مدل ریاضی پاسخ کاهو به نیتروژن

مهدی صادقی پور مروی[1]

1- محقق مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران
m.sadeghi@areo.ir

چکیده

در یک آزمایش مزرعه‌ای، پاسخ کاهو به سطوح مختلف نیتروژن با استفاده از مدل‌های مختلف ارزیابی شد. بدین منظور، آزمایش در طرح اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار، در سطوح 0، 100، 150، 200 و 250 کیلوگرم نیتروژن در هکتار (با منبع اوره) و سطوح 0، 37/5، 50، 62/5 و 75 کیلوگرم فسفر در هکتار (با منبع سوپر فسفات تریپل) انجام گردید. مدل‌های ریاضی Linear Plateau، درجه دو و لجستیک بر اساس داده‌های آزمایش مقایسه شدند. بر اساس نتایج، مدل لجستیک، ابزار مفیدی برای برآورد پاسخ کاهو به نیتروژن تشخیص داده شد که از آن برای تشریح داده‌های مزرعه‌ای، می‌توان استفاده کرد.

کلمات کلیدی کاهو، مدل، نیتروژن

مقدمه

در مدل‌سازی تعیین نیاز کودی معادلات درجه دوم بیشتر مورد توجه می‌باشند ولی باید در نظر داشت در صورتی که نقطه حداکثر در منحنی به عنوان بهترین نرخ کوددهی در نظر گرفته شود به تخمین بیش از اندازه (Overestimate) منجر خواهد شد. مدل‌های دیگر بجز درجه دوم برای تشریح پاسخ محصول به کوددهی استفاده می‌شوند. مدل‌های Linear Plateau از قبیل Quadratic Plateau (Nelson and Anderson, 1977) برای محصولات زراعی (Fageria et al, 1997) و سبزیجات (Abdul Baki et al, 1997; Sanchez et al, 1991) استفاده شده‌اند و مدل‌های لجستیک برای محصولات زراعی (Overman et al, 1993) بکار رفته‌اند. سبزیجاتی از قبیل کاهو که برای حصول عملکرد و کیفیت مطلوب به کوددهی نیازمندند کاندید مناسبی برای چنین تحقیقاتی هستند.

مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر با هدف ارایه مدل ریاضی پاسخ کاهو به نیتروژن، در طرح آماری کرت‌های یک بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. نیتروژن در پنج سطح شامل 5 سطح 0، 100، 150، 200 و 250 کیلوگرم نیتروژن در هکتار و 5 سطح 0، 37/5، 50، 62/5 و 75 کیلوگرم فسفر در هکتار بود. کود فسفر از منبع سوپر فسفات تریپل بود و کود نیتروژن از منبع اوره و به صورت تقسیطی (یک سوم در مرحله کاشت و مابقی در مراحل پنج برگی، شروع پوم بستن و تکامل پوم بستن) مصرف شد. هر کرت شامل پنج خط، هرخط کاشت بطول پنج متر فاصله خطوط چهل سانتیمتر و فاصله بوته‌ها روی خطوط بیست سانتیمتر بود. تاریخ کاشت 18 اصفند 1385 و تاریخ برداشت 14 خرداد 1386 بود. پس از برداشت وزن تازه هد کاهو اندازه‌گیری شد.

توصیف مدل‌ها

داده‌ها بر اساس چند مدل مورد مقایسه قرار گرفتند.

مدل 1: مدل لجستیک

برای عملکرد و جذب نیتروژن به صورت زیر ارایه شد:

$Y=A/[1+\exp(b-cN)]$ [1] $Nu=A'/[1+\exp(b'-cN)]$ [2]

Y: عملکرد گیاه بر مبنای وزن تازه kg/plant، Nu: جذب نیتروزن به وسیله گیاه g/plant، N: کود نیتروژن g/plant، A: حداکثر عملکرد بر مبنای وزن تازه kg/plant، A': حداکثر جذب نیتروژن g/plant
b: پارامتر فاصله از مبدا منحنی برای عملکرد، b': پارامتر فاصله از مبدا برای جذب نیتروژن، c: ضریب پاسخ نیتروژن g/plant.
طبق نظر Overman و همکاران (1994) می‌توان معادله 1 و 2 را برای تشریح ارتباط فاز هایپربولیک بین عملکرد و جذب نیتروژن گیاه به صورت زیر ترکیب کرد:

$Y=Y_mN_u/(K'+N_u)$ [3]

که پارامترهای Y_m و K' در معادله بالا به صورت زیر تعریف شدند:

$Y_m=A/[1-\exp(b-b')]$ [4] $K'=A'/[\exp(b'-b)-1]$ [5]

