

イタリアンライグラスにおける非構造性炭水化物の品種・個体 間差異 (7)

| | |
|-------|----------------------------|
| 誌名 | 日本草地学会誌 |
| ISSN | 04475933 |
| 著者 | 田村, 良文 石田, 良作 渡辺, 好昭 |
| 巻/号 | 28巻4号 |
| 掲載ページ | p. 366-372 |
| 発行年月 | 1983年1月 |

イタリアンライグラスにおける非構造的炭水化物 の品種・個体間差異

VII. 非構造的炭水化物含有率の選抜指標について

田村良文・石田良作・渡辺好昭

要 旨

田村良文・石田良作・渡辺好昭 (1983): イタリアンライグラスにおける非構造的炭水化物の品種・個体間差異. VII. 非構造的炭水化物含有率の選抜指標について. 日草誌 28, 366-372.

秋季の自然条件下に生長した栄養生長期のイタリアンライグラスについて、非構造的炭水化物 (NSC) 含有率の高い品種・系統および個体を選抜するための指標を明らかにする目的で、1977年から1980年の4ケ年間に品種および個体を供試して得られた試験成績を用い、単一年次内あるいは数年次を込みにして、NSC含有率に対する一般的な観察調査形質を用いての重回帰分析と、NSC含有率と乾物率との単相関、回帰分析を行った。

1) 重回帰式はいずれの場合にも有意であり、取込まれた形質とその標準偏回帰係数の大きさから、概ね、品種については生育量が大きくて茎重/葉重比が高く、葉は厚いが、平均一茎重の小さいものほど、一方、個体については草丈が低く、莖数は少ないが、生育量が大きくて茎重/葉重比の高いものほど NSC 含有率が高い傾向を示すものと認められた。

2) 乾物率と生重当り NSC 含有率との単相関、回帰は単一試験 (単年次) 内だけでなく数年次の成績を込みにした場合でも 0.1% 水準で有意であった。特に茎および地上部では相関係数が極めて高いので、それらの乾物率は特に有効な選抜指標になるものと考えられる。

3) 以上のことから、乾物率以外の複数の形質による推定、あるいは乾物率のいずれを指標としても NSC 含有率に対する選抜が可能と考えられる。しかし、単相関係数が対応する重相関係数よりも常に高かったこと、また単一の形質によれば複数の形質によるより、より容易かつ正確な推定が可能なることから、選抜指標としては乾物率がより適切と言える。

非構造的炭水化物 (NSC) 含有率の高いイタリアンライグラス品種育成のための基礎資料を得ることを目的として、これまでにその秋季自然条件下での蓄積の様相、品種間および個体間における変異、さらには生理生態的特性等との関係について述べてきた⁴⁻⁸⁾。本報ではこれまでに得られた成績を用い、栄養生長期における NSC 含有率の高い品種・系統および個体を選抜するための指標を究明するため、相関、および回帰分析を行ったのでその結果を報告する。

材 料 と 方 法

1977年から1980年の4ケ年間に品種および個体を供試して得られた試験成績を用い、品種および個体ごとに単一年次内または数年次を込みにして、NSC含有率と一般的な調査、観察形質との間における重回帰分析および NSC 含有率と乾物率との単相関、回帰分析を行った。

重回帰分析では $F_{in} = F_{out} = 2.0$ に固定した変数減増

法を用いた。取扱った説明変数 (形質) は Table 2 に示されるが、このうち、品種については X_1 から X_5 の 5 形質を、個体については X_6 以外の 8 形質を用いて、茎、葉身および地上部の NSC 含有率を推定した。品種

Table 1. Plant characters used in multiple regressions for estimating NSC concentrations of varieties and individuals of Italian ryegrass in vegetative stage.

| Character (unit or rating scale) | Code |
|---|-------|
| Plant height (cm) | X_1 |
| Number of stem/plant | X_2 |
| Top dry matter wt. (g) | X_3 |
| Stem wt./leaf wt. ratio | X_4 |
| Wt. of a tiller (g) | X_5 |
| Specific leaf wt. (g/m ²) | X_6 |
| Growth habit (1: erect to 3: prostrate) | X_7 |
| Leaf color (1: dark to 3: light) | X_8 |
| Anthocyanin of stem (1: dark to 3: light) | X_9 |

Note: Six ($X_1 \sim X_6$) and 8 characters ($X_1 \sim X_5$, $X_7 \sim X_9$) were used as independent variables in varieties and individuals, respectively.

