

春小麦对刈割伤害的补偿作用研究

原保忠,王 静,张 荣,林 魁,魏 虹,赵松岭

(兰州大学干旱农业生态国家重点实验室,兰州 730000)

摘要:通过 1995 年大田试验研究了黄土高原半干旱区春小麦受刈割伤害(模拟动物采食)后的补偿作用。结果表明,在大田实验条件下,刈割处理一般会使小麦生长受阻且减产,即不足补偿。在刈割一半叶片的处理中,拔节期的减产效应重于苗期的减产效应;在苗期处理中,重度伤害(刈割全部叶片的减产效应大于轻度刈割(刈割一半叶片)的减产效应,而拔节期刈割前三位叶片的处理不仅未造成减产,还出现产量的超越补偿,是由于此时小麦早期生长的叶片已经开始变黄(该年为 60 多年未遇的特大旱年),刈割处理适时地去除了小麦的消耗器官,减少了生长冗余部分和改变了源-库关系的缘故。

关键词:春小麦;生长冗余;源-库关系;刈割;补偿作用

A study on the compensation of spring wheat for clipping

YUAN Bao-Zhong, WANG Jing, ZHANG Rong, LIN Kui, WEI Hong, ZHAO Song-Ling

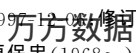
(State Key Lab. of Arid Agroecology, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China)

Abstract: The field experiment of clipping stress (simulated herbivory) on the compensatory effects of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) was conducted in 1995 in semi-arid region of Gansu Loess Plateau. The results showed that the yield of spring wheat was decreased by the clipping. The negative effects at the jointing stage was more serious than that at the seeding stage. A more heavy degree of the clipping resulted in the more serious effect at the seeding stage. However, the yield overcompensation for clipping the first three leaves at the jointing stage was expressed due to the change of source-sink relations and resulted an increase of the yield. The reason was probably because of cutting away the tedious leaves in the drought.

Key words: spring wheat; growth tedious; source-sink relations; clipping; compensation

文章编号:1000-0933(2000)02-0344-05 中图分类号:Q948 文献标识码:A

植物在其生活史中,经常会受到各种不良环境因素的胁迫,诸如:干旱,大风,霜冻,冰雹,雨雪,病虫害,动物的采食和践踏等^[1]。灾害过后,在不致死植物的胁迫程度内,随着胁迫的逐渐解除,植物也将逐渐恢复其生长,减轻或消除灾害所带来的不利影响,就生物体自身来说,各器官之间存在着一种内在的协调反馈机制,能够协调体内的各种代谢活动,使其处于一种相对平衡的状态;如果某一器官受环境的影响而减弱或丧失其功能,则生物体内具有恢复该器官功能的能力,这种补偿机制是生物保存自身的一种重要机能。在不同的环境中,不同种类的植物于不同的生长发育阶段,从个体水平和群体水平都表现出不同的补偿性反应^[2]。根据植物的适合度,种子产量和生物产量将补偿分为 3 类^[3]:不足补偿,等量补偿和超越补偿,植物受到伤害后,其生物产量,种子产量和适合度与对照相比,如果小于对照,则为不足补偿;等于对照,则为等量补偿;大于对照,则为超越补偿。在自然生态系统中,植物能够忍受灾害或灾害后的补偿性生长主要表现在产量和适合度上;在农田生态系统中,人们更为关心的是经济产量,而不是适合度^[4],且希望灾害过后,作物不减产,甚或出现产量上的超越补偿。本文试以黄土高原半干旱地区的春小麦为研究对象,探讨春



小麦在不同的生长发育阶段受到不同程度的模拟伤害(刈割)后的补偿效应,并对其进行机理上的探讨与分析。

1 材料和方法

1.1 材料

实验采用甘肃省农科院定西试验站提供的春小麦 81(39)-2 品种,该品种 80 年代中期育成,是近年黄土高原半干旱地区大面积种植的当家品种,具有较高抗逆生产性状。

