

不同生态型春小麦对不同生境适应性的比较研究

贾桂英 江德亨 韩发

(中国科学院西北高原生物研究所)

小麦是一种对光周期和温周期现象比较敏感的植物。在不同栽培地区,不同生态型品种对生育地区环境条件的反应与该品种原产地的生态环境密切相关。鉴于因纬度、海拔的不同而在气象条件方面出现的差异主要表现在温度、日射及日长诸方面,因而植物在不同地区对环境条件的反应也主要表现在对不同的光照和温度的适应性方面(Larcher, 1975)。

本文分析了五个不同生态型春小麦品种在海南岛、西宁、柴达木等地区的生长发育。测定了干物质累积、光合作用及根系的氧化活力等,以探讨不同类型品种对环境条件的适应性。

气候条件与材料

试验于1980—1981年分别在海南岛崖县、西宁地区和柴达木盆地灌区香日德农场的田间小区进行。海南岛于11月中旬播种;西宁和柴达木3月下旬播种。种植密度10万/公顷。

表1 春小麦生育期内三个地区气象条件

Table 1 Climatic condition in three regions during growing season of spring wheat

| 地区 regions | 北纬 N. Lat | 海拔 (米) El. (m) | 日气温 (°C) daily air temperature | | | 生育期内积温 (°C) Accumulation of temperature (°C) | 日照时数 (小时) sunshine time (hour/day) |
|-------------------|--------------|----------------------|-----------------------------------|-----------|------------|--|--|
| | | | 最高 max | 最低 min | 平均 mean | | |
| 海南岛 Hainan Dao | 18°14' | 5.5 | 30.5 | 11.0 | 22.8 | 2187.4 | 6.7 |
| 西宁 Xining | 36°35' | 2261.2 | 31.0 | -0.4 | 14.7 | 2005.0 | 7.8 |
| 柴达木 Qaidam | 36°02' | 2905.4 | 29.0 | -0.7 | 12.1 | 1852.0 | 8.6 |

三个地区气象条件差异很大(表1),海南岛崖县属高温短日照的亚热带气候;青海高原属低温长日照类型;而地处柴达木盆地的香日德农场则属高原盆地的特殊气候,日辐射强、气温较低、日照时间长、昼夜温差大。

供试小麦品种有阿勃、墨他、晋 3269、高原 506 和高原 338。这五个品种分别来自气候条件不同的地区,品种本身的生态特性亦各异。其中晋 3269 引自福建晋江地区;墨他为墨西哥春麦品种;高原 506 为适于青海东部农业区黄河流域的栽培品种;高原 338 在柴达木盆地灌区育成的品种。五个品种均是目前青海省小麦生产的栽培品种。

在生育期内,对上述品种观测记载了不同的物候阶段及每一阶段的干物质累积、绿叶面积。并于盛花期后第六天开始测定籽粒灌浆过程及持续期;用上海植物生理研究所 1960 年“大田光合作用测定法”和“半叶法”测定光合作用强度;用 α -萘胺法测定根的氧化活力。

结果分析

1. 生育特性

从试验资料中看出,不同地区小麦生育期的长短表现了极为显著的差异。五个品种的生育期都随着海拔和纬度的升高而延长,香日德地区比崖县平均成熟期推迟 50 天左右(表 2)。在高原地区,植株发育各阶段的延长以籽粒灌浆期最明显,其次是拔节至抽穗

表 2 不同春小麦通过不同生育阶段的时间(天)

