

REVISIÓN**CARACTERIZAÇÃO MORFOFISIOLÓGICA DE LEGUMINOSAS FORRAGEIRAS**Scheffer-Basso, S.M.¹; Ávila Jacques, A.V.²; Dall'Agnol, M.²

Recibido:03/11/04 Aceptado:23/12/04

RESUMO

A avaliação de leguminosas forrageiras implica na seleção de parâmetros relativos a sua utilização. A estimativa do potencial forrageiro de leguminosas envolve a análise de várias características, como a capacidade de nodular, a resposta à desfolhação, persistência e valor nutritivo, entre outras. Por outro lado, o estudo do modelo de crescimento e desenvolvimento pode ser abordado através da análise de crescimento, análise demográfica e análise dos componentes da produção. Finalmente, as formas de crescimento determinam o grau de adaptação a distintas situações ambientais e de manejo.

PALAVRAS CHAVE: crescimento, hábito, morfologia.

SUMMARY**MORPHOPHYSIOLOGICAL CHARACTERIZATION OF FORAGE LEGUME**

The evaluation of forage legume implies in the selection of parameters that are related with its use. The evaluation of the forage potential of a legume involve the analysis of several characteristic, such as the nodulation capacity, response to cut or grazing, persistence and nutritional value, among others. On the other hand, the study of the growth model and development can be made by the growth analysis, demographic analysis and production components analysis. Finally, the legume growth form determines the adaptation degree to distinct ambient and management conditions.

KEY WORDS: growth, habit, morphology.

INTRODUÇÃO

Na avaliação de espécies forrageiras ainda não domesticadas, os estágios iniciais envolvem a compreensão do potencial forrageiro através da resposta a fertilizantes e ao manejo de cortes, resistência a pragas e moléstias, produção de forragem sob cortes ou pastoreio, persistência, consumo, qualidade nutricional, preferência e produção animal, além do seu sistema de reprodução.

Segundo Schultze-Kraft (1990), nessa fase inicial de avaliação devem ser identificadas características morfológicas e fisiológicas de elevada herdabilidade, cuja expressão é altamente independente do ambiente, ou seja,

geneticamente determinada. Como exemplos dessas últimas estão: hábito de crescimento, localização e número de gemas, ciclo de vida, palatabilidade e reação à desfolhação (Toledo & Thomas, 1990).

O objetivo da caracterização é a classificação de uma coleção com base em características relacionadas, de alguma forma, com a utilidade e uso potencial do material. Por outro lado, na avaliação preliminar ocorre uma descrição da variação existente em uma coleção em termos dos atributos de importância agrônômica influenciados pelo ambiente, onde é expressa sua adaptação a fatores climáticos, edáficos, bióticos e de manejo (Schultze-Kraft, 1990). Para o caso de leguminosas, para as quais não se

¹ Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Passo Fundo, BR285, Passo Fundo, Cep: 990001-970.

² Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.

dispõem de informações sobre possíveis necessidades específicas das estirpes de rizóbio, esse autor adverte para o uso do nitrogênio mineral, para que seja possível comparar as espécies para as quais não existam ainda estirpes selecionadas. De qualquer forma, é essencial que o estudo de uma espécie ainda não familiar se inicie com a observação de seu desenvolvimento, pois isso é de considerável importância, particularmente em relação a sua resposta ao manejo, em termos de distribuição estacional da produção e persistência.

Este trabalho tem como objetivo analisar os aspectos relacionados à morfofisiologia e que devem ser considerados em programas de pesquisa com leguminosas forrageiras.

ABORDAGENS METODOLÓGICA

Os procedimentos utilizados para estudar as relações que fundamentam o crescimento e desenvolvimento das plantas podem ser classificados em: a) análise do crescimento, b) análise demográfica e c) análise dos componentes da produção (Jolliffe *et al.*, 1982). Para a análise de crescimento basta obter os dados da massa total das plantas e o tamanho de seu sistema assimilatório, com o quais podem ser calculados os diversos índices de crescimento (Beadle, 1993). Na abordagem demográfica são estimados o surgimento e a morte dos componentes individuais (Bazzas & Harper, 1977), sendo que esse método tem sido utilizado para estudar a dinâmica da população de folhas e flores. O terceiro método, chamado de análise dos componentes da produção, subdivide o desenvolvimento da planta em estádios, refletindo a seqüência morfológica do desenvolvimento (Jolliffe *et al.*, 1982), sendo muito utilizado para o estudo de culturas produtoras de grãos, por fornecer informações fisiológicas para os programas de melhoramento genético. Em uma etapa mais avançada e em se tratando especificamente de espécies forrageiras sob pastoreio, os estudos deveriam contemplar, além das características do crescimento das plantas, a relação de competição entre as espécies consorciadas e a interação planta-animal (Grant & Marriot, 1994).

É importante destacar que na descrição do crescimento e desenvolvimento das plantas é importante o uso da soma térmica para descrever o tempo de crescimento, ao invés da soma dos dias de crescimento. Segundo Rickman & Kepler (1995), as plantas não se desenvolvem em relação ao tempo medido segundo o calendário humano, mas respondem, sim, a uma medida térmica de tempo, como graus-dia (GD). O conceito de GD está baseado no fato de

que o crescimento e o desenvolvimento das plantas estão diretamente relacionados à temperatura média diária e pode indicar se uma planta tem condições de completar seu ciclo de vida durante a estação de crescimento. Essa medida também pode ser utilizada para prever a duração das diferentes fases fenológicas do crescimento (Ferguson, 1983). Harris *et al.* (1988) afirmam que sob condições ambientais não limitrofes, os eventos do desenvolvimento vegetal acontecem em intervalos fixos de tempo térmico. Obviamente, outros fatores ambientais secundários estão envolvidos com tal fenômeno, de forma que nenhum fator ambiental é um perfeito determinante da taxa de crescimento da planta.

DESENVOLVIMENTO MORFOLÓGICO

O crescimento de uma planta e, conseqüentemente, a formação da cobertura vegetal depende de uma ativa produção de caules e folhas, de forma a utilizar os recursos do ambiente. O crescimento dos caules tem um importante papel na determinação da habilidade das plantas em competir pela luz, influenciando também no número e na posição dos ápices vegetativos, que determinam o número de pontos de crescimento depois da desfolhação (Ludlow, 1976).

