

文章编号: 1000-2022(2002) 05-0671-06

土壤水分对小麦开花及结实的影响

柳 芳, 王传海, 申双和, 姚克敏

(南京气象学院 应用气象学系, 江苏 南京 210044)

摘 要: 研究了不同生育期土壤水分与小麦的小花发育、开花、结实率及产量的关系, 并进行了土壤水分对穗粒数影响的定量分析研究, 提出了保持小花正常发育和提高小麦结实率的适宜土壤水分范围。

关键词: 小麦; 土壤湿度; 开花; 结实率

中图分类号: S152.75 **文献标识码:** A

小麦是我国主要粮食作物之一, 种植面积和总产量均很大, 在我国农业生产中具有很重要的作用。但我国小麦种植区域在北方很多为干旱和半干旱地区, 南方很多区域又常有不同程度的渍涝, 不适宜的土壤水分条件成为制约我国小麦生产的重要因素之一。

有关土壤水分对小麦生长发育及产量影响的研究很多。普遍认为土壤湿度对小麦的生长发育和产量形成有显著影响, 且不同发育期的土壤水分胁迫对小麦危害的程度有明显差异^[1]。

一般认为生殖生长时期的水分胁迫所造成的危害要比营养生长期大^[2]。本文以土壤湿度、水分胁迫持续期和发育期为试验因素, 用桶栽称重方法, 系统研究了土壤湿度对小麦的小花发育、开花、结实和产量形成过程的影响, 并讨论了土壤含水量不适导致结实粒数下降的机制, 定量分析其影响程度并提出了保持小麦较高开花数和结实率的适宜的土壤水分含量范围, 为小麦生产的土壤水分调节和控制提供依据。

1 材料与方 法

试验于 1999 年 10 月在南京气象学院农业气象试验站内进行。供试品种为宁麦三号。为便于用重量法调节土壤水分, 采用桶栽试验方法。土壤为黄棕壤土, 均取自大田表土层, 肥力中等。播期为 10 月 1 日。根据文献[1]中对壤土各级农业水分常数的土壤湿度范围, 对本试验设计了 7 个用质量湿度表示的土壤水分等级: 10% (W1 严重干旱), 17% (W2 中度干旱), 21% (W3 轻度干旱), 30% (W4 水分适宜), 37% (W5 轻渍), 44% (W6 重渍), 51% (W7 涝淹)。每个土壤湿度等级各设 3 个胁迫持续天数: 10 d (D1), 20 d (D2), 30 d (D3)。水分胁迫的生育期划分为 4 段: 出苗期—三叶期, 三叶期—返青拔节期, 返青拔节期—开花期, 开花期—成熟期。在小麦开花期(4 月中旬), 每处理选 8 株于每天上午 10 时观察记载当日的总小花数、发育

收稿日期: 2002-01-22; 改回日期: 2002-04-22

基金项目: 江苏省自然科学基金 BK99060

第一作者简介: 柳 芳(1977-), 女, 新疆乌鲁木齐人, 硕士生。

小花数和可孕小花数。在小麦的成熟期,每处理选择 6 株计算每穗结实粒数,并计算结实率和产量。

2 结果与分析

2.1 土壤水分对小麦经济产量的影响

小麦的经济产量由有效穗数、每穗实粒数和千粒重组成。试验结果表明,小麦的经济产量随水分胁迫程度的加重而降低(图 1)。土壤水分轻度亏缺(土壤湿度 23%)或轻度过多(土壤湿度 37%)时,对小麦产量已有显著影响,减产降幅分别为:出苗期—三叶期:25.6%~38.2%(23%);26.8%~54.5%(37%)。三叶期—返青拔节期:38.4%~55.4%(23%);30.2%~42.4%(37%)。返青拔节期—开花期:10.1%~58.2%(23%);33.2%~64.6%(37%)。开花期—成熟期:31.9%~55%(23%);41.5%~51.6%(37%)。而重度的水分亏缺(土壤湿度 10%)或严重过多(土壤湿度 51%)减产幅度更严重:出苗期—三叶期:71.2%~71.5%(10%);82.9%~99.3%(51%)。三叶期—返青拔节期:66%~74.2%(10%);41.5%~55.7%(51%)。返青拔节期—开花期:59.7%~88.1%(10%);89.1%~94.9%(51%)。开花期—成熟期:65.6%~78.8%(10%);91.1%~91.8%(51%)。

