 70%以上,当含水量下降到 60%以下则停止灌浆^[21]。植株在灌浆过程中需要保持一定含水量,这是要求土壤能够提

供充足的水分,所以可以在籽粒灌浆中期对水分不足的麦田浇水增加灌浆强度,延长灌浆时间。但灌浆持续期并非时间越长越好,灌浆天数控制在 34d~38d 范围内时,千粒重最大,反之时间低于 34d 或高于 40d 都会对灌浆不利,导致千粒重偏小。

整个生育期间的栽培条件都会影响籽粒重量,而非仅仅是籽粒灌浆期的气候因素。前期良好的基础条件是后期粒重可以获得提高的有力保障。因此,充分利用光温水条件,从各项栽培措施入手才能有效提高粒重。例如适当的早播一方面可以使灌浆时间得到保证,另一方面灌浆期是处在最佳的光温条件下,有利于干物质的积累与运输。而播种过密其个体因缺乏养分发育不良还会引起倒伏,达不到提高千粒重的目的^[21]。另外,在灌浆期间还要保持一定的氮素营养供给,氮素可以保持旗叶中叶绿素的含量^[22],在光合作用中制造更多的干物质增强灌浆的效果。

2 作物株型结构与产量的关系

作物在生长发育过程中,产量一定程度受株型结构对的影响。

2.1 株高与产量的关系

株高是作物的一个重要的形态指标,其与产量密切相关。贾继增等认为,株高与穗长、小穗数呈极显著正相关,与叶片总面积和旗叶面积呈极显著负相关,与穗粒数也是负相关^[23]。株高是由不同长度的节间组成,不同长度的节间与产量三因素间也有一定关系。株高构成指数(I),是指茎秆上下节间长度之间所存在的一定比例,其数值为任一节间长度与该节间加下一节间长度之和的比值或穗下节间和倒二节间长度之和与株高的比值构成^[24]。通过对株高构成指数与每穗粒数、千粒重和籽粒产量的研究发现,穗下茎长、倒二节间长与不孕小穗数呈显著正相关,倒四节间和倒五节间长与千粒重呈显著正相关^[25]。

品种的抗倒伏性与株高也存在正相关关系、因此作物的抗倒伏性与产量也存在相关性。不同品种的倒伏指数从大到小为:中高秆>半矮秆>矮秆^[26],但茎秆的质量决定了抗倒性能,而非矮秆。另外,品种的倒伏还与播期和种植密度有关,一般

来说倒伏性:晚播<中播<早播,所以为提高品种的抗倒性可以适当晚播。当播种量大时,茎秆过于密集,导致田间叶片间相互遮蔽,群体透光度、通风性弱;茎秆细弱也会对其强度造成不利影响,作物容易倒伏。因此,高产品种的选育抗倒伏性好的矮秆品种,就降低株高而言,应选择穗下节长、倒二节间长及倒四节间和倒五节间长较短的品种。

2.2 叶片与产量的关系

作物光合的主要器官是叶片,其极大程度影响了作物的穗粒重和籽粒产量,其中对籽粒产量奉献最大的叶片为旗叶、倒二叶和倒三叶^[27]。旗叶即穗子出现之前作物生长出的最后一叶子,旗叶的出现标志着作物即将进入孕穗期。如小麦生长后期光合效率最高的叶片是其旗叶,它是碳水化合物的主要合成来源,对产量提高奉献最大。旗叶的光合作用合成了成熟籽粒中的干物质的20%~30%,因此产量受旗叶光合性能和衰老进程直接影响最大^[28]。产量三因素与旗叶的长、宽、面积、叶绿素含量呈显著正相关,产量三因素随着旗叶长、宽、面积、叶绿素含量的增加而增加,同时倒二叶的大小对产量也有一定影响,高产品种的旗叶和倒二叶的面积占整个叶面积的比例较大。因此,为进一步挖掘作物的产量潜力,重点在于在作物生育期后期如何改善旗叶光合性能、延缓叶片衰老进程,延长叶功能期,达到增加穗粒数、千粒重的目的^[29]。

2.3 芒与产量的关系

芒是叶的变态,处于冠层的最顶端,遮蔽物极少,受太阳直射最多。芒虽然体积小,但叶绿素含量较高,它是光照强度较弱时吸收光能的主要器官。研究表明,大麦芒的光合活性高,是外稃皮的2倍,且光合面积占到穗面积的80%,与叶片同化CO₂速率相差不大^[29]。通过比较剪芒、穗部遮光、穗下节遮光的千粒重,得出结论,三者之间对籽粒重的贡献大小是:穗部>穗下节>芒。芒的光合产物是籽粒灌浆后期旗叶开始衰老,光合速率开始降低时籽粒同化物来源的重要补充。而且芒着生的位置靠近籽粒,有利于同化产物的运输。因此,芒是光合同化的重要辅助器官之一,芒对籽粒产量物质的积累作出相当重要的贡献。