Densidade de caules

Na alfafa (*Medicago sativa* L.), a densidade de caules é considerada o melhor determinante da produtividade do alfafal (Smith *et al.*, 1989). Leach (1969), ao descrever a variação na população de caules dessa espécie, observou que a rebrotação dependia basicamente do número de caules e do tempo em que esses reassumiam o crescimento, sendo favorecidos por desfolhações menos severas. Os estudos de Beinhart (1963), com trevo branco (*Trifolium repens* L.), também indicaram a importância das ramificações na formação da área foliar. Chapman *et al.* (1992) verificaram que os estolões dessa espécie são uma fonte de carbono utilizada para o crescimento de raízes adventícias nos nós, destacando que plantas altamente ramificadas podem ter maior massa de raízes em comparação com plantas menos ramificadas. Do mesmo modo, Crusius *et al.* (1999) verificaram que no trevo vermelho (*Trifolium pratense* L.), o número de caules foi uma estimativa eficiente na predição da produção da massa seca (MS) por planta e na produção de sementes.

Vinculada à densidade de caules está a densidade de gemas, ou pontos de crescimento, fundamental para o entendimento da reação das plantas forrageiras ao pastoreio.

Densidade de gemas

Segundo Harper & White (1974), o potencial de crescimento de uma população é sua reserva de gemas. Para espécies estoloníferas, o conhecimento do destino das gemas axilares é crucial para o entendimento da sua dinâmica de crescimento e persistência (Chapman, 1983). Em trevo branco, Newton & Hay (1994) estimaram em 2.000 gemas/m², ao passo que Chapman & Caradus (1997) relataram 11.050 gemas/m².

A manutenção das gemas é importante para a sustentabilidade das pastagens em longo prazo, sendo fundamental para a tolerância ao pastoreio durante o crescimento vegetativo e reprodutivo, durante estações secas ou em ambientes com baixos níveis de nutrientes (Kemp & Culvenor, 1994). Em trevo branco, Davies & Jones (1992) observaram que gemas velhas, que se desenvolveram depois do período de seca, tenderam a produzir folhas menores e pecíolos mais curtos, podendo comprometer a sobrevivência da população; em plantas com pouca ou nenhuma capacidade de locomoção, como no trevo vermelho, as gemas oriundas da região da coroa e mesmo das raízes têm um papel fundamental na produtividade e persistência da pastagem.

Densidade de folhas

Simultaneamente ao processo de ramificação ocorre a produção de folhas, refletindo o nível geral da atividade meristemática, mesmo que não seja necessariamente um real indicador da produção da área foliar, uma vez que o tamanho das folhas difere de espécie para espécie (Beinhart, 1963). O número total de folhas de uma planta é o produto de folhas/caule e do número de caules/planta, sendo o primeiro, resultado dos processos de nascimento e morte das mesmas (Bazzas & Harper, 1977). Determinar a área foliar, ao invés de contar o número de folhas, é um meio mais útil para descrever o tamanho do sistema fotossintético e sua determinação é a base da análise de crescimento.

Existem algumas relações que auxiliam no entendimento do sistema assimilatório de uma planta, como por exemplo: a) área foliar específica (AFE= área foliar/MS folhas); b) peso foliar específico (PFE= MS folhas/MS total da planta); c) índice de área foliar (IAF = área foliar/área de solo).

Poorter & Pothmann (1992) exploraram muito bem tais parâmetros em estudo comparativo entre espécies forrageiras de crescimento lento e de crescimento rápido. Nesse trabalho, como em estudo anterior (Poorter *et al.*, 1990), foi observado que as espécies de crescimento rápido apresentaram maior AFE, significando que sua biomassa foliar foi diluída em uma área maior. Por outro lado, Haycock

(1984) observou que o principal componente da produção de MS de trevo branco foi a massa individual das folhas, mais do que o número dessas.

Sem dúvida, o parâmetro mais avaliado e discutido em estudos de forrageiras é o IAF, pois, segundo Donald & Black (1958), um sistema foliar capaz de interceptar uma alta proporção de energia radiante é de grande importância para o crescimento das culturas: em um valor abaixo desse IAF não haverá máximo rendimento; por outro lado, em valores maiores de IAF, o sombreamento mútuo das folhas pode resultar em uma redução da taxa de crescimento da cultura. Uma pastagem terá um IAF ótimo quando a taxa de produção de MS seja a máxima e terá um IAF máximo quando a senescência foliar for equivalente à taxa de iniciação de folhas e, finalmente, terá uma produção máxima quando a respiração for comparável com a fotossíntese, que seria o ponto de compensação de toda a comunidade (Thomas & Sttodart, 1980). IAF e senescência são processos intimamente relacionados. Esse último tem efeito significativo sobre a produção e qualidade da MS, podendo ser uma ferramenta útil na determinação do momento de corte ou pastoreio (Calvière & Duru, 1995). Sabe-se que os valores de IAF são distintos para cada espécie, sendo dependentes do hábito de crescimento das mesmas. Espécies com folhas dispostas horizontalmente, como os trevos, alcançam o IAF ótimo quando ainda estão com baixa estatura, ao contrário do que ocorre com as espécies eretas, com folhas estreitas, como as gramíneas cespitosas, nas quais as folhas se colocam numa posição mais vertical à radiação solar.

Brown & Blaser (1968), examinando o conceito de IAF para as pastagens, argumentaram que o IAF ótimo pode ser pensado como aquele valor que está associado com altas e bem distribuídas produções anuais de forragem, ao contrário daquele valor que produza as mais altas taxas de crescimento, discordando do conceito aqui citado. Para estes autores há muitos valores ótimos de IAF durante a estação de crescimento, que não estão necessária e estreitamente relacionados com as taxas de crescimento. Baixos valores de IAF podem ser benéficos em certos períodos por favorecer o afilamento ou porque a competição é reduzida e o crescimento das espécies associadas é desejável. Ao contrário, valores de IAF além daqueles necessários para a interceptação de 95% da radiação solar podem ser necessários em pastagens cultivadas para feno ou sujeitas ao pastoreio rotativo pesado, nos casos em que o rebrote depende, em alguma extensão, das reservas armazenadas.

