

## 补充灌溉、氮素营养与秸秆覆盖对冬小麦生长及产量的影响研究\*

翟军海 凌莉

高亚军 周建斌\*\*

(陕西省农业环境保护监测站 西安 710003) (西北农林科技大学资源与环境学院 杨陵 712100)

**摘要** 大田试验研究补充灌水、施N肥与秸秆覆盖对冬小麦根系和地上部生长、产量及其构成因子的影响结果表明,施N肥对冬小麦生长发育和产量的效应最明显,单独覆盖秸秆或补充灌水基本无效甚至出现副作用。施用N肥和秸秆覆盖可促进冬小麦根系发育和地上部生物量累积。肥料供应充足时覆盖秸秆对冬小麦根系的作用与水分状况有关,土壤水分胁迫下秸秆覆盖效果不明显,此时施用N肥甚至出现一定负效应。水分充足与否,施N肥和秸秆覆盖均对冬小麦产量的形成有一定协同效应,补充灌溉与施用N肥和秸秆覆盖配合处理小麦产量最高。

**关键词** 补充灌溉 N肥 秸秆覆盖 冬小麦 根系 产量

**Effects of supplementary irrigation, nitrogen fertilizer and straw mulching on the growth and yield of winter wheat.**

ZHAI Jun-Hai, LING Li (Shaanxi Monitoring Station of Agro-Environmental Protection, Xi'an 710003), GAO Ya-Jun, ZHOU Jian-Bin (College of Resource and Environmental Sciences, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling 712100), *CJEA*, 2004, 12(1): 130 ~ 132

**Abstract** Field experiment was carried out to study the impacts of supplementary irrigation, nitrogen fertilizer and straw mulching on the growth of root, shoot biomass, yield and its characters of winter wheat. The results show that only the application of nitrogen fertilizer has the significant effects on the growth of winter wheat. The straw mulch improves the growth of root and weight of plant biomass when the nitrogen fertilizer is added. The effect of straw mulching is related to water content in soil. When water stress occurs, the mulching has no significant effects on the growth of root; and a further application of nitrogen fertilizer even has negative effects. Whether the supplementary irrigation is added or not, the straw mulching with N-fertilization has a significant interaction on the yield. The combined treatment of irrigation, fertilization and straw mulch has the highest yield among all the treatments.

**Key words** Supplementary irrigation, N-fertilizer, Straw mulch, Winter wheat, Root, Yield

冬小麦是渭北旱塬地区主要粮食作物。关于水肥耦合和秸秆覆盖对冬小麦生长特性和产量的影响已多见报道<sup>[1-5]</sup>,但三者共同作用的研究尚少见报道。为此试验研究了水分胁迫、N素营养和秸秆覆盖对冬小麦生长的影响,为旱地农田合理灌溉、施肥和推广秸秆覆盖技术提供理论依据。

### 1 试验材料与方 法

试验在西北农林科技大学第一试验站进行,供试土壤为红油土,土壤有机质含量为13.6g/kg,全N 0.94g/kg,矿质氮21.2mg/kg,速效磷13.6mg/kg,速效钾138.0mg/kg,土壤pH值7.82。试验设灌溉、施肥和秸秆覆盖3个因子,每因子设2个水平,分别为补充灌水40mm(I)和未灌水(I<sub>0</sub>),施N150kg/hm<sup>2</sup>(N)和未施N(N<sub>0</sub>),覆盖秸秆4500kg/hm<sup>2</sup>(M)和未覆盖秸秆(M<sub>0</sub>),完全随机组合共8个处理,即I<sub>0</sub>N<sub>0</sub>M<sub>0</sub>(I)、I<sub>0</sub>N<sub>0</sub>M(II)、I<sub>0</sub>N<sub>0</sub>M<sub>0</sub>(III)、I<sub>0</sub>N<sub>0</sub>M(IV)、INM<sub>0</sub>(V)、INM(VI)、I<sub>0</sub>NM<sub>0</sub>(VII)和I<sub>0</sub>NM(VIII),重复4次,小区面积2m×3m。所有小区底肥均施P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>225kg/hm<sup>2</sup>,P肥和N肥播种时1次性施入。供试小麦品种为“小偃22”。采用点播方式,播种日期为2000年10月22日,行距20cm。分别于3月29日和5月10日灌溉,每次灌水量20mm,小麦出苗60d后覆盖秸秆。于小麦生长76d、151d、172d、188d、209d和228d(即越冬期、返青期、拔节期、抽穗期、灌浆期和成熟期)时分别测定0~40cm土层根系及地上部生物量,收获后分别测定各处理产量、生物学产量、千粒重、穗粒数和单位面积穗数,4次重复均取其平均值。