1.2 试验区自然条件

实验于是 1995 年 3~7 月在定西试验站进行。该区为典型的半干旱黄土丘陵沟壑区,海拔 1970m,年平均气温 6.2℃,≥10℃积温 2075.1℃,≥5℃积温 2591.8℃,≥0℃积温 2789.7℃,属于温带半干旱气候,作物一年一熟。水资源主要为天然降水,年平均降水量为 415.2mm,且多集中于 7~9 月份,具有降水总量少,变率大,分布不均,降水与作物生长供需错位,有效性差等特点。

1.3 实验设计

实验小区面积为 4.7×3=14.1m²,各小区间隔 40cm。用小锄开沟行播,行距 20cm,播种密度 225kg/hm²。施肥标准为纯氮肥 90kg/hm²,P₂O₅ 60kg/hm²。3 月 25 日播种,7 月 16 日收获。实验采用随机区组设计,5 个处理,每处理重复 3 次。

- 处理 1(A) 苗期(三叶期,5 月 9 日)剪除地面以上所有叶片;
- 处理 2(B) 苏期(5 月 9 日)剪除地面以上所有叶片的一半面积(从叶前端剪除);
- 处理 3(C) 拔节期(5 月 28 日)剪除第 1,2,3 位叶片的全部面积;
- 处理 4(D) 拔节期(5 月 28 日)剪除所有叶片的一半面积(从叶片前端剪除);
- 处理 5(CK) 作对照。

1.4 取样和测定

按生育期每小区随机取样 10 株,测定株高,茎叶重,穗重,植株总重等指标,分别装入纸袋(信封)烘干(80℃,12h)称重。

2 结果与分析

2.1 1995 年试验区降水状况

该年为定西地区 60 多年未遇的特大旱年^[5],从 3 月下旬到 7 月中旬的整个生育期内降水量为 122mm,比正常年景(1985~1994 年平均)偏少 41%(表 1)。尤其是 3 月下旬春小麦播种到 7 月上旬成熟仅降水 71.5mm,比正常年景同期减少 120.5mm,作物供水严重不足。

表 1 试验区春小麦生育期内降水量分布(mm)

Table 1 The distribution of precipitation in the phenostage of spring wheat													
时间	3 Mar.			4 Apr.			5 May ~ 6 June			7 July			总降雨量
Time	L	F	S	L	F	S	L	F	S	L	F	S	Total
1995	9.4	5.6	10.4	5.1	0.8	0.5	13.5	13.2	3.4	23.3	2.9	50.5	122
1985~1994	8.1	5.9	10.6	11.6	12.0	27.4	25.6	23.9	20.9	17.6	28.4	14.5	242.9
Average													

F,S,L 分别为上,中,下旬 F,S and L are the first, the second and the last ten days of a month

2.2 刈割处理对小麦生长的影响

苗期处理后,由于受刈割伤害和干旱胁迫,小麦的恢复生长速度缓慢。5 月 28 日取样(间隔近 20d),高度(图 1)和生物量(图 2)没有明显变化。6 月 12 日取样,B 已接近 CK,而 A 则仍远小于 CK。从 5 月 28 日到 6 月 12 日的近 15 天内,A 和 B 的生长速率均高于 CK,但 A 的生长速率小于 B。从 6 月 12 日到 6 月 21 日的近十天时间内,A 的生长速率高于 CK,但 B 的生长速率却接近于 CK,出现 A 恢复生长加快的滞后现

象。从 6 月 21 日到 7 月 16 日收获, B 的高度, 总生物量, 茎叶重(图 3)均超过 CK, 但穗重(图 4)与 CK 无显著差异; 而 A 的各项均低于 CK。