Todos estes parâmetros são úteis para um melhor entendimento sobre crescimento e desenvolvimento de uma planta individual ou de uma população. Sem dúvida,

segundo Ludlow (1976), a taxa de incremento de MS fornece uma melhor descrição da produção, sendo essencial para modelar o crescimento da planta.

Taxa de incremento de massa seca

O aumento em peso de MS pode ser descrito pela taxa de crescimento absoluta (TCA), que expressa o acúmulo diário de MS de uma cultura, e pela taxa de crescimento relativo (TCR), sendo mais adequado para plantas individuais e para curtos intervalos de tempo.

Com espécies nativas, Poorter *et al.* (1990) verificaram que plantas de crescimento rápido apresentaram valores superiores na TCR, em comparação com espécies lentas, além de uma maior partição de fotoassimilados para a produção de folhas. Segundo Grime & Hunt (1975) e Chapin (1987), a vantagem ecológica de uma alta TCR parece ser quando um crescimento rápido resulta na rápida ocupação de um grande espaço, o que é vantajoso em situações competitivas. Em ambientes ricos em nutrientes, a vegetação desenvolverá um alto IAF e, para maximizar a interceptação de luz, as espécies têm de produzir mais biomassa aérea. Em condições de menor fertilidade de solo, que possibilita menor produtividade, a competição pela luz é menor, ao passo que a competição em nível de raízes ganha maior importância; nesses casos é esperada uma alta razão de massa seca de raízes/massa seca total (RPR).

Para Elias & Chadwick (1979), as diferenças de TCR entre espécies podem indicar sua adaptação a determinados locais, particularmente aqueles apropriados para o sucesso do cultivo. Segundo esses autores, o cornichão (*Lotus corniculatus* L.) e *Coronilla varia* L., duas leguminosas que tem sido habitualmente utilizadas em solos de baixa fertilidade, são espécies com baixas TCR e altas RPR.

As diferenças entre espécies quanto ao crescimento também podem ser devido a: a) alterações fisiológicas, modelo de partição de MS e/ou morfologia das plantas; b) alterações climáticas e subsequentes alterações na transpiração ou no balanço de carbono; c) transição da fase vegetativa para a reprodutiva, juntamente com o processo de senescência (Poorter & Pothman, 1992). Normalmente, verifica-se que em plantas de crescimento lento há uma maior partição de fotoassimilados para estruturas perenes, como raízes e coroas, e uma maior lignificação de caules. Detalhes da metodologia de análise de crescimento são encontradas em Causton & Venus (1981).

Distribuição da massa seca nos diferentes órgãos

A partição de MS nas diferentes partes da planta tem sido descrita através das relações entre a massa seca das

mesmas. Brower (1962) afirma que uma parte dessas correlações é fixada geneticamente e, dentro destes limites, as condições externas podem ter um efeito modificador. Um órgão em crescimento é um consumidor de "materiais de construção" de um determinado "fabricante", sendo sua taxa de crescimento uma medida do quanto esse órgão está tendo sucesso em atrair tais materiais. Carámbula (1977) destaca muito bem tais relações, indicando como consumidores: pontos de crescimento, folhas em desenvolvimento, inflorescências e raízes; como fabricantes seriam as folhas desenvolvidas, sendo que o tamanho da fábrica é o IAF e a taxa de assimilação líquida representa a sua eficiência.

Tamanho relativo das partes aérea e subterrânea

Desde os tempos dos romanos, se sabe que os tamanhos relativos da parte aérea e da parte subterrânea das plantas são fortemente influenciados por condições ambientais (Hunt & Lloyd, 1987). Qualquer condição limítrofe ao crescimento induzirá a uma troca na partição de recursos das plantas, o que resultará, proporcionalmente, em maior partição para aquela parte da planta que retira mais do ambiente limitante. A partição ótima de assimilados dependerá também da duração esperada de uma cultura: para uma cultura anual, que é utilizada em uma única colheita, a máxima partição para a parte aérea colhida é desejada; por outro lado, para uma cultura perene, um balanço entre a parte aérea e a raiz é importante para prover uma suficiente área residual fotossintética e/ou reservas energéticas para um rebrote ativo.

No trevo branco, por exemplo, a partição relativa de MS para os estolões e para o crescimento de novas folhas e pecíolos tem um significativo efeito sobre a persistência (Cooper, 1981). Além disso, as relações entre parte aérea e órgãos subterrâneos são alteradas de acordo com a estação do ano por influência das temperaturas.

No estudo de plantas forrageiras, as relações folha:caule (RFC) e raiz:parte aérea (RPA), além de fornecerem informações sobre a partição da MS, também são indicadores importantes de qualidade e da quantidade de material que pode ser aproveitado pelos animais. Enquanto a primeira tem uma estreita relação com a digestibilidade e com a proteína da forragem, a segunda parece refletir um equilíbrio funcional entre as várias atividades dos tecidos das raízes e da parte aérea (Ryle *et al.*, 1981). Uma maior RPA pode significar um sistema de raízes mais extenso e, possivelmente mais eficiente (Buttery & Bizzell, 1972). Para Davidson (1969), a relação entre raízes e parte aérea é uma expressão da absorção de água e de minerais pelas raízes e

da fotossíntese realizada pelas folhas, sendo essa relação influenciada por fatores ambientais, tais como luz, umidade, nutrientes e temperatura. Durante o pastoreio, uma proporção da parte aérea é removida, o que tem como primeiro efeito uma redução no crescimento de raízes e uma redução na quantidade de carbono fixado até que o crescimento aéreo seja retomado. Se o pastoreio coincide com períodos em que o solo esteja seco, o desenvolvimento de raízes profundas pode ser limitado (Kemp & Culvenor, 1994). Nas leguminosas, a presença de nódulos acrescenta outra dimensão ao problema, uma vez que o sistema de raízes parece ser metabolicamente mais ativo em plantas sem nódulos (Ryle *et al.*, 1981).