不同发育期水分胁迫处理对小麦经济产量的影响以返青拔节期—开花期和开花期—成熟

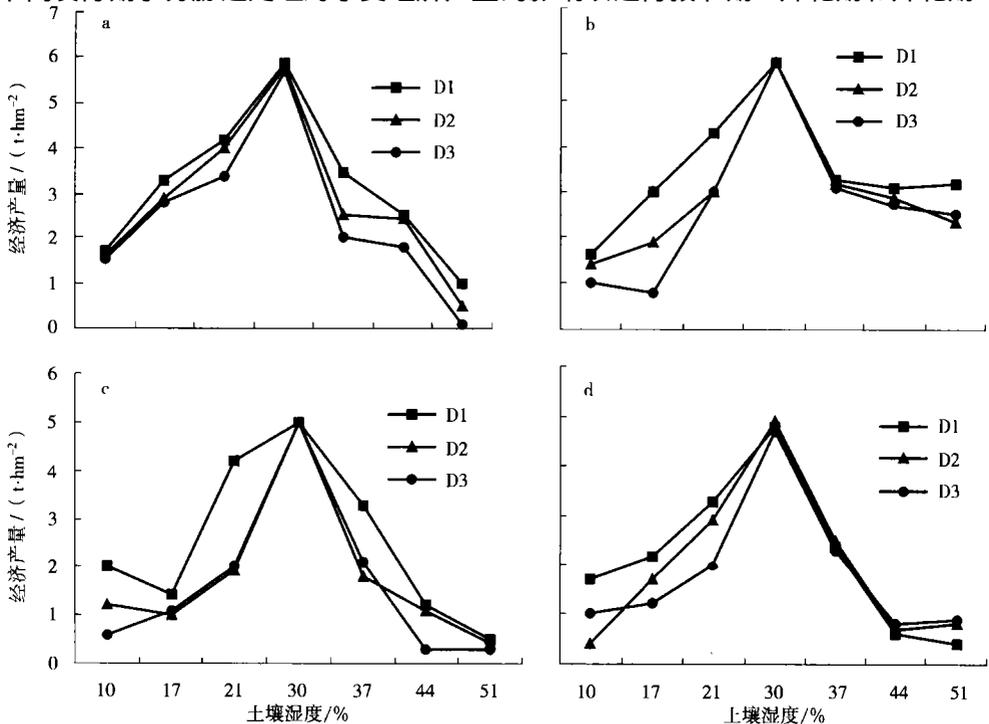


图 1 不同生育期土壤水分处理与小麦经济产量关系

a. 播种—三叶期; b. 三叶—返青拔节期; c. 返青拔节—开花期; d. 开花—成熟

Fig. 1 The relation between soil moisture and wheat yield at different growing stages: a. from seeding to three-leaf stage; b. from three-leaf to turning green and jointing stage; c. from turning green and jointing to flowering stage; d. from flowering to ripe stage

期对最敏感, 出苗期—三叶期和三叶期—返青拔节期次之。返青拔节期—开花期是小麦生长发育最旺盛的阶段, 对外界不良环境的抵抗能力很差。开花成熟期的土壤湿度会对小麦灌浆产生影响, 从而影响到千粒重。因此, 土壤湿度胁迫对这两个时期的影响最显著。

比较同一发育期, 相同土壤湿度等级, 不同胁迫持续天数的结果(D1, D2, D3) 表明, 总的规律是随胁迫期的延长, 经济产量下降幅度加大。但一个重要的特点是经济产量并不与胁迫天数成正比。说明土壤湿度对小麦经济产量的影响主要取决于受胁迫的发育期^[3]。

2.2 土壤湿度对小麦结实粒数的影响

比较不同土壤湿度对小麦每穗粒数的试验结果表明, 土壤水分胁迫程度加重时, 每穗粒数也显著减少, 减幅为 9.3 % ~ 72.9 %。且轻度的土壤水分胁迫(土壤湿度为 23 % 或 37 % 条件下), 小麦结实粒数就有相当幅度的下降^[4], 降幅分别为: 9.3 % ~ 46.5 % (23 %) 和 31 % ~ 55.8 % (37 %)。当水分胁迫程度加重时, 每穗结实粒数的下降幅度更大。各发育期水分胁迫处理均表现为土壤湿度过大对结实粒数的影响要比土壤湿度过小的影响显著(图 2)。