C 则在拔节期适时地剪去已经开始变黄的第 1, 2, 3 位叶片, 减少了作物的消耗器官, 亦即减少了作物的生长冗余部分, 提高了对有限水分资源的合理利用, 从而改变了作物的源-库关系和营养物质的分配模式, 把较多的营养物质分配于繁殖器官(即种子), 因此, 出现高度, 总生物量, 茎叶重和穗重的超越补偿。D 不仅未去除冗余部分, 还减少作物合成营养物质的器官——源, 因而其生长势必由于“源”的伤害而受阻, 导致作物自身的“库”不能充实, 出现生长的不足补偿(见图 1~图 4)

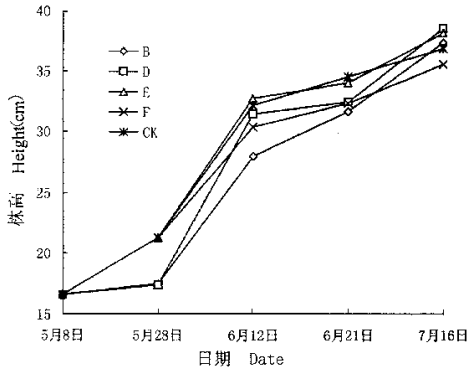


图 1 各处理不同时期株高动态变化

Fig. 1 The dynamics of plant height of various treatments in different periods

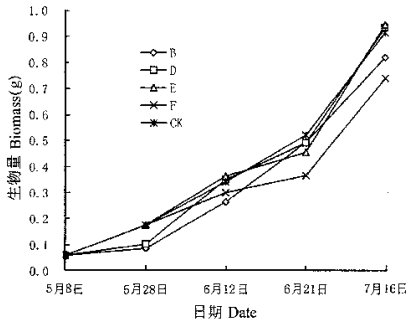


图 2 各处理不同时期地上部分生物量变化

Fig. 2 The dynamics of individual aboveground biomass of various treatments in different periods

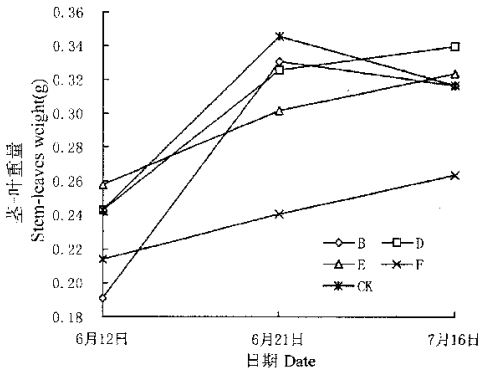


图 3 各处理不同时期茎-叶重量变化

Fig. 3 The dynamics of individual stem-leaves weight of various treatments in different periods

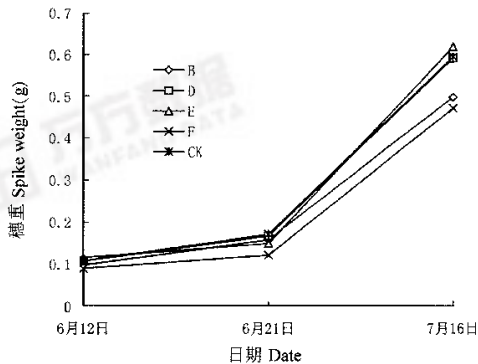


图 4 各处理不同时期穗重变化

Fig. 4 The dynamics of individual spike weight of various treatments in different periods

2.3 刈割处理对小麦产量性状的影响

刈割伤害影响小麦生长, 也必然影响其产量形成。自然补偿能力最终表现在产量水平上, 于 7 月 16 日每处理顺序取样 30 株考种。结果如表 2。

苗期的刈割处理 A 和 B 及拔节期的处理 D 均使穗长缩短, 穗重减轻, 穗粒数减少, 穗粒重降低, 单粒重减少; 另外, 万方数据收获指数, 小穗结实率和平均每小穗的籽粒数, 表现出春小麦对刈割伤害的不足补偿。C 各项指标出现超越补偿是由于适时的剪除小麦的消耗器官, 去除其生长冗余部分, 从而增大源/库比