A partição de energia é uma característica essencial para a estratégia de vida da planta, sendo uma função de seu genótipo e do ambiente ao qual está exposta. A teoria tradicional de partição de recursos propõe que a reprodução sexual inibe o crescimento vegetativo em razão dos altos custos associados com a produção de estruturas sexuais (Harper & Ogden, 1970). Para as plantas forrageiras, embora o maior interesse seja a produção de folhas e caules, a busca pela perenidade das plantas e da pastagem é um importante fato a ser considerado. Isso envolve a formação de um sistema de raízes vigoroso, embora uma produção de sementes que assegure a manutenção da população nos anos subsequentes ao estabelecimento da pastagem seja extremamente importante.

Os investimentos reprodutivos são algumas vezes definidos como sendo somente sexuais (sementes), mas algumas vezes incluem estruturas vegetativas, como no caso de plantas clonais. O estudo fenológico pode permitir também a separação temporal do crescimento entre as espécies, segundo sua adaptação ao ambiente: as de crescimento mais precoce, normalmente mais sensíveis à falta de umidade, e as tardias, que podem tolerar a estiagem mediante mecanismos fisiológicos ou por explorar camadas mais profundas do solo (Veresoglou & Fiter, 1984; Mamolos *et al.*, 1995).

HÁBITO DE CRESCIMENTO

Cada genótipo exibe sua própria arquitetura, definida por White (1979) como sendo a expressão morfológica visível em um determinado momento. Pode-se denominar tal expressão, ou aspecto externo, de hábito de crescimento, o qual, entre as leguminosas forrageiras, varia de ereto a prostrado e ainda com variações dentro desses tipos principais.

A forma de uma planta pode ser considerada como a soma de fatores genéticos que estão sendo expressos e de

sua modificação pelas interações ambientais. Os caules podem assumir diferentes formas e o crescimento pode ser determinado o indeterminado, sendo que o sistema aéreo de uma planta, freqüentemente, inclui a mistura desses tipos (Lovell & Lovell, 1985). Nas plantas de hábito determinado ocorre a formação de flores pela gema apical, o que determina o fim do alongamento do caule. Nas plantas indeterminadas, a gema apical permanece em estágio vegetativo.

Essas diferentes formas de crescimento determinam, em grande parte, seu grau de adaptação às distintas situações ambientais e de manejo (Garcia, 1992). Teoricamente, leguminosas prostradas, cujas gemas estão localizadas próximas à superfície do solo são mais resistentes ao pastoreio, ao contrário de plantas eretas, nas quais há uma maior proporção de gemas expostas aos animais em pastejo, necessitando por isso, de um manejo mais cuidadoso. Um hábito prostrado permite uma máxima cobertura do solo a um custo mínimo de tecidos de suporte, estimulando a expansão vegetativa, pois tais órgãos são prolíficos produtores de raízes adventícias (Lovell & Lovell, 1985).

Considerando-se leguminosas comumente utilizadas em climas temperados, alfafa, trevo vermelho e cornichão são tipos eretos, tendo coroa e sistema profundo de raízes. A coroa é uma estrutura morfológica localizada entre a parte aérea e as raízes, delimitada em sua base pelo nó cotiledonar e cuja importância está no fato de ser um ponto de origem de novos caules, estando diretamente relacionada com a produção e a persistência (Marquez-Ortiz *et al.*, 1996). Dentro de tipos prostrados, se podem ter representantes com rizomas, como o *Lotus uliginosus* Schkuhr., e outros que são estoloníferos, como o trevo branco e o *Lotononis bainesii* Baker.

A distinção entre rizomas e estolões, às vezes, não é muito clara. Contudo, os estolões geralmente são considerados de menor longevidade e com menor capacidade de acúmulo de reservas em relação aos rizomas (Mogie & Hutchings, 1990). Além disso, os rizomas não têm clorofila, possuem, normalmente, catáfilos e seu crescimento é subterrâneo. Recentemente, Apezato da Gloria (2003) afirmou que os rizomas têm origem na plúmula e consistem de um sistema monopolar de ramificação caulinar.

Essas formas de crescimento, estolonífera e rizomatosa, exibem crescimento clonal, ou seja, são caracterizadas pela produção interativa de unidades construtoras básicas, que são eixos caulinares ramificados (*ramets*), que se tornam totalmente independentes quando fisicamente separados da planta-mãe (Marshall, 1990). Além disso, tem plasticidade fenotípica, alterando sua morfologia em situações de alterações ambientais.

Em trevo branco, por exemplo, se observa maior grau de ramificação quando seu cultivo é isolado, enquanto sob sombra há uma forte supressão das ramificações, situação em que os entrenós exibem maior comprimento (Hutchings, 1988). Esse alongamento dos entrenós parece estar associado à maior relação entre a radiação vermelho-distante e vermelho-próxima, com menor quantidade de radiação azul chegando à base das plantas. Dessa forma, a qualidade da luz tem um papel ecológico fundamental no ajuste da população ao ambiente, determinando a taxa de formação ou a morte dos afilhos (Deregibus *et al.*, 1985). Além disso, o comprimento dos entrenós, por ser uma resposta ao sombreamento (Piano & Annicchiarico, 1995), é uma característica crítica para distinguir hábitos de crescimento em plantas clonais (Hamilton, 1989).

Há duas estratégias de crescimento nessas plantas: a) *guerrilla* e b) *phalanx*. A primeira é mostrada por plantas com entrenós longos e maior profusão lateral, com rápida exploração do terreno; a segunda é tipicamente compacta, ocorrendo em plantas com crescimento mais conservador (Lovell & Lovell, 1985). Gibson *et al.* (1963) classificaram genótipos de trevo branco em dois tipos morfológicos que denominaram de prostrado (*viney*) e ereto (*nonviney*). O tipo prostrado mostrou poucas ramificações e tendência a não apresentar folhas no centro da planta, enquanto o outro era mais denso, ramificado e com maior produção de folhas no centro da planta, sendo mais persistente e produtivo.