2.4 作物自身因素与产量的关系

种子是作物生长发育的基础。不同大小的籽粒,具有不同的生活力。营养物质含量高的大粒种子可以提高田间出苗率从而达到苗全、苗壮的目的。粒大的种子单一种植形成的单株成穗数、总小穗数较多,种子大小不一混合种植的穗粒数较粒大的种子单一种植的少。粒小种子生长的植株比粒大种子生长的慢,且大粒种子单植群的产量更高^[30]。

3 栽培对产量形成研究

3.1 氮素对作物产量形成的影响

在籽粒形成及灌浆其需要一定数量的N、P、K等营养元素的供应,其中作物生长过程中影响最大的营养元素是N素。适量N素能够防止植株早衰,保持绿色器官有较强的光合能力,对增加粒重有着积极的意义。但N若使用过多、过晚,反会造成贪青、落黄不正常,降低粒重。植株的分蘖发生和成穗受N素含量的制约,增施氮肥有利于分蘖发生,也有利于有效穗的增加也可促进分化小穗的数目;拔节期、抽穗期干物质的积累随施氮量的增加而增加,而成熟期随施氮量增加先生升高后下降。

3.2 光合作用与作物产量

光是影响植物生长发育的基本因素之一。光照长度主要通过影响作物生育进程从而影响产量,例如小麦籽粒的干物质积累有接近三分之二是抽穗后的光合产物。因此,在灌浆过程中最重要的是保持良好的光照,光强对光合作用的影响在穗粒结构上有反应,前期遮光减少有效穗数,中期遮光导致每穗小花数下降,后期减少遮光可提高结实率和千粒重。在开花前一段时期如果光合产物不足会减少穗粒数,而灌浆期库源较大时,光合产物不足籽粒皱缩直接导致千粒重的下降^[31]。

3.3 其它栽培措施

选如豆类 and 轮歇地这样最适宜的前茬对提高作物产量也有至关重要的作用。而且,在前茬作物收获后立即深耕熟土,会疏松土层,有利于有机质的分解,促进根系发育及壮秆增穗,可防止倒伏。种子处理、适时播种。晒种和精选优良种子,发芽率得到保证,作物田间的整齐度也会相对一致。很多病害都以种子带菌为主要侵染途径,种子消毒是预防这些病害的主要措施。另外,适时早播可以保证早出苗,早

分蘖,早抽穗,早成熟,减少或避免早霜危害,如三月中旬至四月中旬的日平均气温稳定通过 0℃即达到标准。由于不同作物的生育期不同,不同生育期内水分、光照有差异,适时播种,让作物在生长发育中充分利用光照、水分。此外,合理施肥对于一些分蘖发生快、幼穗分化早的作物,施足基肥根据苗情决定是否追肥。一定时期、一定量的增施氮肥对作物增产有显著效应,分蘖期氮肥提高穗数,孕穗前施肥提高粒数,但是氮肥过多会引起倒伏和粒重降低。及时收获。收获过早会导致千粒重低、饱满度差、品质下降;收获过迟穗头容易折断,多雨年份还会因淋雨降低粒重,产量品质下降。

4 结论与展望

作物高产受多种因素的影响,有产量构成因子、株型结构、自身遗传因素、栽培技术等因素的影响。从产量的主要构成因素来看,群体产量=穗数×穗粒数×千粒重,由此可见穗数、穗粒数、千粒重相互作用直接决定着作物的产量。只有在保证适宜穗数的前提下,稳定穗粒数的基础上,注重千粒重的提高,才能达到最终高产的目标。但外界的生态条件,在育种中是不能被人为控制的。在作物生长的整个生育期内,温度、日照时数、降雨量都对最后的产量有一定的影响,作物在分蘖期降雨量有利于株成岁穗多,在灌浆期降雨量过多则会导致减产。灌浆过程中最好保持良好的光照。灌浆期适宜的温度为 22℃~24℃,温过高会缩短籽粒灌浆的时间。从品种自身来看,大粒饱满的品种更利于高产,但在灌浆期光照不足时,籽粒大反而会降低作物的产量,中粒饱满的品种对外界环境有一定的缓冲性,有利于稳产。从株型来看,作物的倒伏在籽粒形成期会较大程度影响其产量和品质,主要表现在产量下降,而秆矮、基部节间短、穗下节间长且株高构成指数大的植株均表现为抗倒伏。旗叶是作物生长后期供给干物质的主要来源,直接影响着作物的最终产量。孕穗灌浆期时光合作用是否充足直接影响着千粒重,是籽粒形成和充实的关键时期。在作物发育前期为叶片的生长创造有利的环境,光合利用率、叶面积指数的提高可以保证叶片的生长速率。在生育期后期旗叶光合性能的改善、叶片衰老进程的延缓都有利于穗

