

冬小麦有机生产与植体覆盖技术的研究

李志芳

(中国农业大学农学与生物技术学院, 北京 100094)

摘要:以冬小麦 (*Triticum aestivum* L.) 有机生产为例, 研究了有机农业不同方式氮素供应的能力差异, 对比了植体覆盖 (S1) 和施用有机肥 (S2) 两个生产系统。结果表明, 前者在小麦抽穗前的生长量和植株体内的 NPK 含量明显低于后者。此后, 植体覆盖系统冬小麦生长和 NPK 吸收都有一个明显的飞跃。最后, 植体覆盖小麦单产和麦粒含氮量均与施用有机肥的小麦接近。这一变化趋势与土壤可溶性氮素含量变化一致, 而且土壤可溶性氮素含量与植体覆盖作物的生长量一致。

关键词: 冬小麦; 有机农业; 植体覆盖; 氮素营养

中图分类号: S131 文献标识码: A 文章编号: 1672-2043(2003)06-0727-04

A Case Study on Living Mulch in Organic Winter Wheat Production

LI Zhi-fang

(College of Agronomy and Bio-Technique, China Agriculture University, Beijing 100094, China)

Abstract: This paper highlights a trial work on comparing of two procedures of nitrogen management in organic winter wheat production: one is living mulch system (S1), another is organic fertilization (S2). It has been discovered that both of NPK contents in wheat plant tissue and wheat biomass for the former were lower than that for the later before heading. Afterwards, wheat plant in the living mulch system had a rapid growth and with significantly NPK absorption. Finally, the yields of wheat and nitrogen contents exhibited little variation for both S1 and S2. This wheat plant-growing tendency was consistent with soil soluble nitrogen availability. Soil available nitrogen content in S1 was in accordance with the living mulch plant biomass accumulation.

Keywords: winter wheat; organic agriculture; living mulch; nitrogen availability

由于有机农业禁止使用人工合成氮肥, 生物固氮成为有机农业氮素营养供应研究的主要课题之一。尽管生物固氮的经济价值随不同生产条件存在差异, 但是, 在一般的农作物生产系统中, 仍具巨大的利用空间, 如作为短期轮作作物或间作作物等^[1]。

植体覆盖是在农作物系统中引入豆科植物的一个实例。它指豆科作物作为间作作物种植在其他农作物的行间, 为农作物提供氮素营养、土壤覆盖和杂草抑制等作用^[2]。关于地三叶草 (*Trifolium subterranean* L.) 作为植体覆盖材料, 应用于冬小麦生产、葡萄栽培和蔬菜生产等, 已经有相当的研究规模, 特别在意大利中部的冬小麦生产上, 这一技术的应用相当成功^[3]。本试验是在意大利南部一个冬小麦有机生产的

农场中进行的。主要目的在于比较植体覆盖和施用有机肥两个处理对作物氮素营养的影响。

1 材料与方法

1.1 供试农场的农业生产条件

试验田处于意大利南部哥拉维纳镇的一个有机农场。山坡坡度为 10% ~ 12%。土壤为沙质壤土。试验开始时, 土壤速效磷 P_2O_5 含量为 11 ~ 12 $mg \cdot kg^{-1}$, 速效钾 K_2O 含量为 329 ~ 449 $mg \cdot kg^{-1}$, 可溶性氮素含量为 40 ~ 50 $kg \cdot hm^{-2}$, 电导率为 0.164 $dS \cdot ms^{-1}$, 有机质含量为 1.7%。试验区具典型的地中海气候, 冬小麦播种期为 11 月, 雨养农业。在本试验中, 由于适播期内没有足够的降雨, 播种推迟到了 2002 年 1 月初。整个生育期的降雨量为 193 mm, 月平均温度从 2001 年 12 月至 2002 年 6 月, 分别为 3.7 $^{\circ}C$, 3.9 $^{\circ}C$, 8.8 $^{\circ}C$, 9.9 $^{\circ}C$, 10.7 $^{\circ}C$, 15.9 $^{\circ}C$, 18.3 $^{\circ}C$ 。