Table 2 The time of various growth phases in different ecotypes of spring wheat (day)

| 品种 Varieties | 地区 Regions | 播种一出苗 Sowing-seeding | 出苗一拔节 Seeding-elongation | 拔节一抽穗 Elongation-earing | 抽穗一开花 Earing-flowering | 开花一成熟 flowering-full-ripe | 全生育期(天) Total |
|-----------------------|-------------------|-------------------------|-----------------------------|----------------------------|---------------------------|------------------------------|------------------|
| 阿勃 Abbondanza | 海南岛 Hainan Dao | 6 | 38 | 15 | 9 | 38 | 106 |
| | 西宁 Xining | 16 | 44 | 29 | 8 | 44 | 141 |
| | 柴达木 Qaidam | 25 | 45 | 26 | 10 | 52 | 158 |
| 高原 506 Plateau 506 | 海南岛 Hainan Dao | 4 | 37 | 14 | 5 | 44 | 102 |
| | 西宁 Xining | 15 | 41 | 25 | 7 | 47 | 135 |
| | 柴达木 Qaidam | 25 | 36 | 27 | 9 | 54 | 151 |
| 高原 338 Plateau 338 | 海南岛 Hainan Dao | 5 | 30 | 15 | 5 | 40 | 95 |
| | 西宁 Xining | 16 | 37 | 26 | 8 | 47 | 134 |
| | 柴达木 Qaidam | 25 | 33 | 30 | 11 | 53 | 152 |
| 晋 3269 Jin 3269 | 海南岛 Hainan Dao | 4 | 28 | 21 | 4 | 40 | 97 |
| | 西宁 Xining | 16 | 42 | 27 | 4 | 46 | 135 |
| | 柴达木 Qaidam | 25 | 36 | 27 | 9 | 59 | 156 |
| 墨他 Tanori | 海南岛 Hainan Dao | 4 | 21 | 15 | 6 | 39 | 85 |
| | 西宁 Xining | 14 | 37 | 23 | 11 | 43 | 128 |
| | 柴达木 Qaidam | 25 | 36 | 21 | 13 | 52 | 147 |

期。虽然长日照利于小麦植株较快地通过光照阶段,提早拔节,但因高原地区气温较低,光、温综合作用的结果,使得出苗至拔节,拔节至抽穗两个生育阶段均较低海拔、低纬度地区延长。

生育期的长短虽然为外界气候条件所影响,但也与该品种原产地的生态环境有密切关系。如墨他和晋 3269 均来自北回归线附近的亚热带地区,属于适应温暖气候条件的生态型;而高原 338 和高原 506 则属于适应凉冷气候的生态型。当适应凉冷气候生态型的品种在较温暖的海南岛崖县种植时,拔节至抽穗期的缩短程度较其它品种显著得多;反之,当把适应温暖地区的生态型品种晋 3269 种植在柴达木盆地香日德农场时,其分蘖期的结束却比当地品种来得更加缓慢。这种特性主要与不同生态型品种对光周期和温周期现象的反应不同所致。从小麦的生育期与日照时数的依赖关系来看,高原的长日照应加