DURAÇÃO DE VIDA E PERSISTÊNCIA

Entre as características mais importantes de uma planta forrageira está sua duração, estreitamente relacionada à formação de semente e à persistência na pastagem. De certo modo, é muito fácil caracterizar o ciclo de vida com a simples observação de seu desenvolvimento e de seu processo de frutificação. Textos clássicos de fisiologia vegetal, como os de Salisbury & Ross (1991), classificam as plantas de acordo com esse atributo em: a) monocárpicas, que florescem uma vez e morrem e b) policárpicas, que florescem e retornam ao crescimento vegetativo. As primeiras são normalmente anuais, havendo um tipo intermediário, as bianuais, que formam um caule aéreo reduzido no primeiro ano e florescem apenas no segundo ano, e finalmente, as plantas perenes, que vivem por mais de duas estações de crescimento.

Com relação ao aspecto ecológico, o sistema de Raunkiaer classifica as plantas em formas vitais ou tipos biológicos (geófitas, terófitas, fanerófitas, nanofanerófitas, hemicriptófitas, etc.), de acordo com o local e a proteção das gemas na estação desfavorável. Este sistema reflete a

ecologia da planta e dentro do plano estrutural preexistente, sua adaptação ao ambiente (Braun-Blanquet, 1979).

Para Harper & Ogden (1970), nas espécies perenes, o padrão reprodutivo pode ser tanto vegetativo como sexual e a perenidade pode ser alcançada por vários meios, envolvendo às vezes órgãos de armazenamento de energia, que podem servir ou não para a reprodução individual vegetativa. Organismos que se encontram em ambientes instáveis, submetidos a altas taxas de mortalidade tem propensão a destinar mais energia às atividades de reprodução (estratégia "r"); ao contrário, aqueles que ocorrem em ambientes estáveis tendem a destinar mais energia às atividades de crescimento, aumentando ao máximo a capacidade competitiva (estratégia "k").

Harper & White (1974) acreditam ser útil fazer uma distinção entre as plantas perenes que acumulam um corpo vegetal e as que não realizam esse processo e, portanto, se perenizam pela renovação anual das partes, evitando o problema de senescência. As primeiras têm a vantagem da altura, obtida às expensas do acúmulo de estruturas perenes mais duradouras e de tecido morto.

A discussão sobre perenidade torna-se mais complicada quando são feitas referências sobre espécies estoloníferas, discutindo-se muito sobre sua longevidade e fazendo-se referências contraditórias sobre sua duração. Para Pott & Humphreys (1983), a idade do estande de uma leguminosa estolonífera não significa a vida média dos indivíduos. Em seu trabalho com lotononis, que é estolonífera, foi observado que os indivíduos oriundos de plântulas tiveram vida curta e se comportaram como anuais. Esse fato ajudaria a explicar as flutuações estacionais dessa leguminosa, que desaparece depois de um período inicial produtivo e reaparece novamente, em anos nos quais a combinação de clareiras na pastagem e a adequada pluviosidade favorecem a regeneração da pastagem através de novas plântulas. Entretanto, o pico de crescimento vegetativo dessa espécie, que ocorre depois do florescimento e frutificação, não segue o mesmo padrão de desenvolvimento convencional das plantas anuais. Além disso, os estolões sobreviventes também descartam essa leguminosa das formas anual ou bianual.

É muito difícil separar ciclo de vida, longevidade individual e persistência, pois existem interfaces e tratando-se de pastagem o assunto se torna mais complexo. Inicialmente, é importante definir o que é persistência de uma planta numa pastagem. Marten *et al.* (1989) definiram persistência como a manutenção de uma população de plantas suficiente para cumprir com as necessidades e expectativas do sistema de produção. Pode-se ter uma leguminosa que persista em uma pastagem mesmo que os indivíduos não sejam perenes.

As espécies persistem na comunidade vegetal mediante sua reprodução através de sementes ou por estruturas vegetativas. Os principais parâmetros para a persistência das leguminosas são: a) reserva de sementes no solo; b) reforço com plântulas novas, c) sobrevivência de plântulas e d) população, sobrevivência e produção de sementes das plantas adultas. Entretanto, a importância relativa dos mecanismos de persistência altera com a espécie e com o clima (Tothill, 1978). Enquanto espécies como o trevo branco, *L. uliginosus*, *Arachis glabrata* e *A. pintoi* podem persistir, tanto por sementes como por fragmentação de estolões e rizomas, o exemplo mais conhecido de um cultivo que não se regenera naturalmente, nem por sementes, nem vegetativamente, é a alfafa, cujo período de vida depende inteiramente da longevidade individual de cada planta (Mannetje, 1996). Pott *et al.* (1983) observaram em lotononis que no ciclo de formação e reservas de sementes, a regeneração e a sobrevivência das plântulas foram os principais meios para a persistência da produção, enquanto a perenidade vegetativa também foi uma forma de persistência.

Ciclo de vida, longevidade individual e persistência

Na concepção de Crowder & Craigmiles (1960), plantas que são capazes de se manter por um certo número de anos através de suas raízes originais, são consideradas persistentes. Com o trevo branco não é o que ocorre, pois a ausência de um sistema de raízes vigoroso e perene é comumente a razão que explica seu crescimento mínimo nos meses de verão. As plântulas dessa espécie formam uma raiz principal que persiste somente por um ou dois anos em condições normais de campo (Jones & Carter, 1989); o crescimento subsequente das plantas e a persistência do estande dependem das raízes adventícias formadas nos nós dos estolões. O tamanho e a posição das raízes adventícias determinam sua habilidade para compensar a perda da raiz principal, tendo sido observado que plantas com fortes raízes adventícias próximas à raiz principal, ou com curtos entrenós nos estolões, tinham boa persistência (Pederson, 1989). Em regiões subtropicais, essa espécie se comporta, segundo Jones & Carter (1989), como anual, em razão da pobre sobrevivência das raízes e dos estolões durante o verão.

Segundo Caradus & Chapman (1991), os genótipos de trevo branco mais persistentes tem uma alta relação estolões:parte aérea, sendo que sua persistência em regiões temperadas depende do contínuo crescimento desses caules, especialmente de suas ramificações. Tal característica é especialmente importante para regiões com secas

estivais, onde deveriam ser buscados cultivares que exibam uma máxima formação de estolões no início e no final desses períodos (Clark & McFadden, 1997).