Y_mپتانسیل حداکثر عملکرد را نشان می‌دهد و اگر $N_u=$ K' باشد $Y=Y_m$ یا نصف پتانسیل حداکثر عملکرد می‌شود. محاسبات نشان داده اگر $Y=A/2$ باشد حداکثر پاسخ افزایشی به نیتروژن فراهم شده در نرخ کاربرد $N_{1/2}=b/c$ رخ می‌دهد. این نقطه حداکثر شیب Y نسبت به N است. بطور مشابه، حداکثر پاسخ افزایشی N گیاه به N فراهم شده با $N_u=$ A'/2 در $N'_{1/2}=b'/c$ واقع می‌شود. در این حالت ضریب پاسخ N می‌تواند به عنوان شاخص N تعریف شده و به صورت $N'=1/c$ ارایه شود (واحدها به صورت g/plant).

مدل 2: مدل Linear Plateau

برای عملکرد و جذب نیتروژن به صورت زیر ارایه شد:

$Y_{lp}=B_{lp}+C_{lp}N$ for $N<N_x$ [6] $Y_{lp}=A_{lp}$ for $N>N_x$ [7]

Y_{lp}: برآورد عملکرد منحنی Linear Plateau برای عملکرد بر مبنای وزن تازه (kg/plant)

A_{lp}: حد ثابت یا حداکثر عملکرد تازه (kg/plant) C_{lp}: پارامتر شیب ha/plant

B_{lp}: پارمتر عرض از مبدا (kg/plant) N_x: نرخ کاربرد N برای عرض از مبدا میان معادلات 6 و 7

پارامترهای مدل Linear Plateau می‌توانند از مدل لجستیک به صورت زیر تخمین زده شوند:

$A_{lp}=A$ [8] $B_{lp}=A/2(1-b/2)=A/4N'(2N'-N_{1/2})$ [9] $C_{lp}=Ac/4=A/4N'$ [10]

این حالت به این دلیل رخ می‌دهد که مدل لجستیک در محدوده میانی منحنی، یک خط راست را تخمین می‌زند. این نشان می‌دهد که تقاطع قسمت‌های خطی و plateau منحنی در معادله 11 واقع می‌شوند:

$N_x=(A_{lp}-B_{lp})/C_{lp}=(b+2)/c=N_{1/2}+2N'$ [11]

مدل 3: مدل درجه دوم

به صورت زیر ارایه شد:

$$Y_q= A_q+B_qN-C_qN^2 \quad [12]$$

Y_q: تخمین عملکرد بر مبنای وزن تازه بر اساس مدل درجه دوم (kg/plant) A_q: پارامتر عرض از مبدا (kg/plant)

B_q: ضریب خطی پاسخ (ha/plant) C_q: ضریب درجه دوم پاسخ (ha^2/kg) به ازای گیاه

تولید حداکثر از ماکزیمم مشتق معادله $dY_q/dN=0$ تخمین زده شود که به صورت زیر می‌باشد:

$$N_{peak}= B_q/2C_q \quad [13]$$

و تولید حداکثر را به صورت زیر ارایه می‌کند:

$$Y_{peak}= A_q+B_q^2/4C_q=A_q+B_q/2N_{peak} \quad [14]$$

نتیجه‌گیری

شکل 1 مقایسه مدل‌های لجستیک، Linear Plateau و درجه دوم برای پاسخ کاهو به نیتروژن را نشان می‌دهد. شکل 2 ارتباط عملکرد با جذب نیتروژن در کاهو را نشان می‌دهد. مدل‌های لجستیک، Linear Plateau و درجه دوم به وسیله پارامترهای معادلات بالا با داده‌های حاصل از تحقیق منطبق شدند. مدل لجستیک یک پایه منطقی برای مدل Linear Plateau فراهم می‌کند. می‌توان پارامتر A (در بخش Plateau) را بوسیله مشاهده بصری داده‌ها از عملکرد به وسیله N فراهم شده (از طریق شکل 1) نیز تخمین زد. سپس پارامتر b به شرح زیر تعریف شده:

$$b=\ln(A/Y_\circ-1) \quad [15]$$

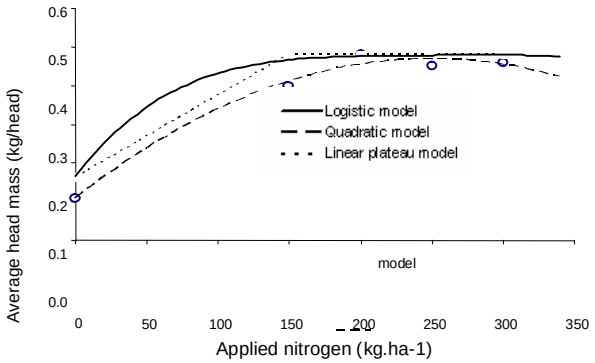
که $Y_\circ$ عرض از مبدا برآوردشده عملکرد در $N=0$ است. در نهایت پارمتر c از معادله 16 محاسبه می‌گردد.