表 3 小麦灌浆期持续时间对籽粒重量的影响

Table 3 Effect of duration of grain filling on kernel weight

| 品种 Varieties | 地区 Regions | 灌浆期 Duration of grain filling | | | 千粒重(克) Weight (g)/ 1000kernel | 产量 (斤/亩) Yield (jin/mu) |
|-----------------------|-------------------|----------------------------------|---------------------------|---|-------------------------------------|----------------------------------|
| | | 日平均气温(°C) Daily air tem.(°C) | 持续时间(天) Duration (day) | 籽粒日均增重(克)* Increased Wt. (g/1000kernel·day) | | |
| 阿勃 Abbondanza | 海南岛 Hainan Dao | 22.0 | 38 | 1.52(2.05) | 33.3 | 313.3 |
| | 西宁 Xining | 18.1 | 44 | 1.27(1.53) | 41.0 | 800.0 |
| | 柴达木 Qaidam | 14.0 | 52 | 1.08(1.32) | 53.1 | 1168.0 |
| 高原 338 Plateau 338 | 海南岛 Hainan Dao | 22.0 | 40 | 1.62(2.27) | 43.0 | 460.0 |
| | 西宁 Xining | 18.1 | 47 | 1.28(1.63) | 50.5 | 1053.3 |
| | 柴达木 Qaidam | 15.2 | 53 | 1.36(1.67) | 65.9 | 1812.7 |
| 高原 506 Plateau 506 | 海南岛 Hainan Dao | 22.0 | 42 | 1.28(1.78) | 33.4 | 286.7 |
| | 西宁 Xining | 18.1 | 47 | 1.07(1.30) | 36.5 | 920.0 |
| | 柴达木 Qaidam | 15.2 | 53 | 1.03(1.42) | 34.2 | 1364.0 |
| 晋 3269 Jin 3269 | 海南岛 Hainan Dao | 22.0 | 40 | 1.39(1.83) | 37.8 | 720.0 |
| | 西宁 Xining | 18.1 | 46 | 1.27(1.53) | 40.5 | 753.3 |
| | 柴达木 Qaidam | 15.2 | 59 | 1.19(1.45) | 55.8 | 1296.7 |
| 墨他 Tanori | 海南岛 Hainan Dao | 21.3 | 39 | 1.34(1.78) | 34.4 | 513.3 |
| | 西宁 Xining | 18.4 | 43 | 1.14(1.50) | 37.0 | 920.0 |
| | 柴达木 Qaidam | 16.0 | 52 | 1.04(1.13) | 45.4 | 1764.0 |

* 括号内数据为盛花后 13—28 天千粒重日均增长量。

Data in brackets are daily increased weight of 1000 kernel from 13 days to 28 days after flowering.

速幼穗分化过程,但这种效应又部分地被因低温而延缓了的个体发育过程所抵消,因而高原地区的总小穗数和小花数与较温暖的低海拔地区相比无明显差别。

2. 灌浆过程

粒重是小麦产量构成因素之一,而灌浆期的长短和灌浆速率则是影响籽粒重量的决定因素(黄庆榴等,1962;张晓龙,1982;Sofield等,1977;Wiegand and Cuellar,1981)。

作者于1980—1981年在上述三个地区进行了小麦灌浆过程的测定。结果表明,五个品种在三个地区灌浆过程的总趋势相似,均呈S曲线,这与其它研究者的报道一致(夏镇澳等,1963;C. L. Wiegand,1981)。三个地区相比较,以柴达木盆地灌区灌浆持续时间最长,达50多天;西宁地区40天左右;海南岛仅为30多天(表3)。

一般灌浆期平均气温每升高 1°C ,成熟期平均缩短2.6天。灌浆期持续时间的长短与该时期的平均气温呈极显著负相关($r = -0.912$);而持续时间又与粒重之间呈显著正相关($r = 0.796$)。一般灌浆期平均每延长一天,千粒重平均增加1.37克。分析三个地区的灌浆速率,有随气温升高而增加的趋势,五个品种的灌浆速率均以在海南岛最快,其相对灌浆速率高(图1)。如阿勃在海南岛每千粒日增重为1.52克,盛花后13—28