Analisando espécies eretas e formadoras de coroa, como o cornichão e a alfafa, por exemplo, a persistência deve ser observada sob outros ângulos, complementares aos anteriormente discutidos. Comparando com espécies estoloníferas, que tem capacidade colonizadora, o estabelecimento de uma população adequada de plantas é muito importante (Garcia 1992). Para Beuselinck *et al.* (1984), a persistência em leguminosas desse tipo é altamente dependente dos níveis de estresse ambiental, que reduzem sua longevidade, facilitando a incidência de enfermidades, o que requer, portanto, uma boa adaptação dos cultivares ao ambiente. Outras características relacionadas à persistência dessas espécies incluem um certo crescimento prostrado e uma prolífica produção de gemas na coroa (Brummer & Bouton, 1992).

A persistência de leguminosas é um assunto extremamente vasto e complexo, pois é o resultado da ação de diversos fatores, tais como: ambiente, cultivares, enfermidades, pragas, manejo, competição, etc., os quais atuam entre si de forma diferente em cada ambiente, dando origem a um problema próprio de cada situação em particular (Garcia, 1992). Além disso, a falta de persistência em leguminosas tem sido apontada por pesquisadores de vários países como o principal problema a ser resolvido pela pesquisa (Marten *et al.*, 1989).

Segundo Bradshaw (1974), o modo como um organismo reage às diferentes condições ambientais é, talvez, a característica mais importante relacionada à sobrevivência. Desta forma, uma leguminosa será mais ou menos dependente de novas plântulas para manter sua presença e sua contribuição na pastagem se sua resposta aos fatores climáticos permitirem ou não a longevidade dos indivíduos. O estudo de tais respostas a principais fatores de estresse como a falta de chuvas, elevadas ou baixas temperaturas, é de crucial importância e deve ser uma das ferramentas na adoção de práticas de manejo. O manejo, baseado em características morfofisiológicas e ecofisiológicas de cada espécie é, sem dúvida, um requisito fundamental para assegurar e maximizar a presença de leguminosas e devem ser feitos muitos esforços para selecionar espécies e cultivares que melhor se adaptem às condições do solo e clima regionais.

CONCLUSÕES

A avaliação de leguminosas forrageiras, tanto em estágios iniciais como em avançados, requer o conhecimento de seu modelo de crescimento, de forma

que em trabalhos de pesquisa devem ser contemplados parâmetros relacionados ao modelo de crescimento, fenologia, partição de massa seca e mecanismos de persistência. O entendimento e a aplicação desses conhecimentos são ferramentas essenciais ao correto manejo e utilização de leguminosas, especialmente tendo-se em conta os aspectos de persistência e sustentabilidade dos ecossistemas pastoris.

BIBLIOGRAFIA

- APEZZATO DA GLÓRIA, B. 2003. Morfologia de sistemas subterrâneos. Ribeirão Preto: A.S. Pinto. 80p.
- BAZZAS, F.A. & HARPER, J.L. 1977. Demographic analysis of the growth of *Linum usitatissimum*. New Phytologist, Cambridge, v.78, n.1, p.193-208.
- BEADLE, C.L. 1993. Growth analysis. In: HALL, D.O.; SCURLOCK, J.M.O. & BOLHAR-NORDENKAMPPF, H.R. *et al.* (Eds.). Photosynthesis and production a changing. New Work : Chapman and Hall. p.36-46.
- BEINHART, G. 1963. Effects of environment on meristematic development, leaf area and growth of white clover. Crop Science, Madison, v.3, n.3, p.209-219.
- BEUSELINCK, P.R.; PETERS, E.J. & MCGRAW, R.L. 1984. Cultivar and management effects on stand persistence of birdsfoot trefoil. Agronomy Journal, Madison, v.76, n.2, p.490-492.
- BRADSHAW, A.D. 1974. Evolutionary significance of phenotypic plasticity in plants. Advances in Genetics, v.13, p.115-155.
- BRAUN-BLANQUET, J. 1979. Fitosociología: bases para el estudio de las comunidades vegetales. Madrid: H. Blume Ediciones. 820p.
- BROUWER, R. 1962. Distribution of dry matter in the plant. Netherlands Journal of Agricultural Science, Wageningen, v.10, n.5, p.361-376.
- BROWN, R.H. & BLASER, R.E. 1968. Leaf area index in pasture growth. Herbage Abstracts, Oxon, v.38, n.1, p.1-9.
- BRUMMER, E.C. & BOUTON, J.H. 1992. Physiological traits associated with grazing-tolerant alfalfa. Crop Science, Madison, v.84, n.2, p.138-143.
- BUTTERY, B.R. & BIZZELL, R.I. 1972. Some differences between soybean cultivars observed by growth analysis. Canadian Journal of Plant Science, Ottawa, v.52, n.1, p.13-20.
- CALVIÈRE, I. & DURU, M. 1995. Leaf appearance and senescence patterns of some pasture species. Grass and Forage Science, Oxford, v.50, n.4, p.447-451.
- CARÁMBULA, M. 1977. Producción y manejo de pasturas sembradas. Montevideo: Hemisferio Sur. 464p.
- CARADUS, J.R. & CHAPMAN, D.F. 1991. Variability of stolon characteristics and response to shading in two cultivars of white clover (*Trifolium repens* L.). New Zealand Journal of Agricultural Research, Wellington, v.34, n.3, 239-247.
- CAUSTON, D.R. & VENUS, J.C. 1981. The biometry of plant growth. London: Edward Arnold. 307p.
- CHAPIN, F.S. 1987. Adaptations and physiological responses of wild plants to nutrient stress. In: GABELMAN, H.W. and LOUGHAM, B.C. (Eds.). Genetics aspects of plant mineral nutrition. Dordrecht : Martinus Nijhoff. p.15-25.
- CHAPMAN, D.F. 1983. Growth and demography of *Trifolium repens* stolons in grazed hill pastures. Journal of Applied Ecology, Oxford, v.20, n.2, p.597-608.
- CHAPMAN, D.F. & CARADUS, J.R. 1997. Effects of improved, adapted white clover (*Trifolium repens* L.) germplasm on the productive properties of a hill pasture. New Zealand Journal of Agricultural Research, Wellington, v.40, n.2, p.207-221.
- CHAPMAN, D.F.; ROBSON, M.J.; SNAYDON, R.W. & CARADUS, J.R. 1992. The growth and carbon allocation patterns of white clover (*Trifolium repens* L.) plants of contrasting branching structure. Annals of Botany, London, v.69, n.6, p.523-531.
- CLARCK, S.G. & MCFADDEN, M.J. 1997. Field and stolon characteristics of white clover (*Trifolium repens* L.) cultivars in perennial pasture in Victoria. Australian Journal of Experimental Agriculture, Melbourne, v.37, n.2, p.159-164.
- COOPER, J.P. 1981. Physiological and morphological advances for forage improvement. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 14., 1981, Lexington. Proceedings...Boulder: J. Allan Smith and Virgil W. Hays. p.69-76.
- CROWDER, L.V. & CRAIGMILES, J.P. 1960. Effect of soil temperature, soil moisture, and flowering on the persistence and forage production of white clover stands. Agronomy Journal, Madison, v.52, n.7, p.382-385.
- CRUSIUS, A.F.; PAIM, N.R.; DALL'AGNOL, M. & CASTRO, S.M.J. 1999. Avaliação da variabilidade de características agronômicas de uma população de trevo vermelho. Pesquisa Agropecuária Gaúcha, v.5, n.2, p.293-301.
- DAVIDSON, R.L. 1969. Effects of soil nutrients and moisture on root/shoot ratios in *Lolium perenne* L. and *Trifolium repens* L. Annals of Botany, London, v.33, n.6, p.571-577.
- DAVIES, A. & JONES, D.R. 1992. The production of leaves and stolon branches on established white clover cuttings in relation to temperature and soil moisture in the field. Annals of Botany, London, v.69, n.6, p.515-521.
- DEREGIBUS, V.A.; SANCHEZ, R.A.; CASAL, J.J. & TRILICA, M.J. 1985. Tillering responses to enrichment of red light