作物系统为冬小麦 (*Triticum aestivum* L.) 和油菜

收稿日期: 2002-12-24

作者简介: 李志芳 (1968—), 女, 讲师, 意大利地中海农学院有机农业硕士, 主要从事有机农业田间氮素供应研究。

E-mail: zhifangli7@hotmail.com

(*Brassica napus* L)两年轮作。

1.2 对比试验

试验处理为冬小麦的植体覆盖(S1)和冬小麦单作并施有机肥(S2)。两个处理分别处于相邻的地块,S1为7.4 hm²,S2为4 hm²。冬小麦的品种均为Ciccio,用种量为200 kg·hm²;Subclover的品种为Goulburn,引于澳大利亚,用种量为20 kg·hm²;有机肥为皮革工业废料,含氮量为11%,施用量40 kg·hm²,条施于小麦根际。试验目的是比较这两个处理的小麦单产和生物产量、监测氮素营养、土壤供氮能力、地三叶草生物产量、杂草生物产量等。

1.3 田间取样

为了减少由土壤或田间小气候造成的误差,采用随机取样法,每个处理取样15个,*t*(0.05)统计分析估算差异。取样时间从2002年2月18日(苗期)至2002年6月18日(收获前3 d),每3周左右取样一次。

1.4 实验室分析

植物体全氮和土壤可溶性氮素的定量分析,采用凯氏定氮法;植株全磷含量和土壤可溶性磷含量测定采用SnCl₂显色、120分光光度计比色法;植株全钾含量和土壤可溶性钾含量的测定,采用火焰光度计。

2 结果与讨论

2.1 系统生物产量与氮素积累

尽管两个系统的组成是不同的,S1为冬小麦+地三叶草+杂草,而S2为冬小麦+杂草,最后两个系统的总生物产量几乎没有差异,S1为7746 kg·hm⁻²,S2为7557 kg·hm⁻²。这一结果表现了生态系统各个组成部分相互影响、相互作用的关系。S1中冬小麦的生物产量占总生物产量的64.9%,杂草和地三叶草各占28.9%和6.2%;S2中冬小麦和杂草的生物产量各占68.0%和31.9%。尽管在4月中旬,处理S2做了一次机械除草,但由于此后杂草的迅速生长,到冬小麦收获时,S1与S2的杂草生物产量几乎一致(图1)。

系统内净初级生物产量吸收的氮素:S1为102.4 kg·hm⁻²,其中,冬小麦吸收60.0 kg·hm⁻²,杂草28.8 kg·hm⁻²,地三叶草13.6 kg·hm⁻²;S2为101.4 kg·hm⁻²,其中,冬小麦吸收69.0 kg·hm⁻²,杂草32.4 kg·hm⁻²。这里要说明的是,S1的氮素积累是通过系统自身进行的,包括土壤供氮和地三叶草对空气中氮素的固氮;S2的氮素积累则是来源于系统内土

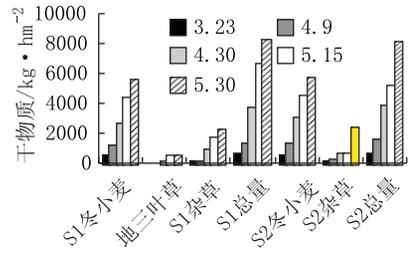


图1 主要生长期S1与S2的生物产量积累(2002年)

Figure 1 Accumulation of biomasses for S1 and S2 during major growth period of winter wheat in 2002

注:根据*t*统计分析($P=0.05$),S1与S2的生物产量值在以下几个取样时间显著不同:4月30日的冬小麦生物产量;3月23日、4月9日、4月30日、5月15日杂草生物产量;5月15日总生物产量。