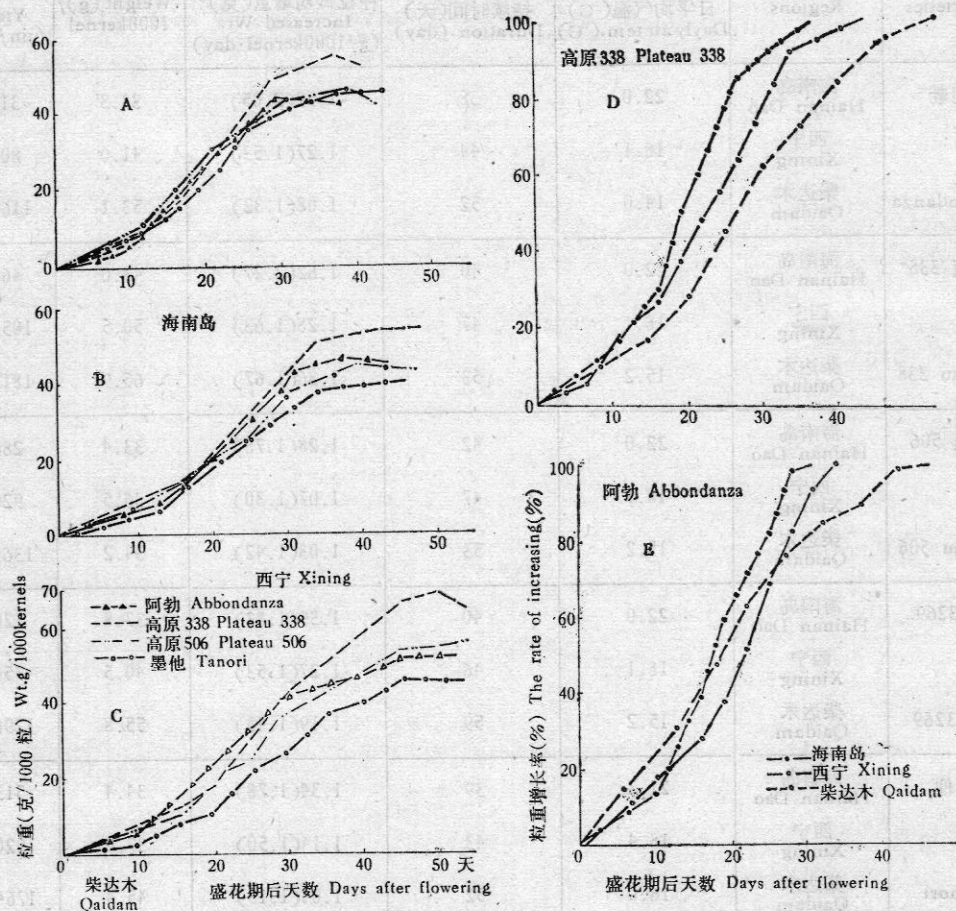


图1 春小麦在灌浆期籽粒重量的变化

Fig. 1 The change of kernel weight of spring wheat during grain filling

天内平均千粒日增重 2.05 克；而该品种在柴达木日增重分别 1.08 克和 1.32 克。这种在温暖地区因具有较高灌浆强度对粒重的贡献却因灌浆期的缩短而被减小了，千粒重仍较高原地区低；但在同一地区不同品种间灌浆强度的大小对粒重的影响却是显而易见的，灌浆速率高者千粒重亦高，五个品种中以高原 338 居于首位。不同地区间春小麦千粒重之所以相差悬殊，主要是由于温度不同而导致灌浆持续时间上的差异所致；在同一地区不同品种间千粒重的不同则与灌浆强度的差别密切相关。前者主要为生育地区的环境条件所影响，后者主要为品种本身的遗传特性所支配。

当然，影响籽粒增重的因素是多方面的，高原地区的日辐射强，光合作用的光饱和点高叶功能期长、呼吸消耗低等都为制造较多的有机物运往籽粒奠定了基础（金焱鑫等，1980）。

3. 干物质累积

小麦的干物质生产是经济产量的重要基础。一般干物质累积总量多，经济产量也高。因此小麦一生中光合产物累积量的变化动态可以作为衡量小麦生长发育状况及经济产量

表 4 春小麦在不同生育期内单株干物重 (克)

Table 4 Dry matter of single indiv of spring wheat in various growth stages (g)