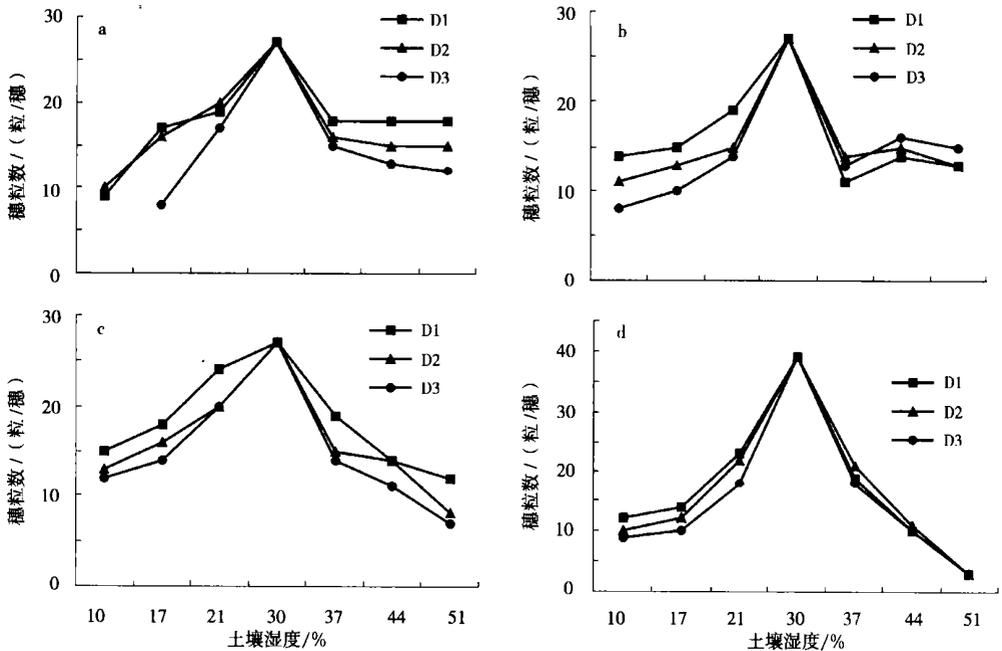


图 2 不同生育期土壤水分处理与小麦穗粒数的关系

a. 出苗期—三叶期; b. 三叶期—返青拔节期; c. 返青拔节期—开花期; d. 开花期—成熟期

Fig. 2 The relation between soil moisture and number of wheat grain every ear at different stages

a. from seeding to three-leaf stage; b. from three-leaf to turning green and jointing stage;

c. from turning green and jointing to flowering stage; d. from flowering to ripe stage

比较不同发育期土壤水分胁迫对小麦结实粒数的影响, 结果表明, 即使在相同土壤湿度条件下, 不同发育期的小麦结实粒数也是不同的。其中三叶—返青拔节期、返青拔节—开花期的土壤湿度影响最为显著。原因是水分对结实粒数的影响是通过可孕小花数产生的, 而可孕小花数受制于两个因素, 一个是发育小花基数, 另一个是发育小花的退化率。其中, 发育小花数是在三叶—返青拔节期确定的, 发育小花退化率则是在返青拔节—开花期确定的。因此三叶—返青拔节期、返青拔节—开花期的土壤湿度对结实率的影响最为显著, 开花期—成熟期次之。

比较同一发育期,相同土壤湿度下,不同水分胁迫天数对小麦每穗结实粒数的影响,结果表明,随着水分胁迫时间的延长,每穗结实粒数呈显著的下陷趋势。下降幅度为 9.3% ~ 47.3%,这显然是因为土壤湿度对每穗结实粒数的影响是一个持续的过程,胁迫时间延长,危害程度也越大。

2.3 土壤水分对小花发育及开花的影响

根据小麦的开花生物学规律,小麦每穗粒数决定于每穗可孕小花数和结实率两个因素。而可孕小花数决定于发育小花数和发育小花退化率。小麦的发育小花数主要决定于三叶—返青拔节期,发育小花退化率则决定于返青拔节—开花期。

2.3.1 土壤水分对发育小花数的影响

三叶期—返青拔节期的土壤湿度对小麦发育小花数有显著影响。在本试验条件下将导致发育小花数下降约 8.7% ~ 65.6%,但发育小花的退化率反有显著下降。这是因为三叶期—返青拔节期是决定发育小花基数的发育期,此时期的土壤水分胁迫可使发育小花基数减少,特别是每小穗的第 4、5、6 朵高位小花数显著减少,而这部分高位小花极易在返青拔节期—开花期退化。因此小麦若在三叶期—返青拔节期遇到土壤水分胁迫,但若能在以后的发育期中恢复,也会使发育小花退化率降低。返青拔节期—开花期的水分胁迫则会显著影响发育小花的退化率,增加幅度为 1.3% ~ 49.9%,且随土壤水分胁迫程度的加重退化率的幅度也会增加,尤其是 D3(30 d) 处理。可以认为,返青拔节期—开花期在 D2 和 D3 之间可能存在一个影响退化率的关键期,此时期的土壤湿度应该受到充分重视,这一观点在以前的文献中涉及较少。总之,本实验结果显示,三叶期—返青期的土壤湿度对小麦发育小花数有显著影响。拔节期—开花期的土壤湿度主要影响发育小花的退化率(图 3)。