について $X_7 \sim X_9$ を, また個体について X_6 を用い
なかったのは, 前者ではそれらの形質の品種間変異, とく
に4倍体品種間での変異が小さかったためであり, 一
方, 後者では多数の個体を同時に測定出来なかったため
である。

乾物率は採取試料を水洗し, 付着した水を完全に除去
して秤量し, 90°C で1時間, 70°C で一昼夜乾燥して
算出した。

イタリアンライグラスの供試品種, 栽培および調査

法, NSC の分析方法等は前報⁴⁻⁸⁾に示した通りである。
各年次毎の延べ供試品種数は, 1977年は2倍体17品
種, 1978年は2倍体10品種と4倍体66品種, 1979年
は2倍体24品種と4倍体28品種, 1980年は2倍体,
4倍体各12品種である。また供試個体数は1978年は鳥
取在来, ワセアオバ, ヒタチアオバの各24個体, 1979年
は鳥取在来, ワセアオバの各100個体と宮崎在来, ヒ
タチアオバの各50個体, 1980年は鳥取在来, ワセアオ
バ, ヒタチアオバの各50個体である。

Table 2. Multiple regressions to estimate NSC concentration (% dry wt.) from several plant characters and correlations between NSC concentration and dry matter content (%) in stem, leaf blade and top of varieties of Italian ryegrass in vegetative stage.

| Variety group | Plant Part | Multiple regression equation ^{a)} | Multiple correlation | Correlation ^{b)} coefficient |
|----------------------|------------|---|----------------------|---------------------------------------|
| Diploid varieties | Stem | $Y = -1.55X_2 + 1.88X_3 - 14.85X_5 + 0.66X_6 + 38.17$ | 0.86*** | 0.93*** |
| | Leaf | $Y = 0.78X_3 - 3.90X_5 + 7.60$ | 0.66** | — |
| | Top | $Y = -1.39X_2 + 1.34X_3 - 12.83X_5 + 0.35X_6 + 35.46$ | 0.80*** | — |
| Tetraploid varieties | Stem | $Y = 1.21X_3 + 65.28X_4 - 7.58X_5 - 16.08$ | 0.87*** | 0.94*** |
| | Leaf | $Y = 0.45X_3 + 12.51X_4 + 0.17X_6 - 11.13$ | 0.89*** | — |
| | Top | $Y = 0.95X_3 + 40.94X_4 - 3.83X_5 + 0.20X_6 - 22.44$ | 0.92*** | — |

** , *** Significant at 1% and 0.1%, respectively.

a) Calculation was conducted by the selecting variables method fixed at $F=2.0$.

b) Single correlation coefficients between NSC concentration and dry matter content.

Note: Investigation was made for 17 diploid varieties in 1977 and 28 tetraploid varieties in 1978.

Table 3. Multiple regression equations and it's multiple correlation coefficients to estimate NSC concentration (% fresh wt.) from several plant characters and single correlation coefficients between NSC concentration and dry matter content (%) in stem, leaf blade and top of individuals of Italian ryegrass in vegetative stage.