| 品种 Varieties | 地区 Regions | 分蘖期 Tillering | 拔节期 Elongation | 乳熟期 Milk-ripe | 成熟期 Full-ripe |
|-----------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|------------------|
| 阿勃 Abbondanza | 海南岛 Hainan Dao | 0.21 | 1.64 | 4.94 | 4.81 |
| | 西宁 Xining | 0.21 | 4.65 | 5.78 | 7.64 |
| | 柴达木 Qaidam | 0.22 | 8.48 | 9.85 | 15.51 |
| 高原 338 Plateau 338 | 海南岛 Hainan Dao | 0.24 | 1.73 | 4.56 | 3.98 |
| | 西宁 Xining | 0.23 | 2.90 | 7.62 | 7.05 |
| | 柴达木 Qaidam | 0.28 | 9.62 | 11.48 | 15.70 |
| 高原 506 Plateau 506 | 海南岛 Hainan Dao | 0.24 | 1.64 | 4.31 | 3.49 |
| | 西宁 Xining | 0.21 | 3.55 | 7.63 | 6.18 |
| | 柴达木 Qaidam | 0.21 | 11.66 | 13.33 | 14.37 |
| 晋 3269 Jin 3269 | 海南岛 Hainan Dao | 0.22 | 1.61 | 4.24 | 7.80 |
| | 西宁 Xining | 0.24 | 3.37 | 7.35 | 6.76 |
| | 柴达木 Qaidam | 0.15 | 8.89 | 9.52 | 12.66 |
| 墨他 Tanori | 海南岛 Hainan Dao | 0.35 | 1.14 | 3.37 | 5.82 |
| | 西宁 Xining | 0.20 | 2.66 | 4.03 | 5.82 |
| | 柴达木 Qaidam | 0.23 | 9.40 | 11.58 | 16.79 |

高低的标志之一。

三个地区五个品种干物质累积的总趋势与其他研究者报道一致，此不赘述。但地区间或同一地区的不同品种间的差异却非常明显(表 4)。

在生育的初期阶段，即出苗至拔节初期以海南岛生长较快，但到拔节中期以后，高原地区的干物质累积却陡然增加，待到拔节末期相当于海南岛 2—4 倍，乳熟期单株干物重仍在不断增长直到成熟。在海南岛各生态型品种表现不一致，适应温暖条件的品种墨他和晋 3269，成熟时干物重达最大值；而适应高原气候的品种高原 338 等乳熟后期干物质反而有所下降。

再从三个地区的生物产量和经济产量来看，以柴达木香日德地区最高(图 1-D)，如高原 338 生物产量每亩高达 3200 斤，籽粒产量每亩 1817.7 斤，相当崖县三倍多。不同品种的干物质积累量的差异与该品种的原产地及生态特性密切相关。在海南岛以温暖气候生态型晋 3269 最高；西宁地区则以阿勃和高原 506 领先；在柴达木灌区以高原 338 居于首位。

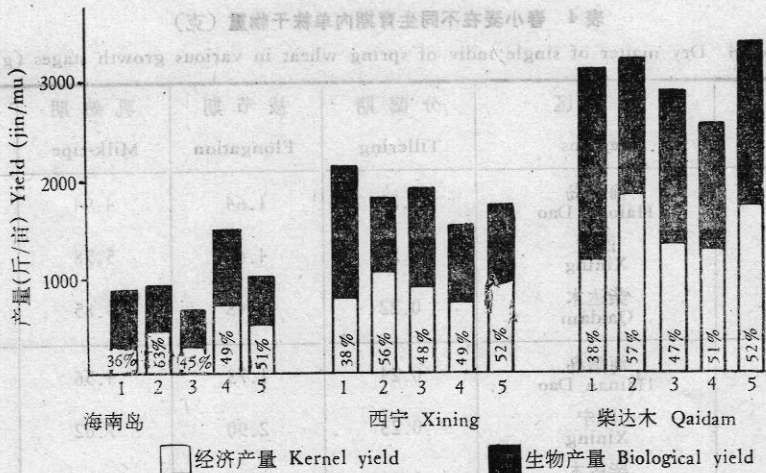


图 2 春小麦在三个地区的生物产量和籽粒产量

Fig. 2 Biological yield and kernel yield of spring wheat in three regions

每一品种的谷草比值是比较稳定的，由品种特性所决定，但随着海拔从低到高的变化略有增加。五个品种的经济系数从大到小的排列顺序是：高原 338-墨他-晋 3269-高原 506-阿勃。在不同地区其排列顺序不变(图 2)。每一品种的籽粒充实程度及谷草比值与该植株在灌浆中、后期积存在营养体中的同化产物重新分配状况和穗部对物质的要求有直接关系。如经济系数和千粒重均居于首位的高原 338 品种，在灌浆后期茎、叶和鞘内可溶性物质较多地运往籽粒，植株本身出现青干症状，籽粒重仍在不断增加。成熟时谷草比达 1.33，千粒重为 65.9 克；而另一类型品种阿勃谷草比仅为 0.61 千粒重 53.1 克。