2.3.2 土壤湿度对可孕小花数的影响

可孕小花数主要决定于发育小花数和发育小花退化率。发育小花数与三叶期—返青期的水分胁迫状况密切相关,发育小花退化率则取决于拔节—开花期的水分胁迫状况。在三叶期—返青期,由于水分胁迫可导致发育小花数的减少,因此可孕小花的总数是减少的。减少幅度约为 2.1% ~ 66.4%,且以 W4 为最高点向两边递减,并随胁迫程度加重其减少幅度显著增大,规律性良好。在返青拔节期—开花期,由于发育小花数在三叶期—返青期已经确定,此时的土壤水分胁迫可进一步使可孕小花数减少。减少幅度为 4.2% ~ 70.6%。两个发育时期的影响规律相似,但返青拔节期—开花期对孕小花数的危害程度比三叶期—返青期要大些(图 4)。

2.4 土壤湿度对结实率的影响

开花—灌浆期的前期是决定小麦结实率的关键时期,此发育期的土壤湿度状况是影响结实率的重要因子之一。对开花—成熟期分别进行 10 d、20 d、30 d 的土壤水分胁迫期的试验,结果表明,土壤湿度对小麦结实率有显著影响。土壤水分亏缺时结实率的下降幅度为 24.1% ~ 55.9%;土壤水分过多时结实率的下降幅度为 41.8% ~ 69%,表明土壤水分过多对结实

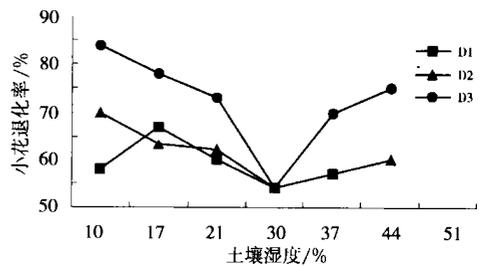


图 3 返青拔节—开花时期土壤水分处理与小麦发育小花退化率关系

Fig. 3 The relation between soil moisture and degeneration rate of the flowering during the period of turning green and jointing to flowering

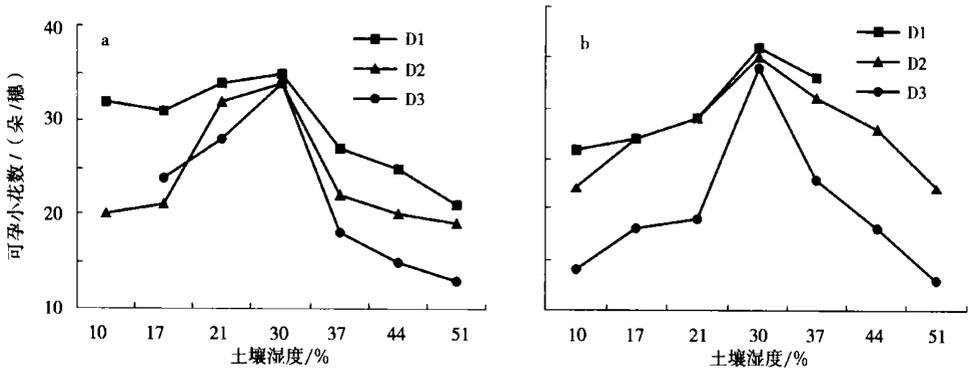


图4 不同生育时期土壤水分处理与小麦每穗可孕小花数关系
a. 三叶期—返青拔节期; b. 返青拔节期—开花期

Fig. 4 The relation between soil moisture and number of preganated flowers every wheat ear at different growing stage
a. from three-leaf stage to turning green and jointing stage;
b. from turning green and jointing to flowering stage

率的危害更加严重。这一结果与小麦的生理特性有关, 因为小麦生育后期的根系主要分布在 0 ~ 30 cm 土层内, W6、W7 处理的小麦根系大部分将处于水分过饱和的土层中, 但此阶段小麦根系呼吸旺盛, 对结实率的危害就更严重(图 5)。