| Variety | Plant part | Multiple regression equation ^{a)} | Multiple correlation | Correlation coefficient |
|-----------------|------------|---|----------------------|-------------------------|
| Miyazaki-native | Stem | $Y = -0.09X_1 + 0.29X_3 + 3.84X_4 + 7.84X_5 - 0.22X_7 + 2.94$ | 0.60*** | 0.96*** |
| | Leaf | $Y = 0.09X_3 + 0.88X_4 + 0.33$ | 0.48*** | 0.52*** |
| | Top | $Y = 0.13X_3 + 2.69X_4 - 0.12X_7 + 0.30$ | 0.61*** | 0.79*** |
| Tottori-native | Stem | $Y = 0.31X_3 + 3.41X_4 + 1.31$ | 0.51*** | 0.97*** |
| | Leaf | $Y = 0.04X_2 + 6.44X_5 - 0.56$ | 0.45*** | 0.73*** |
| | Top | $Y = 0.04X_2 + 2.47X_4 + 7.20X_5 - 1.10$ | 0.55*** | 0.86*** |
| Waseaoba | Stem | $Y = -0.10X_1 - 0.10X_2 + 0.87X_3 + 6.53X_4 + 2.99$ | 0.69*** | 0.93*** |
| | Leaf | $Y = -0.06X_1 - 0.06X_2 + 0.48X_3 + 3.31$ | 0.56*** | 0.83*** |
| | Top | $Y = -0.07X_1 - 0.07X_2 + 0.59X_3 + 4.13X_4 + 1.99$ | 0.69*** | 0.88*** |
| Hitachi-aoba | Stem | $Y = -0.07X_1 + 0.33X_3 + 5.18X_4 + 8.23X_5 + 1.60$ | 0.74*** | 0.91*** |
| | Leaf | $Y = -0.04X_1 + 0.03X_2 + 9.63X_5 - 0.15X_7 - 0.20X_9 + 1.67$ | 0.72*** | 0.82*** |
| | Top | $Y = -0.05X_1 + 0.03X_2 + 3.31X_4 + 12.11X_5 + 0.01$ | 0.77*** | 0.81*** |
| All | Stem | $Y = -0.08X_1 - 0.05X_2 + 0.66X_3 + 5.43X_4 + 0.19X_9 + 2.20$ | 0.78*** | — |
| | Leaf | $Y = -0.02X_1 - 0.02X_2 + 0.31X_3 + 0.66X_4 + 1.37$ | 0.60*** | — |
| | Top | $Y = -0.04X_1 - 0.03X_2 + 0.43X_3 + 3.39X_4 + 0.08X_9 + 1.13$ | 0.78*** | — |

** , *** , a), b) Same as shown in Table 2.

Note: Data obtained using 50 individuals per variety in 1979 were used.

結 果

単年次と数年次を込みにした場合とに区別して述べる。

1. 単年次における NSC 含有率の重回帰による推定および NSC 含有率と乾物率との単相関

Table 2 に2倍体および4倍体品種についての、また、Table 3 に同一品種内および異なる品種をすべて込みにした場合 (All) の個体についての茎、葉身および地上部ごとの重回帰式、重相関係数、単相関係数、さらに Table 4 には重回帰式に取込まれた各形質の標準偏回帰係数を示した。

重相関係数は品種の茎で 0.86*** (2倍体) および 0.87*** (4倍体)、同様に葉身で 0.66** および 0.89***, 地上部で 0.80*** および 0.89***, また個体の茎で 0.51***~0.78***, 葉身で 0.45***~0.72***, 地上部

で 0.55***~0.78*** であり、いずれの場合も 1% あるいは 0.1% 水準で有意となった。また、植物部位間では茎>地上部>葉身であった。

つぎに重回帰式に取込まれた形質について見ると、品種および個体を通じてほとんどの場合に X_3 (地上部乾重) が、ついで X_4 (茎重/葉重比) が数多く取込まれた。とくに、 X_3 (地上部乾重) については、標準偏回帰係数が比較的高く、また、それが取込まれなかった場合でもその構成形質である X_2 (茎数) と X_5 (平均1茎重) が必ず同時に取込まれたことから、NSC 含有率に影響を及ぼす最も重要な形質と認められた。その他の形質については、品種で X_6 (平均1茎重) と X_8 (葉面積重) が、また個体をすべて込みにした場合 (All) に X_1 (草丈) と X_2 (茎数) が比較的多くの場合に取込まれた。しかし、観察調査形質については X_7 (草型) および X_9 (茎基部のアントシアン濃度) が極く少数回取

Table 4. Standard partial regression coefficients of several plant characters in multiple regressions estimating NSC concentration of stem, leaf blade and top of varieties and individuals of Italian ryegrass in vegetative stage.