4. 光合速率及根系氧化活力

通过对海南岛、西宁和柴达木三个地区小麦光合速率的测定，结果表明除了高原地区具有较高的光合强度外，在小麦生育内光合速率高峰期的出现也不尽相同(表 5)。以海

南岛和柴达木灌区为例,在抽穗期前,两地小麦叶片光合强度差异不大,海南岛略高于柴达木,但在抽穗期之后,在海南岛叶片光合强度却迅速下降,到灌浆期已经很低,光合速率高峰期出现在抽穗期;而柴达木地区的香日德农场于抽穗期后叶片光合强度仍持续上升,灌浆后期达最大值。这主要因为该地区在整个小麦灌浆期内温度适宜,无致害高温出现,叶功能期长。另外,试验中还看出,不同品种的光合作用强度与该品种的原生地也有一定联系。如墨他品种在海南栽培时,光合作用强度较其它品种高,来自高原地区的品种光合强度较低,而在柴达木地区则以当地品种高原 338 最高。

表 5 在不同生育期内春小麦叶片的光合速率 (单位: CO_2 毫克/分米²·小时)

Table 5 Photosynthesis of leaves of spring wheat in various growth phases ($\text{CO}_2\text{mg}/\text{dm}^2 \cdot \text{h}$)

| 品 种 Varieties | 地 区 Regions | 生 育 期 growth phase | | | | |
|-----------------------|-------------------|-----------------------|---------------|---------------------------|----------------------|------------------|
| | | 拔节期 Elongation | 抽穗期 Earing | 灌浆初期 early- filling | 灌浆后期 Late-filling | 乳熟期 Milk-ripe |
| 高原 506 Plateau 506 | 柴达木 Qaidam | 13.56 | 30.07 | 52.84 | 62.50 | 15.34 |
| | 海南岛 Hainan Dao | 13.84 | 29.06 | 6.90 | — | — |
| 高原 338 Plateau 338 | 柴达木 Qaidam | — | 27.06 | 43.52 | 47.50 | 10.38 |
| | 海南岛 Hainan Dao | 22.14 | 38.14 | 11.62 | — | — |

小麦的生长发育状况及产量形成与根系的发育及其氧化吸收活力有直接关系。试验表明适宜的低夜温有利于根系氧化吸收活力的提高。一些研究者指出,较低的温度对物质转移有利。我们在半人工控制条件下,将小麦自分蘖期开始分别置室外相同日温(日平均温度 17—19℃)和不同夜温(7—14℃; 13—15℃)条件下,结果处于较低夜温(7—14℃)根系氧化活力高,较高的温度促进了根系的衰老。由于适宜的低夜温利于有机物向根部运输,加强了根系的有氧呼吸和对养料的主动吸收。初步测定,柴达木灌区小麦在孕穗期根系氧化活力高于西宁地区。

小 结

(1) 春小麦的生育期随着海拔和纬度从低到高、气温从高到低的变化,生育期逐渐延长。不同生态型小麦的不同发育阶段对光、温的反应各异。其敏感程度与该品种原生地地区的气候条件有关。

(2) 不同地区小麦灌浆过程的差异极其显著。一般,气温每升高 1℃,灌浆期持续时间缩短 2.6 天,千粒重降低 3.4 克。灌浆期的平均气温与灌浆持续时间呈显著负相关 ($r = -0.912$),而灌浆过程的长短与千粒重呈显著正相关 ($r = 0.796$)。灌浆强度随温度的升高而加强,但对籽粒增重的效应却因温度升高使灌浆期缩短而被削弱了。在同一地区,一般灌浆强度大者千粒重高。