\* 国家自然科学基金项目(49890330、30070429)和国家重点基础研究(973)发展规划项目(G1999011707)共同资助

\*\* 通讯作者

收稿日期:2002-11-18 改回日期:2002-12-27

## 2 结果与分析

### 2.1 水分胁迫、N 素营养与秸秆覆盖对冬小麦根系生长的影响

表 1 表明冬小麦播种~抽穗期根系不断伸长,根系总干物质质量不断增大,冬前各田块水分处理相同,此时秸秆覆盖和施 N 引起的根系干物质质量变化差异较小,拔节期前后施用 N 肥处理(处理 V~Ⅷ)根系生长达到高峰,日增长速率分别为 44.41kg/hm<sup>2</sup>、61.25kg/hm<sup>2</sup>、25.86kg/hm<sup>2</sup> 和 31.84kg/hm<sup>2</sup>,相对增长量也达一峰值;而未施 N 肥的 II 和 IV 处理至抽穗期生长才达最高峰值。秸秆覆盖与未覆盖处理相比,未施 N 的秸秆覆盖使冬小麦根系生长高峰期后移,表明秸秆覆盖抑制冬小麦前期根系发育;而施用 N 肥的秸秆覆盖促进冬小麦根系发育使其短期内迅速增加,有利于根系对水分和养分的吸收。抽穗期补充灌水 I、II、V 和 VI 处理冬小麦根系生物量分别为 2066.89kg/hm<sup>2</sup>、1910.83kg/hm<sup>2</sup>、2306.88kg/hm<sup>2</sup> 和 2454.32kg/hm<sup>2</sup>,灌浆期根系生物量有所下降或根系停止生长,该期间补充灌水后根系生长有所恢复,而未灌水处理根系生物量生长期间均呈平稳上升趋势。试验表明灌水与施 N 处理明显促进冬小麦灌浆期前的根系生长,播种后 151~172d 内处理 V 和 VI 根系日增长速率分别达 44.41kg/hm<sup>2</sup> 和 61.25kg/hm<sup>2</sup>,整个生育期处理 VI 根系生物量明显高于其他处理,表明水肥耦合和秸秆覆盖具有明显协同作用。

表 1 不同处理冬小麦根系日增长速率与根系生物量变化\*

Tab.1 Dynamic changes of winter wheat roots in different treatments during growth periods

| 播种后天数/d<br>Days after sowing | 项 目<br>Items              | 处理 Treatments |         |         |         |         |         |         |         |
|------------------------------|---------------------------|---------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                              |                           | I             | II      | III     | IV      | V       | VI      | VII     | VIII    |
| 76                           | 日增长速率/kg·hm <sup>-2</sup> | 7.07          | 6.32    | 7.07    | 6.32    | 6.03    | 7.97    | 6.23    | 7.97    |
|                              | 根系生物量/kg·hm <sup>-2</sup> | 600.62        | 536.87  | 600.62  | 536.87  | 529.17  | 677.61  | 529.17  | 677.61  |
|                              | 相对增长量/%                   | 24.56         | 26.16   | 26.15   | 23.13   | 23.04   | 28.19   | 22.64   | 30.08   |
| 151                          | 日增长速率/kg·hm <sup>-2</sup> | 2.21          | 2.49    | 3.89    | 3.33    | 4.88    | 2.91    | 3.21    | 1.49    |
|                              | 根系生物量/kg·hm <sup>-2</sup> | 867.52        | 837.86  | 1071.34 | 939.92  | 1120.14 | 1029.33 | 917.66  | 858.13  |
|                              | 相对增长量/%                   | 10.91         | 14.67   | 20.50   | 17.37   | 25.74   | 14.63   | 16.62   | 8.01    |
| 172                          | 日增长速率/kg·hm <sup>-2</sup> | 47.29         | 23.84   | 17.73   | 10.26   | 44.41   | 61.25   | 25.86   | 31.84   |
|                              | 根系生物量/kg·hm <sup>-2</sup> | 1671.50       | 1243.12 | 1372.71 | 1114.36 | 1875.19 | 2070.53 | 1357.35 | 1399.47 |
|                              | 相对增长量/%                   | 32.88         | 19.75   | 13.12   | 7.52    | 32.88   | 43.32   | 18.82   | 24.03   |
| 188                          | 日增长速率/kg·hm <sup>-2</sup> | 26.36         | 44.51   | 11.87   | 38.22   | 28.78   | 25.59   | 25.70   | 13.34   |
|                              | 根系生物量/kg·hm <sup>-2</sup> | 2066.89       | 1910.83 | 1550.70 | 1687.59 | 2306.88 | 2454.32 | 1742.78 | 1599.63 |
|                              | 相对增长量/%                   | 16.17         | 32.54   | 7.75    | 24.70   | 18.80   | 15.97   | 16.49   | 8.89    |
| 209                          | 日增长速率/kg·hm <sup>-2</sup> | 0.77          | -0.18   | 10.42   | 15.99   | -6.41   | -8.01   | 5.48    | 11.90   |
|                              | 根系生物量/kg·hm <sup>-2</sup> | 2086.21       | 1906.22 | 1811.19 | 2087.36 | 2146.53 | 2253.96 | 1879.83 | 1897.00 |
|                              | 相对增长量/%                   | 0.79          | -0.22   | 11.34   | 17.22   | -6.98   | -8.34   | 5.86    | 13.20   |
| 228                          | 日增长速率/kg·hm <sup>-2</sup> | 21.30         | 8.57    | 28.55   | 13.74   | 8.81    | 8.80    | 26.89   | 20.92   |
|                              | 根系生物量/kg·hm <sup>-2</sup> | 2445.44       | 2051.88 | 2296.61 | 2320.92 | 2296.26 | 2403.63 | 2336.90 | 2252.62 |
|                              | 相对增长量/%                   | 14.69         | 7.10    | 21.14   | 10.06   | 6.52    | 6.23    | 19.56   | 15.79   |