- beneath the canopy in a humid natural grassland. *Journal of Applied Ecology*, Wellington, v.22, n.1, p.199-206.
- DONALD, C.M. & BLACK, J.N. 1958. The significance of leaf area in pasture growth. *Herbage Abstracts*, Essex, v.28, n.1, p.1-6.
- ELIAS, C.O. & CHADWICK, M.J. 1979. Growth characteristics of grass and legume cultivars and their potential for land reclamation. *Journal of Applied Ecology*, Oxford, v.16, n.2, p.537-544.
- FERGUSON, A.R. 1983. Climatic limitations to plant introduction. *New Zealand Agricultural Science*, Wellington, v.17, n.2, p.272-276.
- GARCIA, J.A. 1992. Persistencia de leguminosas. *Revista de Investigaciones Agrícolas*, Montevideo, v.2, n.1, p.143-156.
- GIBSON, P.B.; BEINHART, G.; HALPIN, J.E. & HOLLOWELL, E.A. 1963. Selection and evaluation of white clover. I. Basis for selection and a comparison of two methods of propagation for advanced evaluations. *Crop Science*, Madison, v.3, n.1, p.83-86.
- GRANT, S.A. & MARRIOT, C.A. 1994. Detailed studies of grazed swards techniques and conclusions. *Journal of Agricultural Science*, Cambridge, v.112, n.1, p.1-6.
- GRIME, J.P. & HUNT, P.S. 1975. Relative growth-rate: its range and adaptive significance in local flora. *Journal of Ecology*, Oxford, v.63, n.2, p.393-422.
- HAMILTON, N.R.S. 1989. Life history studies. In: STIRTON, C.H.; ZARUCHI, J.L. (Eds.). *Advances in legume biology*. St. Louis: Missouri Botanical Garden, p.1-16. (Biology monographs in systematic botany, n.29).
- HARPER, J.L. & OGDEN, J. 1970. The reproductive strategy of higher plants. I. The concept of strategy with special reference to *Senecio vulgaris* L. *Journal of Ecology*, Oxford, v.58, n.3, p.681-689.
- HARPER, J.L. & WHITE, J. 1974. The demography of plants. *Annual Review of Ecology and Systematics*, Palo Alto, v.5, p.419-463.
- HARRIS, D.; MATTHEWS, R.B.; NAGESWARA RAO, R.C. & WILLIAMS, J.H. 1988. The physiological basis for yield differences between four genotypes of groundnuts (*Arachis hypogaea*) in response to drought. III. Development processes. *Experimental Agriculture*, Cambridge, v.24, n.2, p.215-226.
- HAYCOCK, R. 1984. Dry-matter distribution and seasonal yield changes in five contrasting genotypes of white clover. *Journal of Agricultural Science*, Cambridge, v.102, n.2, p.333-340.
- HUNT, R. & LLOYD, P.S. 1987. Growth and partitioning. *New Phytologist*, Oxford, v.106, p.235-249.
- HUTCHINGS, M.J. 1988. Differential foraging for resources and structural plasticity in plants. *Tree*, Berlin, v.3, n.8, p.200-204.
- JOLLIFE, P.A.; EATON, G.W. & DOUST, J.L. 1982. Sequential and analysis of plant growth. *New Phytologist*, Oxford, v.92, n.2, p.287-296.
- JONES, R.M. & CARTER, E.D. 1989. Demography of pastures legumes. In: MARTEN, G. C.; MATCHES, A.G.; BARNES, R.F. *et al.* (Eds.). *Persistence of forages legumes*. Madison : American Society of Agronomy, p.139-156.
- KEMP, D.R. & CULVENOR, R.A. 1994. Improving the grazing and drought tolerance of temperate perennial grasses. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, Wellington, v.37, n.3, p.365-378.
- LEACH, G.J. 1969. Shoot number, shoot size, and yield of regrowth in the three Lucerne cultivars. *Australian Journal of Agricultural Research*, Melbourne, v.20, n.6, p.425-434.
- LOVELL, P.H. & LOVELL, P. 1985. The importance of plant form as a determining factor in competition and habitat exploitation. In: WHITE, J. (Ed.). *Studies in plant demography*. New York : Academic Press. p.209-221.
- LUDLOW, M.M. 1976. Physiology of growth and chemical composition. In: SHAW, N.H. and BRYAN, W.W. (Eds.). *Tropical pasture research - principles and methods*. Oxford: Alden Press. p.251-275.
- MAMOLOS, A.P.; VERESOGLOU, D.S. & BARBAYIANNIS, N. 1995. Plant species abundance and tissue concentrations of limiting nutrients in low-nutrient grasslands: a test of competition theory. *Journal of Ecology*, Oxford, v.83, n.3, p.485-495.
- MANNETJE, L. 1996. Persistencia de leguminosas forrageiras en pasturas. In: REUNIÓN LATINOAMERICANA DE RHIZOBIOLÓGIA, 18., 1996, Santa Cruz de la Sierra. *Memorias...* Santa Cruz de la Sierra, p.31-41.
- MARQUEZ-ORTIZ, J.J.; JOHNSON, L.D.; BARNES, D.K. & BASIGALUP, D.H. 1996. Crown morphology relationships among plant introduction and cultivars. *Crop Science*, Madison, v.36, n.3, p.766-770, 1996.
- MARSHALL, C. 1990. Source-sink relations of interconnected ramets. In: GROENENDAEL, J. Van. and KROON, H. de. (Eds.). *Clonal growth in plants regulation and function*. The Hague: SPB Academic Publishing. p.23-42.
- MARTEN, G.C.; MATCHES, A.G.; BARNES, R.F.; BROUGHAM, R.W.; CLEMENTS, R.J. & SHEAT, G.W. 1989. *Persistence of forage legumes*. Madison: American Society of Agronomy, 562p.
- MOGIE, M. & HUTCHINGS, M.J. 1990. Phylogeny, ontogeny and clonal growth in vascular plants.