(3) 小麦一生中干物质积累量与生育地区的气候条件关系颇为密切。当生育地区的气候条件与原产地相似时,即能获得较高的生物产量和经济产量,否则反之。在高原盆地的柴达木灌区小麦的干物质积累量显著高于其他地区。小麦的谷草比值受品种特性支配,与品种本身在灌浆后期营养体内积存的可溶性物质再分配状况有关。

(4) 高原地区小麦的光合作用强度显著高于低海拔地区。在海南岛崖县小麦于孕穗期光合作用达最高峰,嗣后迅速下降;而柴达木灌区,灌浆末期光合作用达最大值。另外高原地区的适宜低夜温提高了根系氧化吸收活力,加强了根对养料的主动吸收。

参 考 文 献

- 张晓龙, 1982, 小麦籽粒灌浆研究. 作物学报, 8(2): 87—94.
- 金焱鑫、严进瑞、诺木洪农场农科所, 1980, 柴达木灌区春小麦高产与光、温、风、湿的关系. 春小麦丰产规律研究论文集, 45—64. 青海人民出版社.
- 黄庆榴、叶宣贞、江化、朱业端、林自是, 1962, 小麦籽粒灌浆过程的研究. 小麦丰产研究论文集, 150—165. 上海科学技术出版社.
- 夏镇澳、宛新杉、王辅德, 1963, 温度对小麦籽粒形成过程中生理变化的影响. 植物学报, 11(4): 338—349.
- Larcher, W., 1975, *Physiological Plant Ecology*, 199—230.
- Sofield, I., I. T. Evans, M. G. Cook, and I. F. Wardlaw, 1977, Factors influencing the rate and duration of grain filling in wheat. *Aust. J. Plant Physiol.* 4: 785—797.
- Tranquillini, W. 1964, The Physiology of plants at high altitudes. *Annual Review of plant Physiology*, 345—362.
- Wiegand, C. L., and J. A. Cuellar, 1981, Duration of grain filling and kernel weight of wheat as affected by temperature. *Crop Science*. 21: 95—101.

附 录

附录一 小麦产量与生育地区的气候条件关系

附录二 小麦谷草比值与品种特性关系

附录三 小麦光合作用强度与生育地区气候条件关系

附录四 小麦根系氧化吸收活力与生育地区气候条件关系

COMPARATIVE STUDIES ON THE ADAPTABILITY OF SPRING WHEAT OF VARIOUS ECOTYPES TO DIFFERENT HABITATS

Ben Guiying Jiang Deheng Han Fa

(Northwest Plateau Institute of Biology, Academia Sinica)

Five varieties of spring wheat were planted in different regions Hainan Island (18°14' N. Lat., El. 5.5 m), Xining (36°35' N. Lat., El. 2261.2 m) and Qaidam (36°02' N. Lat., El. 2905.4 m). Plant phenological periods were observed, grain filling and dry material accumulation were determined.

The results showed that the duration of life cycle of plant was lengthened markedly when the ecotypes adapted to warm conditions were introduced to Qinghai plateau. On the contrary, when cool-climate-ecotypes were introduced to a warmer region, they became premature and ended their growth and development period quite earlier.

The date also indicated that 1°C rising of mean daily air temperature will shorten, the duration of grain filling by 2.6 days, and decrease the dry weight of 1000 kernel by 3.4 grams. The dry weight of kernel was significantly correlated with the duration of grain filling ($r=0.796$), whereas the duration of grain filling was negatively correlated ($r=-0.925$) with the temperature. Although the grain filling rates were higher in warmer regions than that on plateau, the duration of grain filling was shortened, the grain yield was still decreased.

On plateau, the green plants were possessed of stronger ability of assimilation, the dry organic material and the yields of kernel were approximately three times as much as that in lowerlying places, and the roots have higher oxidation activity.