和对繁殖器官营养物质的分配。

表 2 收获时不同处理各测定项目比较^①
Table 2 The comparison of various treatments at harvest

测定项目 Items	A	B	C	D	CK
株高 ^① (cm)	37.367±4.30ab	38.583±4.198a	38.183±3.568a	35.600±3.616b	37.533±2.900ab
穗长 ^② (cm)	4.457±0.781b	4.760±0.506ab	4.843±0.762a	4.500±0.607ab	4.767±0.504ab
穗重 ^③ (g)	0.498±0.163b	0.591±0.173a	0.618±0.143a	0.471±0.128b	0.594±0.128a
茎叶重 ^④ (g)	0.317±0.087a	0.339±0.097a	0.324±0.077a	0.264±0.070b	0.317±0.063a
总小穗数 ^⑤	9.067±1.484a	8.767±0.935a	8.567±0.971a	8.767±0.858a	8.933±0.828a
有效小穗数 ^⑥	5.700±1.291a	5.500±0.900a	5.467±0.776a	5.367±0.765a	5.733±0.691a
穗粒数 ^⑦	9.967±3.31b	11.167±2.866ab	11.500±2.515a	9.867±2.556b	11.567±2.487a
穗粒重 ^⑧ (g)	0.352±0.133b	0.418±0.132a	0.457±0.108a	0.336±0.115b	0.422±0.096a
植株总量 ^⑨ (g)	0.815±0.239bc	0.930±0.256a	0.941±0.209a	0.735±0.188c	0.911±0.184ab
单粒重 ^⑩ (mg)	34.940±6.588bc	37.351±6.083ab	39.848±5.227a	33.763±6.463c	36.654±4.178bc
收获指数 ^⑪	0.423±0.073c	0.449±0.067bc	0.486±0.048a	0.452±0.082bc	0.463±0.033ab
<i>M</i> ^⑬	1.737±0.355b	2.019±0.306a	2.104±0.339a	1.826±0.305b	2.008±0.298a
<i>N</i> ^⑭	1.096±0.292b	1.274±0.292a	1.356±0.312a	1.126±0.267b	1.298±0.271a
有效小穗率 ^⑫	0.625±0.070a	0.627±0.072a	0.640±0.070a	0.612±0.060a	0.632±0.063a

①plant height ②spike length ③spike weight ④stem-leaves weight ⑤total spikelets ⑥fertile spikelets ⑦total kernels ⑧total kernels weight ⑨plant weight ⑩kernel weight ⑪harvest index ⑫rate of fertile spikelets
⑬*M*为穗粒数/有效小穗数,*N*为穗粒数/总小穗数,⑭表中具相同字母者差异不显著($p=0.05$).*M* is the ratio of total kernels to fertile spikelets. *N* is the ratio of total kernels to total spiklets. Means with the same letters show no significant difference at the 0.05 levele. Duncan’s multiple range test.

3 讨论

关于植物受动物采食后的补偿效应,以 McNaughton^[6]和 Belsky^[3]为代表的两派已纷争了几十年时间,仍未有结果。Belsky^[1]认为植物受灾害后的快速恢复再生长是植物为了减少所有类型灾害所带来的负效应的进化对策,不是由于食草动物采食植物地上部分器官来增大植物适合度的对策。Belsky 的观点概括了植物对所有类型灾害的反应机制,植物在受到伤害胁迫之后,都会尽可能的弥补和补偿灾害所造成的损失,其补偿效应与植物的遗传性,环境条件及受伤害的时间,强度等内外因素有密切的关系。在农田生态系统中,作物的抗逆性是随着生长发育的进程与环境条件而变化的,一般来说,作物休眠时期的抗逆性较强,生长旺盛期抗逆性较弱;在同样条件下,生长健壮的植株抗逆性较强,生长不良的植株抗逆性较弱;作物在不同生育时期的抗逆性也不同,营养生长期的抗逆性较强,而开花时期的抗逆性较弱^[7]。就农作物来说,人们关心更多的是经济产量。在田间,作物的群体补偿作用常出现在苗期,一些作物在苗期和生长初期的被害程度并不决定产量损失,因为同一群体内植株间经常处于对光,水,肥的竞争中。当植株在产量形成之前,尤其是苗期密度较大时,即使某些个体被伤害致死(致死比不致死可能更好),邻近未受害株将对产量起补偿作用,使植物从受害到产量形成期间的补偿能力得到充分体现,凌启鸿^[8]用冬小麦刈割实验表明,每一叶片的出生与“工作”都对最后的产量发生密切的关系,不同的仅是各个不同叶位的叶片对产量构成因素所起的作用不同而已,并认为冬前冬后放牧均会降低小麦产量,应改变这种习惯。