| Variety | Plant part | Plant character | | | | | | | | |
|--|------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|---------------------|---------------------|-------|-------|
| | | X_1 | X_2 | X_3 | X_4 | X_5 | X_6 | X_7 | X_8 | X_9 |
| Estimation of NSC concentration of varieties. | | | | | | | | | | |
| Diploid varieties | Stem | — | -1.03 | 1.14 | — | -1.71 | 0.47 | | | |
| | Leaf | — | — | 0.72 | — | -0.66 | — | Missing observation | | |
| | Top | — | -1.34 | 1.22 | — | -2.15 | 0.37 | | | |
| Tetraploid varieties | Stem | — | — | 0.52 | 0.87 | -0.59 | — | | | |
| | Leaf | — | — | 0.50 | 0.43 | — | 0.28 | | | |
| | Top | — | — | 0.57 | 0.76 | -0.41 | 0.17 | | | |
| Estimation of NSC concentrations of individuals. | | | | | | | | | | |
| Miyazaki-native | Stem | -0.52 | — | 0.39 | 0.36 | 0.33 | — | -0.19 | — | — |
| | Leaf | — | — | 0.37 | 0.24 | — | Missing observation | — | — | — |
| | Top | — | — | 0.29 | 0.45 | — | observation | -0.18 | — | — |
| Tottori-native | Stem | — | — | 0.33 | 0.30 | — | — | — | — | — |
| | Leaf | — | 0.41 | — | — | 0.41 | — | — | — | — |
| | Top | — | 0.36 | — | 0.31 | 0.36 | — | — | — | — |
| Waseaoba | Stem | -0.34 | -0.47 | 0.84 | 0.36 | — | — | — | — | — |
| | Leaf | -0.41 | -0.57 | 0.99 | — | — | — | — | — | — |
| | Top | -0.36 | -0.49 | 0.87 | 0.34 | — | — | — | — | — |
| Hitachiaoba | Stem | -0.35 | — | 0.50 | 0.35 | 0.30 | — | — | — | — |
| | Leaf | -0.42 | 0.61 | — | — | 0.70 | — | -0.22 | — | -0.31 |
| | Top | -0.36 | 0.41 | — | 0.34 | 0.65 | — | — | — | — |
| All | Stem | -0.27 | -0.28 | 0.73 | 0.40 | 0.65 | — | — | — | 0.09 |
| | Leaf | -0.19 | -0.32 | 0.80 | 0.11 | — | — | — | — | — |
| | Top | -0.23 | -0.29 | 0.74 | 0.39 | — | — | — | — | 0.06 |

Note: Standard partial regression coefficients of selected plant characters in varieties (see Table 1) and individuals (see Table 2) were shown.