- In: GROENENDAEL, J.V. & KROON, H. de. (Eds.) Clonal growth in plants: regulation and function. The Hague: Academic Publishing, p.3-24.
- NEWTON, P.C.D. & HAY, M.J.M. 1994. Patterns of nodal rooting in *Trifolium repens* (L.) and correlations with stages in the development on axillary buds. Grass and Forage Science, Oxford, v.49, n.3, p.270-276.
- PEDERSON, G.A. 1989. Taproot and adventitious root growth of white clover as influenced by nitrogen nutrition. Crop Science, Madison, v.29, n.3, p.764-768.
- PIANO, E. & ANNICCHIARICO, P. 1995. Persistence of ladino white clover ecotypes and its relationship with other agronomic traits. Grass and Forage Science, Oxford, v.50, n.3, p.195-198.
- POORTER, H. & POTHMAN, P. 1992. Growth and carbon economy of fast-growing and a slow-growing grass species as dependent ontogeny. New Phytologist, Oxford, v.120, n.1, p.159-166.
- POORTER, H. & REMKES, C. and LAMBERS, H. 1990. Carbon and nitrogen economy of 24 wild species differing in relative growth rate. Plant Physiology, Rockville, v.94, n.2, p.621-627.
- POTT, A. & HUMPHREYS, L.R. 1983. Persistence and growth of *Lotononis bainesii* - *Digitaria decumbens*. 1. Sheep stocking rate. Journal of Agricultural Science, Cambridge, v.101, n.1, p.1-7.
- POTT, A.; HUMPHREYS, L.R. & HALES, J.W. 1983. Persistence and growth of *Lotononis bainesii* - *Digitaria decumbens*. 2. Sheep treading. Journal of Agricultural Science, Cambridge, v.101, n.1, p.9-16.
- RICKMAN, R.W. & KEPLER, B.L. 1995. The phyllochron: Where do we go in the future? Crop Science, Madison, v.35, n.1, p.44-49.
- ROMO, J.T. & EDDLEMAN, L.E. 1995. Use of degree-days in multiple-temperature experiments. Journal of Range Management, Denver, v.48, n.5, p.410-416.
- RYLE, G.J.A.; ARNOTT, R.A. & POWELL, C.E. 1981. Distribution of dry weight between root and shoot in white clover dependent on N₂ fixation or utilizing abundant nitrate nitrogen. Plant and Soil, Dordrecht, v.60, n.1, p.29-39.
- SALISBURY, F.B. & ROSS, C.W. 1991. Plant physiology. Belmont: Wadsworth, 682p.
- SCHULTZE-KRAFT, R. 1990. Caracterización y evaluación preliminar de germoplasma de plantas forrageiras. In: PUIGNAU, J.P. (Ed.). Introducción, conservación y evaluación de germoplasma forrajero en el Cono Sur. Montevideo: IICA - PROCISUR. p.319-326. (Dialogo, n.8).
- SMITH, S.R.; BOUTON, J.H. & HOVELAND, C.S. 1989. Alfalfa persistence and regrowth potential under continuous grazing. Agronomy Journal, Madison, v.81, n.6, p.960-965.
- THOMAS, H.C. & STODART, J.L. 1980. The foliar senescence. Annual Review of Plant Physiology, Palo Alto, v.31, p.83-111.
- TOLEDO, J.M. & THOMAS, D. 1990. Evaluación agronómica de forrajeras: principios y práctica. In: PUIGNAU, J.P. (Ed.). Introducción, conservación y evaluación de germoplasma forrajero en el Cono Sur. Montevideo: IICA - PROCISUR. p.327-336. (Dialogo, n.8)
- TOTHILL, J. 1978. Comparative aspects of the ecology of pastures. In: WILSON, J.R. (Ed.). Plant relations in pastures. Melbourne: CSIRO, p.385-402.
- VERESOGLOU, D.S. & FITTER, A.H. 1984. Spatial and temporal patterns of growth and nutrient uptake of five co-existing grasses. Journal of Ecology, Oxford, v.72, n.1, p.259-272.
- WHITE, J. 1979. The plant as a metapopulation. Annual Review of Ecology and Systematics, Palo Alto. v.10, p.109-145.