在黄土高原半干旱地区,土壤中的水,肥相对贫瘠,降水变率大,分布不均且与小麦生长期不耦合,春末夏初春小麦受到干旱胁迫,俗称“卡勃子旱”。在受干旱胁迫之下,如小麦生长再受到伤害,就会使小麦的生长雪上加霜,生长严重受阻;另外,春小麦的生育期比较短,受伤后没有足够的时间进行恢复

生长,生长后期又常因高温逼其成熟使收获期又趋于一致,因而,受到伤害的小麦其灌浆成熟时期就相对的短一些。所以,在此环境条件下,受到刈割伤害的小麦出现产量的不足补偿是不足为奇的(A,B,D)。至于在小麦的生育期内,适时地去除生长冗余部分,减少消耗器官,改变源-库关系,增大对繁殖器官的营养物质的分配,出现生长和产量的超越补偿(C),可以用盛承发^[9]提出的生长冗余的观点来进行解释。

4 结论

受到刈割伤害的春小麦由于水肥条件的限制,出现产量的不足补偿;而若在其生育期内适时地去除冗余部分,改变其源-库关系,也可出现产量上的超越补偿。

同一时期,受伤害强度不同,其补偿效应也不同。苗期受伤害越重,其补偿效应就越差。不同生育时期,同为刈割一半叶片面积的处理,苗期受到伤害的小麦补偿效应大于拔节期受到伤害的小麦补偿效应。

春小麦生育期较短,受到伤害后的恢复再生长时间也较短,补偿效果就差。因此,应尽可能减少小麦生长生育阶段的干扰,为小麦生长创造良好的环境条件,促进其生长,即坚持“一促到底”的原则。

参考文献

[1] Belsky A J. *et al.* Overcompensation by plants: herbivore optimization of red herring? *Evolutionary Ecology*, 1993, **7**:109~121.

[2] Maschinski J and Whitham T G. The continuum of plant responses to herbivory: the influences of plant association, *nutrient availability, and timing*. *Am. Nat.*, 1989, **134**:1~9.

[3] Belsky A J. Does herbivory benefit plants? A review of the evidence. *Am. Nat.* 1986, **127**:870~892.

[4] Trumble J T, Kolodny-Hirsch D M and Ting I P. Plant compensation for arthropod herbivory. *Annu. Rev. Entomol.* 1993, **38**:93~119.

[5] 魏虹,林魁,李凤民,等. 补充供水对半干旱区旱地春小麦水分亏缺的补偿效应研究. 兰州大学学报, 1996, **32** (3):319~324.

[6] McNaughton S J. On plants and herbivores. *Am. Nat.* 1986, **128**:765~770.

[7] 罗闰良. 水稻种质对稻纵卷叶螟抗性机制研究概述. 昆虫知识, 1993, **30**(1):51~52.

[8] 凌启鸿,朱庆森. 小麦各叶位叶片对产量形成作用的研究. 作物学报, 1965, **4**(3):219~233.

[9] 盛承发. 生长的冗余——作物对于虫害超越补偿作用的一种解释. 应用生态学报, 1990, **1**(1):26~30.