试验结果还显示, 相同土壤湿度下不同胁迫时间对结实率的影响差异较小。D1 与 D2 之间的结实率差异为 5.4 % ~ 13.2 %; D2 与 D3 之间为 3.1 % ~ 14.7 %; D1 与 D3 之间为 3.3 % ~ 26.4 %。这可能是由于决定结实率的关键期在开花后 10 d 内。D2 和 D3 延长了土壤水分不适持续的天数, 结果主要是影响了千粒重, 而对结实率影响较小。试验结果说明, 在开花后 10 d 内的土壤水分对小麦结实率影响很大, 可导致结实率下降约为 24.1 % ~ 57.4 %。但 D2、D3 间结实率与 D1 相比仍有一定程度的差异。这可能是由于持续土壤水分不适将严重影响灌浆饱满度, 即小麦的千粒重。由于试验中进行千粒重统计时通常将灌浆严重不足(千粒重小于 5 g)的籽粒视为秕粒, 不参加千粒重计算。因此 D2、D3 相比于 D1 结实率仍有一定程度的下降。所以在生产上应对开花期后 10 d 内的土壤水分引起高度重视。

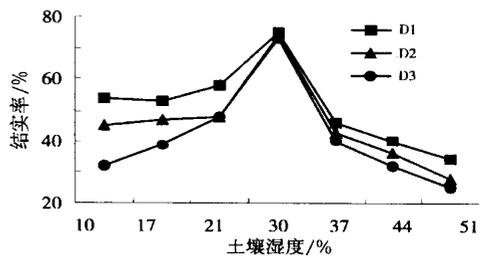


图5 开花—成熟期土壤水分处理与小麦结实率关系

Fig. 5 The relation between soil moisture at the flowering-ripeness stage and wheat seed per ear

此外, 试验还测定了相同土壤湿度下, 冬小麦 4 个发育期水分胁迫处理的小麦结实率。其中, 开花期—成熟期进行水分胁迫处理的结实率较其他 3 个生育时期的结实率变化幅度要小得多。说明影响结实率的关键期是在开花—成熟期。但该发育期之前各时期的土壤水分不胁迫对结实率也会产生一定影响。这种影响应该是通过对小麦的生长和发育及生理状态的不同影响造成的。

3 结论与讨论

(1) 小麦的经济产量随水分胁迫程度的加重而降低。不同发育期水分胁迫对小麦经济产量的影响,以返青拔节期—开花期和开花期—成熟期最敏感,出苗期—三叶期和三叶期—返青拔节期影响次之。水分胁迫持续天数延长,经济产量下降幅度加大。

(2) 土壤水分胁迫对每穗粒数有明显影响。但土壤湿度过大对结实粒数的影响要比土壤湿度过小的影响显著。影响的敏感期在三叶期—返青期和拔节期—开花期。土壤湿度处理对每穗结实粒数的影响是一个持续的过程,胁迫时间延长,危害程度也越大。

(3) 三叶期—返青期的土壤湿度对小麦发育小花数有显著影响。拔节期—开花期的土壤湿度会显著危害发育小花的退化率。两者对发育小花数产生综合影响。30%的质量含水率对小花的发育是适宜的。

(4) 开花—灌浆期的土壤湿度对小麦结实率有显著影响。土壤湿度过大对结实率的危害尤为严重。这与小麦生育后期的生理特性有关。影响结实率的关键期在开花后 10 d 以内。

由于控制田间土壤湿度的技术难度较大,本研究采用桶栽称重法来控制土壤湿度,而且仅有 1 a 试验,由此获得的研究结果在实际应用时需要进行验证和修正。

参考文献:

- [1] 中国农业百科全书编委会. 中国农业百科全书·农业气象卷[M]. 北京: 农业出版社, 1986.
- [2] 高金梅, 熊勤学. 土壤水分变化规律及其对小麦产量的影响[J]. 湖北气象, 1994(1): 36-37.
- [3] 胡芬, 赵聚宝. 土壤水分对冬小麦干物质积累和水分利用效率的影响[J]. 中国农业气象, 1994, 15(2): 12-14.

Influence of Soil Moisture on Wheat Flowering and Seeding

LIU Fang, WANG Chuan-hai,
SHEN Shuang-he, YAO Ke-min

(Department of Applied Meteorology, NIM, Nanjing 210044, China)

Abstract: The influence of soil moisture on wheat flowering and seeding at different growing stages is investigated. The results show that inadequate soil moisture decreases significantly the number of wheat seed per ear. It is therefore put forward that there is an extent of suitable soil moisture for keeping the normal development of flower and improving wheat seed per ear.

Key words: wheat; soil moisture; flowering; seed per ear