壤供氮和系统外有机肥投入实现的。

2.2 冬小麦生物产量积累、单产和氮素吸收

图2给出了从播种(1月3日)到开始成熟(5月30日),冬小麦生物量生长过程。冬小麦生长前期S2的生长率明显高于S1,抽穗前S2平均生物生长量为45.9~86.4 kg·hm⁻²;同期,S1的生物生长率分别为35.8和69.9 kg干物质·hm⁻²·d⁻¹,明显低于S2。直到抽穗时(4月30日),S2的生物产量仍明显高于S1,前者为3100 kg·hm⁻²,后者为2635 kg·hm⁻²。有趣的是,此后的生长趋势正好相反。麦穗生长旺盛时期(4月30日到5月15日),S1的冬小麦日生长量为113.3 kg·hm⁻²,而S2仅为91.4 kg·hm⁻²。进入成熟期以后,两个系统内冬小麦的生长迅速减退,其生长量分别为46.3 kg干物质·hm⁻²·d⁻¹(S1)和45.2 kg干物质·hm⁻²·d⁻¹(S2)。这一结果与最后冬小麦的生物产量一致,S1为5029 kg·hm⁻²,S2为5149 kg·hm⁻²。冬小麦的谷物单产也没有明显差异,S1为2227 kg·hm⁻²、S2为2272 kg·hm⁻²(烘干重)。

抽穗前冬小麦的氮素积累也表现出S1大于S2的趋势(图3)。但到小麦成熟时,S1与S2小麦植株体内氮素积累没有统计学上的显著差异。

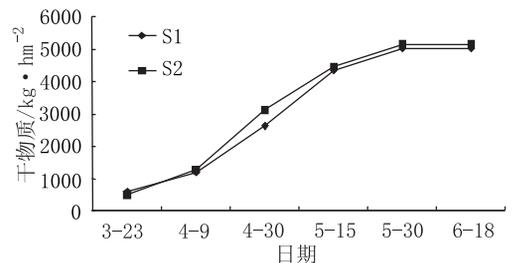


图2 冬小麦生物量生长(2002年)

Figure 2 Enhancement of biomass for winter wheat in 2002

注: $a = t(0.05)$ 显著差异, $ns = t(0.05)$ 差异不显著。

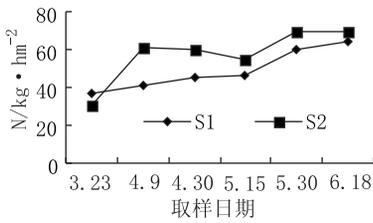


图 3 小麦生物量中氮素积累 (2002 年)

Figure 3 Accumulation of nitrogen in biomass of winter wheat in 2002

注: $\alpha = t(0.05)$ 差异显著, $ns = t(0.05)$ 差异不显著。

试验中发现, S2 中至少有 $6 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 氮素在抽穗至成熟期间通过小麦植株体散失, 而 S1 没有明显散失特征。现在已有一些类似的报道, 如 Harper, L. A et al (1987) 报道^[4]: 通过小麦植株散失的 NH_3 可达其施肥量的 21%。此外, Daigger et al. (1976)^[5] 也发现小麦在开花至成熟期间, 在不施肥田间散失的氮素达 $25 \text{ kgN} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$; 在施肥 ($150 \text{ kgN} \cdot \text{hm}^{-2}$) 的田间这一数字高达 $80 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 其中包括通过植株体散失的氮素。Kanampiu et al. (1997)^[6] 在俄克拉荷马州两年的研究中发现, 通过小麦植株体散失的氮素达 $7.7 \sim 31.4 \text{ kgN} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 散失量随施肥量的增加而增加。

抽穗后氮素在小麦植株体不同部分的分布见图 4。叶与茎中的氮素含量在抽穗至成熟期间迅速降低, 而麦穗中氮素含量则没有因为其生物量的生长而有较大程度的降低。在 4 月 30 日的取样中发现, S1 中小麦叶和茎的氮素含量低于 S2, 此后则没有明显差异。