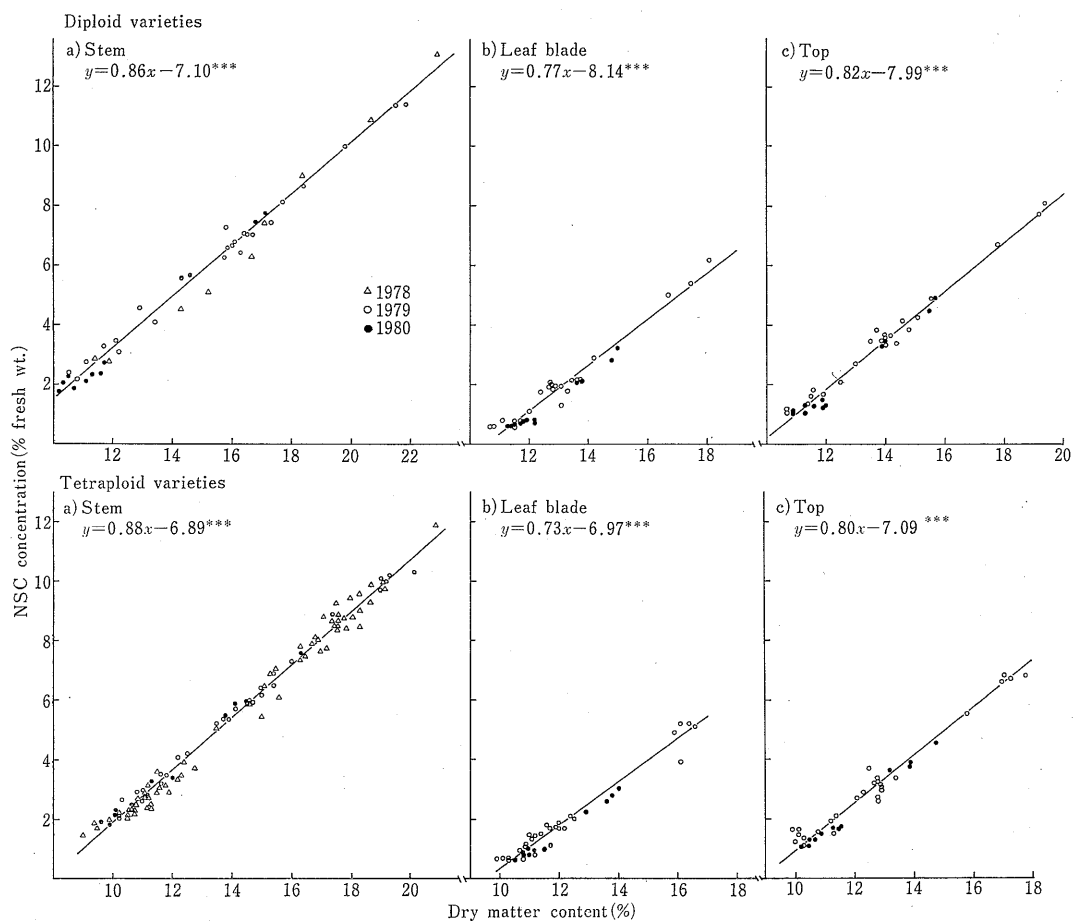


Fig. 1. Regression line of dry matter content on NSC concentration in stem, leaf blade and top of diploid and tetraploid varieties of Italian ryegrass in vegetative stage.

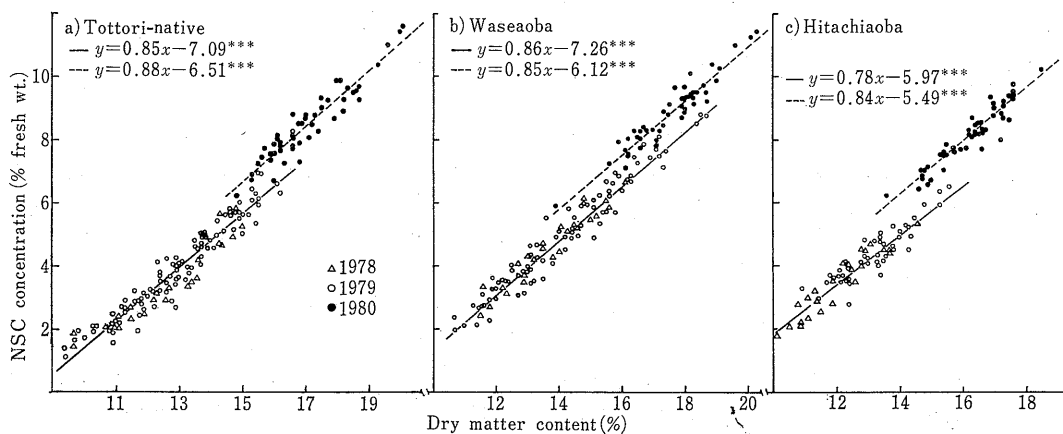


Fig. 2. Regression line of dry matter content on NSC concentration in stem of individuals of Italian ryegrass in vegetative stage.

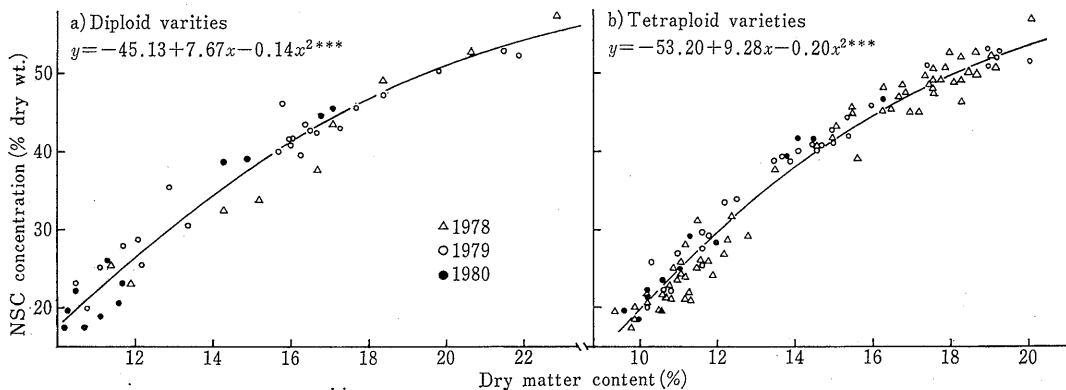


Fig. 3. Relationships between dry matter content (%) and NSC concentration (% dry wt.) in stem of diploid and tetraploid varieties of Italian ryegrass in vegetative stage.