\* 日增长速率=阶段生长量/生长天数,相对增长量=阶段增长量/总生长量。

### 2.2 水分胁迫、N 素营养与秸秆覆盖对冬小麦地上部生长的影响

由图 1 可知灌浆期前各处理地上部干物质质量均随生育期的延长而增加,至灌浆期冬小麦地上部生物量达最大值,拔节期增幅最快,灌浆期后随冬小麦成熟而叶片干物质质量下降。与未灌水处理相比,补充灌水处

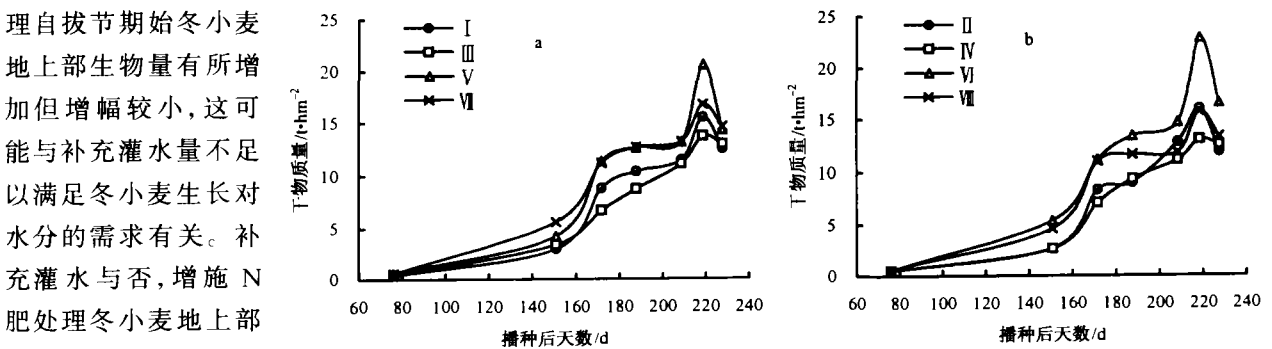


图 1 未覆盖(a)与秸秆覆盖(b)处理冬小麦地上部生长变化

Fig.1 Dynamic changes of winter wheat shoots in treatments without straw mulching (a) and with straw mulching (b)

理自拔节期始冬小麦地上部生物量有所增加但增幅较小,这可能与补充灌水量不足以满足冬小麦生长对水分的需求有关。补充灌水与否,增施 N 肥处理冬小麦地上部生物量前期均显著增加,后期则表现不明显。肥料供应充足时秸秆覆盖对冬小麦地