2.3 地三叶草与土壤可溶性氮素含量

如前所述, 地三叶草作为植株覆盖作物, 被寄主生物固氮、所固氮素部分释放入土壤被作物吸收的厚

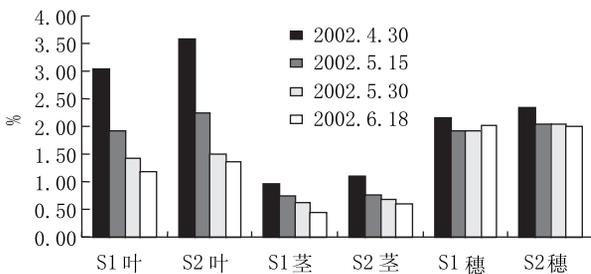


图 4 小麦抽穗后地上部各器官氮素含量

Figure 4 Contents of nitrogen in various parts of above ground for winter wheat after tasseling period

注: 根据 $t(P = 0.05)$ 统计分析, S1 和 S2 在 2002.4.30 时叶片含氮量和茎含氮量差异显著, 其余取样分析均表现差异不显著。

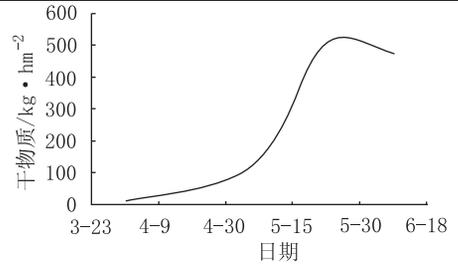


图 5 S1 地三叶草生物量生产 (2002 年)

Figure 5 Production of clover biomass on S1 plot in 2002

望。图 5 显示了地三叶草的生长情况。

作为冬小麦的植株覆盖材料, 要求在冬季低温到来之前, 植株应达到一定大小, 并且在春季气温回升后迅速生长。但由于干旱, 本年的播种期延迟达 1 个月之久。而且整个生长前期, 持续低温和随即的干旱导致地三叶草生长缓慢, 直到 4 月 30 日, 其生物量仅为 $137.2 \text{ kg} \text{ 干物质} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。之后, 当气温回升, 地三叶草的生物产量在 15 d (4 月 30 日至 5 月 15 日) 内迅速达到 $508.7 \text{ kg} \text{ 干物质} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。此后, 开花结实, 叶片变黄凋零, 取样收集的生物量有所下降。

地三叶草的生物量积累高峰期 (图 5), 与冬小麦根际土壤可溶性氮素含量高峰期 (图 6) 表现惊人的一致。同时与 S1 中冬小麦较高的生长率时期 (图 2) 保持一致。

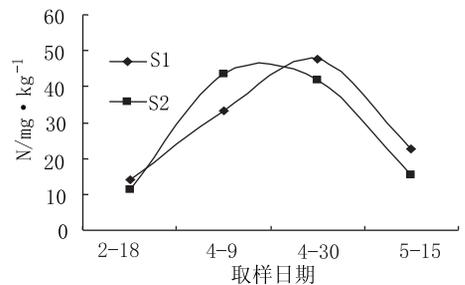


图 6 土壤根际可溶性氮素含量 (2002 年)

Figure 6 Contents of soluble nitrogen in rhizosphere in the soil studied in 2002

注: $\alpha = t(0.05)$ 差异显著, $ns = t(0.05)$ 差异不显著。

图 6 显示了冬小麦生长期根际土壤可溶性氮素含量的变化。在这两个不同的作物系统中, 根际土壤可溶性氮素含量均有一个峰值。S1 的高峰滞后于 S2 达 15 d。冬小麦生长前期, 由于 S1 的土壤氮素营养低于 S2, 很好地解释了 S1 中冬小麦生长前期其生长量低于 S2 的现象。氮素营养不良不仅影响冬小麦对氮素的积累, 还影响了对其它作物营养元素的吸收。这一时期内, S1 冬小麦植株体内 PK 的含量同样显著低于 S2。这一结果与 Moll et al., (1982)^[7] 的研究报告一致。

2.4 系统内杂草的生物产量

冬小麦生长前期(4月9日前)S2的杂草生物产量明显高于S1(图7),尽管S2有机肥是条施在冬小麦根际的,这对抑制杂草在小麦植株行间生长有一定功效,但与未施肥和种植了地三叶草的S1比较,其抑制杂草的能力显然更低。当然,S1系统中,由于地三叶草前期生长缓慢,对杂草的抑制功效也不显著。