粒数和千粒重的增加,有助于作物产量的提高。芒是光合同化的的重要辅助器官,在籽粒灌浆后期,其光合产物称为籽粒同化物来源的重要补充。而且芒在靠近籽粒的位置着生,有利于同化产物向籽粒的运输。芒对麦类作物的最终产量作出了重要贡献,但对于芒的长短多少时对作物产量的贡献最大,目前还尚未清楚。在以后可以对不同芒长的品种进行产量测定来确定其适宜的范围。另外在作物高产中合理的栽培措施也是提高产量的关键,要做到适时播、合理施肥、合理的耕作措施以及及时收获。在今后的高产育种工作中,要从品种自身因素、株型、旗叶、芒、穗数、穗粒数、千粒重、栽培措施等方面改善,达到最终高产的目的。

参考文献

- [1] 张玲丽.高产小麦品种冠层形态及光合生理特性的研究[D].西北农林科技大学,2003.
- [2] 吴兆苏.小麦育种学[M].北京:农业出版社,1990,206-229.
- [3] 刘碧贵.穗重型小麦品种选育及粒重遗传分析[J].麦类作物,1994,2:33-34.
- [4] 河南省小麦稳产低研究推广协作组.小麦穗粒重研究.1995年9月,北京,中国农业出版社.
- [5] 严威凯.不同小麦品种源库状况的初步研究[D].西北农业大学学报,1988,16(12):39-45.
- [6] 成云峰,黄自强.江汉平原小麦高产育种选择目标的研究[J].湖北农业科学,1996(01).
- [7] 孙本普,张保民,李金亮等.高产小麦适宜穗数的浅析.安徽农学通报,2006.
- [8] 吴兆苏,魏燮中.长江下游地区小麦品种更替中产量及有关性状的演变与发展方向[J].中国农业科学,1984,(3):14-21.
- [9] 李文雄,曾寒冰.春小麦穗粒数调控途径.东北农业大学学报,1994,25(1):1-9.
- [10] 丁寿康.选育亩产 1500 斤小麦品种途径的探讨—兼谈小麦大粒育种[J].中国农业科学,1979,3:8-16.
- [11] C.J.Petermanetal.Rateandduration of spikelet initiation in 10 winter wheat cultivars.CroPSci.1985,12(2):179-183.
- [12] Ledent,1982,Morphologyand yield inwinter wheat growninhigh — yield ingecondition,CroPSci.22:1115-1120.
- [13] SAS instituteInc.A'rusersGuide;Release6.03Edition,Caw, Ne,1988.
- [14] Rate and duration of growth of kemeis formed and sPecific

- floret sinsPikelets of sPring wheat.CroPSei.,1979,19:690-693.
- [15] 高学曾,王忠孝,许金芳等.玉米穗粒数和千粒重与产量的关系.山东农业科学,1989.
- [16] Rahman,M.S.etal,1977,Genetiee control of sPikelet number inhexaPloid wheat.CroPSei.17:296-299.
- [17] 胡延吉,赵檀方.小麦高产育种中粒重作用的研究[J].作物学报,1995.
- [19] 孙本普,王勇,李秀云,王广元等.气候条件对冬小麦千粒重的影响[J].麦类作物学报,2003,23(4):52-56.
- [20] 崔金梅,梁金城,朱旭彤.影响小麦粒重因素的研究[J].农业气象,1980.
- [21] 周菊芳,陈桥生,张道荣等.小麦产量构成因素的相关性分析[J].湖北农业科学,2012(23).
- [22] 刘培.土壤水分胁迫对作物的生长发育、生理特征及其产量影响的研究[D].西北农林科技大学,2010.
- [23] 鲁清林,柴守玺,张礼军等.冬小麦叶片和非叶器官对粒重的贡献[J].草业学报,2013.
- [24] 魏燮中,吴兆苏,小麦植株高度的结构分析[J].南京农学院学报,1983(1);14-21.
- [25] 姚金保,王书文,姚国才等.小麦产量构成因素的遗传分析[J].上海农业学报,2004.
- [26] 雒鸫,郭玉华,裴丽丽等.不同水稻品种抗倒伏性状的形态构成[J].贵州农业科学,2011.
- [27] 王义芹.不同年代小麦品种光合特性的研究[D].山东农业大学,2007.
- [28] 李晓娟.高产小麦旗叶和芒细胞结构及其光合性能的长研究[D].中国科学院,2006.
- [29] 高海涛,王育红,孟战赢等.超高产小麦产量及旗叶生理特性的研究[J].麦类作物学报,2010.
- [30] 沈新磊.冬小麦源库大小改变对产量构成及产量的影响[D].西北农林科技大学,2015.
- [31] 姜楠,马殿荣,高虹等.不同时期遮光对北方粳稻产量和品质的影响[J].沈阳农业大学学报,2013(04).