上部生长的影响与水分有关,土壤水分胁迫下秸秆覆盖效果不明显,此时施用N肥甚至出现负效应,其原因可能是秸秆覆盖处理蓄水、保墒作用是以土壤中存在一定水分为前提,且秸秆覆盖后土壤湿度增大,地温升高,为作物生长提供良好条件的同时,也为某些病虫害的发生提供适宜环境条件。水分供应较好时秸秆覆盖促进冬小麦地上部生物量的累积,其增产效应主要是通过改变下垫面生物小气候,提高作物水分利用效率<sup>6</sup>而实现。

### 2.3 水分胁迫、N素营养与秸秆覆盖对冬小麦产量及构成因素的影响

由表2可知单一灌水或秸秆覆盖对提高冬小麦产量影响较小,水肥具有明显交互作用,即改善水肥对提高冬小麦产量效果显著,且施肥效果大于灌水效果。与未施N肥处理相比,施N肥处理明显提高冬小麦产

表2 不同处理冬小麦产量及构成因素的变化

Tab.2 The yield and its characters of winter wheat of various treatments

| 处 理<br>Treatments | 籽粒产量/kg·hm <sup>-2</sup><br>Grain yield | 生物学产量/kg·hm <sup>-2</sup><br>Biomass yield | 千粒重/g<br>1000-grain<br>weight | 穗粒数/个<br>Number of<br>grain | 穗数/万个·hm <sup>-2</sup><br>Number of<br>spike |
|-------------------|---|--|-------------------------------|-----------------------------|--|
| I                 | 4843.92c                                | 11088.12d                                  | 44.2a                         | 35.7ab                      | 69abc  |
| II                | 4655.07c                                | 10807.75d                                  | 44.8a                         | 26.7de                      | 52c  |
| III               | 4834.90c                                | 9351.90d                                   | 44.4a                         | 32.5bc                      | 71ab   |
| IV                | 4810.79c                                | 11102.61d                                  | 45.2a                         | 30.8cd                      | 62bc   |
| V                 | 5563.81ab                               | 17792.27a                                  | 44.4a                         | 27.2de                      | 80a  |
| VI                | 5755.99a                                | 15810.74b                                  | 43.7a                         | 38.7a                       | 83a  |
| VII               | 5085.00bc                               | 13027.43c                                  | 45.1a                         | 27.2e                       | 73ab   |
| VIII              | 5156.37abc                              | 13141.82c                                  | 44.1a                         | 32.0bc                      | 65abc  |

量。未施N肥下补充灌溉或秸秆覆盖或二者配施对冬小麦产量形成均无显著作用,而施N肥时补充灌溉或秸秆覆盖的增产作用明显,其中三者配施处理冬小麦产量最高。水分条件充足与否,施N肥和

秸秆覆盖均表现出一定的协同效应,但均未达显著水平。水肥耦合和秸秆覆盖能显著提高冬小麦穗粒数和穗数,但对千粒重的影响各处理间差异未达显著水平。

### 3 小结与讨论

水、肥和秸秆覆盖3因子对冬小麦生长发育的产量效应以N肥增产效果较明显,单施秸秆覆盖几乎无效甚至出现副作用。水肥耦合和秸秆覆盖配合施用可促进冬小麦生长发育并提高其产量。施用N肥的秸秆覆盖促进冬小麦根系发育和地上部生物量的累积。肥料供应充足时秸秆覆盖对冬小麦地上部生长的影响与水分状况有关,土壤水分胁迫下秸秆覆盖对地上部生长效果不明显,此时施用N肥甚至出现副效应。水分充足与否,施用N肥和秸秆覆盖均对冬小麦产量形成有一定协同效应,各处理相比处理VI冬小麦产量最高,故采取合理的灌水、施肥和秸秆覆盖等措施可有效调控旱地土壤水肥供应状况,实现水肥高效耦合,促进冬小麦增产。

### 参 考 文 献

- 汪德水. 旱地农田肥水协同效应与耦合模式. 北京:气象出版社,1999. 50~115
- 穆兴民. 水肥耦合效应与协同管理. 北京:中国林业出版社,1999
- 金 柯. 水肥耦合效应研究II. 不同氮、磷、水配合对旱地冬小麦产量的影响. 植物营养与肥料学报,1999,5(1):8~13
- 刘恩才. 玉米根茬、秸秆还田的增产效应. 土壤通报,1998,29(1):11~13
- 袁家富. 麦田秸秆覆盖效应及增产作用. 生态农业研究,1996,4(3):61~65
- 赵聚宝,李克煌. 干旱与农业. 北京:中国农业出版社,1995. 162~273