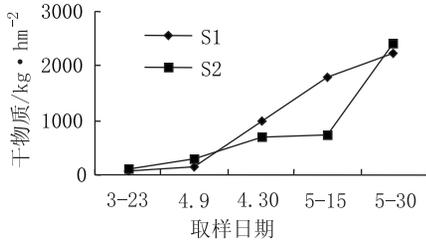


图7 杂草生物量生长(2002年)

Figure 7 Biomass of weeds on the soil studied in 2002

注: $\alpha = t(0.05)$ 差异显著, $ns = t(0.05)$ 差异不显著。

4月9日后,S2进行了机械除草,这至少在短期内阻止了杂草的进一步生长,但随后在冬小麦成熟期内,S2的杂草迅速生长,最终,在5月30日时,与S1的杂草生物产量一致。这一杂草生长规律说明,S2中冬小麦的株行距不能有效地对杂草生长抑制,包括在光照、土壤、水和作物营养元素等方面的竞争。在S1中,冬小麦抽穗至成熟,迅速生长的地三叶草对杂草生长有一定的抑制作用,导致杂草生长缓慢。地三叶草对杂草表现一定的抑制作用。

3 结论

本试验中,尽管冬小麦植物覆盖系统(S1)生物产量、谷物单产和系统内冬小麦氮素的积累均与施有机肥单作系统没有显著差异。但是,在冬小麦抽穗前S1的生长量显著低于S2。原因在于,这期间S1的土壤可溶性氮素营养低于S2。抽穗后正好相反,由于地三叶草生长迅速,S1土壤可溶性氮素含量高于S2,与此

同时,S1的冬小麦生长率也高于S2。

地三叶草的生长受到播种期延迟和生长早期干燥、寒冷天气的影响。在冬小麦抽穗前(4月30日),它的生长量仅为 $137.2 \text{ kg 干物质} \cdot \text{hm}^{-2}$;而另一方面,冬小麦却完成了最大生物生长量的86%。在抽穗前,S1中冬小麦根际土壤可溶性氮素含量和冬小麦植株体氮素含量均显著低于S2。

植物覆盖阻碍了机械杂草控制,而单作的冬小麦则给予行间杂草机械控制机会。所以在冬小麦开花期(5月15日前后),S1的杂草生物产量是S2的2.5倍。但是,与冬小麦单作系统(S2)相比,在未实施机械杂草控制时期,地三叶草还是具有一定的杂草抑制作用。最后,S1的杂草生物量与S2(做过一次机械杂草控制)没有显著差异。

参考文献:

- [1] McVay K A, Radcliffe D E and Hargrove W L. Winter legume effects on soil properties and nitrogen fertilizer requirements[J]. *Soil Science Society of America*, 1989, 53: 1856 - 1862.
- [2] Altieri M. *Agroecology: The Science Basis of Alternative Agriculture* [M]. 2nd ed. Boulder, USA: C. O., Westview Press, 1987.
- [3] Caporali F and Campiglia E. Increasing Sustainability in Mediterranean Cropping system with Self - Reseeding Annual Legume[A]. Stephen R. Gliessman[Ed]. *Agroecosystem Sustainability Development Practical Strategies*, CRC Press LLC, Boca Raton London, New York, Washington, D. C. 2001. 15 - 27.
- [4] Harper L A, Sharpe R R, Langdale G W and Giddens J E. Nitrogen cycling in a wheat crop: soil, plant and aerial nitrogen transport[J]. *Agron*, 1987, 79: 965 - 972.
- [5] Daigger L A, Sander D H and Peterson G A. Nitrogen content of winter wheat during growth and maturation[J]. *Agron*, 1976, 68: 815 - 818.
- [6] Kanampiu F K, Raun W R and Johnson G V. Effect of nitrogen rate on plant nitrogen loss in winter wheat varieties[J]. *Plant Nutr*, 1997, 20: 389 - 404.
- [7] Moll R H, Kamprath E J and Jackson W A. Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization[J]. *Agron*, 1982, 74: 562 - 564.