込まれたに過ぎず、またそれらの標準偏回帰係数も低かった。

乾物率との単相関係数は品種の茎で 0.93*** および 0.94***, 個体の茎で 0.90***~0.96***, 葉身で 0.52***~0.83***, 地上部で 0.79***~0.88*** であり、すべての場合に 0.1% 水準で有意となった。また植物部位間では茎>地上部>葉身であった。さらにこれらの単相関係数は、同一試験内の対応する重相関係数よりも常に高かった (Table 2, 3)。

2. 数年次を込みにした場合における NSC 含有率と乾物率との回帰

1978~1980 の 3 ケ年間 (品種の葉身と地上部については 1979, 1980 の 2 ケ年間) の試験成績を用い、生重当り NSC 含有率と乾物率との回帰を示したものが Fig. 1 および 2 である。

品種 (Fig. 1) では、茎、葉身および地上部のいずれについても各年次が同一の単回帰式に併合された。個体 (Fig. 2) でも 1978 年・1979 年は同一の単回帰式に併合されたが、1980 年ではこれと有意に回帰常数が異なった。

つぎに、乾重当たり NSC 含有率と乾物率の関係を品種の茎について見たものが Fig. 3 である。2 倍体、4 倍体の両者で極めて高い有意な 2 次回帰式が得られた。

考 察

イタリアンライグラスに含有される NSC は各種の不良環境抵抗性、また貯蔵・利用に重要な意味をもっている。しかし、これまでに NSC 含有率の高い品種を育成しようとする試みはほとんどなされていない¹⁾。これは NSC の分析が複雑で長時間を要するので、その遺伝変異が十分明らかにされなかったと同時に、仮に、選抜効

果が十分に期待出来るほど変異が大きかったとしても、多数の材料を扱う育種分野で NSC の分析を行うことは極めて困難なためと考えられる。

著者らはそれらの点を解決するための第 1 歩として、秋季自然条件下に生長した栄養生長期の植物体について、NSC の含有率および組成の品種間、さらには個体間変異を明らかにし、また NSC 含有率の高い品種・系統および個体を選抜するための指標を検討してきた⁵⁻⁸⁾。これまでの結果から、NSC 含有率の遺伝変異は大きいことが明らかである。しかし、選抜指標については単一試験 (単年次) 内の検討にとどまり、普遍的な結論を得るに至らなかった。そこで本報ではこれまでの数ケ年間に得られた試験成績を用いて、普遍的な選抜指標の究明を試みた。

推定 (重回帰) に用いる形質は測定、また、観察による判別が容易でなければならない。このため本報では通常の調査、観察形質を説明変数として用いた。その結果重相関係数は常に有意であり、重回帰式に取込まれた形質とその標準偏回帰係数の大きさから、概ね、品種については生育量が大きくて茎重/葉重比が高く、葉は厚いが平均 1 茎重の小さいものほど、一方、個体については草丈は低く、茎数は少ないが、生育量が大きくて茎重/葉重比の高いものほど NSC 含有率が高い傾向を示すものと認められた。とくに、生育量と茎重/葉重比はほとんどの場合に重回帰式に取込まれており、秋季に生長したイタリアンライグラスの NSC 含有率の推定に極めて重要な意味をもつことが明らかであった。しかし、いくつかの形質については重回帰式への取込まれ方が試験年次間で異なったこと、また、重相関係数の試験間変異が 0.5~0.9 程度と比較的大きかったこと、さらには、説明変数として用いる形質についてより幅広く検討する

必要があることなどことから、乾物率以外の形質を用いた総合判断による NSC 含有率の推定には、さらに十分な検討が必要と考えられる。なお、植物部位間では、重相関係数の大きさから、葉身に比較して、茎および地上部でより正確に NSC 含有率が推定出来ると認められた。