$$c=b/N_{1/2} \quad [16]$$

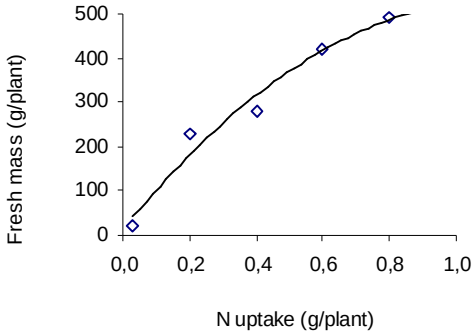
که $N_{1/2}$ مقدار نیتروژن مسوول برای $y=A/2$ (50 درصد Plateau) می‌باشد و از گراف پاسخ عملکرد به نیتروژن برآورد می‌گردد. با استفاده از پارامترهای b و c موجود، N_x را می‌توان از معادله 11 برآورد کرد. جدول 1 پارامترهای مدل را نشان می‌دهد.

جدول 1- پارامترهای مدل برای کاهوی کشت شده در ورامین

مدل	پارامتر	مقادیر
Logistic	A, kg/plant	0.48
$Y=A/[1+\exp(b-cN)]$	b	0.64
$Nu=A'/[1+\exp(b'-cN)]$	c, $ha.kg^{-1}$	0.028
	A'	490
	b'	30
Linear-plateau	A_{lp}, kg/plant	0.48
$Y_{lp}=B_{lp}+C_{lp}N$ for $N<N_x$	B_{lp}, kg/plant	0.163
$Y_{lp}=A_{lp}$ for $N>N_x$	C_{lp}, ha/ plant	0.00336
Quadratic	A_q, kg/plant	0.1984
$Y_q= A_q+b_qN+C_qN^2$	B_q, ha/ plant	0.0021
	C_q, $ha^2.kg^{-1}$/plant	0.000004



شکل 1- مقایسه مدل‌های لجستیک، Linear Plateau و درجه دوم برای پاسخ کاهو به نیتروژن



شکل 2- ارتباط عملکرد با جذب نیتروژن در کاهو در منطقه ورامین

مطابق تجزیه و تحلیل‌های مطالعات مزرعه‌ای، N_x برای نشان دادن حداکثر سطح منطقی به منظور توصیه کود نیتروژن 250 کیلوگرم در هکتار برای شرایط آزمایش می‌باشد. اگرچه نتایج بدست آمده برای توصیه کودی بطور قابل ملاحظه‌ای بیشتر از توصیه ارایه شده در فلوریداری آمریکا می‌باشد (Hochmuth and Clark, 1991) ولی روند تغییرات منحنی‌ها با تحقیقات قبلی همخوانی دارد (Willcutts and Overman, 1998). بر اساس نتایج، مدل لجستیک ابزار مفیدی برای برآورد پاسخ کاهو به نیتروژن می‌باشد. این مدل برای تشریح داده‌های مزرعه‌ای، برآورد صحیحی ارایه می‌نماید و به روش ساده‌ای برای استفاده عملی در کشت کاهو می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

قدردانی

این پژوهش بر اساس طرح تحقیقاتی سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی به شماره مصوب 2-109-180000-06-0000-86011 اجرا گردید که بدین وسیله از سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (www.areo.ir) برای تایید نهایی و تصویب طرح، از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران (www.tehran.areo.ir)، برای تامین مالی، تهیه امکانات و تجهیزات لازم و از موسسه تحقیقات خاک و آب (www.swri.ir)، برای تایید علمی و انجام آزمایشات خاک و گیاه، سپاس‌گزاری می‌شود.

منابع

Burns IG, 1988. Effects of interruptions in N, P or K Supply on the growth and development of lettuce. J. Plant Nutr. 11: 1627-1634.

Gardner B R and Pew WD, 1979. Comparisons of various nitrogen sources for the fertilization of winter-grown head lettuce. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 104:534-536.

McPharlin IR and Robertson WJ, 1997. Response of spring planted lettuce (Lactuca sativa L.) to freshly applied and residual phosphorous and to phosphate fertilizer placement on a Karrakatta sand. Australian Journal of Experimental Agriculture. 37:701-708.

Nelson RE, 1982. Carbonate and gypsum. In page, Miller RH and Keeney D.R. Methods of Soil Analysis. Part 2: Chemical and microbiological properties. Second edition, Soil Sci. Soc. Am. Inc. pp:181-196.