つぎに、乾物率と糖類の含有率との関係について、柿崎²⁾は小麦を供試し茎葉の還元糖含有率と乾物率との間に、また竹内³⁾はイタリアンライグラス(鳥取在来)を供試し、刈取処理による全有効態炭水化物(TAC)含有率と乾物率の変化の間に高い相関を認めた。しかし、これらの研究では炭水化物の分析、あるいは供試材料数等が不十分で選抜のための指標として論議するには問題がある。一方、本報では世界各地から取寄せられた多数の品種・系統あるいは個体について、数年次にわたる試験成績を込みにしても、生重当りNSC含有率と乾物率間に極めて高い有意な単相関、回帰を認めた。特に茎では0.90***以上、また地上部全体でも0.79***以上の高い相関係数が得られたので、それらの乾物率は単一で栄養生長期のイタリアンライグラスのNSC含有率の選抜指標として用いることが出来ると認められる。しかし、その利用は、先に述べたように試験年次間で回帰常数が有意に異なる場合があったので、単一試験内での相対的比較に限定すべきである。また、前報¹⁾で明らかにした2倍体と4倍体では回帰常数が異なるので、この両者は区別して取扱わなければならない。

以上から、乾物率以外の複数の形質による推定、あるいは乾物率のいずれを指標としてもNSC含有率に対する選抜が可能と考えられる。しかし、単相関係数が対

応する重相関係数より常に高かったこと、また単一の形質によれば複数の形質によるより、より容易かつ正確な推定が可能なこと、選抜指標としては乾物率がより適切と言えよう。

なお、乾物率の範囲と生重当りNSC含有率の範囲(最大値と最小値の差)はよく類似しており、NSCが乾物率の変動におよぼす影響は大きいものと考えられるが、本報ではそれらの因果関係を検討していない。また、これまでの成果は栄養生長期について得たもので、生殖生長期についての検討は行っていない。これらの点は今後に残された課題である。

本報では計算の大部分を農林水産研究計算センターに依頼し、農林アプリケーションプログラム(MAP)を利用して行った。関係各位に厚く謝意を表します。

引用文献

- 1) COOPER, J. P. (1961) *Rep. Welsh Plant Breeding Sta.* 145-156.
- 2) 柿崎洋一 (1963) 農業及園芸 **11**, 1309-1319.
- 3) 竹内 徳猪・橋本 勉 (1970) 北陸農試報告 **11**, 83-123.
- 4) 田村良文・星野正生 (1979) 日草誌 **25**, 178-186.
- 5) ————・石田良作・星野正生 (1981) 日草誌 **27**, 1-9.
- 6) ————・————— (1981) 日草誌 **27**, 10-17.
- 7) ————・————— (1981) 日草誌 **27**, 18-24.
- 8) ————・渡辺好昭 (1982) 日草誌 **28**, 20-26.

(昭和57年5月29日受理)

Variation of Nonstructural Carbohydrates in Varieties and Individual Plants of Italian Ryegrass.

VII. The usage of some plant characters as a selection criterion for nonstructural carbohydrate concentration.

Yoshifumi TAMURA, Ryosaku ISHIDA and Yoshiaki WATANABE

Hokuriku National Agricultural Experiment Station,
Joetsu, Niigata 943-01.

Summary

To clarify the possibility of using some plant characters as a selection criterion of non-structural carbohydrate (NSC) concentration of Italian ryegrass in vegetative stage grown in fall, multiple regression analysis between NSC (%) and some plant characters except dry matter content (%) and single correlation (regression) analysis between dry matter content (%) and NSC (%) were carried out. The data used for analysis were derived from 63 diploid and 106 tetraploid varieties, and 522 individuals for 4 years from 1977 to 1980. In multiple regression analysis, 6 and 8 characters were taken up as independent variables in varieties and individuals, respectively.

1) Multiple correlation coefficients were significant both in varieties and individuals. Judging from the frequency of selected variables and standard regression coefficients in multiple regression equations, it is concluded that higher NSC % varieties showed higher top dry weight and stem weight/leaf weight ratio, and thicker leaves with lesser mean weight of tiller. Higher NSC% individuals showed lower plant height, smaller number of tillers with higher top dry weight and stem weight/leaf weight ratio.

2) Single correlations (regressions) between dry matter content (%) and NSC% were significant at 0.1% level not only in any experiment taken within a year but also in the experiment taken throughout several years. It is recognized that dry matter content (%) in stem and top would be a selection criterion of NSC concentration because of the positively high correlation coefficients.

3) For higher single correlation coefficients than multiple regression coefficients observed in every experiment, it is concluded that dry matter content (%) is the most suitable trait for a selection criterion of NSC concentration.

(J. Japan. Grassl. Sci., 28, 366~372, 1983)